

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ROBERTA DE VASCONCELOS RAMIRES

**INOCULANTE BIOLÓGICO ASSOCIADO AO MANEJO DE NITROGÊNIO
NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM**

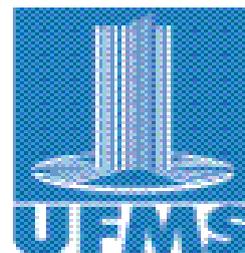
CHAPADÃO DO SUL – MS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Orientadora: Dra. Marivaine da Silva Brasil

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campus de Chapadão do Sul

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Roberta de Vasconcelos Ramires
ORIENTADORA: Prof. (a) Dra. Marivaine da Silva Brasil

INOCULANTE BIOLÓGICO ASSOCIADO AO MANEJO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM

Handwritten signature of Marivaine da Silva Brasil in blue ink.

Prof.(a) Dr.(a) Presidente Marivaine da Silva Brasil

Handwritten signature of Sebastião Ferreira de Lima in blue ink.

Prof.(a) Dr.(a) Sebastião Ferreira de Lima

Handwritten signature of Fábio Bueno dos Reis Júnior in blue ink.

Prof.(a) Dr.(a) Fábio Bueno dos Reis Júnior

Chapadão do Sul, 11 de março de 2014.

AGRADECIMENTOS

Ao grandioso Deus pai, por ser o princípio supremo, pelo amor incondicional, pela grande oportunidade, por estar sempre presente em minha vida e por me abençoar.

Agradeço por permitir que pessoas maravilhosas entrassem na minha vida, para que a oportunidade dada fosse realizada. Que todos sejam abençoados.

A minha família pela existência, pela compreensão e pelo apoio.

A minha orientadora professora Dra. Marivaine da Silva Brasil e ao professor Dr. Sebastião Ferreira de Lima agradeço por me orientar com muita paciência, pela grande ajuda em contribuir para minha formação profissional. Sempre serei grata.

A professora Dra. Rita de Cássia Alvarez pela grande ajuda para montar o experimento e pela disposição. Sempre educada e amável.

Ao professor Dr. Cassiano Garcia Roque por acreditar em mim, por me apoiar e ser compreensivo.

A mestranda e amiga Lucymara Merquides Contardi pela ajuda em calçar a botina e ir a campo comigo para fazer as avaliações, momentos cansativos, mas agradáveis. Obrigada pela grande amizade sincera, por ser minha companhia neste mestrado.

A Mestre Daly Roxana de Castro Padilha pela amizade, pela grande disposição em me ajudar, pelas dicas excelentes e por ser sempre paciente.

Ao Mestre Tiago Ledesma Taira pela amizade, pela gigantesca força em me ajudar a montar o experimento, sem sua ajuda ficaria difícil.

Ao mestrando Kenio Nogueira agradeço muito pela força na instalação do experimento. Ficamos todos cansados, mas no final deu tudo certo.

Aos laboratórios de solos, biotecnologia, sementes e entomologia do campus de Chapadão do Sul. Agradeço a todos os professores e funcionários que contribuíram para que fosse possível realizar as avaliações.

Ao Pesquisador da Embrapa Cerrados Dr. Fábio Bueno Reis Júnior pela atenção em responder meu e mail, sendo muito atencioso.

Ao Pesquisador da Embrapa Agropecuária do Oeste Dr. Fábio Mercante por fornecer o inoculante, para que pudéssemos dar início a este experimento.

Ao Técnico agrícola Paulo Cezar Gomes pela força, por me ajudar no experimento, por ser atencioso.

Ao bibliotecário Daniel Fernando Figueiredo Spengler pela ajuda, disposição em me fornecer informações que foram muito importantes, pela atenção e paciência.

Ao Mestrando Cléo Adriano da Silva pela atenção e disposição em me ajudar.

A todos os estagiários de agronomia que me ajudaram, em especial Regiane Garcia da Cunha. Agradeço também ao Marcelo Diamante por doar uma parte do seu tempo em me ajudar.

Ao acadêmico Igor Erickson Tosta Maia por me ajudar na hora de colher o experimento e a separar os grãos. Rapaz responsável e trabalhador.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pela oportunidade maravilhosa de fazer o mestrado.

A Capes (REUNI) pela concessão da bolsa, a qual me ajudou e muito para que fosse possível concluir o curso tranquilamente.

“JAMAIS CONSIDERE SEUS ESTUDOS COMO UMA OBRIGAÇÃO, MAS COMO UMA OPORTUNIDADE INVEJÁVEL PARA APRENDER A CONHECER A INFLUÊNCIA LIBERTADORA DA BELEZA DO REINO DO ESPÍRITO, PARA O SEU PRÓPRIO PRAZER PESSOAL E PARA PROVEITO DA COMUNIDADE A QUAL O SEU FUTURO TRABALHO PERTENCER”.

Albert Einstein

RESUMO

RAMIRES, R. V. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Inoculante Biológico associado ao manejo de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum. Orientadora: Prof^a. Dra. Marivaine da Silva Brasil.

O feijoeiro é uma cultura muito exigente em nitrogênio (N) sendo este o mais absorvido pela cultura. Devido às perdas, poluição ambiental e elevado custo dos fertilizantes nitrogenados, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) se torna importante para o fornecimento de desse nutriente as plantas. O objetivo desse estudo foi avaliar o uso de inoculante *Rhizobium tropici* associado ao uso de nitrogênio no cultivares de feijão comum Jalo de ciclo precoce e Majestoso. O experimento foi instalado na área de pesquisa da UFMS/CPCS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições em esquema fatorial (2x4). Os fatores constituíram das sementes inoculadas com *Rhizobium tropici* e sem inoculação e 4 diferentes doses de adubo nitrogenado na semeadura e cobertura (0/0), (20/0), (0/120) e (20/100) Kg N ha⁻¹. A fonte de N utilizada foi a ureia contendo 45% de N. Cada parcela teve 5 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,45 m. Na floração foram avaliados: número de nódulos nas raízes, matéria seca dos nódulos e parte aérea e teor de nitrogênio nas folhas. Na colheita foram avaliados população final de plantas, o rendimento dos grãos e seus componentes de produção (peso de cem grãos, número de vagens por planta, número de grão por vagem, massa de grãos por planta e por vagem, a produtividade de grãos e o teor de nitrogênio nos grãos). A interação foi significativa para todas as variáveis avaliadas, exceto para teor de N foliar e nos grãos do cultivar de feijão Jalo precoce, e para o cultivar Majestoso a massa de cem grãos. A produtividade para o cultivar Jalo precoce não foi influenciada pela inoculação das sementes. A adubação nitrogenada reduziu o número e a massa seca de nódulos. A inoculação não apresentou capacidade para atingir resultados satisfatórios à produtividade do feijão Jalo precoce e Majestoso.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, Fixação biológica de nitrogênio, Adubação nitrogenada.

ABSTRACT

RAMIRES, R. V. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Biological inoculum associated with nitrogen management in the culture of the common bean. Advisor: Dra. Marivaine da Silva Brasil.

The bean is a very demanding crop in nitrogen (N) being the most absorbed by the crop. Due to losses, environmental pollution and high cost of nitrogen fertilizers, biological nitrogen fixation (BNF) becomes important for the supply of nitrogen to the plants. The aim of this study was to evaluate the use of inoculant *Rhizobium tropici* associated with the use of nitrogen in different cultivars of common bean Jalo cycle early and Majestic. The experiment was installed in the experimental area of UFMS/CPCS, the experimental design was a randomized complete block design with four replications and a factorial (2x4) with and without inoculation of *Rhizobium tropici* and 4 different doses of nitrogen fertilizer at planting and coverage (0/0) (20/0), (0/120), and (20/100) kg ha⁻¹. The N source was used urea containing 45% N. Each plot had five rows of 5 m long, spaced 0.50 m. At flowering were evaluated: number of root nodules, nodules and dry matter of shoots and nitrogen content in the leaves. At harvest plant population were evaluated in the grain yield and its components production (weight of hundred grains, number of pods per plant, number of grain per pod, seed weight per plant and per pod, grain yield and nitrogen content in the grain). The interaction was significant for all variables except for leaf nitrogen content in grain and bean cultivar Jalo early, and the cultivar Majestic mass of a hundred grains. Productivity for the early cultivar Jalo was not affected by seed inoculation. Nitrogen fertilization reduced the number and mass of nodules. The inoculation showed no ability to achieve satisfactory productivity and Jalo bean early results Majestic.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris*, biological nitrogen fixation, nitrogen Fertilization.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

FIGURA		PÁGINA
1	Processo de infecção celular. Adaptado por Taiz e Zeiger, 2009	20
2	Nódulos nas raízes de feijão Jalo Precoce	30
3	Leghemoglobina ativa em nódulos de feijão	30

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Resultado da análise química do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, Chapadão do Sul, MS, Brasil (2013)	25
2	Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio nas folhas (TNF) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) no feijão Jalo precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> em Chapadão do Sul, 2013	29
3	Número de nódulos, matéria seca de nódulos e matéria seca da parte aérea em feijão-comum cultivar Jalo Precoce cultivada sob adubação nitrogenada e inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> em Chapadão do Sul, 2013	32
4	Teor de nitrogênio nas folhas e grãos do feijão Jalo Precoce sob inoculação com <i>Rhizobium tropici</i> em Chapadão do Sul, 2013	33
5	Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para população final de plantas (POP), massa de cem grãos (MCG); número de grãos por vagem (NGV); número de vagens por planta (NVP)	

- e produtividade de grãos (PG) no feijão Jalo precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculado com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 33
- 6 População final de plantas (POP), massa de cem grãos (MCG), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PG) do feijão Jalo Precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 37
- 7 Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio nas folhas (TNF) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) no feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 38
- 8 Número de nódulos, matéria seca de nódulos, matéria seca da parte aérea, teor de N nas folhas e grãos de feijão-comum cultivar Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 42
- 9 Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para população final de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) no feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculado com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 43
- 10 Massa de cem grãos de grãos de feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada em área de cerrado Chapadão do Sul (2013) mês março safrinha 45
- 11 População final de plantas (POP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PG) de feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013 46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A cultura do feijoeiro	14
2.2 Fertilizantes Nitrogenados e Fixação Biológica de Nitrogênio	17
2.3 Microrganismos do inoculante x Microrganismos nativos	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Área de estudo	23
4.2 Cultivar de feijão Jalo Precoce	23
4.3 Cultivar de Feijão Majestoso	24
4.4 Tratamento e delineamento experimental	24
4.5 Instalação do experimento	24
4.6 Inoculação das sementes	25
4.7 Avaliações	26
4.7.1 Contagem de nódulos	26
4.7.2 Matéria seca de nódulos e da parte aérea	26
4.7.3 Matéria seca da parte aérea	26
4.7.4 Teor de nitrogênio nas folhas	26
4.7.5 Teor de N nos grãos	27
4.7.6 Componentes da Produção	27
4.7.7 Produtividade	28
4.8 Análise estatística	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Cultivar Jalo Precoce	29
5.2 Cultivar Majestoso	38
6 CONCLUSÕES	47
7 REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas de elevada relevância socioeconômica para o Brasil, principalmente por constituir fonte proteica, de carboidratos e de ferro na dieta alimentar da população rural e urbana, revelando-se um componente quase que obrigatório na mesa do brasileiro (YOKOYAMA, 2002; BORÉM; CARNEIRO, 2011).

Apesar de toda importância da cultura, tem-se observado baixa produtividade do feijoeiro no Brasil, devido, principalmente, ao baixo nível tecnológico empregado e à baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo fósforo e nitrogênio (MERCANTE et al., 1999; STRALIOTTO et al., 2002).

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pela cultura do feijoeiro, constituinte essencial de aminoácidos, enzimas, coenzimas, clorofilas, ácidos nucléicos, nucleotídeos e muitos outros compostos vegetais (FAGAN et al., 2007; MARENCO; LOPES, 2009). Apresenta ainda, o solo como fontes de N para a cultura do feijoeiro, por meio da decomposição da matéria orgânica e das rochas; a aplicação de adubos nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, através da associação do feijoeiro com as bactérias do grupo dos rizóbios (FERREIRA et al., 2009).

Os fertilizantes nitrogenados têm alto custo econômico e ainda apresentam custos ecológicos adicionais nos solos tropicais, onde as suas perdas, principalmente causadas por lixiviações e escoamento superficial, são estimados em torno de 50% das quantidades aplicadas (PELEGRIN et al., 2009; HUNGRIA et al., 2007; SANTOS et al., 2003).

Diante disso, a exploração de tecnologias viáveis que reduzam a utilização de adubos minerais pode contribuir para melhorar os rendimentos da cultura no país. Dentre as tecnologias, existe a possibilidade de se aproveitar o potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) do feijoeiro, reduzindo a entrada de N de origem industrial na cultura.

O feijoeiro é uma leguminosa que consegue aproveitar o nitrogênio atmosférico quando em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* sp., que são capazes de fixar esse elemento, tornando-o assimilável à planta (BELLAVÉR; FAGUNDES, 2009).

A FBN consiste, essencialmente, na transformação do nitrogênio atmosférico (N₂) em amônia (NH₃), intermediado pela enzima nitrogenase, presente em

grupos de bactérias especializadas que ficam livres no ambiente ou em associação com plantas, em especial leguminosas (KINTSCHEV, 2012). A assimilação do nitrogênio é um processo fundamental para o crescimento e o desenvolvimento das plantas com efeitos marcantes sobre a fitomassa e a produtividade final das culturas (REIS et al., 2006).

Considerando-se que o nitrogênio é o nutriente que o feijoeiro requer em maiores quantidades (KLUTHCOUSKI et al., 2005), não se pode esquecer que no solo ele é suscetível a inúmeras perdas. A maior parte do elemento está presente em frações cuja mineralização é bastante lenta, sendo mineralizado apenas 2% a 3% do N total presente no solo a cada ano (REIS et al., 2006).

Além disso, os altos custos dos fertilizantes nitrogenados tornam ainda mais interessante avaliar a FBN das cultivares comerciais de feijão, por ser uma tecnologia de baixo custo que pode contribuir para a redução das despesas de produção dessa leguminosa (BRITO et al., 2011).

A inoculação do feijoeiro é uma técnica difundida pela pesquisa, mas pouco utilizada pelos agricultores. Para cultivos com baixo nível tecnológico, a utilização desta técnica, de baixo custo, pode ser uma excelente alternativa para aumento da produtividade (ARAÚJO et al., 2007).

Assim, o objetivo desse trabalho foi de avaliar o efeito do uso de inoculante associado ao manejo de nitrogênio nas cultivares de feijão Jalo precoce e Majestoso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do feijoeiro

2.1 A cultura do feijoeiro

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) teve origem no Novo Mundo, tendo sido levado ao Velho Mundo após o descobrimento da América (ZIMMERMANN; TEIXEIRA, 1996).

Evidências arqueológicas indicam que a atual distribuição de tipos selvagens que se estenderam num arco de mais de 5.000 km, desde o México até a Argentina, as características da espécie *Phaseolus vulgaris* e as características morfológicas e fisiológicas das “Land races” (variedades crioulas) que ocorreram ao longo do continente, suportam a hipótese de uma origem desconhecida e possivelmente difusa ao longo do continente (KAPLAN, 1981).

Atualmente, existem evidências que suportam e/ou contradizem que o feijão comum teve dois centros principais de domesticação e um terceiro de menor expressão (GEPTS; DEBOUCK, 1993). O primeiro localiza-se na região central das Américas, principalmente no México, e onde se originou a maioria dos cultivares de grãos pequenos, como o “Carioca”. O segundo localiza-se no sul dos Andes, principalmente no norte da Argentina e no sul do Peru, de onde se originaram os cultivares de sementes grandes, semelhante ao cultivar Jalo. A terceira área de domesticação, provavelmente intermediária entre as duas primeiras, situa-se na Colômbia, o que tem sido possível afirmar depois de vários estudos feitos com a faseolina, a principal proteína de reserva da semente do feijão (SANTOS; GAVILANES, 2011).

O feijoeiro é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae), tribo Phaseoleae e subtribo Phaseolineae, gênero *Phaseolus* L., espécie (*Phaseolus vulgaris* L.). Espécie de ciclo curto, 75 a 100 dias conforme o cultivar, com hábito de crescimento determinado ou indeterminado, trepador ou não, formando dossel de 40 a 50 cm de altura. As vagens são geralmente comprimidas, delgadas e graúdas e podem ter de quatro a dez sementes (SILVA et al., 2009).

O feijoeiro comum em geral se adapta aos trópicos úmidos, mas cresce bem em áreas com chuvas regulares, desde os trópicos até as zonas temperadas. É muito sensível tanto a geadas quanto as altas temperaturas (ZIMMERMANN; TEIXEIRA, 1996). A temperatura média ideal durante o ciclo é de 18 a 24°C sendo 21°C a ideal (SILVA, et al., 2008).

O feijão é uma das culturas de elevada relevância socioeconômica para o Brasil (RICHETTI et al., 2011), apresenta fácil adaptação edafoclimática o que permite seu cultivo durante todo o ano em quase todos os estados. É possível explorar a cultura em três épocas distintas no mesmo ano: na safra "das águas", quando o cultivo é feito nos meses de agosto a novembro, na safra "da seca", feito de janeiro a março, abrangendo a maioria dos estados produtores, e a safra "de inverno", de abril a julho (CASSINI; FRANCO, 2011; EMBRAPA, 2013). Em Mato Grosso do Sul, o feijão comum é cultivado nas três diferentes épocas de semeadura, mas predominantemente na safra "da seca" (RICHETTI, 2011).

Contudo, tem-se observado um baixo rendimento na cultura do feijoeiro no país, devido principalmente ao baixo nível tecnológico utilizado (MERCANTE et al., 1999; STRALIOTTO et al., 2002). Entretanto, para Richetti et al. (2011), a evolução das práticas culturais, aliada ao desenvolvimento de cultivares moderna e à adoção de tecnologias pelos agricultores brasileiros, permitiu um expressivo ganho de produtividade.

Para obtenção de elevada produtividade, o fornecimento de nitrogênio à cultura do feijão é fundamental, pois o nitrogênio é o nutriente absorvido em quantidades mais elevada (OLIVEIRA et al., 1996). O feijoeiro apresenta condições de beneficiar-se da associação simbiótica com *Rhizobium*, fixando N₂ atmosférico, desde que se utilizem estirpes mais específicas, o que pode contribuir para economia de N mineral (HUNGRIA et al., 2000; MOSTASSO et al., 2002; VENTURINI et al., 2002; SOARES et al., 2006).

A seleção de novas estirpes, capazes de fixar N₂ atmosférico quando em simbiose com o feijoeiro, é uma ferramenta importante na busca de um par simbiótico eficiente. Contudo, estirpes selecionadas em laboratório e casa de vegetação podem não alcançar o máximo potencial de fixação no campo, em decorrência, dentre outros fatores, da competição com a população nativa e estabelecida do solo e da baixa adaptação às condições ambientais locais (SOARES et al., 2006). Entretanto, alguns resultados de pesquisa, obtidos em

condições de campo, indicam que é possível que a planta se beneficie da inoculação com o rizóbio, conforme dados registrados na região do Cerrado (STRALIOTTO et al., 2002).

Moura et al. (2009) avaliaram a produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici*, constataram que a adubação nitrogenada em cobertura mais inoculação gera produtividade semelhante à fertilização nitrogenada na semeadura e em cobertura. Pelegrin et al. (2009) avaliaram a resposta da cultura do feijão a adubação nitrogenada e a inoculação com rizóbio, verificaram que a adubação com 20 kg ha⁻¹ de N, acrescida de inoculante com a estirpe de *R. tropici* possibilitou a obtenção de produtividade de grãos e acréscimo de receita líquida equivalente à aplicação de até 160 kg ha⁻¹ de N, sendo superior ao tratamento com a adubação de 20 kg ha⁻¹ de N, sem o uso do inoculante, evidenciando a sua importância para obtenção de maior rentabilidade na cultura do feijão. Barros et al. (2013) avaliaram o efeito da interação entre a inoculação com rizóbio e a adubação nitrogenada, verificaram que a inoculação de rizóbios no plantio pode substituir a adubação nitrogenada com 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, sem perda de produtividade.

Nos trabalhos de Bassan et al. (2001), Binotti (2009) e Kaneko et al. (2010) não ocorreram incrementos significativos de produtividade de feijão com a inoculação de estirpes de *Rhizobium*. Dowling e Broughton (1986) relataram que para obtenção de altas produtividades de feijão é necessária a aplicação de fertilizantes nitrogenados, uma vez que os rizóbios nativos apresentam, em geral, baixa eficiência simbiótica.

A espécie de rizóbio recomendada à produção de inoculante para o feijoeiro comum é o *Rhizobium tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), compreendendo as estirpes comerciais SEMIA 4077 (CIAT 899) e SEMIA 4080 (PRF 81). Esta espécie é tida como geneticamente mais estável e tolerante a estresses que outras espécies de rizóbio, como temperaturas elevadas e acidez do meio, sendo mais adaptada às condições de solos tropicais (GRAHAM, 1992).

De modo geral, compreender a simbiose entre os rizóbios e o feijoeiro, e sua real contribuição na fixação biológica de nitrogênio para a cultura do feijão pode ser a solução para melhorar o rendimento dessa cultura (GRANGRE; HUNGRIA, 2004).

2.2 Fertilizantes Nitrogenados e Fixação Biológica de Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um dos principais componentes das biomoléculas, fazendo parte da estrutura de ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, clorofilas, nucleotídeos e muitos outros componentes vegetais (FAGAN et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2008; MARENCO; LOPES, 2009). Embora constitua 78% da atmosfera terrestre, o nitrogênio gasoso, N_2 , é quimicamente inerte a temperaturas comuns, e, diferentemente de outros elementos que ocorrem na natureza, suas reservas minerais são relativamente raras (TEIXEIRA et al., 2008).

No solo, o nitrogênio é um elemento muito instável, passível de inúmeras possibilidades de perdas (KLUTHCOUSKI et al., 2005). O reservatório de N presente na matéria orgânica é limitado, podendo ser esgotado, rapidamente, após alguns cultivos (HUNGRIA et al., 2007). A grande maioria do elemento está presente em frações cuja mineralização é bastante lenta, sendo mineralizado apenas 2% a 3% do N total presente no solo a cada ano. Essa fração mineralizável está ainda sujeita à perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação, além da imobilização e adsorção pelas partículas do solo (REIS et al., 2006).

Os fertilizantes nitrogenados representam a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, mas a um custo elevado (TEIXEIRA et al., 2008). O excesso de N-mineral reduz, drasticamente, a nodulação das leguminosas, porque a nodulação ocorre em resposta às demandas nutricionais da planta. Na presença de N-mineral, tais demandas são reduzidas, não havendo, portanto, estímulo à nodulação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na indústria, o processo de fixação de nitrogênio desenvolvido por Haber-Bosch para síntese de amônia emprega altas temperaturas (300° a 600°C); hidrogênio oriundo de gás de petróleo; catalisador contendo ferro e altas pressões (200 a 800 atm) (HUNGRIA et al., 2007). Estima-se a necessidade de seis barris de petróleo para a produção de uma tonelada de amônia (HUNGRIA et al., 2001). A principal finalidade da amônia produzida é a fabricação de fertilizantes, sendo que mais de 100 milhões de toneladas é anualmente usada na agricultura, uma demanda que implica grandes custos financeiros, energéticos e, sobretudo, ambientais (NEWTON, 2000).

Essa contaminação pode causar sérios danos ambientais, através da poluição causada pela lixiviação de nitratos, que uma vez carregados para o lençol freático provoca a contaminação de aquíferos subterrâneos, rios e lagos (MERCANTE et al., 1999; TEIXEIRA et al., 2008).

Assim, os custos econômicos e ambientais relacionados à fertilização nitrogenada têm estimulado a busca por alternativas que possam diminuir a utilização desse fertilizante sem que haja diminuição da produção (TEIXEIRA et al., 2008). Daí a necessidade de se explorar todas as possibilidades da fixação biológica de nitrogênio (NEWTON, 2000).

A FBN resulta da transformação do nitrogênio atmosférico (N_2) em amônia (NH_3), intermediado pela enzima dinitrogenase, presente em determinados grupos de bactérias (MERCANTE et al., 2011). É um dos mais importantes processos conhecidos na natureza, envolvendo alguns microrganismos procariotos capazes de fixar o N atmosférico, denominados diazotróficos, distribuídos nos domínios Bactéria e Archae. Possuem esta capacidade em virtude da presença do complexo enzimático nitrogenase, uma metaloenzima que catalisa a conversão de N_2 à NH_3 à temperatura e pressão ambientes, utilizando-se de energia celular na forma de adenosina trifosfato (ATP). Essa enzima é sensível ao oxigênio, que pode destruí-la irreversivelmente (REIS et al., 2006; HOFFMANN, 2007; TEIXEIRA, 2008).

Essas bactérias, denominadas como diazotróficas ou fixadoras de N_2 , associam-se a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, levando a classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA et al., 2007).

Entre os hospedeiros simbióticos no processo de fixação biológica, as leguminosas têm sido utilizadas em sistemas de cultivo por séculos. Elas podem oferecer uma grande variedade de benefícios à agricultura sustentável. São utilizadas como fontes primárias de alimentos, combustíveis, fibras, fertilizantes e ainda enriquecem o solo, preservam suas características e evitam erosões (BOHLOOL et al., 1992).

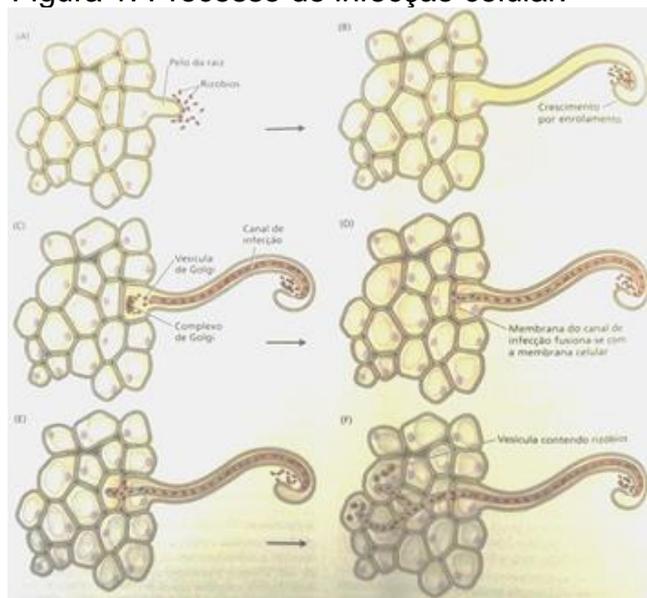
As bactérias que fixam N_2 em associação com leguminosas são genericamente chamadas de rizóbios. Os principais rizóbios são *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium* (TIRICHINE et al., 2000). A simbiose pode ser facilmente identificada, pois estruturas especializadas

para o processo biológico, chamadas nódulos, são formadas nas raízes das leguminosas (HUNGRIA et al., 2007). Os nódulos envolvidos na fixação de N_2 têm formas e tamanhos variados, sendo que nas leguminosas eles podem ser arredondados e relativamente pequenos (4 a 7 mm de diâmetro) (MARENCO; LOPES, 2009). O rizóbio possui um grande número de genes que controlam vários aspectos da nodulação como especificidade do hospedeiro, infecção e nodulação (KONDOROSI et al., 1989).

Para que ocorra a formação do nódulo, é necessário que haja uma perfeita interação entre a planta e a bactéria durante uma série de etapas sequenciais. Esta interação é mediada por sinais moleculares, ou seja, compostos químicos exsudados por ambos os parceiros, os quais resultam na ativação dos genes da planta e da bactéria envolvidos na simbiose (HUNGRIA; STACEY, 1997). Os sinais moleculares excretados pelas raízes da planta hospedeira ativam a expressão dos genes de nodulação pelo rizóbio, resultando na produção de fatores Nod (SUGAWARA et al., 2006). Dessa forma o rizóbio é atraído até as raízes da planta hospedeira, numa série de eventos iniciais chamados de estágio pré-infecção. Neste estágio inicia-se a comunicação molecular entre a planta e bactéria, quando são decifrados pela bactéria os códigos enviados pela hospedeira. Este código é composto de diferentes substâncias exsudadas pelas raízes da hospedeira, como carboidratos, aminoácidos, além de compostos fenólicos (flavonóides) que compõem um gradiente químico na rizosfera, resultando na atração da bactéria até a superfície radicular, fenômeno conhecido como quimiotaxia (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os nódulos são divididos em dois tipos: determinado e indeterminado. O nódulo determinado ocorre principalmente no feijão e na soja. Uma vez formado, ele fixa N enquanto a simbiose estiver ativa, facilmente notada pela coloração avermelhada da atividade da leghemoglobina. Se a simbiose for interrompida, por vários motivos, este nódulo senesce e se desprende da planta hospedeira. A leghemoglobina tem a importante função de transportar O_2 em taxas suficientes para o metabolismo aeróbio dos bacteroides, sem excessos que possam inibir a atividade da nitrogenase (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Figura 1. Processo de infecção celular.



Fonte: Taiz; Zeiger, 2009.

A contribuição da FBN em leguminosas no Brasil destaca-se na cultura da soja (*Glycine max* L. Meril.), onde pode contribuir com mais de 80% do N-total (MARENCO et al., 1993). A eficiência desses microrganismos tem possibilitado a obtenção de altos rendimentos de grãos da cultura, sem a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral (ALVES et al., 2003).

Portanto, pesquisar e utilizar as vantagens do processo de FBN favorece o cenário de uma agricultura moderna, que visa a buscar a obtenção de resultados satisfatórios à produtividade, com uma melhor relação de custos/benefícios sem descuidar-se da redução do impacto ambiental (HUNGRIA, 2007).

2.3 Microrganismos do inoculante x Microrganismos nativos

O termo inoculante refere-se a um produto ou a uma formulação que contém determinados tipos de microrganismos viáveis, utilizados com o objetivo de introduzir ou aumentar determinada população microbiana num ambiente. Na agricultura, esse termo refere-se, geralmente, ao produto utilizado para tratar sementes de leguminosas com rizóbios selecionados, visando a estimular a FBN e, conseqüentemente, diminuir, complementar ou eliminar a adubação nitrogenada (VIEIRA et al., 2008).

Para a fabricação de um inoculante deve-se levar em consideração não apenas a eficiência das estirpes em fixar o nitrogênio atmosférico, mas também a

capacidade de competir com as estirpes nativas do solo, sendo este fator um dos mais limitantes e que contribui bastante para o insucesso da inoculação em condições de campo (FERNANDES JÚNIOR; REIS, 2008).

Para que uma estirpe de rizóbio possa ser recomendada para inoculação é necessário que possua, dentre outros atributos, eficiência na fixação de N_2 e capacidade de se estabelecer no solo e competir com microrganismos ali presentes (ARAÚJO et al., 2007), e ainda tolerar condições edafoclimáticas adversas. A seleção de novas estirpes, capazes de fixar N atmosférico quando em simbiose com o feijoeiro, é uma ferramenta importante na busca de um par simbiótico mais eficiente (SOARES et al., 2006).

A baixa competitividade do rizóbio do feijoeiro com microrganismos nativos do solo resulta em baixa eficiência da FBN (FIGUEIREDO, 2012). A elevada capacidade competitiva das estirpes nativas é outro fator importante que deve ser considerado na ocupação nodular de estirpes de rizóbio inoculadas: a promiscuidade das plantas hospedeiras. As leguminosas são consideradas promíscuas quando nodulam com uma gama muito grande de estirpes rizobianas (PERRET et al., 2000). O feijoeiro é uma cultura que apresenta dificuldade no estabelecimento de estirpes eficientes no solo devido à alta promiscuidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A falta de resposta do feijoeiro a inoculação é muitas vezes devido a presença de rizóbio nativo do solo, que nodula o feijoeiro, mesmo em áreas onde a cultura está sendo plantada pela primeira vez (MERCANTE et al., 1992). Diversos autores confirmam esses resultados, em que ocorre a presença de estirpes nativas no solo (VIEIRA et al., 2005; PELEGRIN et al., 2009; SILVA et al., 2009; KANECO et al., 2010; SOUZA et al., 2011). Ainda há diversos fatores bióticos e abióticos que podem prejudicar a concentração de rizóbio introduzida pela inoculação, nesse sentido, é interessante testar e avaliar a introdução de maiores concentrações ou maiores doses de inoculante nas cultivares de feijoeiro-comum.

Entretanto, antes dos testes de eficiência agrônômica a campo, é imprescindível estudos de laboratório para o levantamento dos tipos de bactérias nativas formadoras de nódulos nas raízes das plantas (rizóbios) em áreas de produção e em condições controladas de casa de vegetação. No

campo, os testes devem ser realizados com a cultivar recomendada para a região, além dos produtos comerciais ou estirpes a serem testados, e incluídos os controles negativos (ausência de fertilizante nitrogenado e inoculação), controle com N mineral, além da inoculação padrão, se houver. Os resultados de campo deverão ser conduzidos em, pelo menos, dois ecossistemas de importância para a cultura em questão e durante duas safras agrícolas (XAVIER et al., 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em campo, na unidade experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do sul, localizada nas coordenadas Geográficas 18°46'17,8'S e 52°37'27,7'W, com altitude de 813 m. O município de Chapadão do Sul, MS, com uma área de 3.851 km² está localizado na porção nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul. A cobertura vegetal original do Município é de cerrados e campos limpos e a classe de solo predominante é Latossolo Vermelho distrófico. O clima é, segundo classificação de Köppen, do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno e precipitação média anual de 1.850 mm. A temperatura média anual varia de 13°C a 28°C.

4.2 Cultivar de feijão Jalo Precoce

A cultivar Jalo precoce é pertencente ao grupo comercial manteigão. Possui ciclo de 77 dias, porte semiereto a prostrado, tipo de planta III, apresenta hábito de crescimento indeterminado, cor da flor é bicolor - asas róseas e estandarte violeta claro, cor da vagem na maturação é amarela, cor dos grãos é bege-amarelada, brilho das sementes é intermediário e o peso de cem grãos é 40 g (TEIXEIRA, 2011). Em condições de campo é suscetível à antracnose, ao oídio, ao mosaico comum e ao mosaico dourado. Atualmente está indicada para o cultivo em Mato Grosso do Sul e outros estados. A cultivar precoce lhes conferem algumas vantagens como, por exemplo, se o plantio do feijão da "seca" é atrasado, por falta ou excesso de chuva, as cultivares precoces dão esperança de maiores produtividades, já que lhes resta curto período de chuvas. Os agricultores que utilizam cultivares precoces também plantam cultivares de ciclos mais longos, as quais, geralmente, ocupam áreas maiores (EMBRAPA, 2013). Dessa maneira, há retorno mais rápido de parte do investimento. Além disso, o feijão precoce vem adquirindo importância nas regiões em que a irrigação permite a produção de alimentos durante todo o ano.

4.3 Cultivar de Feijão Majestoso

A cultivar de feijão Majestoso, originou-se do cruzamento entre as cultivares Ouro Negro, de grãos pretos, e Pérola, de grãos tipo carioca. Pertencente ao grupo comercial carioca apresenta alta produtividade atualmente é indicada para o cultivo na região do Cerrado. Entretanto suas principais características são: apresenta ciclo de 90 dias, porte da planta é semiereto, tipo de planta II e III com hábito de crescimento indeterminado, cor da flor é branca, cor da vagem na maturação: verde-amarelada, cor da vagem na colheita: amarelo-areia-clara e amarelo-areia-escura, cor do grão: bege-claro com rajadas marrom-claras e peso de 100 grãos: 26-28 g dependendo das condições de cultivo (TEIXEIRA et al., 2011). Em relação ao N, a sua absorção ocorre durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência esta entre 35 e 50 dias da emergência (VALDERRAMA et al., 2009).

4.4 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram distribuídos em dois fatores: inoculação e manejo de N. A inoculação foi formada pelos tratamentos com e sem aplicação de inoculante contendo estirpe de *R. tropici* nas sementes. O manejo de N foi formado pela combinação de: 1) sem aplicação de N (0/0); 2) somente 20 kg N ha⁻¹ no plantio (20/0); 3) 0 kg N ha⁻¹ no plantio e 120 kg N ha⁻¹ em cobertura (0/120) e 4) 20 kg N ha⁻¹ no plantio e 100 kg N ha⁻¹ em cobertura (20/100). O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x4, distribuído em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 32 parcelas. As parcelas foram formadas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre si. A área útil foi contabilizada nas três linhas centrais da parcela. Uma das linhas úteis foi utilizada para contagem de nódulos, determinação da massa seca de nódulos e da parte aérea e teor de N nas folhas, portanto, foram destruídas plantas na avaliação, não podendo ser contabilizadas na determinação da produtividade de grãos, onde foram aproveitadas as duas linhas restantes.

4.5 Instalação do experimento

O experimento foi instalado em 04/03/2013, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, com 16 sementes por metro de sulco. Todas as sementes foram tratadas com o fungicida Carboxina + Tiram (60 + 60 g do i.a. por 100 kg de

sementes). A área foi manejada em sistema de semeadura convencional, sendo realizada uma gradagem imediatamente antes da semeadura para eliminar plantas daninhas e torrões. Nesta área não houve registro de inoculação anterior para a cultura do feijoeiro. A abertura do sulco e distribuição do adubo fosfatado e potássico foram realizadas mecanicamente com semeadora mecânica tratorizada de cinco linhas. A distribuição das sementes e do adubo nitrogenado foi realizada manualmente. O adubo de plantio foi calculado de acordo com a análise do solo (Tabela 1), utilizando o formulado 0-20-20. A fonte de nitrogênio tanto no plantio como em cobertura foi a ureia (45% de N).

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área experimental na camada de 0 – 20 cm, Chapadão do Sul, 2012

pH	M.O	P	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				%	
4,7	29,5	11,6	5,3	0,26	2,3	0,5	8,4	36,6

4.6 Inoculação das sementes

No local do experimento foram plantados anteriormente feijão e soja em outras diferentes safras, mas o tratamento utilizando a técnica de inoculação foi realizado pela primeira vez.

A inoculação das sementes foi realizada com o inoculante turfoso contendo as estirpes comerciais recomendadas SEMIA 4077 + SEMIA 4080. O inoculante continha a concentração mínima de bactérias viáveis de 10⁹ células por g⁻¹ de turfa. Este foi adicionado às sementes na proporção de 500 g para 50 kg de sementes, acrescentando-se 300 mL de solução açucarada a 10% (p:v), visando à melhoria de sua aderência às sementes.

O manejo químico foi realizado na fase inicial de cultivo com a utilização de herbicida Fomesafen+Fluazifop-p-butyl na dose de 188 g + 188 g do i.a ha⁻¹. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi em dose única, no início do estágio fenológico V4, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliolada, completamente aberta em 50% das plantas.

4.7 Avaliações

Foram avaliadas as seguintes características na cultura do feijoeiro:

4.7.1 Contagem de nódulos

Após 30 dias da emergência (DAE) foi realizada a avaliação do número de nódulos, para isso foram coletadas cinco plantas em uma linha da área útil da parcela. As plantas foram separadas em partes aérea e raiz. Na raiz, os nódulos foram lavados com água corrente, utilizando-se peneira com malha de 0,5 mm, para evitar a perda dos nódulos. Após a lavagem, foi realizada a contagem de todos os nódulos.

4.7.2 Matéria seca de nódulos e da parte aérea

Os nódulos foram contados e colocados em uma cápsula de alumínio e posteriormente, levados a uma estufa de secagem com ventilação forçada a 65° C até atingir massa constante.

4.7.3 Matéria seca da parte aérea

Por ocasião do florescimento pleno das plantas, coletaram-se 10 plantas em local predeterminado na área útil de cada parcela; em seguida, levou-se ao laboratório onde foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60 a 70°C, até atingir peso constante.

4.7.4 Teor de nitrogênio nas folhas

Na mesma linha da área útil foi coletada uma folha trifoliolada do terço médio de 10 plantas para determinação do teor de nitrogênio. A avaliação foi determinada conforme a metodologia Kjeldahl adaptada por Galvani e Gaertner (2006). Onde, 100 mg do material seco e moído foram adicionados no tubo digestão. Ao material seco e moído, em capela com exaustor, foi adicionado 1 mL de H₂O₂ 30%, 1,5 mL H₂SO₄ concentrado e 0,7 g da mistura catalisadora (100 g de NaSO₄ e 10 g de CuSO₄.5H₂O). As amostras foram deixadas no digestor, sob

temperaturas crescentes até a total digestão do material, quando foram destiladas por arraste a vapor e tituladas com HCL 0,1 M padronizado, para a determinação do teor de nitrogênio (N-total) foi obtido pela multiplicação do teor percentual pela massa seca das folhas.

4.7.5 Teor de N nos grãos

O teor de nitrogênio nos grãos foi determinado, conforme a metodologia Kjeldahl adaptada por Galvani e Gaertner (2006). Onde, 100 mg do material seco e moído foram adicionados no tubo digestão. Ao material seco e moído, em capela com exaustor, foi adicionado 1 mL de H₂O₂ 30%, 1,5 ml H₂SO₄ concentrado e 0,7 g da mistura catalisadora (100 g de NaSO₄ e 10 g de CuSO₄.5H₂O). As amostras foram deixadas no digestor, sob temperaturas crescentes até a total digestão do material quando foram destiladas por arraste a vapor e tituladas com HCL 0,01 M padronizado, para a determinação do teor de nitrogênio (N-total) foi obtido pela multiplicação do teor percentual pela massa seca dos grãos.

4.7.6 Componentes da produção

a) População final de plantas

Na ocasião da colheita, contou-se o número de plantas em duas linhas centrais de 5 metros e em seguida calculou-se o número de plantas por hectare.

b) Número de vagens por planta e número de grãos por vagem

Foi determinado mediante a contagem do número total de vagens com pelo menos um grão por planta, avaliado em 10 plantas coletadas dentro da área útil de cada parcela.

O número de grãos por vagem foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados em 10 plantas coletadas dentro da área útil de cada área experimental.

c) Massa de cem grãos

Obtida através da coleta ao acaso e pesagem de amostras de 100 grãos por parcela.

4.7.7 Produtividade

A avaliação da produtividade dos grãos foi obtida pelo arranque manual das plantas, contidas na área útil de cada parcela. As plantas foram trilhadas e os grãos pesados e as massas encontradas foram transformados em kg ha^{-1} , corrigida para 13% base úmida.

4.8 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para a comparação das médias. Para a contagem e massa seca de nódulos os dados foram transformados em raiz quadrada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cultivar Jalo Precoce

Houve interação significativa para número de nódulos, matéria seca de nódulos, matéria seca da parte aérea (Tabela 2). As aplicações de nitrogênio em sementeira e em cobertura não afetaram os teores de N nas folhas e nos grãos, contudo a inoculação das sementes do feijoeiro com estirpes de *R. tropici* resultaram em efeito significativo para N nas folhas e nos grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio nas folhas (TNF) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) no feijão Jalo precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Fonte de Variação	GL	QM				
		NN	MSN	MSPA	TNF	TNG
		Unidade	g			%
Inoculação (I)	1	0,03 ^{ns}	0,002**	75,16**	2,32**	0,60**
Nitrogênio (N)	3	83,37**	0,070**	3,73**	0,73 ^{ns}	0,01 ^{ns}
I x N	3	1,53**	0,00096*	0,73**	0,12 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	21	0,28	0,00026	0,05	0,52	0,05
Média	-	10,77	0,188	4,53	5,1	3,67
CV%	-	5,59	8,6	5,34	14,14	6,6

* ** valores significativos pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade; ^{ns} valores não significativos

A maior média para número de nódulos foi observada para o feijoeiro inoculado e não adubado, sendo superior em 92% entre as médias das doses de nitrogênio aplicadas. Para o feijoeiro que não foi inoculado, o tratamento não adubado apresentou maior média comparada às demais que receberam nitrogênio, sendo superior em 66% (Tabela 3). Nesse tratamento foi constatada a ocorrência de estirpes nativas.

Segundo Vieira et al. (2005); Silva et al. (2009) e Kaneko et al. (2010), a ocorrência de nódulos no feijoeiro-comum que não recebeu inoculação, indica a presença de estirpes nativas no solo capazes de fixar N₂ simbioticamente.

Quando se aplica N, tanto na semeadura quanto em cobertura, ocorre a redução dos nódulos tanto para o tratamento inoculado quanto para o não inoculado. Resultados semelhantes foram encontrados por Pelegrin et al. (2009) que verificaram uma tendência de diminuição da nodulação (número e matéria seca de nódulos) com o aumento da dose de N aplicada.

Barros et al. (2013) encontraram maior número de nódulos no tratamento inoculado e no tratamento adubado e inoculado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura, sendo apenas o inoculado superior ao tratamento só adubado. Os mesmos autores também evidenciaram que a aplicação de 20 kg N ha^{-1} na semeadura, não inibe o processo de nodulação da população de rizóbios inoculados. Franco e Döbereiner (1968) e Ruschel e Saito (1977), relatam que pequenas quantidades de N mineral permitem um aumento no crescimento dos nódulos e conseqüentemente maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio. As respostas obtidas por Barros et al. (2009), Franco e Döbereiner (1968) em relação a pequena aplicação de N, não foram confirmadas para a cultivar Jalo Precoce, uma vez que qualquer dose de N aplicado, tanto em semeadura como em cobertura, afeta consideravelmente a ação do microrganismo.

Os nódulos de feijão Jalo precoce apresentaram-se grandes, com aproximadamente 5 mm de diâmetro (Figura 2) e com uma coloração rósea, indicativo da presença da proteína conhecida com leghemoglobina (Figura 3). Esta observação corrobora com Hungria et al. (2007) que relatam que quando o nódulo está em plena atividade, a sua parte interna apresenta coloração rósea pela ação da leghemoglobina.

Figura 2. Nódulos nas raízes de Feijão Jalo Precoce.



Fonte: RAMIRES, R. V., 2013.

Figura 3. Leghemoglobina ativa em nódulos de feijão Jalo Precoce



Fonte: RAMIRES, R. V., 2013.

Assim como foi observado para número de nódulos, a maior massa seca dos nódulos foi verificada quando não houve adubação com nitrogênio, tanto para o feijoeiro inoculado como para o feijoeiro não inoculado, não diferindo estatisticamente entre si.

Na ausência da aplicação de N na semeadura e com aplicação de 120 kg N ha⁻¹ em cobertura, o tratamento não inoculado apresentou média superior em 10% ao inoculado. Esse resultado foi semelhante ao observado para número de nódulos, onde o tratamento não inoculado resultou em acréscimo de 11% em nódulos.

O tratamento inoculado e não adubado apresentou matéria seca de nódulos 100% superior à média dos tratamentos que receberam N tanto na semeadura como na cobertura. O tratamento não inoculado e não adubado também apresentou-se superior em 100% em relação a média dos tratamentos com aplicação de N. Esses resultados são semelhantes ao de Silva et al. (2009) que verificaram que a matéria seca e o número de nódulos decresceram linearmente a medida que houve aumento da adubação nitrogenada. Porém, Araújo et al. (2007) observaram que o número e a matéria seca de nódulos por planta foram significativamente maiores nos tratamentos com inoculação, quando comparados a testemunha e aos tratamentos com aplicação de nitrogênio mineral.

A maior matéria seca da parte aérea do feijoeiro foi obtida ao tratamento não inoculado e adubado com de 20 kg N ha⁻¹ em semeadura, e ainda constatou-se neste mesmo tratamento que a média da matéria seca da parte aérea foi superior em 34% ao tratamento inoculado. O tratamento 0 kg N ha⁻¹ em semeadura e 120 kg N ha⁻¹ em cobertura não apresentou diferença estatística para o inoculado e não inoculado.

A aplicação de N afeta positivamente a produção de matéria seca no feijão inoculado e não inoculado, entretanto, doses maiores de N, em cobertura ou combinado na semeadura e cobertura reduzem a matéria seca das plantas.

Apesar do maior número de nódulos e matéria seca de nódulos terem sido obtidos com ausência de aplicação de N no feijoeiro, isso não se refletiu na produção de matéria seca, onde se observou que a aplicação de 20 kg N ha⁻¹ em semeadura resultou em produção 28% e 42% superior, respectivamente para o feijoeiro inoculado e não inoculado.

Araújo et al. (2007) em um trabalho com fixação biológica do N₂ submetidos a dosagens de inoculante comparado a adubação nitrogenada, não encontraram diferença significativa na variável acúmulo de matéria seca na parte aérea. Entretanto, Souza et al. (2011) concluíram que o acréscimo das doses de N em cobertura propicia aumento na produção de matéria seca na parte aérea do feijoeiro.

Tabela 3. Número de nódulos, matéria seca de nódulos (Dados transformados em Raiz quadrada), e matéria seca da parte aérea em feijão-comum cultivar Jalo Precoce cultivada sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Tratamentos	Formas de adubação (kg ha ⁻¹) (N)			
	0/0	20/0	0/120	20/100
	Número de nódulos (Raiz)			
Inoculado	14,93 aA	8,21aB	8,16 bB	6,97 aC
Não inoculado	13,74 bA	8,54 aB	9,04 aB	7,18 aC
	Matéria seca de nódulos (g pl ⁻¹)			
Inoculado	0,32 aA	0,14 aB	0,14 bB	0,10 aC
Não inoculado	0,32 aA	0,15 aC	0,19 aB	0,11 aD
	Matéria seca parte aérea (g pl ⁻¹)			
Inoculado	3,59 bB	4,61 bA	3,91 aB	4,51 bA
Não inoculado	4,36 aC	6,18 aA	4,06 aC	4,99 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

O feijoeiro inoculado apresentou 11,2% a mais de nitrogênio nas folhas comparado ao que não foi inoculado (Tabela 4), corroborando com os resultados de Souza et al. (2011) que também verificaram que a inoculação de rizóbio nas sementes proporcionaram maior teor de N na folha do feijoeiro. Para Araújo et al. (2007) o teor de nitrogênio fixado na planta indica a eficiência da FBN pelas estirpes de *R. tropici* no feijoeiro, demonstrando que a inoculação de sementes tem a mesma capacidade de incorporação de nitrogênio à planta. Já Kaneco et al. (2010) não encontraram diferença para o teor de N nas folhas de feijoeiro bem como da inoculação de sementes com *Rhizobium tropici*.

Com relação ao teor de nitrogênio nos grãos foi verificado que o tratamento inoculado apresentou 7,9% de nitrogênio superior ao não inoculado. As doses de N aplicadas na semeadura e em cobertura não afetou o teor de N nos grãos, porém a inoculação das sementes do feijoeiro influenciaram as médias de N nos

grãos (Tabela 4). Segundo Silva et al. (2009), em estudo com inoculação de *Rhizobium tropici* associada a doses de nitrogênio, verificaram que nenhum tratamento utilizado influenciou significativamente o teor de N na parte aérea das plantas e nem nos grãos. Ferreira et al. (2009); Pelegrin (2009) e Silva et al. (2009) não encontraram diferença significativa para essa avaliação em sementes inoculadas com *Rhizobium tropici*.

Tabela 4. Teor de nitrogênio nas folhas e grãos do feijão Jalo Precoce sob inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Tratamentos	Teor de N folha (%)	Teor de N grãos (%)
Inoculado	5,37 a	3,81 a
Não inoculado	4,83 b	3,53 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

Para os componentes da produção e produtividade, houve interação significativa para todas as variáveis estudadas (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para população final de plantas (POP), massa de cem grãos (MCG); número de grãos por vagem (NGV); número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PG) no feijão Jalo precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculado com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Fonte de Variação	de GL	QM				
		POP	NVP	NGV	MCG	PG
		Unidade		Unidade		Kg ha-1
Inoculação (I)	1	1134733587,57**	26,88**	1,05**	0,07 ^{ns}	23442,45 ^{ns}
Nitrogênio(N)	3	37896163509,65**	17,13**	0,79**	9,79**	22210,42 ^{ns}
I x N	3	1969313375,39**	6,23**	0,59**	3,08**	80948,85**
Resíduo	21	972048249	6,92	0,02	0,6	7627,16
Média	-	199878,47	11,7	2,37	31,92	1696,55
CV%	-	3,4	6,92	6,38	2,43	5,15

*. ** valores significativos pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade; ^{ns} valores não significativos

A inoculação na ausência de nitrogênio proporcionou maior número de plantas por hectare, sendo superior em 40% na média dos tratamentos que receberam nitrogênio e 13% superior ao tratamento não inoculado e que também não recebeu N. O tratamento não inoculado na ausência de nitrogênio também apresentou maior número de plantas por hectare. De toda forma, os tratamentos

que tiveram maior número e massa de nódulos, que foi na ausência de N com inoculação e sem inoculação, propiciaram maior sobrevivência de plantas de feijão, fator importante por tratar-se de um dos componentes da produção do feijoeiro (Tabela 6). Romanini Júnior et al. (2007) avaliaram a inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, verificaram em seu trabalho que houve influência da inoculação para o número de plantas por hectare, destacando que a presença da inoculação contribuiu para uma maior população de plantas.

A massa de cem grãos foi superior para o feijão inoculado tanto na ausência de aplicação de N, como em baixa dose de aplicação na semeadura, com 20 kg N ha⁻¹, já na combinação de N na semeadura e cobertura, com 20 e 120 kg N ha⁻¹, respectivamente, ocorreu uma inversão, tendo o feijoeiro não inoculado alcançado maior massa de cem grãos. Mesmo a maior média verificada para a massa de cem grãos, ainda não atingiu o valor ideal estabelecido para essa cultivar que é, de acordo com Aidar et al. (2000), de 34,1 g. A aplicação de N passa a ser importante para o aumento da massa de cem grãos no feijão não inoculado, sendo verificado um acréscimo de 12% na massa de cem grão entre as médias extremas (Tabela 6). Romanini Júnior et al. (2007) em um trabalho realizado em dois anos consecutivos com inoculação e adubação nitrogenada observaram no primeiro ano de avaliação que a inoculação com *Rhizobium* na semente não foi influenciada pela inoculação de semente e nem a adubação de N na semeadura, mas no ano seguinte verificaram que a inoculação propiciou maior massa de 100 grãos no cultivo. Bellaver e Fagundes (2009); Barros et al. (2013) verificaram que não houve influência para massa de cem grãos e a inoculação não foi influenciada pela adubação de N na semeadura no cultivo propiciando maior massa de cem grãos.

A aplicação de N tanto em semeadura quanto em cobertura ou combinado propiciaram aumento do número de grãos por vagem em relação ao feijoeiro inoculado e não inoculado na ausência da aplicação de N. A maior quantidade de nódulos nesse tratamento não foi capaz de aumentar o número de grãos por vagem, que foi obtido apenas com a aplicação do N mineral (Tabela 6).

Santos et al. (2007) avaliaram o comportamento de várias cultivares de feijão, verificando que em Jalo precoce, sem aplicação de N, o número de grãos por vagem foi inferior ao tratamento que foi incorporado N no solo, nas

entrelinhas e no sulco de semeadura proporcionando melhor rendimento para esta avaliação.

O maior número de grãos por vagem foi obtido no tratamento que recebeu 120 kg N ha⁻¹ em cobertura, sem inoculação, ficando 58% acima do tratamento com inoculação (Tabela 6). Resultados semelhantes foram encontrados por Bellaver e Fagundes (2009) dentro do tratamento inoculado, adubado na semeadura e adubado em cobertura, que apresentou a média superior, sendo obtida a menor média no tratamento sem inoculação e sem adubação. Já para Barros et al. (2013) o tratamento inoculado e adubado não apresentou diferenças significativas. Romanini Júnior et al. (2007) encontraram diferença entre os tratamentos inoculados com estirpes de *Rhizobium tropici*, obtendo 6% de acréscimo no número de grãos por vagem.

No feijoeiro inoculado, o maior número de vagens por planta foi obtido nos tratamentos que receberam aplicação de N. Para o feijão não inoculado, a maior média de número de vagens por planta foi conseguido com a aplicação de N combinado na semeadura e na cobertura, produzindo 21% a mais de vagens por planta quando comparado ao feijão inoculado. Sem aplicação de N, o tratamento não inoculado produziu 39% de vagens a mais que o tratamento inoculado. Segundo Carbonell et al. (2008) os valores mais elevados para o número de vagem por planta podem estar diretamente relacionados a maiores produtividades. Os mesmos autores ainda ressaltam que este componente de produção é considerado um importante caráter genotípico a ser realçado nos programas de melhoramento para seleção de cultivares mais produtivas.

Araújo et al. (2007) não observaram efeito da inoculação para o número de vagens por planta. Romanini Júnior et al. (2007) constataram que a inoculação com estirpes de *Rhizobium* influenciaram os resultados e que o tratamento inoculado foi superior em 21% ao não inoculado.

A maior média observada para a produtividade dos grãos foi no tratamento não inoculado e com aplicação de N combinado, semeadura e cobertura, com 20 e 100 kg N ha⁻¹, respectivamente, seguido do tratamento com a aplicação de 120 kg N ha⁻¹ em cobertura. Entre os tratamentos inoculados não houve diferença estatística entre os tratamentos não adubados e adubados.

Um fator importante que pode ter interferido na produtividade de grãos para o tratamento inoculado, refere-se ao uso do fungicida na semente, o que

pode ter contribuído para redução da eficiência simbiótica. Mercante et al. (1992) relatam que a utilização de fungicidas aplicados nas sementes de feijoeiro junto com o inoculante são prejudiciais a sobrevivência do rizóbio, nodulação e fixação biológica de nitrogênio.

A deficiência hídrica também pôde ser um fator responsável pela redução da produtividade, isso porque a cultura necessita de água no solo durante todo o ciclo. Segundo Andrade et al. (2011), a cultura do feijão requer boa disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo, principalmente nas etapas mais críticas como germinação/emergência, floração e enchimento de grãos. Guimarães (1996) relata que os danos ocasionados pela deficiência hídrica dependem da duração, da intensidade, da frequência e da época de sua ocorrência.

Como foi verificada neste experimento a deficiência hídrica ocorreu no final do ciclo da cultura, com isso observou-se que esse fator pode ser um dos responsáveis pela baixa produtividade. Ainda segundo Guimarães (1999) se a falta de água ocorrer durante a floração, provoca aborto e queda de flores, com redução do número de vagens por planta e se ocorrer no enchimento dos grãos, prejudica a formação dos mesmos ou reduz o peso deles.

Apesar de o feijão inoculado apresentar maior número e massa de nódulos e maior população final de plantas, não foi suficiente para converter em maior produtividade de grãos, uma vez que o tratamento não inoculado, com aplicação de 20 kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 kg N ha⁻¹ em cobertura, que apresentou maior massa de cem grãos e maior número de vagens por planta, conseguiu atingir a maior produtividade de grãos, sendo 13% superior ao tratamento inoculado (Tabela 6). Pelegrin et al. (2009) demonstraram que doses acima de 20 kg N ha⁻¹ proporcionam acréscimos significativos na produtividade de grãos, quando comparadas às dos tratamentos sem adubação nitrogenada. Binotti et al. (2010) verificaram que a produtividade do feijoeiro é favorecida pelo aumento no fornecimento de nitrogênio até a dose de 80 kg N ha⁻¹. Já Souza et al. (2011) relataram que a produtividade de grãos do feijoeiro é pouco influenciada pela adubação nitrogenada.

Tabela 6. População final de plantas (POP), massa de cem grãos (MCG), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PG) do feijão Jalo Precoce cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Tratamentos	Formas de adubação (kg N ha ⁻¹)			
	0/0	20/0	0/120	20/100
	População final de plantas por ha ⁻¹			
Inoculado	262777 aA	175000 aC	215555 aB	170000 aC
Não inoculado	228888 bA	158888 bB	225138 aA	162777 aB
	Massa de cem grãos (g)			
Inoculado	31,50 aA	31,26 aA	32,53 aA	32,19 bA
Não inoculado	30,21 bB	30,21 bB	32,89 aA	33,85 aA
	Número de grãos por vagem ⁻¹			
Inoculado	2,00 aB	2,37 aA	2,19 bAB	2,17 aAB
Não inoculado	2,09 aC	2,46 aB	3,37 aA	2,27 aBC
	Número de vagem por pl ⁻¹			
Inoculado	8,75 bB	12,83 aA	9,50 bB	12,08 bA
Não inoculado	12,16 aB	12,16 aB	11,50 aB	14,66 aA
	Produtividade de grãos kg/ha ⁻¹			
Inoculado	1.659 aA	1.752 aA	1.637 bA	1.627 bA
Não inoculado	1.632 aB	1.562 bB	1.822 aA	1.877 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

5.2 Cultivar Majestoso

As variáveis número de nódulos, massa de nódulos, massa seca da parte aérea, teor de nitrogênio foliar e teor de nitrogênio nos grãos apresentaram interação significativa para a relação inoculação e aplicação de nitrogênio (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio nas folhas (TNF) e teor de nitrogênio nos grãos (TNG) no feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Fonte de Variação	GL	QM				
		NN	MSN	MSPA	TNF	TNG
Inoculação (I)	1	16,49 *	0,06**	3,20**	1,78**	0,23**
Nitrogênio (N)	3	165,75**	0,39**	7,11**	0,40**	1,47**
I x N	3	94,40 **	0,09**	1,78**	0,52**	0,42**
Resíduo	21	2,8	0,003	0,03	0,01	0,05
Média	-	14,28	0,34	5,18	3,73	4,61
CV%	-	11,73	16,31	6,5	3,48	5,02

*. ** valores significativos pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade; ^{ns} valores não significativos

No feijão inoculado, houve maior formação de nódulos quando o mesmo não recebeu adubação nitrogenada. Nessa condição, esse tratamento foi 85,3% superior à média dos tratamentos que receberam nitrogênio durante o desenvolvimento da cultura. O uso da dose de 20 Kg N ha⁻¹ interferiu menos na nodulação das raízes do feijoeiro quando comparado à aplicação de doses maiores, entretanto, a combinação de aplicação de N na semeadura e em cobertura, foi mais danoso à nodulação, do que a aplicação da mesma quantidade final de N apenas em cobertura (Tabela 8). Silva et al. (2009) e Pelegrin et al. (2009) não observaram diferenças entre a inoculação com *Rhizobium tropici* para formação de nódulos, já com a adubação nitrogenada, nas doses até 120 kg N ha⁻¹, houve redução linear na nodulação do feijoeiro.

Para o feijão não inoculado, a aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ favoreceu a formação de nódulos de rizóbios nativos, ficando esse tratamento 91% acima das médias dos demais tratamentos, com e sem adubação com N, para a nodulação das raízes. Vieira et al. (2005) também encontraram nódulos em plantas de

feijoeiro com inoculação e sem inoculação, indicando a presença de rizóbios nativos no solo. Assim como foi observado para o feijoeiro inoculado, a combinação da aplicação de N em semeadura e em cobertura, também foi a mais prejudicial para a formação de nódulos.

Sem a aplicação de nitrogênio, o feijoeiro inoculado foi 93% mais eficiente na formação de nódulos comparado ao feijoeiro não inoculado, entretanto, quando se aplica 20 Kg N ha⁻¹ em semeadura, o feijoeiro não inoculado conseguiu superar o feijoeiro inoculado em 32,5% na nodulação, indicando que nessas condições o uso de pequena dose de N na semeadura foi mais prejudicial ao rizóbio comercial. De acordo com Araújo et al. (2007); Silva et al. (2009); Kaneko et al. (2010) e Rebeschini e Araújo (2012), a presença de nódulos no feijoeiro-comum que não recebeu inoculação indica a presença de estirpes nativas no solo, capazes de fixar N₂ simbioticamente, mas que limitam o estabelecimento das estirpes inoculadas, que são mais eficientes.

Segundo Carvalho et al. (2001) e Ferreira et al. (2009) que estudaram estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro, nos tratamentos não inoculados que receberam adubação nitrogenada havia menor número de nódulos, confirmando o efeito negativo da adubação nitrogenada na nodulação. Hungria et al. (2007) relataram que a nodulação das raízes supre as necessidades das plantas, devendo-se evitar a adubação nitrogenada, pois inibe a formação dos nódulos e a fixação biológica de nitrogênio. Já Silva et al. (1993) observaram que a aplicação foliar de nitrogênio para o feijoeiro inoculado foi menos supressiva que a aplicação ao solo, e ainda obtiveram aumento significativo na nodulação e atividade da nitrogenase com esse tratamento. Os mesmos autores sugeriram que deve haver possibilidade de se aumentar a fixação de nitrogênio pelo feijoeiro com a aplicação de nitrogênio foliar.

Para o feijoeiro inoculado, a maior matéria seca de nódulos também foi verificada no tratamento sem aplicação de N, assim como verificado para número de nódulos, contrastando com Souza et al. (2011) que verificaram que a inoculação de rizóbio não interferiu no número e nem na massa seca de nódulos e com Binotti (2009), Ferreira et al. (2009) e Pelegrin et al. (2009) que não constataram diferenças significativas apenas na massa seca de nódulos, por outro lado, corroboram com Silva et al. (2009) que verificaram efeito significativo para número e massa seca de nódulos. A matéria seca acumulada no tratamento

sem aplicação de N foi 421% superior a média de matéria seca observada para os tratamentos que receberam doses altas de N (Tabela 8). Silva et al. (2009) verificaram que o número e a massa seca de nódulos decresceram linearmente à medida que houve aumento da adubação nitrogenada.

Sem a inoculação, a matéria seca de nódulos refletiu diretamente o que foi observado para número de nódulos, ou seja, com a aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ foi encontrada a maior média para matéria seca de nódulos, ficando 136% superior estatisticamente a média dos tratamentos sem aplicação de N e com altas doses de N (Tabela 8).

Sem a aplicação de N o feijoeiro inoculado superou a matéria seca de nódulos do feijoeiro inoculado em 121%, já no tratamento com a aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ não houve diferença estatísticas entre as médias, mostrando que a aplicação de baixa dose de N na semeadura contribuiu mais para o aumento da massa seca de rizóbios comerciais do que para os rizóbios nativos.

A aplicação de N em doses maiores, 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura, foi mais favorável à produção de massa seca da parte aérea do feijoeiro, tanto com inoculação como sem inoculação. Esses tratamentos produziram 16 e 33%, respectivamente, mais massa seca da parte aérea, do que as médias dos demais tratamentos.

O feijoeiro inoculado produziu mais massa seca da parte aérea apenas quando foi inoculado e não recebeu adubação nitrogenada, resultando em 22% a mais de massa seca do que o feijoeiro não inoculado. Entretanto, com 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura, o feijoeiro não inoculado produziu 25% a mais de massa seca do que o feijoeiro inoculado.

Romanini Júnior et al. (2007) trabalhando dois anos consecutivos na avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada verificaram que no primeiro ano, a massa seca de plantas de feijoeiro não sofreu influência da inoculação das sementes. Já no segundo ano verificaram que houve aumento na massa seca de plantas com o uso de nitrogênio na semeadura. Ainda de acordo com os mesmos autores, o aumento na massa seca de plantas com o uso de nitrogênio na semeadura, pode contribuir com uma provável melhor nutrição das plantas na fase vegetativa.

O maior teor de N foliar para o feijoeiro inoculado também foi encontrado no tratamento que recebeu 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em

cobertura, assim como foi verificado para massa seca da parte aérea, resultando em teor de N 22% superior ao verificado na média dos demais tratamentos (Tabela 8). Nesse tratamento, também foi a única ocasião em que o feijoeiro inoculado superou o teor de N do feijoeiro não inoculado, com 7,2%, diferindo de Silva et al. (2009) e Kaneko et al. (2010) que não observaram influência da inoculação para os teores foliares de nitrogênio no feijoeiro e concordando com Souza et al. (2011) que verificaram maior teor de N na folha do feijoeiro quando inoculado com rizóbio.

O feijoeiro não inoculado obteve os maiores teores de N foliar nos tratamentos com 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e no tratamento com 120 Kg N ha⁻¹ em cobertura. Dessa forma, verifica-se que o aumento do teor de N foliar, tanto para o feijoeiro inoculado, como para o feijoeiro não inoculado, é dependente da aplicação de N.

De toda forma, os teores foliares de N encontrados em todos os tratamentos ficaram acima da faixa considerada adequada para a cultura. De acordo com Ambrosano et al. (1997) os valores adequados para faixa de teores de N foliar no feijoeiro ficam entre 30 e 50 g kg⁻¹, enquanto Fancelli e Dourado Netto (2007) verificaram que os teores críticos de N nas folhas do feijoeiro estão compreendidos entre 20,0 e 30,0 kg⁻¹.

Araújo et al. (2007) verificaram maior concentração de nitrogênio nas folhas do feijoeiro-comum, no tratamento que recebeu inoculante, em relação à testemunha sem inoculação e adubação mineral e em comparação ao tratamento sem inoculação com aplicação em cobertura de 45 kg N ha⁻¹.

Com relação ao teor de N nos grãos, os teores de N encontrados neste estudo variaram entre 3,9 a 5,3% de N, considerados adequados para um desempenho satisfatório da cultura. Pessoa (1998) relatou em seu trabalho com adubação no feijoeiro que, com 3,47% de nitrogênio no grão, indica que não há deficiência desse elemento na planta.

Para o feijoeiro inoculado, o maior teor de N nos grão foi verificado com a aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura, ficando 23% acima da média dos demais tratamentos, também foi a única ocasião em que o teor de N nos grãos foi superior ao verificado para o feijoeiro não inoculado, com 9%.

No feijoeiro não inoculado, o maior teor de N nos grãos foi verificado no tratamento que recebeu 120 Kg N ha⁻¹ em cobertura, não diferindo do tratamento que recebeu 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura (Tabela 8). Sem a aplicação de N, tanto o feijoeiro inoculado quanto o não inoculado, apresentaram os mesmos teores de N nos grãos e acima da faixa considerada adequado, indicando que os rizóbios tanto nativos quanto os introduzidos foram eficientes.

Silva et al. (2009) não encontraram diferença estatística para o teor de nitrogênio nos grãos. Esses resultados reforçam a indicação da ocorrência de estirpes nativas de rizóbio com elevada eficiência simbiótica com o feijoeiro.

Tabela 8. Número de nódulos, matéria seca de nódulos (Dados transformados em raiz quadrada), matéria seca da parte aérea, teor de N nas folhas e grãos de feijão-comum cultivar Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Tratamentos	Formas de adubação (kg N ha ⁻¹)			
	0/0	20/0	0/120	20/100
	Número de nódulos			
Inoculado	22,90 aA	15,91 bB	12,33 aC	8,84 aD
Não inoculado	11,84 bB	21,09 aA	12,92 aB	8,39 aC
	Matéria seca de nódulos (g pl ⁻¹)			
Inoculado	0,73 aA	0,55 aA	0,15 aB	0,13 aB
Não inoculado	0,33 bAB	0,52 aA	0,21 aB	0,12 aB
	Matéria seca parte aérea (g pl ⁻¹)			
Inoculado	4,22 aC	4,90 bB	4,91 bB	5,41 bA
Não inoculado	3,48 bC	6,04 aB	5,69 aB	6,76 aA
	Teor de N nas folhas (%)			
Inoculado	3,08 bC	3,20 bC	3,67 bB	4,04 aA
Não inoculado	3,88 aB	4,01 aAB	4,21 aA	3,77 bB
	Teor de N nos grãos (%)			
Inoculado	4,20 aBC	3,96 bC	4,63 bB	5,32 aA
Não inoculado	4,29 aC	4,56 aBC	5,08 aA	4,88 bAB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

As variáveis população final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos apresentaram interação entre inoculação e adubação com nitrogênio, enquanto a variável massa de cem grãos respondeu apenas para a aplicação de nitrogênio (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância, média e coeficiente de variação (CV) para população final de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG) no feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculado com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Fonte de Variação	GL	QM				
		POP	NVP	NGV	MCG	PG
Inoculação (I)	1	1799998500,00**	36,12 **	1,94 **	0,60 ^{ns}	332662,24**
Nitrogênio (N)	3	9255347381,69 **	90,03 **	3,35 **	3,90**	199372,28**
I x N	3	69,22**	4,45 **	0,69 **	0,31ns	72034,62**
Resíduo	21	30082010,33	0,54	0,07	0,74	4261,48
Média	-	154583,32	11,89	3,84	19,42	1314,5
CV%	-	3,55	6,2	7,11	4,44	4,97

*, ** valores significativos pelo teste F a 5 e 1% de probabilidade; ^{ns} valores não significativos

Para o feijoeiro inoculado foi verificado maior população de plantas quando não foi aplicado nitrogênio e com 120 Kg N ha⁻¹ em cobertura, nesse último tratamento também foi observada a maior população final de plantas para o feijoeiro não inoculado (Tabela 11). A população final de plantas é um importante componente de produção, entretanto, depende do número de vagens por planta, do número de grãos por vagem e da massa dos grãos. Kaneko et al. (2010), observaram que não houve efeito de nenhum tratamento isoladamente, em nenhum dos anos em que foi realizado o experimento na cultura do feijoeiro com inoculação de rizóbio e adubação com N. Ainda os mesmos autores relatam que o estabelecimento da população de plantas depende preponderantemente das reservas da semente, da umidade adequada do solo, do baixo impedimento da camada de solo que às cobrem e da ausência de ataque de patógenos e pragas de solo na fase inicial da cultura.

O maior número de vagens por planta foi obtido com a aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ em semeadura, tanto para o feijoeiro inoculado como para o feijoeiro não inoculado, conseguindo esse último 8,4% a mais de vagens (Tabela 11). Andrade et al. (2001) relataram que o maior número de vagens por planta é reflexo da utilização de nitrogênio na semeadura complementada com adubação nitrogenada de cobertura.

O número de vagens por planta foi superior para o feijoeiro não inoculado em todos os tratamentos com e sem aplicação de N, ficando em média 19,6%

acima dos mesmos. Sem a aplicação de N, o feijoeiro que não recebeu inoculação atingiu 47% a mais de vagens em relação ao feijoeiro inoculado. Rebeschini e Araújo (2012) verificaram resposta para o feijoeiro com relação número de vagens por planta com uso do inoculante (Tabela 11). Entretanto, Souza et al. (2011) verificaram que a inoculação das sementes apenas aumentou o número de vagens por planta na ausência da aplicação de N. Araújo et al. (2007) não observaram diferenças significativas para a produção de vagens entre os tratamentos e a testemunha.

O maior número de grãos por vagem para o feijoeiro inoculado foi encontrado nos tratamentos com aplicação de 20 Kg N ha⁻¹ em semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura e no tratamento sem aplicação de N, enquanto para o feijoeiro não inoculado, o maior número de grãos por vagem foi verificado sem a aplicação de N. Todos os tratamentos para o feijoeiro não inoculado foram superiores em relação ao feijoeiro inoculado, resultando em média de 14% a mais de grãos por vagem (Tabela 10). Barros et al. (2013) não encontraram diferenças entre os tratamentos inoculados e adubados com nitrogênio para número de grãos por vagem, enquanto Romanini Júnior et al. (2007) verificaram que a inoculação com estirpes de *Rhizobium* influenciaram o número de grãos por vagem e que o tratamento inoculado foi superior ao adubado.

Sem adubação com N, o número de grãos por vagem foi 34% superior para o feijoeiro que não recebeu inoculação. Tanto a atuação dos rizóbios nativos, como a aplicação de N foram mais eficientes no aumento de grãos por vagem em feijoeiros não inoculados com estirpes de rizóbios.

A massa de cem grãos apresentou maior média para os tratamentos com adubação de 20 Kg N ha⁻¹ em semeadura e 100 Kg N ha⁻¹ em cobertura e ao tratamento que não recebeu N, ainda verificou-se que a diferença entre esses dois tratamentos foram de 6%, ou seja, a não aplicação de N em feijoeiro inoculado ou em que o solo possua rizóbios nativos, são suficientes para propiciar o enchimento adequado dos grãos (Tabela 10). Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2000); Kaneko et al. (2010) e Souza et al. (2011) que observaram que a massa de cem grãos não foi influenciada pela inoculação das sementes com *R. tropici*. Por outro lado, os dados divergem parcialmente dos obtidos por Romanini Júnior et al. (2007) verificaram em dois anos de experimento com inoculação e adubação

nitrogenada na cultura do feijoeiro, no primeiro ano de avaliação esses autores observaram que a massa de cem grãos não foi influenciada pela inoculação de semente e pela adubação com N, mas no ano seguinte com as mesmas avaliações constataram que a inoculação de semente propiciou maior massa de cem grãos.

Tabela 10. Massa de cem grãos de grãos de feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada em área de cerrado Chapadão do Sul, 2013

Tratamento Adubação com N	Massa de cem grãos
20/100	20,44 a
0/0	19,26 ab
0/120	19,09 b
20/0	18,88 b

Médias seguidas pela mesma não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de Probabilidade.

A maior produtividade de grãos foi verificada para o feijoeiro inoculado e nos tratamentos que receberam 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 120 Kg N ha⁻¹ não diferindo estatisticamente. Já para o feijoeiro não inoculado, as maiores produtividades de grãos foram conseguidas nos tratamentos sem aplicação de N e com dose de 20 Kg N ha⁻¹ na semeadura (Tabela 11).

Todos os tratamentos não inoculados foram superiores em 17% na média, em produtividade de grãos, quando comparados ao feijoeiro inoculado (Tabela 11). Moura et al. (2009) verificaram maior produtividade média do feijoeiro quando aplicaram 10 Kg N ha⁻¹ na semeadura e 80 Kg N ha⁻¹ em cobertura e também quando realizaram inoculação com *R. Tropici* + 80 Kg N ha⁻¹ em cobertura.

Também para produtividade de grãos, Romanini Júnior (2004) obtiveram respostas significativas na inoculação com bactérias fixadoras de N, enquanto Barros et al. (2013) encontraram maior produtividade de grãos em tratamento adubado e inoculado, ressaltando que a inoculação pode substituir a dose de 20 kg de N ha⁻¹ em plantio não inoculado, o que conseqüentemente manterá a mesma produtividade.

Assim como foi verificado para o feijão de ciclo precoce que a ausência de chuva no final do ciclo pode ser um fator importante para a redução da produtividade, o cultivar Majestoso de ciclo de 90 dias também sofreu a

deficiência Hídrica durante o final do ciclo o que pode justificar a redução na produtividade.

Tabela 11. População final de plantas (POP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (PG) de feijão Majestoso cultivado sob adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici* em Chapadão do Sul, 2013

Tratamentos	Formas de adubação (kg ha ⁻¹) (N)			
	0/0	20/0	0/120	20/100
	População final de plantas por ha ⁻¹			
Inoculado	191666 aA	158888 aB	185000 aA	112777 aC
Não inoculado	161666 bB	118333 bC	191666 aA	116666 aC
	Número de grãos por vagem ⁻¹			
Inoculado	3,95 bA	3,09 aB	3,30 aB	4,03 aA
Não inoculado	5,31 aA	3,45 aC	3,40 aC	4,18 aB
	Número de vagem por pl ⁻¹			
Inoculado	7,33 bC	15,91 bA	9,75 aB	10,33 bB
Não inoculado	10,79 aC	17,25 aA	10,16 aC	13,62 aB
	Produtividade de grãos kg/ha ⁻¹			
Inoculado	1.219 bA	1.300 bA	1.275 aA	1.054 bB
Não inoculado	1.670 aA	1.548 aA	1.295 aB	1.151 aC

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES

O cultivar de Jalo Precoce apresentou resposta positiva à inoculação com *Rhizobium tropici* para população final de plantas e teor de N nas folhas e nos grãos;

O acréscimo das doses de N em cobertura diminuiu o número e a produção de matéria seca dos nódulos na cultivar de feijão Jalo precoce e Majestoso;

Na ausência da inoculação e sem a adubação nitrogenada houve melhor resposta para a produtividade de grãos para o feijoeiro cultivar Majestoso;

De modo geral a inoculação com bactérias *Rhizobium tropici* não apresentou capacidade de atingir melhores resultados para produtividade, tanto para o cultivar de feijão Jalo precoce como para o majestoso.

7 REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G. E. S.; SILVA, J. G.; DEL PELOSO, M. J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 43, p. 150-151, 2000.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. **Leguminosas e oleaginosas**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.189-203. (IAC. Boletim técnico, 100).

ANDRADE, M. J. B.; LUCCA, P. A.; RESENDE, P. M.; KIKUT, H. Época de colheita em cinco cultivares de feijoeiro e efeitos sobre o rendimento de grãos e seus componentes primários. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 213-219, 2001.

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J. de.; VIEIRA, N, M, B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de. **Feijão**. Viçosa: E. UFV, 2008. Cap. 4, p. 67-86.

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, p.1-9, 2003.

ARAÚJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C.S; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada, **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.

BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B. de.; MAGALHÃES, W. B. de.; MÉDICI, L. O.; PIMENTEL, C. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B. & SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: Produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, n. 23, p. 76-83, 2001.

BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Cultivando o saber**, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2009.

BINOTTI, F. F. da. S.; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E. de.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V.do. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 770-778, 2010.

BOHLOOL, B. B.; LADHA, J. K.; GARRITY, D. P.; GEORGE, T. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. **Plant and Soil**, v. 141, n. 1, p.1-11, 1992.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. **A cultura**. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de.; BORÉM, A. Feijão. Viçosa: E. UFV, 2011. Cap. 1, p. 13-18.

BRITO, O. R.; OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, V. H. N. Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em linhagens de feijoeiro do grupo preto. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 2011. Uberlândia. **Anais**. Uberlândia/Minas Gerais.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; ITO, M. F.; PERINA, E. F.; GONCALVES, J. G. R.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B.; TICELLI, M.; COLOMBO, C. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. IAC- Alvorada and IAC - Diplomata: news common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 163-166, 2008.

CARVALHO, M. A. C.; ARF, O.; SÁ, M. O.; BUZETTI, S.; SANTOS, N. C. B.; BASSAN, D. A. Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus*

vulgaris L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 617-624, 2001.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. **Fixação biológica de nitrogênio: Microbiologia, fatores ambientais e fatores ambientais e Genéticos**. In: VIEIRA, C. PAULA JÚNIOR, T. J. de.; BORÉM, A. Feijão. Viçosa: E. UFV, 2011. Cap. 6, p. 143-165.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: **grãos**. 2013. < disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_10_50_55_boletim_graos_2013.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2013.

DÖBEREINER, J. DUQUE, F. F. **Contribuição da pesquisa em fixação biológica do nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil**. Reunião. Fixação Biológica do Nitrogênio. n. 3, 1980.

DOWLING, D.N., BROUGHTON, W.J. Competition for nodulation of legumes. **Annual Review of Microbiology**. v. 40, p. 131-157. 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Catálogos de produtos e serviço: **Jalo Precoce**. 2013 < disponível em: <file:///D:/variedade-JALO/Jalo%20Precoce.htm>> Acesso em 28 de novembro de 2013.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D. D.; VAN LIER, Q. J.; SANTOS, O. S.; MULLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - revisão. **Revista da FZVA**. v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. Piracicaba: Livro ceres, 2007. 386 p.

FERANADES JÚNIOR, P. I. F. REIS, V. M. **Algumas limitações à fixação biológica do nitrogênio em leguminosas.** Embrapa agrobiologia. Seropédica. 2008 .

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C. de.; ARAÚJO, R. S.; Eustáquio de SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, P. A. A.; SILVA, M. A. P.; CASSETARI, A.; RUFINI, M.; MOREIRA, F. M. de. S.; ANDRADE, M. J. B. de. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, 2009.

FIGUEIREDO, M. **Inoculação com *Rhizobium* spp. Adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum.** UFLA. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia/ Produção Vegetal) UNIVERSIDADE Federal de Lavras. 2012.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathológica**, v. 20, p. 68-74, 1994.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação do nitrogênio total e proteína bruta.** EMBRAPA, 2006. (Circular Técnica 63).

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. **Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** In: SCHOONHOVEN, A. van.; OYSEST, O. (eds.). *Common Beans: Research for crop improvement* Cali, CAB. International, CIAT. 1993. p. 7-53.

GRAHAM, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 475-484, 1992.

GRANGE, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of indigenous common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology e Biochemistry**, v. 36, p. 1389-1398, 2004.

GUIMARÃES, C. M. Relações hídricas. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: E. POTAFOS, 1996. Cap. 2, p. 140-167.

HOFFMANN, L. V. Biologia molecular da fixação biológica do nitrogênio. **Instituto agrônômico**. Campinas SP, 2007.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação das leguminosas por rizóbio. **Revista brasileira Ciência do Solo**, v. 18, p. 339-364, 1994.

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

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBANZA, A.; GUTTIERREZ- MAÑERO, F. J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura de soja. Embrapa Soja. **Circular Técnica**, 35. Embrapa Soja, 48 p. 2001.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura de soja**: Componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 80 p. 2007. (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n. 283).

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. de. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação

nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KAPLAN, L. What is the origin of the common bean? **Economic Botany**, v. 35, n. 2, p. 240-257, 1981.

KINTSCHEV, M. R. **Compatibilidade entre a inoculação de *Rhizobium tropici* e a aplicação de fungicidas, cobalto e molibdênio em sementes de Feijoeiro**. UEMS. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Produção vegetal) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul) Aquidauana – MS, 2012.

KLUTHCOUSKI, J; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 63 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

KONDOROSI, E. J.; GYURIS, J.; SCHMIDT, M.; JOHN, E.; DUDA, J.; HOFFMAN, J.; SCHELL, A.; KONDOROSI. Positive and negative control of nod gene expression in *Rhizobium meliloti* is required for optimal nodulation. **EMBO Journal**, v: 5; p. 1331-1340, 1989.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. UFV, 486 p. 2009.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, E.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P. H.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 41, p. 417- 426, 1991.

MERCANTE, F. M.; STRALIOTTO, R.; DUQUE, F. F.; FRANCO, A. A. **A inoculação do feijoeiro comum com rizóbio**. Seropédica: Embrapa-CNPBS, 1992. 8 P. (Comunicado Técnico, 10).

MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M. G.; ABBOUD, A. C. S.; FRANCO, A. A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural: série ciência da vida**, v. 21, n. 1/2, p. 127-146, 1999.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos. **Estratégias para Aumentar a Eficiência de Inoculantes Microbianos na Cultura da Soja**. Dourados. 2011. (Comunicado técnico).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras: UFLA, p. 729. 2006.

MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F. L.; DIAS, B. G.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Selection of bean (*Phaseolous vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, v. 73, p. 121-132, 2002.

MOURA, A. B. de.; GUARESCHI, R. F.; CORREIA, A. R.; GAZOLLA, P. R.; CABRAL, J. S. R. Produtividade do feijoeiro submetido à adubação nitrogenada e inoculação com *Rhizobium tropici*. **Global Science And Technology**, v. 02, n. 03, p. 66 - 71, 2009.

NEWTON, W. E. **Nitrogen fixation in perspective**. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, M. G.; NEWTON, W. E. (ed.) Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 2000.

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio**. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 169-221.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 219-226, 2009.

PERRET, X.; STAHELIN, C.; BROUGHTON, W. J. Molecular basis of symbiotic promiscuity. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 64, p. 180-201, 2000.

PESSOA, A. C. S. **Atividade de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta a adubação com molibdênio e fósforo**, Viçosa: UFV, 1998. 151p. (Tese em Solos e nutrição de plantas).

REBESCHINI, A. C.; ARAÚJO, F. F. **Aplicação de Nitrogênio e Inoculação com *Rhizobium tropici* em Feijoeiro Cultivado no Outono/Inverno**. XI Reunião Sul Brasileira de Feijão. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Universidade Estadual de Maringá. 2012.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação Biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**. p.153-172, 2006.

RICHETTI, A.; DE MELO, C. L. P.; DE SOUSA, J. P. B. **Viabilidade Econômica da Cultura do Feijão Comum, Safra 2012, em Mato Grosso do Sul**. Dourados-MS: Embrapa Agropecuária oeste, 2011. 9p. (Comunicado Técnico).

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

RUSCHEL, A. P.; SAITO, S. M. T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 1, p. 13-17, 1977.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1265-1271, 2003.

SANTOS, A. B. dos.; FAGERIA, N. K. Manejo do nitrogênio para eficiência de uso por cultivares de feijoeiro em várzea tropical. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. v. 42, n. 9, p. 1237-1248, set. 2007.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. **Botânica**. In.: VIEIRA, C. JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. Feijão. 2. ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UF, p. 600. 2011.

SILVA, P. M.; TSAI, S. M.; BONETTI, R. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Plant and Soil**, 152: 123-30. 1993.

SILVA, E. F. de.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F. de.; MERCANTE, F. M.; RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SOARES, A. L. L.; FERREIRA, P. A. A.; PEREIRA, J. P. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II - feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 30, p. 750-758, 2006.

SOUZA, E. de. F. C. de.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. Embrapa, CNPAB. Agrobiologia. Seropédica, RJ. 6 p. 2002. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/fbnl_inocula_feijoeiro.html>. Acesso em: 20 de nov. de 2013.

SUGAWARA, M.; OKAZAKI, S.; NUKUI, N.; EZURA, H.; MITSUI, H.; MINAMISAWA, K. Rhizobitoxine modulates plant-microbe interactions by ethylene inhibition. **Biotechnol**, v. 24, p. 382-388, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Ed Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; ANDRADE, M. J. B. de; FURTINI NETO, A. E. Fitomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 533-538, 2008.

TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A.; TEIXEIRA, H.; COELHO, M. A. de. O. PARRELLA, N. N. L. D.; VIEIRA, R. F.; JÚNIOR, T. J. de. P. **Cultivares de feijão recomendados para o Estado de Minas Gerais**. EPAMIG. Minas Gerais. 2011.

TIRICHINE, L. de.; BILLY, F.; HUGUET, T. (2000) Mtsym6, a gene conditioning Sinorhizobium strain-specific nitrogen fixation in Medicago truncatula. **Plant Physiol.** p. 123:845–851.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O. SÁ, M. E. de. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VENTURINI, S. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; VENTURINI, E. F.; GIRACCA, E. M. N. Efeito da Inoculação com Rhizobium e aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. UFSM, CCR, **Departamento de solos**, p. 01, 2002.

VIEIRA, R. F. TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 40, n. 10, p. 1047-1050, 2005.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de.; BORÉM, A. Feijão. In: BORÉM, A. CARNEIRO, J. E. S. **A cultura**. Viçosa: E. UFV, 2008. Cap. 2, p. 18-32.

VIEIRA, C. PAULA JÚNIOR, T. J. de. P. BORÉM, A. Feijão. In: RAMALHO, M. A. P. ABREU, A. F. B. **Cultivares**. Viçosa: E. UFV, 2011. Cap. 14, p. 415-436.

XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; GUEDES, R. E. **Inoculante. Agência Embrapa de informação tecnológica.** EMBRAPA. Parque Estação Biológica. 2011. Brasília, DF. http://ag20.cnptia.embrapa.br/gestor/feijaocaupi/arvore/CONTAG01_2_2882007171552.html. Acesso em 01/02/2014.

YOCORRAMA, L. P. **Tendências de Mercado e Alternativas de Comercialização do Feijão.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-292 (Comunicado Técnico).

ZIMMERMANN, M. J. de O.; TEIXEIRA, M. G. **Origem e evolução.** In.: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C.A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. p. 786.1996.