

Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense

Régia Maria Reis Gualter⁽¹⁾, Robert Michael Boddey⁽²⁾, Norma Gouvêa Rumjanek⁽²⁾, Antônio Carlos Reis de Freitas⁽³⁾ e Gustavo Ribeiro Xavier⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Agronomia e Ciência do Solo, BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica, RJ. E-mail: regiagualter@yahoo.com.br ⁽²⁾Embrapa Agrobiologia, BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica, RJ. E-mail: bob@cnpab.embrapa.br, norma@cnpab.embrapa.br, gustavo@cnpab.embrapa.br ⁽³⁾Embrapa Cocais, Cidade Universitária, Edifício Procadiano, Avenida Lourenço Vieira da Silva, nº 1.000, Bairro Tirirical, CEP 65055-310 São Luís, MA. E-mail: carlos.freitas@embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio para inoculação em campo, da cultivar BRS Guariba de feijão-caupi. Os experimentos foram realizados em duas áreas em Santa Luzia do Paruá, MA, na região de Pré-Amazônia, em 2009. Foram testadas as estirpes de *Bradyrhizobium* BR 3299, BR 3262, e INPA 03-11B, um controle absoluto e um tratamento nitrogenado (80 kg ha⁻¹ de N). As avaliações foram realizadas aos 30 e 50 dias após a emergência (DAE) das plantas. Aos 65 DAE, foi avaliada a produtividade de grãos. Foram avaliados número e massa de matéria seca de nódulos, massa de matéria seca da parte aérea, eficiência relativa e acúmulo de N na parte aérea. As estirpes proporcionaram maior número e massa de matéria seca de nódulos, bem como maior produtividade em comparação ao controle absoluto, sem inoculação e sem ureia, nas duas áreas. Para massa de matéria seca da parte aérea, eficiência relativa e acúmulo de N na parte aérea, a estirpe BR 3299 diferiu significativamente do controle absoluto, aos 30 DAE, em uma das propriedades. O feijão-caupi responde positivamente à inoculação com as estirpes, especialmente a BR 3299.

Termos para indexação: *Vigna unguiculata*, acúmulo de N, adubação nitrogenada, inoculante, massa de matéria seca.

Agronomic efficiency of rhizobia strains in cowpea cultivated in the Pre-Amazon region, in Maranhão state

Abstract – The objective of this work was to evaluate the agronomic efficiency of rhizobia strains for inoculation, in field conditions, of the cowpea BRS Guariba cultivar. Experiments were carried out in two areas in Santa Luzia do Paruá, Maranhão state, Brazil, in the Pre-Amazon region, in 2009. The BR 3299, BR 3262, INPA 03-11B *Bradyrhizobium* strains, an absolute control, and a nitrogen treatment (80 kg ha⁻¹ N) were tested. At 30 and 50 days after emergence (DAE) of plants assessments were made. At 65 DAE, grain yield was evaluated. The number and dry weight of nodules, shoot dry mass, relative efficiency, and N accumulation in shoots were evaluated. All strains provided higher values for number and dry weight of nodules, and higher productivity in comparison to the absolute control, without inoculation and urea, in the two areas. Regarding shoot dry matter, relative efficiency, and N accumulation in shoots, BR 3299 differed significantly from the absolute control, at 30 DAE, in one of the farms. Cowpea yield responds positively to inoculation with strains, especially strain BR 3299.

Index terms: *Vigna unguiculata*, N accumulation, nitrogen fertilization, inoculant, dry matter.

Introdução

No Brasil, o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é cultivado por agricultores familiares e médios nas regiões Norte e Nordeste, principalmente por sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Nessas regiões, essa cultura desempenha papel importante na alimentação e na geração de empregos

para a população de baixa renda (Zilli et al., 2006). Mais recentemente, tem se destacado na região Centro-Oeste, em grandes áreas tecnificadas. A cultura do feijão-caupi também é importante para muitos países da África e da Ásia, pois representa uma fonte alternativa de proteína, já que seus grãos contêm dez dos aminoácidos essenciais ao ser humano (Freire Filho et al., 2005).

Apesar de sua importância, o rendimento médio dessa cultura é relativamente baixo, entre 300 e 400 kg ha⁻¹ (Frota & Pereira, 2000), o que indica a necessidade do uso de práticas que possam viabilizar aumentos na produtividade, de maneira ecológica e economicamente sustentável (Soares et al., 2006). Entre as tecnologias que podem permitir incrementos no rendimento de grãos, destaca-se a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Além de minimizar o custo da produção, ao reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados, essa tecnologia traz benefícios para o meio ambiente e propicia aumentos na fertilidade e na matéria orgânica do solo. A estimativa da contribuição da FBN em feijão-caupi está na ordem de US\$ 13 milhões, somente para a região Nordeste (Rumjanek et al., 2005), pois o uso de práticas de baixo uso de insumos, como a aplicação biotecnológica de bactérias fixadoras de N₂, tem contribuído para elevar a produtividade da cultura em até 50%, em algumas áreas.

Nos Cerrados das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste, o feijão-caupi tem modificado a estrutura tradicional de produção e de mercado. Até 1990, era quase exclusivamente uma cultura de pequenos e médios agricultores de base familiar, com tecnologia de baixo uso de insumos. Porém, atualmente, a cultura passou a ocupar outros cenários agrícolas, em áreas de perímetro irrigado e na safrinha, após a cultura da soja, e começou a ser cultivada por grandes produtores, com maior adoção de tecnologia (Martins et al., 2003; Soares et al., 2006).

Embora a aplicação de bactérias fixadoras de N₂ em feijão-caupi seja importante, são escassos os trabalhos sobre o seu comportamento na região da Pré-Amazônia maranhense. Em virtude da falta de resultados conclusivos, mais estudos são necessários para avaliar a eficiência de estirpes de rizóbio nessa região.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio recomendadas e em processo de recomendação para inoculação, em campo, na cultivar BRS Guariba de feijão-caupi.

Material e Métodos

Entre maio e agosto de 2009, dois experimentos foram conduzidos em áreas contíguas dos agricultores familiares Juarez Canuto Vieira (Área 1) e José Elias Sobrinho (Área 2), em Santa Luzia do Paruá, MA (02°37'44"S, 45°46'22"W, a 0 m de altitude). O clima da localidade, segundo Köppen, é do tipo Aw, ou

tropical quente e úmido, com temperatura média de 27°C, umidade relativa do ar média de 77% e precipitação total anual de 1.900 mm. A precipitação mensal observada na estação meteorológica Zé Doca, do Inmet, no período de realização dos experimentos foi de 200, 150, 120 e 10mm, em maio, junho, julho e agosto de 2009, respectivamente. As características do solo da área nas camadas 0–10 e 10–20 cm, com base em análises de amostras realizadas de acordo com as recomendações de Claessen (1997), são apresentadas na Tabela 1.

As informações sobre o histórico da área foram obtidas por meio de entrevistas com os agricultores, durante a amostragem do material vegetal. Antes de serem preparadas para os experimentos, as áreas eram capoeiras compostas basicamente por cipós e palmeiras e tinham três anos de idade, sem histórico anterior de plantio de leguminosa ou uso de inoculação. A exploração dessas áreas foi iniciada em 1999, com derrubada, queima e cultivo, seguidos por períodos de pousio de três anos.

O preparo do solo foi realizado com antecedência de cinco meses, sem a incorporação da vegetação nativa, por corte e trituração, com uso de um fresador florestal. Após a trituração, foi feita a correção do solo, com a aplicação a lanço de 1.500 kg ha⁻¹ de calcário com PRNT 95,2 e 29,6% de CaO e 19,5% de MgO. Em seguida, foi semeado milho (*Zea mays* L.) como cobertura morta para o cultivo do feijão-caupi.

As covas para o plantio do feijão-caupi foram abertas com enxada, e a semeadura foi realizada manualmente, logo após a inoculação das sementes. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e seis repetições. Como adubação de plantio, foram aplicadas doses de 60 e 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na semeadura (Melo et al., 2005), com base na análise de

Tabela 1. Análise química do solo antes da implantação do experimento em Santa Luzia, MA.

Profundidade (cm)	pH água	Al ³⁺ ----- (cmol _c dm ⁻³)	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ -----	P ---- (mg dm ⁻³)	K ⁺ ----
Área 1						
0–10	5,44	0,3	1,59	4,93	3,53	94,04
10–20	4,65	2,5	0,06	0,70	9,39	78,82
Área 2						
0–10	5,69	0,2	2,57	3,45	38,10	481,58
10–20	4,78	1,5	0,66	0,95	3,46	106,11

⁽¹⁾Dados obtidos da estação meteorológica Zé Doca, MA, do Inmet.

solo realizada antes da implantação do experimento. As fontes de fósforo e potássio foram o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente.

No plantio, cerca de quatro sementes foram semeadas por cova no espaçamento de 0,5x0,25 m e cultivadas em condições de sequeiro. O desbaste foi realizado 15 dias após a semeadura, tendo-se deixado apenas duas plantas por cova. A parcela experimental correspondeu a 24,0 m², com 12 fileiras de 4,0 m de comprimento, tendo-se considerado as seis fileiras centrais como área útil.

Os tratamentos avaliados foram compostos pela inoculação de três estirpes de *Bradyrhizobium* – BR 3262 (SEMIA 6464) e INPA 03-11B (SEMIA 6463), já recomendadas; e a estirpe BR 3299, isolada da Zona da Mata de Sergipe por Martins (1996), em processo de recomendação; – um tratamento controle isento de inoculante e de adubação com N; e uma testemunha nitrogenada (80 kg ha⁻¹ de N), sem inoculação, com 40 kg aplicados no plantio e o restante aos 30 dias após a emergência (DAE), tendo como fonte a ureia.

As sementes de feijão-caupi foram umedecidas previamente com solução açucarada (10% p v⁻¹) na proporção de 6 mL kg⁻¹ de sementes (Hungria et al., 2001), e inoculadas em uma dosagem de 100 g de inoculante, com uma dosagem de aproximadamente 600 mil unidades formadoras de colônias para 10 kg de semente.

Aos 30 e 50 DAE (fases de florescimento e de enchimento de grãos, respectivamente), foram coletadas dez plantas da terceira linha de cada lado da parcela, em que foram abertas minitrincheiras de 1,5x0,5x0,30 m, para retirar as plantas com as raízes intactas, conforme recomendado pela Relare (Campo & Hungria, 2007).

As variáveis avaliadas foram: número de nódulos, massa de matéria seca de nódulos, massa de matéria seca da parte aérea e acúmulo de N na parte aérea. A produtividade de grãos foi avaliada aos 65 DAE, com umidade corrigida para 13%.

A parte aérea foi separada das raízes em corte no ponto de inserção cotiledonar, próximo à base do caule. Os nódulos foram retirados das raízes, contados, secos em papel absorvente e pesados. Para a determinação da produção de massa de matéria seca, o material vegetal foi seco e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65–70°C durante 72 horas.

O acúmulo de N na parte aérea foi calculado a partir do teor de N total, analisado por meio do método Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por

Claessen (1997), multiplicado pela massa de matéria seca da parte aérea.

A eficiência relativa foi calculada pela divisão da massa de matéria seca da parte aérea dos tratamentos inoculados pela massa de matéria seca da parte aérea do tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, multiplicada por 100 (Bergersen et al., 1971).

Os dados foram submetidos à análise de variância com o teste F, a 5% de probabilidade. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, também a 5% de probabilidade, utilizando-se o Sisvar, versão 4.0 (Ferreira, 2008). Os dados de número e massa de matéria seca de nódulos foram transformados para raiz quadrada.

Resultados e Discussão

Na Área 1, foram observadas diferenças significativas nos tratamentos inoculados com as estirpes BR 3299 e INPA 03-11B, que promoveram maior número e massa de matéria seca de nódulos em comparação ao tratamento controle, nas duas épocas de avaliação (Tabela 2). A estirpe BR 3299 proporcionou incrementos de 76 e 64%, aos 30 DAE, e de 9 e 28%, aos 50 DAE, no número de nódulos, em comparação às estirpes BR 3262 e INPA 03-11B, respectivamente. Soares et al. (2006), ao avaliar a eficiência agrônômica e a diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, Minas

Tabela 2. Número e massa de matéria seca de nódulos aos 30 e 50 DAE em feijão-caupi.

Tratamentos	30 DAE		50 DAE	
	Número de nódulos por planta	Massa de matéria seca (mg por planta)	Número de nódulos por planta	Massa de matéria seca (mg por planta)
Área 1				
BR 3299	23a	95,8a	18a	89,2a
BR 3262	13ab	65,5ab	11ab	55,0ab
INPA 03-11B	21a	90,3a	14a	84,3a
Controle (S/I)	8b	36,0b	6b	34,3b
80 kg ha ⁻¹ de N	13ab	61,8ab	8ab	50,2ab
CV (%)	23,3	22,2	25,2	22,8
Área 2				
BR 3299	24a	143,4a	20a	137,4a
BR 3262	23a	135,0a	19a	129,0a
INPA 03-11B	18ab	104,6ab	15ab	99,1ab
Controle (S/I)	9b	34,5c	6c	28,5c
80 kg ha ⁻¹ de N	11b	45,0bc	8bc	39,0bc
CV (%)	16,8	24,0	19,1	26,5

¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Gerais, também observaram que a estirpe INPA 03-11B foi uma das que promoveu maior nodulação nas plantas. Todas as estirpes avaliadas apresentaram a capacidade de nodular o feijão-caupi, e o menor número e massa de matéria seca de nódulos da BR 3262, com cerca de 13 nódulos por planta, pode estar associado a fatores climáticos (precipitação pluvial). O excesso de água pode inibir a formação e o desenvolvimento dos nódulos (Osa-Afiana & Alexander, 1979), além de diminuir a disponibilidade de oxigênio e, conseqüentemente, propiciar a liberação de substâncias tóxicas inibidoras da nodulação por bactérias.

Na Área 2, nas duas épocas de avaliação, as estirpes BR 3299 e BR 3262 proporcionaram maior número e massa de matéria seca de nódulos em comparação aos controles, mas não diferiu da INPA 03-11B (Tabela 2). O número de nódulos da estirpe BR 3299 foi 4 e 34% superior, respectivamente, aos das estirpes BR 3262 e INPA 03-11B, aos 30 DAE. Melo & Zilli (2009) e Zilli et al. (2009), ao estudar a fixação biológica de N em cultivares de feijão-caupi recomendadas para diferentes condições ambientais em Roraima, verificaram que a BR 3262 também proporcionou maior incremento no número e na massa de matéria seca de nódulos, em comparação aos demais tratamentos. Número e peso seco dos nódulos são alguns dos critérios utilizados pela Relare (Campo & Hungria, 2007) na avaliação da eficiência simbiótica entre rizóbios e leguminosas. Nesse caso, o desempenho da estirpe BR 3299 foi similar ao das estirpes recomendadas para a cultura em outros

trabalhos, como os de Lacerda et al. (2004) e Soares et al. (2006).

Aos 50 DAE, houve diminuição no número e na massa de matéria seca de nódulos em todos os tratamentos, em comparação à avaliação aos 30 DAE, nas duas áreas. Esse efeito pode caracterizar o início da senescência nodular, provavelmente associado ao ciclo precoce da cultivar utilizada neste trabalho, que é de aproximadamente 65 dias (Gualter et al., 2008). De acordo com Graham (1981), genótipos de ciclo longo com maturação tardia são mais eficientes na fixação de N do que aqueles de ciclo curto e maturação precoce.

Nos tratamentos que não receberam inoculação, foi observada nodulação considerável, em virtude da população nativa de bactérias nodulantes. Entretanto, a menor nodulação nesses tratamentos, sobretudo no controle absoluto, mostra que as bactérias alóctones introduzidas por inoculação apresentaram maior eficiência e competitividade, pois são selecionadas para essas características (Hungria et al., 1994).

Quanto à massa de matéria seca da parte aérea, na Área 1, foram observados resultados superiores para a estirpe BR 3299 e para o tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, em comparação ao tratamento controle, nas duas épocas de avaliação (Tabela 3). Aos 30 DAE, a estirpe BR 3299 foi 64, 24 e 30% superior ao controle e às estirpes BR 3262 e INPA 03-11B, respectivamente. Já aos 50 DAE, a estirpe BR 3299 proporcionou incrementos de 174, 102 e 72%, em comparação ao controle e às estirpes BR 3262 e INPA 03-11B,

Tabela 3. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e acúmulo de N, aos 30 e 50 DAE, e produtividade aos 65 DAE em feijão-caupi.⁽¹⁾

Tratamento	30 DAE			50 DAE			65 DAE
	MSPA (g por planta)	ER (%)	N (mg por planta)	MSPA (g por planta)	ER (%)	N (mg por planta)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
	Área 1						
BR 3299	2,6a	105,3a	95,7a	14,8a	109,1a	383,1a	893,3a
BR 3262	2,1ab	84,3ab	76,8ab	7,3b	53,9b	197,9b	607,8a
INPA 03-11B	2,0ab	81,1ab	71,4ab	8,6b	63,3b	224,3b	678,7a
Controle (S/I)	1,6b	64,4b	56,0b	5,4b	40,0b	131,2b	149,2b
80 kg ha ⁻¹ de N	2,5a	100,0a	91,1a	13,5a	100,0a	357,4a	880,4a
CV (%)	19,9	16,7	20,0	28,5	22,9	28,0	37,5
	Área 2						
BR 3299	3,7a	119,5a	138,4a	7,5a	137,7a	189,8a	620,3a
BR 3262	2,7a	86,0a	96,0a	7,3a	134,3a	178,1ab	351,8b
INPA 03-11B	2,8a	90,8a	104,8a	5,8ab	106,7a	161,1ab	302,7ab
Controle (S/I)	1,0a	32,1a	35,6a	2,8b	50,5b	72,0b	52,2c
80 kg ha ⁻¹ de N	3,1a	100,0a	109,3a	5,5ab	100,0ab	141,3ab	531,9ab
CV (%)	48,8	50,1	53,6	31,1	29,3	41,5	35,9

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

respectivamente. Na Área 2, observou-se resultado superior da BR 3299 e da BR 3262, em comparação ao tratamento controle, sendo que a primeira foi 168% superior ao controle e 3 e 29% superior às estirpes BR 3262 e INPA 03-11B, respectivamente, aos 50 DAE.

Os valores de eficiência relativa (Tabela 3), obtidos nos tratamentos com a estirpe BR 3299 e com 80 kg ha⁻¹ de N, resultaram em diferenças significativas em comparação ao controle, nas duas avaliações na Área 1. A BR 3299 foi 25 e 30% superior às estirpes BR 3262 e INPA 03-11B, respectivamente, aos 30 DAE, e 102 e 72 %, respectivamente, aos 50 DAE. Na Área 2, aos 50 DAE, a BR 3299 foi superior ao controle. Esses resultados corroboram os apresentados por Guedes et al. (2010), ao verificar diferenças dos tratamentos inoculados apenas quando comparados ao controle absoluto.

Embora os tratamentos com as estirpes não tenham se diferenciado entre si ou sobressaído em comparação à testemunha nitrogenada, as estirpes obtiveram eficiência relativa acima de 80%, aos 30 DAE, nas duas áreas, o que indica competitividade em relação às bactérias presentes no solo das áreas estudadas.

O acúmulo de N na parte aérea foi significativamente maior na BR 3299 e no tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N que no controle nas duas épocas avaliadas na Área 1. Neste caso, o menor número de nódulos observado no tratamento controle restringiu o acúmulo de N. Na Área 2, todas as estirpes foram semelhantes entre si e similares ao tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N, aos 50 DAE. Entretanto, esses resultados estão abaixo dos observados na Área 1, pois as épocas em que as plantas de feijão-caupi foram coletadas, cerca de um mês após as coletas realizadas na Área 1, podem ter sido afetadas pela diminuição das chuvas, especialmente aos 50 DAE. Além disso, como o cálculo do acúmulo de N é feito a partir da biomassa seca vegetal, os valores encontrados foram menores em comparação à Área 1.

Na Área 1, a produtividade de grãos variou de 149 a 893 kg ha⁻¹ e superou a média nacional em todos os tratamentos, com exceção do controle. Entre os tratamentos inoculados, a estirpe BR 3299 promoveu incrementos de 500%, em comparação ao controle. Essa estirpe também proporcionou aumentos de produtividade de 47 e 32% em comparação à BR 3262 e à INPA 03 11B, respectivamente. Isso indica que, apesar de não haver diferenças significativas entre as estirpes, outros fatores, não considerados neste

trabalho, como adaptabilidade da cultivar e densidade de plantas, podem ter influenciado os resultados.

As estirpes BR 3262 e INPA 03 11B, já recomendadas, estiveram relacionadas a produtividades de 405 e 678 kg ha⁻¹ de grãos, o que corresponde a 171 e 354%, respectivamente, à observada no controle não inoculado e sem N. Portanto, a utilização de inoculantes com essas estirpes é profícua, especialmente por garantir o aporte de N à cultura e pelo baixo preço dos inoculantes.

Embora tenha sido feita correção do solo com calcário, P e K, o tratamento controle somente produziu 149 kg ha⁻¹, o que mostra que as estirpes nativas apresentam baixa efetividade.

Na Área 2, a produtividade de grãos variou de 52,23 a 620,27 kg ha⁻¹. Houve diferenças significativas para a estirpe BR 3299, que foi superior às demais estirpes e ao controle e promoveu incrementos de 1.087 e 17% em relação à produção de grãos nos tratamentos controle e com 80 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Esses resultados poderiam ter sido mais promissores, uma vez que, próximo à época de formação das vagens (agosto), a precipitação pluvial já era bastante escassa na região de plantio. Contudo, com exceção do controle, a produtividade de grãos permaneceu dentro da média da Região Nordeste, que está em torno de 300 a 400 kg ha⁻¹ (Frota & Pereira, 2000; Alcantara, 2006).

Conclusões

1. A estirpe BR 3299 de *Bradyrhizobium* apresenta resultados semelhantes aos das estirpes recomendadas para feijão-caupi e aos do tratamento nitrogenado, quanto às variáveis estudadas.
2. As estirpes proporcionam boa nodulação, bom acúmulo de N na parte aérea, bom rendimento de biomassa de matéria seca e eficiência relativa alta em comparação ao controle.
3. O feijão-caupi responde positivamente à inoculação com as estirpes avaliadas, com destaque para a BR 3299.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa ao primeiro autor; e aos agricultores José Elias Sobrinho e Juarez Canuto Vieira, por disponibilizarem suas propriedades.

Referências

- ALCANTARA, R.M.C.M.; FORTALEZA, J.M.; XAVIER, G.R.; SOUZA, J.S. Inoculação de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] com rizóbio BR 3267 em Teresina, PI. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio**: Anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.
- BERGERSEN, 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.35, p.3-16, 1971. Supplement.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE), 13., 2006, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123. (Embrapa Soja. Documentos, 290).
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, A.A. dos. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p.28-92.
- FROTA, A.B.; PEREIRA, P.R. Caracterização da produção de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p.9-25. (Embrapa Meio-Norte. Circular técnica, 28).
- GRAHAM, P.H. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: a review. **Field Crops Research**, v.4, p.93-112, 1981.
- GUALTER, R.M.R.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F. de; ALCANTARA, R.M.C.M. de.; COSTA, D.B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, v.9, p.469-474, 2008.
- GUEDES, G.N.; SOUZA, A. dos S.; ALVES, L. de S. Eficiência agrônômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.82-96, 2010.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I. de C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular técnica, 13).
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p.9-90. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 44).
- LACERDA, A.M.; MOREIRA, F.M. de S.; ANDRADE, M.J.B. de; SOARES, A.L. de L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, v.51, p.67-82, 2004.
- MARTINS, L.M.V. **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbio que nodula caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos da região Nordeste do Brasil**. 1996. 213p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; RUMJANEK, N.G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the Semi-Arid Region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.333-339, 2003.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, M.J.; SALVIANO, A.A.C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. de A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p.229-242.
- MELO, S.R. de; ZILLI, J.E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1177-1183, 2009.
- OSA-AFIANA, L.O.; ALEXANDER, M.E. Effect of moisture on the survival of *Rhizobium* in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.43, p.925-930, 1979.
- RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P. A Fixação biológica de nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p.280-335.
- SOARES, A.L. de L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.; VALE, H.M.M. do; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B. de; MOREIRA, F.M. de 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, p.795-802, 2006.
- ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39, p.749-758, 2009.
- ZILLI, J.E.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕES-ARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

Recebido em 22 de novembro de 2010 e aprovado em 9 de fevereiro de 2011