

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**RESPOSTA DO FEIJÃO-VAGEM DE CRESCIMENTO
DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici***

KAREN ANDREON VIÇOSI

MESTRADO

**Ipameri-GO
2019**

KAREN ANDREON VIÇOSI

**RESPOSTA DO FEIJÃO-VAGEM DE CRESCIMENTO
DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici***

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pelá

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2019

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AAN559
r Andreon Viçosi, Karen
RESPOSTA DO FEIJÃO-VAGEM DE CRESCIMENTO
DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici* / Karen
Andreon Viçosi; orientador Adilson Pelá. -- Ipameri, 2019.
61 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade
Estadual de Goiás, 2019.

1. Phaseolus vulgaris. 2. Fixação Biológica de Nitrogênio. 3.
Inoculante. 4. Rizóbio. I. Pelá, Adilson, orient. II. Título.

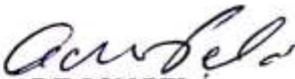
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "RESPOSTA DO FEIJÃO-VAGEM DE CRESCIMENTO DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici*"

AUTOR(A): Karen Andreon Viçosi

ORIENTADOR(A): Adilson Pelá

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADILSON PELÁ
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. EMMERSON RODRIGUES DE MORAES
Instituto Federal Goiano/Câmpus Morrinhos-GO


Prof. Dr. NEI PEIXOTO
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 18 de fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que permitiu que este momento fosse vivido por mim, me dando inteligência e forças para a realização deste trabalho.

A Universidade Estadual de Goiás por ter dado a oportunidade e financiamento para a realização do mestrado.

Ao meu orientador Adilson Pelá, por toda sua atenção, dedicação e esforço para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho. Agradeço também a todo corpo docente pela paciência, dedicação e ensinamentos.

Agradeço aos meus pais, José Tarciso e Cecília, e a toda a minha família pelo amor, carinho, paciência e por não medirem esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante. Agradeço também a meu irmão Geovanni por ser minha maior motivação e motivo da minha maior saudade.

Agradeço aos meus amigos, por confiarem em mim e estarem do meu lado em todos os momentos da vida. Luciano e Luiz Gustavo, irmãos que Ipameri me deu. Maria Alice e Leticia, obrigado por sempre estarem comigo e por me aguentarem esse tempo todo. Gabriel, Nathan, Romildo, Marcos Vitor, Leonardo, Leilaine, Hualans, obrigado por fazerem meus dias mais felizes.

E a todos que diretamente e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades químicas do solo determinado antes da instalação do experimento, coletado na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri.....	10
Tabela 2. Cor da flor, cor da vagem, tipo de vagem e produtividade (kg ha ⁻¹) de diferentes cultivares de feijão-vagem.....	11
Tabela 3. Análise de variância e teste de médias das variáveis altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e aérea foliar (AF) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i>	13
Tabela 4. Análise de variância e teste de médias das variáveis comprimento radicular (CR), área radicular (AR), massa seca radicular (MSR), número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com <i>R. tropici</i>	15
Tabela 5. Desdobramento da interação da massa seca radicular (MSR) e do efeito do inoculante sobre número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com <i>Rhizobium tropici</i>	16
Tabela 6. Análise de variância e teste de médias das variáveis teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) e eficiência relativa (ER) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com <i>R. tropici</i>	18
Tabela 7. Desdobramento da interação do teor de nitrogênio da parte área (TNPA) e do nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), e o efeito do inoculante sobre a eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com <i>R. tropici</i>	18
Tabela 8. Propriedades químicas do solo determinado antes da instalação do experimento, coletado na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri.....	33
Tabela 9. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e aérea foliar (AF) em doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com <i>R. tropici</i>	36

Tabela 10. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis comprimento radicular (CR), área radicular (AR), massa seca radicular (MSR), número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.....37

Tabela 11. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis do teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) e eficiência relativa (ER) em diferentes doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.....40

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Correlação entre as variáveis analisadas na ausência de inoculação (A) e presença de inoculação (B). Correlações significativas positivas estão representadas na cor azul, enquanto correlações significativas negativas estão de vermelho.....20
- Figura 2.** Número de nódulos (A) e nodulação específica ($n^{\circ} \text{msr}^{-1}$) (B), em plantas inoculadas e não inoculadas, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura.....38
- Figura 3.** Teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) (A) e eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) (B), em plantas inoculadas e não inoculadas, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura.....41

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	IX
ABSTRACT	X
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVO GERAL.....	4
CAPÍTULO 1: RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-VAGEM DE CRESCIMENTO DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM <i>RHIZOBIUM TROPICI</i>	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÕES	22
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO 2: INOCULAÇÃO COM <i>RHIZOBIUM TROPICI</i> E DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO FEIJÃO-VAGEM	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 OBJETIVO	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5 CONCLUSÕES	44
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CONCLUSÕES GERAIS.....	48
REFERÊNCIAS GERAIS	49

RESUMO GERAL

O feijão-vagem é uma leguminosa hortícola, com alto valor nutricional e de grande importância agrícola, movimentando cerca de 2,8 mil toneladas, equivalente a R\$ 12,5 milhões, na CEASA-GO em 2017. Porém, para manter boas produtividades, necessita de aplicações de adubos nitrogenados, prática que aumenta os custos de produção e gera impacto negativo no ambiente. Diante disso, procuram-se alternativas sustentáveis ao uso de fertilizantes, dando destaque a fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo que ocorre no solo através de bactérias especializadas. Entretanto, a FBN no feijão-vagem ainda é pouco eficiente, sendo que a seleção de cultivares e estudo dos efeitos do uso de adubos nitrogenados podem ser um caminho para aumentar a eficiência da FBN. O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado e a influência das doses de adubação nitrogenada e da inoculação com *Rhizobium tropici*. Foi realizado dois experimentos, ambos em casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O primeiro experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial 7x2 que correspondem, respectivamente, a sete cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado (Commodore Improved, Contender, Delinel, Jade, Strike, Stringless Green e Provider), na presença e ausência de inoculante rizobiano (*R. tropici*). O segundo experimento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 5x2, que correspondem, respectivamente, a cinco doses de N em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aos 15 dias após a emergência, na ausência e presença de inoculante rizobiano. Em ambos foi utilizado vaso de nove litros, e adubação de plantio com 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. O inoculante utilizado foi o Nitro1000 Feijão, da empresa Nitro1000, na forma de fluido líquido contendo 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL de *R. tropici* Semia 4077 e Semia 4088, na dose de 100 mL para 40 kg de sementes. Foram avaliados, no estágio de florescimento, a altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, comprimento radicular, área radicular, massa seca radicular, número de nódulos, teor de nitrogênio foliar, nitrogênio acumulado na parte aérea, eficiência de utilização de nitrogênio, nodulação específica e eficiência relativa. Existe diferença entre as cultivares de feijão-vagem para as variáveis da parte aérea, sistema radicular e acúmulo de nitrogênio, sendo que Delinel, Jade e Stringless Green se destacam como mais promissoras para estudos de fixação biológica de nitrogênio. A inoculação é capaz de aumentar o número de nódulos, nodulação específica e eficiência de utilização do nitrogênio. A adubação nitrogenada de cobertura tem efeitos negativos na fixação biológica de nitrogênio, reduzindo o número de nódulos, a nodulação específica e eficiência de utilização de nitrogênio.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; Fixação Biológica de Nitrogênio; Inoculante; Rizóbio.

ABSTRACT

The snap bean is a vegetable legume with high nutritional value and of great agricultural importance, handling around 2.8 thousand tons, equivalent to \$ 3.37 million, at CEASA-GO in 2017. However, in order to maintain good productivity requires applications of nitrogenous fertilizers, a practice that increases production costs and generates negative impact on the environment. In view of this, we are looking for sustainable alternatives to the use of fertilizers, highlighting the biological nitrogen fixation (BNF), a process that occurs in the soil through specialized bacteria. However, FBN in snap bean is still not efficient, and selection of cultivars and study of the effects of nitrogen fertilizer use may be a way to increase BNF efficiency. The objective of this work was to evaluate the behavior of bean cultivars of determined growth and the influence of nitrogen fertilization rates and inoculation with *Rhizobium tropici* on snap bean. Two experiments were carried out, both in the greenhouse of the State University of Goiás, Câmpus Ipameri. The first experiment was conducted in a completely randomized design, with four replications, in the 7x2 factorial scheme corresponding to seven cultivars (Commodore Improved, Contender, Delinel, Jade, Strike, Stringless Green and Provider), in the presence and absence of rhizobial inoculant (*R. tropici*). The second experiment was completely randomized, with four replicates and a 5x2 factorial scheme, corresponding to five doses of N in coverage (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), respectively, at 15 days after emergence, at absence and presence of rhizobial inoculant. In both, a 9-liter pot was used, and planting fertilization with 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. The inoculant used was Nitro1000 Feijão, from Nitro1000, in the form of liquid fluid containing 3.0 x 10⁹ viable cells per mL of *R. tropici* Semia 4077 and Semia 4088 at a dose of 100 mL to 40 kg of seeds. The height, diameter, number of leaves, leaf area, shoot dry mass, root length, root area, root dry mass, number of nodules, leaf nitrogen content, accumulated nitrogen in the aerial part were evaluated at the flowering stage, nitrogen utilization efficiency, specific nodulation and relative efficiency. There is a difference between bean pod cultivars for aerial part, root system and nitrogen accumulation, with Delinel, Jade and Stringless Green being the most promising for biological nitrogen fixation studies. Inoculation is able to increase the number of nodules, specific nodulation efficiency of nitrogen utilization. Nitrogen fertilization coverage has negative effects on biological nitrogen fixation, reducing the number of nodules, specific nodulation and efficiency of nitrogen utilization.

Key-words: *Phaseolus vulgaris*; Biological Fixation of Nitrogen; Inoculant; Rhizobium.

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa hortícola, de grande importância econômica, na qual são consumidas suas vagens na forma imatura, rica em vitaminas essenciais (A, B12 e C), minerais e fibras, tornando-se uma excelente fonte de nutrientes para consumo humano (FILGUEIRA et al., 2013).

De acordo com a CEASA-Goiás (2017), somente em 2017 foram comercializadas cerca de 2,8 mil toneladas da hortaliça, equivalente a R\$ 12,5 milhões, sendo o município de Leopoldo de Bulhões responsável por 47% da produção. Porém, estima-se que maior parte do feijão-vagem produzido no país corresponde ao de hábito indeterminado, por ser o mais cultivado e o com maior produtividade (GOMES et al., 2016).

Entretanto, o feijão-vagem de hábito determinado, também conhecido como arbustivo, apresentam vantagens sobre cultivares com crescimento indeterminado, como a não necessidade de tutoramento e um ciclo mais curto, o que permite um maior número de colheitas por ano (GOMES et al., 2017). Além disso, é considerável altamente versátil, visto que é cultivado em pequenas a grandes propriedades; tem adaptação para a colheita mecânica, cultivo consorciado e rotação de culturas; além de poder ser comercializado na forma in natura, congelada ou industrializada (KRAUSE et al., 2012). Contudo, para obtenção de altas produtividades é necessário a aplicação de altas doses de insumos industrializados, o que gera impacto negativo para o meio ambiente e aumenta o custo ao produtor rural.

De acordo com Figueiredo et al. (2016), o nitrogênio é o nutriente com maior demanda e consumo na cultura do feijoeiro, sendo exportado principalmente para as vagens e grãos. No entanto, estima-se que maioria dos solos das regiões tropicais seja deficiente em nitrogênio, e que apenas 50% do fertilizante nitrogenado aplicado seja aproveitado pelas plantas, sendo o restante perdido por volatilização e lixiviação (REPKE et al., 2013), sendo este último responsável pela eutrofização das águas. Além disso, deve-se destacar o impacto ambiental gerado pela atividade agropecuária na liberação de óxido nitroso, gerado através de transformações bioquímicas do nitrogênio no solo, sendo um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (ALMEIDA et al., 2015).

Desse modo, devido os impactos ambientais e econômicos gerados pelo uso de fertilizantes nitrogenados de origem mineral, são necessárias técnicas alternativas para o fornecimento do nitrogênio para a cultura do feijão-vagem, na qual se destaca a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio como uma opção sustentável e de baixo custo.

O feijão-vagem é uma fabácea nodulífera com capacidade de estabelecer simbiose mutualista com bactérias da família Rhizobiaceae, presente naturalmente no solo ou por meio de inoculação de sementes, e assim se beneficiar do nitrogênio fixado, em um processo denominado fixação biológica do nitrogênio (FBN) (MATOSO e KUSDRA, 2014). Dentre as diversas bactérias que são capazes de estabelecer simbiose com o feijão-vagem, o *Rhizobium tropici* é a espécie mais adaptada e recomendada para os solos ácidos tropicais, devido sua grande capacidade de nodulação e sua alta tolerância a estresses ambientais, como alta temperatura, acidez e salinidade (CERRO et al., 2017).

A origem exata do *R. tropici* ainda não é conhecida, porém existe no Brasil uma variedade de ecossistemas que produziram a maioria das estirpes disponíveis, isoladas tanto no feijoeiro quanto em outras leguminosas. A ampla distribuição desse micro-organismo no país se pode ser explicada por duas alternativas: (i) um simbiote de uma leguminosa nativa se adaptou ao feijoeiro quando este foi introduzido no país e (ii) sementes comercializadas do centro origem Andino continham *R. tropici*, e sua proliferação em solos brasileiros foi favorecida pelas propriedades intrínsecas da espécie, como a tolerância a estresses ambientais (GOMES et al., 2015).

A fixação biológica de nitrogênio pelo feijão-vagem se inicia com o reconhecimento do *R. tropici* no solo, presente naturalmente ou via inoculação, e posterior infecção das raízes da planta hospedeira, provocando a formação de nódulos (OLIVEIRA et al., 2017). Após a iniciação do nódulo nas raízes, ocorre o processo de transformação do N₂ atmosférico em NH₃ assimilável em compostos nitrogenados que podem ser translocados para diferentes partes da planta (BRITO et al. 2015).

Apesar dos inúmeros benefícios da fixação biológica, ainda há pouco estudos sobre este processo na cultura no feijoeiro, especialmente o feijão-vagem, tornando-se um mecanismo pouco eficiente no acúmulo de nitrogênio na planta, dependente de fontes nitrogenadas minerais. Deste modo, pesquisas sobre o impacto da inoculação de leguminosas podem ajudar a definir as circunstâncias em que a inoculação pode melhorar os rendimentos de grãos e aumentar a contribuição líquida de nitrogênio dessas plantas para o sistema (DENTON et al., 2012). A utilização desses microrganismos, visando à melhoria da produção agrícola será provavelmente uma das ferramentas mais importantes na atualidade, sendo que ainda são necessárias pesquisas no intuito de se conhecer cada vez mais as potencialidades dessa simbiose entre planta e bactéria (LIMA et al., 2011). Tendo-se em vista que a técnica de inoculação com rizóbios, por si só, ainda não é totalmente eficiente para a cultura, é necessário estudar alternativas para aumentar a eficiência da FBN, e beneficiar, principalmente, os pequenos agricultores (BERTOLDO et al., 2015).

Uma alternativa para melhorar a eficiência da FBN seria a avaliação de genótipos, sendo que existe grande variabilidade entre cultivares quanto ao número de nódulos, atividade da enzima nitrogenase e o acúmulo de nitrogênio pelo feijoeiro (FONSECA et al., 2013). Atualmente, a busca por cultivares mais eficientes no uso do nitrogênio é um dos principais objetivos de diversos programas de melhoramento genético de diferentes culturas, com a finalidade de reduzir a quantidade de nitrogênio aplicado, sem prejudicar os ganhos na produtividade de grãos (BARRACLOUGH et al. 2014; GAJU et al. 2014).

Outra estratégia para maximizar os resultados obtidos com a inoculação com rizóbio no feijoeiro comum consiste na combinação com a aplicação de N mineral, de modo que o adubo possa fornecer o nitrogênio necessário para o desenvolvimento da planta até o estabelecimento da FBN (BRITO et al., 2011; BRITO et al., 2015).

Embora se encontrem poucos estudos sobre a fixação em feijão-vagem na literatura, Furlan et al. (2016) obtiveram resultados promissores ao estudar os efeitos da inoculação na cultura, de modo que a FBN aumentou a produtividade substituiu, em partes, a adubação nitrogenada, enquanto que Beshir et al. (2015) afirmam que inoculação é uma alternativa viável e menos onerosa para melhorar o rendimento das vagens de feijão-vagem. Portanto, é imprescindível a difusão desta biotecnologia, de baixíssimo custo, considerando que a fixação biológica do nitrogênio é um processo ecológico, economicamente vantajoso e sustentável (CHAGAS JUNIOR, 2010).

OBJETIVO GERAL

O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado e a influência das doses de adubação nitrogenada e da inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem.

**CAPÍTULO 1: RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-VAGEM DE
CRESCIMENTO DETERMINADO À INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici***

RESUMO

Existe uma diversa gama de cultivares de feijão-vagem no mercado, porém poucas destas são capazes de realizar uma simbiose eficiente através da fixação biológica de nitrogênio. Uma alternativa sustentável para o aumento da produtividade na cultura do feijão-vagem é através do uso de cultivares responsivos a presença de inoculantes, se beneficiando do processo de fixação biológica de nitrogênio, reduzindo os custos ao produtor e minimizando os problemas ambientais pela utilização da adubação nitrogenada. Diante disso, o objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento de sete cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado em relação a inoculação com *Rhizobium tropici*. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial 7x2, que correspondem, respectivamente, a sete cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado (Commodore Improved, Contender, Delinel, Jade, Strike, Stringless Green e Provider), na presença e ausência de inoculante rizobiano (*R. tropici*). Foi utilizado vaso de nove litros, e adubação de plantio com 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. O inoculante utilizado foi o Nitro1000 Feijão, da empresa Nitro1000, na forma de fluido líquido contendo 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL de *R. tropici* Semia 4077 e Semia 4088, na dose de 100 mL para 40 kg de sementes. Foram avaliados, no estágio de florescimento, a altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, comprimento radicular, área radicular, massa seca radicular, número de nódulos, teor de nitrogênio foliar, nitrogênio acumulado na parte aérea, eficiência de utilização de nitrogênio, nodulação específica e eficiência relativa. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, as médias foram comparada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e posteriormente calculada a correlação de Pearson entre as variáveis, ambos através do software R. A utilização de *R. tropici* não interfere no desenvolvimento vegetativo da parte aérea do feijão-vagem até a fase de florescimento. As cultivares Delinel, Jade e Stringless Green se destacam quando a nodulação. A inoculação afeta negativamente o teor de nitrogênio e nitrogênio acumulado pela parte aérea, porém é capaz de aumentar o número de nódulos, nodulação específica e a eficiência de utilização do nitrogênio. Existe correlação negativa entre a nodulação e a massa seca da parte aérea, teor de nitrogênio e o nitrogênio acumulado pela parte aérea. A eficiência de uso de nitrogênio é correlacionada a massa seca da parte aérea e nitrogênio acumulado pela parte aérea, em plantas não inoculadas, e com as demais variáveis da parte aérea em plantas inoculadas.

Palavras-chave: Genótipos; Nódulos; Nitrogênio Foliar; Correlação;

ABSTRACT

There is a diverse range of snap bean cultivars on the market, but few of these are able to carry out an efficient symbiosis through the biological fixation of nitrogen. A sustainable alternative for the increase of productivity in the bean-pod culture is through the use of cultivars responsive to the use of inoculants, benefiting from the process of biological nitrogen fixation, reducing the costs to the producer and minimizing the environmental problems by the use of fertilization nitrogen. Therefore, the objective of this experiment was to evaluate the behavior of seven cultivar of bean-pod of determined growth in relation to the inoculation with *Rhizobium tropici*. The experiment was carried out in a greenhouse at the State University of Goiás, Câmpus Ipameri. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replicates, in the 7x2 factorial scheme, corresponding to seven cultivars (Commodore Improved, Contender, Delinel, Jade, Strike, Stringless Green and Provider) in the presence and absence of rhizobial inoculant (*R. tropici*). A nine-liter pot was used, and planting fertilization with 50 kg ha⁻¹ of N, 300 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 100 kg ha⁻¹ of K₂O. The inoculant used was Nitro1000 Feijão, from Nitro1000, in the form of liquid fluid containing 3.0 x 10⁹ viable cells per mL of *R. tropici* Semia 4077 and Semia 4088 at a dose of 100 mL to 40 kg of seeds. The height, diameter, number of leaves, leaf area, shoot dry mass, root length, root area, root dry mass, number of nodules, leaf nitrogen content, accumulated nitrogen in the aerial part were evaluated at the flowering stage, nitrogen utilization efficiency, specific nodulation and relative efficiency. The data were submitted to analysis of variance, and when significant, means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability, and then the Pearson correlation between the variables was calculated, both through software R. The use of *Rhizobium tropici* does not interfere in the vegetative development of the aerial part of the bean pod until the flowering stage. The cultivars Delinel, Jade and Stringless Green stand out when nodulation. The inoculation negatively affects the nitrogen and nitrogen contents accumulated by the aerial part, but it is able to increase the number of nodules, specific nodulation and the efficiency of nitrogen utilization. There is a negative correlation between nodulation and dry mass of the aerial part, nitrogen content and the nitrogen accumulated by the aerial part. The efficiency of nitrogen use is correlated to the dry mass of the aerial part and nitrogen accumulated by the aerial part, in uninoculated plants, and with the other variables of the aerial part in inoculated plants.

Key-words: Genotypes; Nodules; Foliar Nitrogen; Correlation.

1 INTRODUÇÃO

No mercado há diversas cultivares de feijão-vagem, que se destacam pelas diferentes formas e cores de suas vagens, atendendo a diferentes tipos de consumidores. Entretanto, o processo de seleção de cultivares se baseia em melhoraria das características produtivas, em detrimento do aumento da eficiência de nutrientes e de processos biológicos, dentre eles a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

O programa de melhoramento para o feijão-vagem busca, principalmente, aumento da produtividade aliada à melhoria da qualidade de vagens, além de para cultivares arbustivas a redução do porte da cultura e menor ciclo de produção (KRAUSE et al., 2012). Geralmente, estes programas não visam à melhoria da contribuição da FBN para o favorecimento do crescimento vegetal e da produção de grãos desta cultura (ALCANTARA et al., 2014).

Grande parte dos problemas relacionados à FBN no feijoeiro está ligada ao processo de domesticação e melhoramento, que selecionou cultivares visando características desejáveis apenas no aspecto comercial e negligenciando caracteres de nodulação, o que pode ter alterado o equilíbrio simbiótico entre o rizóbio e a planta (FRANCO et al., 2002). A identificação de cultivares eficientes na fixação biológica de nitrogênio permite que sejam utilizadas em programas de melhoramento, pois essas características estão relacionadas à eficiência simbiótica destes genótipos (SALGADO et al., 2012).

A produtividade desta cultura poderia ser aumentada pelo uso de cultivares responsivos a inoculantes de rizóbios eficientes, suprindo as necessidades de nitrogênio da planta, baixando os custos de produção e elevando a renda do produtor, o que evidenciam a importância de se considerar a variedade de feijão nos programas visando à otimização da FBN no sistema rizóbio-leguminosa (CHAGAS JUNIOR et al., 2010). Além disso, a seleção de genótipos com maior eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) é considerada, atualmente, uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção das culturas e aumentar a produtividade através da maior resposta a esse nutriente, de modo a maximizar o uso do N e minimizar os problemas ambientais advindos da adubação nitrogenada (CANCELIER et al., 2011; SOUSA et al., 2012).

Desta forma, estudos da EUN sobre genótipos disponíveis são essenciais para atualizar as recomendações técnicas e disponibilizar tecnologias mais ajustadas ao produtor, trazendo produções economicamente satisfatórias e com menor risco de poluição ambiental (TEIXEIRA FILHO et al., 2010; PRANDO et al., 2013).

2 OBJETIVO

O objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento de sete cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado em relação a inoculação com *Rhizobium tropici*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente a Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, com coordenadas geográficas de 17°9'59" W e 48°26'34" S, altitude de aproximadamente 800 metros. O clima é considerado tipo Aw, caracterizado por clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco, segundo classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013).

O solo foi coletado na camada arável (0–20 cm) de um LATOSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2018), no qual foi destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm, cuja análise de solo está descrita na Tabela 1. Não houve necessidade de correção do pH do solo através de calagem.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo determinado antes da instalação do experimento, coletado na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri.

Determinação	Unidade	Valor	Determinação	Unidade	Valor
pH	CaCl ₂	5,5	t	cmolc dm ⁻³	4,4
K	mg dm ⁻³	78	V	%	69,84
P	mg dm ⁻³	4,7	m	%	0
Ca	mg dm ⁻³	2,8	M.O.	g dm ⁻³	28
Mg	mg dm ⁻³	1,4	C	g dm ⁻³	16,24
Al	mg dm ⁻³	0	Argila	g kg ⁻¹	300
H + Al	mg dm ⁻³	1,9	Silte	g kg ⁻¹	80
T	cmolc dm ⁻³	6,3	Areia	g kg ⁻¹	620

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, no esquema fatorial 7x2 que correspondem, respectivamente, a sete cultivares de feijão-vagem de crescimento determinado, na presença e ausência de inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici*).

As cultivares foram escolhidas baseadas na maior produtividade em trabalho conduzido em Ipameri-GO, desenvolvida por Vaz et al. (2017). Na Tabela 2 está descrito algumas características das cultivares escolhidas para realização do experimento.

Tabela 2. Cor da flor, cor da vagem, tipo de vagem e produtividade (kg ha⁻¹) de diferentes cultivares de feijão-vagem.

Cultivar	Cor da flor	Cor da vagem	Tipo de vagem	Produtividade
Commodore Improved	Branca	Verde	Cilíndrica	14797,0
Contender	Roxa	Verde	Cilíndrica	18411,7
Delinel	Branca	Verde	Cilíndrica	15130,5
Jade	Branca	Verde	Cilíndrica	17561,2
Strike	Branca	Verde	Cilíndrica	16302,0
Stringless Green	Branca	Verde	Achatada	14648,5
Provider	Branca	Verde	Cilíndrica	18073,0

Fonte: Vaz et al. (2017).

3.3 Instalação e condução do experimento

A unidade experimental foi composta por duas plantas, em um vaso de nove litros, com solo descrito anteriormente (Tabela 1). A adubação de plantio foi realizada com 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte utilizando superfosfato simples amoniado (03-17-00) e cloreto de potássio (60% K₂O).

O inoculante utilizado foi o Nitro1000 Feijão, da empresa Nitro1000, na forma de fluido líquido contendo 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL de *Rhizobium tropici* Semia 4077 e Semia 4088, na dose de 100 mL para 40 kg de sementes. A inoculação foi realizada durante o plantio, sendo misturado diretamente na semente.

Durante a condução do experimento, foi realizada irrigação diária até atingir a capacidade de campo, de modo a manter a umidade do solo constante, além da retirada manual de plantas daninhas. Para o controle de pragas, foi realizada a aplicação de Oberon (Espiromesifeno, dose de 0,4 mL de p.a./100 mL), aos 15 dias após emergência, para o controle de mosca branca, e Engeo Pleno (Tiametoxam e Lambda-Cialotrina, na dose de 0,06 mL de p.a./100 mL) para controle de vaquinhas, 25 dias após emergência, através de borrifador manual. Não foi necessário realizar controle de doenças. O experimento foi conduzido até 30 dias após a emergência, quando as mesmas atingiram o estágio fenológico R6 (floração).

3.4 Variáveis avaliadas no experimento

Na parte aérea, foi mensurada a altura (ALT) através de régua milimetrada; diâmetro (DIAM) através de paquímetro digital; e número de folhas (NF), por contagem manual dos trifólios. Posteriormente foi coletada a parte aérea das plantas, cortando-as rentes ao solo e levadas para laboratório para determinação da área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA).

As raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirada do solo adjacente as raízes, com posterior medição do comprimento radicular (CR) com régua milimetrada, número de nódulos (NE) através de contagem manual; área radicular (AR) e massa seca da raiz (MSR).

A área foliar e área radicular foi obtida através de escaneamento pelo scanner HP Scanjet G2410 e as imagens foram processadas software Image J. A matéria seca da parte aérea e do sistema radicular foi seca em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até obtenção de massa constante, para posterior pesagem em balança digital.

Para a avaliação do teor nitrogênio na parte aérea (TNPA), foi utilizada a massa seca da parte aérea, que após a pesagem, foram moídas no Macro Moinho de facas tipo Willye, com peneira de 30 mesh. Em seguida, determinado o teor de nitrogênio conforme método Kjeldahl, que consiste na digestão sulfúrica+destilação+titulação conforme metodologia descrita em Carmo et al. (2000). Posteriormente, foi calculada a o nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), resultado do produto do TNPA e MSPA, e eficiência utilização do nitrogênio (EUN) obtida pela fórmula: $EUN (g^2 mg^{-1}) = \text{massa seca da parte aérea}^2 / \text{nitrogênio acumulado na parte aérea}$, adaptada de Siddiqi e Glass (1981).

Avaliou-se ainda a nodulação específica (NE), através da expressão $NE = (\text{N}^\circ \text{ de nódulos} / MSR)$, e a eficiência relativa (ER), calculada segundo a fórmula $ER = (\text{MSPA inoculada} / \text{MSPA sem inoculação}) \times 100$, em que MSPA é a matéria seca da parte aérea da planta.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, as médias foram comparada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e posteriormente calculada a correlação de Pearson entre as variáveis, ambos através do software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis da parte aérea não foram influenciadas pela inoculação ou pela interação cultivar x inóculo, conforme Tabela 3. Entretanto, a altura, número de folhas e massa seca da parte aérea apresentaram significância para o efeito das cultivares. A cultivar Contender se destaca apresentando maiores valores para essas variáveis, demonstrando maior capacidade de crescimento da parte aérea. Diante dos resultados obtidos, pode-se inferir então que a utilização de *Rhizobium tropici* não interfere no desenvolvimento vegetativo da parte aérea do feijão-vagem até a fase de florescimento.

Tabela 3. Análise de variância e teste de médias das variáveis altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e aérea foliar (AF) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com *Rhizobium tropici*.

Cultivar	ALT	DIAM	NF	MSPA	AF
	(cm)	(mm)	(nº)	(g)	(cm ²)
Commodore I.	25,24 b	4,78	5,43 a	3,38 b	471,28
Contender	29,42 a	5,15	5,87 a	4,12 a	420,04
Delinel	31,86 a	4,81	4,44 b	3,13 b	275,18
Jade	26,23 b	4,89	5,62 a	2,49 b	420,18
Provider	28,95 a	4,82	5,12 b	3,03 b	405,59
Strike	25,30 b	4,57	4,75 b	4,43 a	421,59
Stringless G.	31,29 a	4,88	5,87 a	2,56 b	382,97
Inoculação					
Ausente	28,05	4,78	5,19	3,35	406,31
Presente	28,61	4,89	5,41	3,26	392,52
Cultivar	3,984*	1,202	3,338*	6,253*	1,352
Inóculo	0,296	0,620	0,864	0,201	0,121
C x I	1,115	0,325	0,346	1,848	1,500
CV (%)	13,83	9,28	16,26	25,18	37,12

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade.

Em relação à altura de planta, estes resultados corroboram em parte com o trabalho de Vaz et al. (2017), no qual verificou diferenças entre as alturas de cultivares de feijão-vagem testadas e afirmam que genótipos com maior vigor são desejáveis, promovendo um melhor desempenho inicial em campo. Apesar de não ter sido observado efeito da inoculação na

altura de plantas, Guareschi et al. (2011) e Furlan et al. (2016) observaram que tratamentos com inoculação promoveu incrementos em altura e diâmetro do feijão-vagem, além de melhoria de outras características agronômicas.

Vieira et al. (2010) encontraram resultado semelhante para a massa seca da parte aérea (MSPA), com diferença entre o acúmulo de biomassa entre seis cultivares de feijão macassar, não observando efeito significativo do aumento da MSPA em função da inoculação. Entretanto, Fonseca et al. (2013), além de encontrar diferenças entre cultivares de feijão comum, observou maior MSPA em plantas inoculadas, atribuindo ao fato a maior eficiência de estirpes inoculadas em disponibilizar nitrogênio ao feijoeiro, com acréscimos da ordem de 15 a 20% na biomassa.

A diferença dos teores de MSPA existe entre as cultivares, com maior biomassa nas cultivares Contender e Strike, pode ser correlacionada a maior área foliar, diâmetro caulinar, número de folhas e crescimento radicular, características que propiciam melhor atividade fotossintética e maior exploração de nutrientes no solo (OLIVEIRA e SBARDELOTTO, 2011).

No que diz respeito às variáveis do sistema radicular, foi constatado efeito das cultivares analisadas para o comprimento radicular, área radicular, número de nódulos e massa seca radicular, porém apenas o último foi influenciado significativamente pela interação cultivar x inóculo (Tabela 4). O destaque é para as cultivares Delinel, Jade e Stringless Green, cujo desempenho foi superior na maior parte das variáveis.

Foi constatado efeito significativo da inoculação somente para o número de nódulos e nodulação específica. Em relação ao número de nódulos (NN), nota-se que a inoculação com *Rhizobium tropici* promoveu acréscimo médio de 43,47% comparado ao tratamento na ausência de inoculante em plantas de feijão-vagem, enquanto que para a nodulação específica o aumento devido a inoculação foi de 50,17%. Esse aumento da nodulação foi encontrado por diversos estudos na literatura, como descrito por Florentino et al. (2018), Ahmed et al. (2016), Fonseca et al. (2013) e Oliveira et al. (2011).

Esses valores de nodulação foram superiores ao encontrado por Pelegrin et al. (2009) para a cultivar Pérola, que variou de 2,6 a 14,2 nódulos por planta, porém semelhante ao encontrado por Kaneko et al. (2010), que obtiveram valores entre 36,3 e 71,5 para a mesma cultivar, mostrando assim o efeito do tipo de solo, região geográfica e condições ambientais durante a safra de cultivo.

Em relação a massa seca radicular, Matoso e Kusdra (2014) também não encontraram diferença significativa para essa variável em função da inoculação.

Tabela 4. Análise de variância e teste de médias das variáveis comprimento radicular (CR), área radicular (AR), massa seca radicular (MSR), número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Cultivar	CR	AR	MSR	NN	NE
	(cm)	(cm ²)	(g)	(n° pl ⁻¹)	(n° msr ⁻¹)
Commodore I.	38,06 b	112,68 b	0,42 a	48,25 a	112,27 b
Contender	39,19 b	152,94 a	0,66 a	63,62 a	97,86 b
Delinel	48,56 a	151,15 a	0,56 a	46,25 a	76,67 b
Jade	44,75 a	128,75 b	0,55 a	74,25 a	143,97 a
Provider	37,50 b	108,73 b	0,39 b	59,00 a	185,56 a
Strike	36,89 b	179,41 a	0,53 a	8,87 b	22,74 b
Stringless G.	44,06 a	175,97 a	0,63 a	58,25 a	93,35 b
Inoculação					
Ausente	41,07	148,13	0,53	42,07 b	83,53 b
Presente	41,50	140,32	0,54	60,36 a	125,44 a
Cultivar	3,174**	3,514*	3,864*	4,616*	3,613*
Inóculo	0,050	0,464	0,110	6,184*	4,258**
C x I	1,724	1,401	2,679*	1,528	0,549
CV (%)	17,28	29,79	26,18	53,72	72,74

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade.

O desdobramento da interação na massa seca radicular (MSR) e do efeito da inoculação sobre o número de nódulos e nodulação específica estão na Tabela 5. Em relação a MSR, as cultivares Contender, Delinel, Strike e Stringless apresentaram maiores valores de MSR na presença de *R. tropici*, porém somente a Delinel e Stike obtiveram aumento significativo em resposta a utilização do inoculante rizobiano. As cultivares Delinel e Jade aumentaram o NN na presença de inoculante, enquanto que as demais não apresentaram aumento significativo devido a inoculação, enquanto que somente Jade aumentou a NE.

Nota-se que para todas as cultivares a nodulação ocorreu tanto na presença e ausência do inoculante. Isso corrobora com o descrito por Oliveira e Sbardelotto (2011), no qual em todas as variedades de feijão, mesmo os não inoculados, produziram nódulos, indicando a presença de bactérias simbiotes fixadoras de nitrogênio nativas no solo. Todavia, os mesmos autores afirmam que formação de nódulos foi inferior a 50% quando comparado com os tratamentos que receberam inoculante.

Tabela 5. Desdobramento da interação da massa seca radicular (MSR) e do efeito do inoculante sobre número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com *Rhizobium tropici*.

Cultivar	MSR (g)		NN (n° pl ⁻¹)		NE (n° msr ⁻¹)	
	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Commodore I.	0,40 aB	0,44 aB	33,00 a	63,50 a	80,56 a	143,95 a
Contender	0,72 aA	0,59 aA	64,50 a	62,75 a	90,25 a	105,49 a
Delinel	0,43 bB	0,69 aA	22,75 b	69,75 a	51,12 a	102,23 a
Jade	0,60 aB	0,51 aB	49,50 b	99,00 a	89,39 b	198,55 a
Provider	0,45 aB	0,34 aB	62,75 a	55,25 a	165,18 a	203,94 a
Strike	0,42 bB	0,64 aA	10,00 a	7,70 a	32,02 a	13,45 a
Stringless G.	0,68 aA	0,58 bA	52,00 a	64,50 a	76,18 a	143,97 a

Dentro de cada fator, médias maiúscula na coluna e minúscula na linha, seguidas pela mesma letra, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$).

É fundamental esclarecer que apesar de introduzir rizóbios selecionados através da inoculação não se exclui a possibilidade de as estirpes nativas presentes no solo promoverem nodulação, exceto se a inoculação for efetuada em condições artificiais de solo esterilizado. Portanto, as estirpes de rizóbio do inoculante devem ser também, além de eficientes na FBN, suficientemente competitivas para que sejam capazes de superar as nativas garantindo maior nodulação que estas (MATOSO e KUSDRA, 2014). Esse comportamento também foi encontrado por diversos autores, que também não observaram efeito significativo da inoculação com diferentes cultivares, estirpes e condições experimentais (KANEKO et al., 2010; SOUZA et al., 2011).

Analisando as cultivares, verifica-se que somente Delinel e Jade aumentaram significativamente a nodulação, enquanto que as demais não variaram em função da inoculação, demonstrando variação entre os genótipos. Albuquerque et al. (2012) afirmam que há variação entre os genótipos de feijoeiro quanto à nodulação, o que é justificado pelo maior potencial genético nodulatório e fixação biológica de nitrogênio da cultivar, além a existência de expressiva variabilidade entre os cultivares.

Em estudo realizado por Chekanai et al. (2018), foi demonstrado que existem cultivares de feijão melhoradas que respondem a inoculação rizobiana, sendo que também existem solos não responsivos a esta prática, em especial os que estão degradados. Yagi et al. (2015) concluíram que há diferenças entre cultivares comerciais de feijoeiro, com cultivares mais eficientes na FBN na presença de estirpes de rizóbios nativos ou exógenos, enquanto que outras cultivares são responsivas apenas a adubação nitrogenada. Fato que pode ter ocorrido com a cultivar Strike, que não foi capaz de realizar uma nodulação satisfatória.

Para o feijão-vagem, não existem informações sobre o número mínimo de nódulos necessários para garantir bom desempenho da FBN, como é observado para a cultura da soja, para a qual se reconhece como suficientes 15 a 20 nódulos na coroa da raiz principal (CARDOSO et al., 2009). No geral, o número de nódulos foi considerado aceitável, com acima de 15 unidades por planta, indicando boa eficiência simbiótica, com exceção para a cultivar Strike. Porém, Fonseca et al. (2013) que o número de nódulos não deve ser analisado isoladamente, pois muitas vezes, há formação de muitos nódulos de tamanho reduzido, o que resulta em menor eficiência da FBN.

Bashir et al. (2015) encontraram diferenças entre cultivares de feijão-vagem em relação ao número de nódulos, além da massa seca, tamanho e diâmetro de nódulos, indicando que a presença de nódulos e seu tamanho podem não garantir necessariamente uma fixação efetiva de N_2 . Segundo Guarechi et al. (2011), apesar da inoculação ter aumentado a nodulação, não refletiu significativamente sobre a massa seca radicular, não havendo conversão do nitrogênio acumulado pela FBN em produção final.

O teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) e nitrogênio acumulado pela parte aérea (NAPA) foram influenciadas pela interação cultivar x inóculo, porém nota-se menor média para as variáveis quando submetidas a inoculação, com redução média de 20,85% e de 22,73% respectivamente (Tabela 6). A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) aumentou 29% na presença da inoculação, além de comportamento diferenciado entre os cultivares, de modo que Contender e Strike obtiveram maiores eficiências. Não houve diferença para entre as cultivares em relação a eficiência relativa (ER), variando entre 71,46 e 128,83%. Resultado semelhante ao encontrado por Chagas Junior et al. (2010), que não obtiveram significância para a ER ao testar diferentes cultivares, estirpes e adubação nitrogenada, enquanto que Yagi et al. (2015) encontraram ER de feijão variando entre 91 e 113%, ao passo que as cultivares inferiores a 100% foram classificadas como eficientes e responsivas somente à adubação nitrogenada.

Em relação ao teor de nitrogênio da parte aérea, só houve diferenciação das cultivares na presença da inoculação, demonstrando comportamento diferente quando na presença do inóculo (Tabela 7). A cultivar Strike apresentou maior média quando submetido a inoculação, enquanto que Contender, Delinel, Jade e Stringless Green reduziram o TNPA.

Para o nitrogênio acumulado na parte aérea, houve variações entre os cultivares na ausência e presença da inoculação, com destaque para Strike, que acumulou mais nitrogênio na presença do *R. tropici*, além de apresentar a maior média, enquanto que Commodore e Delinel reduziram o acúmulo com a bactéria. Para a EUN, apenas Contender e Delinel aumentaram a eficiência.

Tabela 6. Análise de variância e teste de médias das variáveis teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) e eficiência relativa (ER) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Cultivar	TNPA	NAPA	EUN	ER
	(g kg ⁻¹)	(mg planta ⁻¹)	(g ² mg ⁻¹)	(%)
Commodore I.	24,7 a	87,4 a	0,13 b	71,46
Contender	24,0 a	98,3 a	0,18 a	102,69
Delinel	23,0 a	73,1 b	0,14 b	101,83
Jade	22,6 a	57,5 b	0,11 b	116,33
Provider	22,4 a	67,5 b	0,14 b	104,62
Strike	25,8 a	115,3 a	0,17 a	128,83
Stringless G.	19,6 a	50,4 b	0,13 b	113,47
Inoculação				
Ausente	25,9 a	88,3 a	0,13 b	-
Presente	20,5 b	68,6 b	0,17 a	-
Cultivar	2,542**	6,195*	2,588**	0,741
Inóculo	31,56*	7,875*	7,208**	-
C x I	3,114**	2,96**	1,706	-
CV (%)	15,37	33,42	28,00	39,20

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p>0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 7. Desdobramento da interação do teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) e do nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), e o efeito do inoculante sobre a eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) em diferentes cultivares, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Cultivar	TNPA (g kg ⁻¹)		NAPA (mg planta ⁻¹)		EUN (g ² mg ⁻¹)	
	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Commodore I.	27,0 aA	22,4 aB	115,5 aA	57,0 bB	0,15 a	0,12 a
Contender	28,4 aA	19,6 bB	117,8 aA	81,1 aB	0,14 b	0,22 a
Delinel	28,5 aA	17,6 bB	93,0 aA	53,2 bB	0,11 b	0,18 a
Jade	25,6 aA	19,6 bB	65,9 aB	49,1 aB	0,09 a	0,13 a
Provider	24,7 aA	20,0 aB	74,1 aB	60,8 aB	0,12 a	0,15 a
Strike	24,2 aA	27,5 aA	94,5 bA	135,9 aA	0,17 a	0,18 a
Stringless G.	22,4 aA	16,8 bB	57,4 aB	43,4 aB	0,12 a	0,15 a

Dentro de cada fator, médias maiúscula na coluna e minúscula na linha, seguidas pela mesma letra, pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p>0,05$).

Segundo Vieira et al. (2010), o fato da inoculação não resultar em teor de N ideal para o feijão-vagem indica que as simbioses podem não ter sido eficaz em promover quantidades necessárias do nutriente a planta, gerando sua deficiência durante seu desenvolvimento. Além disso, indica que as estirpes nativas do solo foram capazes realizar simbiose com a leguminosa (ALCANTARA et al., 2014), que podem competir e predominar no solo com as estirpes introduzidas pelo experimento, mesmo sendo menos eficiente simbioticamente.

Outra explicação para o menor teor de nitrogênio foliar, e conseqüentemente, menor acúmulo de nitrogênio pelo feijão-vagem na presença do inoculante, está relacionado à alta demanda energética da FBN. É necessária uma considerável quantidade de energia (-200 kJ mol^{-1}) para quebrar a tripla ligação do N_2 atmosférico em molécula com a produção de amônia em uma reação exotérmica, consumindo cerca de 12 gramas de carbono orgânico por grama de N_2 fixado (TAIZ et al., 2017). Como fonte de energia, a planta utiliza o ATP formado pela queima dos produtos fotossintéticos através da respiração, além dos carboidratos translocados das folhas para os nódulos, na forma de sacarose, como fornecedor de prótons e elétrons (KERBAUY, 2009).

Juntamente com as presunções já citadas, outro fator que explica o baixo TNPA é pelo ciclo curto da cultura do feijão-vagem de crescimento determinado, o que dificulta o estabelecimento do aparato simbiótico fixador de N e seu funcionamento de maneira eficiente para fornecer o conteúdo de nitrogênio necessário para a planta (SOARES et al., 2016).

O TNPA é um dos indicativos de quão eficiente foi a absorção e assimilação do N, inclusive via FBN, enquanto que o NAPA tem sido considerado como indicador de estirpes com potencial para compor inoculantes com eficiência simbiótica (FONSECA et al., 2013). O conteúdo de nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA) é diretamente proporcional à biomassa da parte aérea e ao teor de nitrogênio na planta, isso explica o alto acúmulo de N em algumas cultivares, como Commodore Improved, Contender e Strike.

Apesar de comportamento diferenciado das cultivares para o TNPA e NAPA sob inoculação, fato não se repetiu para a eficiência de utilização de nitrogênio (EUN), que apesar de apresentar média mais altas em plantas inoculadas, somente duas cultivares foram capazes de aumentar sua eficiência. Além disso, na presença de inoculação, todas foram estatisticamente iguais, não sendo possível diferenciá-las nesta variável. Segundo Cancelier et al. (2011), cultivares eficientes no uso do nitrogênio são indicadas para cultivos de baixa tecnologia, nos quais os produtores não utilizam grandes doses de adubação nitrogenada, em função do alto custo deste nutriente.

Dessa forma, a seleção de cultivares que possuem a capacidade de absorver e utilizar nitrogênio de modo eficiente é uma estratégia que pode ser utilizada para melhor aproveitar o

nitrogênio na cultura do feijão-vagem, incrementar a produção, reduzir os custos com insumos e o efeito no meio ambiente (CARVALHO et al., 2011). Essa variável deve ser analisada conjuntamente com dados de produção e qualidade das vagens, de modo a selecionar plantas eficientes nutricionalmente, com boa capacidade de realizar a FBN e alta produtividade comercial.

Desse modo, Vaz et al. (2017) destaca as cultivares Contender, Jade e Provider como as mais produtivas, enquanto Delinel possui melhor aspecto comercial das vagens. Diante do apresentado, Delinel e Jade são consideradas ideais para prosseguirem em estudos sobre inoculação e FBN em campo, por demonstrarem ser eficientes e produtivas. Contudo, para a indicação segura destas cultivares, estudos posteriores devem ser realizados para avaliar a adaptabilidade do rendimento e estabilidade ao longo dos anos e outros ambientes (VAZ et al., 2017).

Em relação a correlação entre as variáveis analisadas, há diferenças entre o comportamento das plantas não inoculadas e inoculadas. Em plantas não inoculadas (Figura 1A), observa-se nove correlações significativas positivas, sendo a que a nodulação foi influenciada somente pela MSR, enquanto que o NAPA foi influenciado pelo diâmetro, MSPA e teor de N. As correções negativas foram na ER, diretamente afetada pela altura, diâmetro, MSPA, NAPA e EUN.

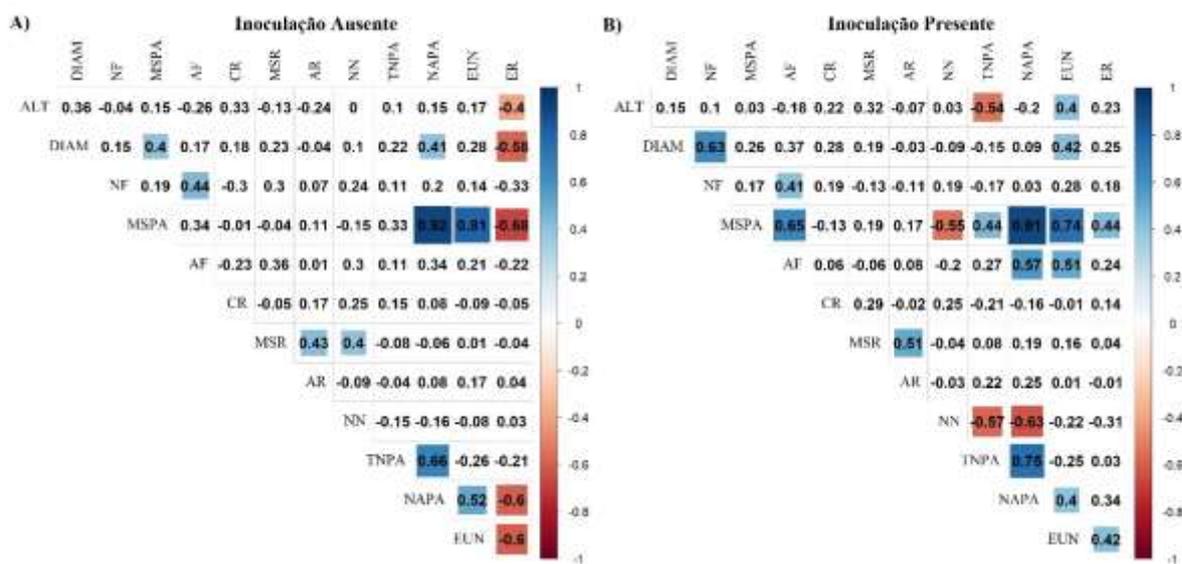


Figura 1. Correlação entre as variáveis analisadas na ausência de inoculação (A) e presença de inoculação (B). Correlações significativas positivas estão representadas na cor azul, enquanto correlações significativas negativas estão de vermelho.

Entretanto, o feijão-vagem inoculado obteve 19 correlações significativas, sendo quatro delas negativas (Figura 1B). Nesse caso, a nodulação foi negativamente afetada pelo

aumento da MSPA, teor de N e o NAPA. A EUN foi afetada positivamente pela altura, diâmetro, MSPA, AF e NAPA, enquanto que a ER foi afetada pela MSPA e EUN.

A nodulação não foi capaz de influenciar nas características da parte aérea e do sistema radicular da planta, demonstrada pela ausência de correlação significativa do número de nódulos com essas variáveis. Fato corroborado por Campanharo et al. (2010), Brito et al. (2015) e Soares et al. (2016), no qual afirmam que a que a nodulação e a inoculação não influenciam no crescimento vegetativo da planta.

Para a eficiência de uso de nitrogênio, é possível observar diferenças de correlação de variáveis em função da inoculação. Em plantas não inoculadas, a EUN é influenciada pela MSPA e NAPA, de modo que a escolha de cultivares com essas características tem maior eficiência. Desse modo então, as cultivares Contender e Strike são as mais recomendadas em plantio sem inoculação com *R. tropici*.

Contudo, em plantas sob inoculação, a EUN se torna mais complexa e influenciada pela maior parte das variáveis da parte aérea, como altura, diâmetro, aérea foliar, MSPA, NAPA e ER. Toller et al. (2009), em plantas de soja inoculadas, não encontraram correlação significativa entre o número de nódulos com a massa seca da raiz, massa seca de folhas, entretanto, observaram significância entre a MSR e MSPA. Contudo, Borges et al. (2007) constaram baixa correlação das variáveis com o teor de nitrogênio, e correlação elevada entre os dados de acúmulo total de nitrogênio com a determinação de matéria seca da parte aérea, número e massa seca de nódulos.

5 CONCLUSÕES

A utilização de *Rhizobium tropici* não interfere no desenvolvimento vegetativo da parte aérea do feijão-vagem até a fase de florescimento.

As cultivares Delinel, Jade e Stringless Green se destacam quanto à nodulação.

A inoculação é capaz de aumentar o número de nódulos, nodulação específica e a eficiência de utilização do nitrogênio, porém reduz o teor de nitrogênio e nitrogênio acumulado pela parte aérea.

Existe correlação negativa entre a nodulação e a massa seca da parte aérea, teor de nitrogênio e o nitrogênio acumulado pela parte aérea.

A eficiência de uso de nitrogênio é correlacionada a massa seca da parte aérea e nitrogênio acumulado pela parte aérea, em plantas não inoculadas, e com as demais variáveis da parte aérea em plantas inoculadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, I.; KHAN, M. A.; AHMED, N.; KHAN, N.; KHAN, S.; MARWAT, F. Y. S. Influence of *Rhizobium* inoculation on nodules, growth and yield of french beans cultivars. **International Journal of Biosciences**, Bangladesh, v. 9. n. 6, p. 226-233, 2016.
- ALCANTARA, R. M. C. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. M.; CARVALHO, J. S.; Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 1-9, 2014.
- ALBUQUERQUE, H. C.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; AMORIM, I. J. F.; KONDO, M. K. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, 2012.
- ALVARES C.A., STAPE J.L., SENTELHAS P.C., DE MORAES GONCALVES J.L., SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BASHIR, H. M.; WALLEY, F. L.; BUECKERT, R.; TAR'AN, B. Response of snap bean cultivars to *Rhizobium* inoculation under dryland agriculture in Ethiopia. **Agronomy**, Basel, v. 5, n. 3, p. 291-308, 2015.
- BORGES, W. L.; SILVA, C. E. R.; XAVIER, G.; RUMJANEK, N. G. Nodulação e fixação biológica de nitrogênio de acessos de amendoim com estirpes nativas de rizóbios. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 32-37, 2007.
- CAMPANHARO, M.; LIRA JUNIOR, M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; STAMFORD, N. P.; FREIRE, F. J.; COSTA, J. V. T. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 285-290, 2010.
- CANCELLIER, E. L.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDÃO, D. R.; FIDELIS, R. R. Eficiência agronômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 650-656, 2011.
- CARDOSO, J. D.; GOMES, D. F.; GOES, K. C. G. P.; FONSECA JUNIOR, N. S.; DORIGO, O. F.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S. Relationship between total nodulation and nodulation at the root crown of peanut, soybean and common bean plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 1760–1763, 2009.
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p.
- CARVALHO, R. F.; PINHO, R. G. V.; DAVIDE, L. M. C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 108-120, 2011.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

CHEKANAI, V.; CHIKOWO, R.; VANLAUWE, B. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Enschede, v. 266, p. 167-173.

FIGUEIREDO, M. A.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; MORAIS, A. R.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. S. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 85-92, 2016.

FLORENTINO, L. A.; FRANCO JUNIOR, S.; PAREDES FILHO, M. V.; OLIVEIRA, T. E.; SOUZA, F. R. C.; SILVA, A. B. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 91-100, 2018.

FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S. T. A.; OLIVEIRA, V. R.; VIEIRA, C.; TSAI, S. M. Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.

FURLAN, F. F.; FREIRIA, G. H.; ALVES, G. A. C.; GOMES, G. R.; ALMEIDA, L. H. C.; FURLAN, M. F.; TAKAHASHI, L. S. A. Inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* em genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3965-3972, 2016.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; ROCHA, A. C. Nodulação e crescimento vegetativo de feijão azuki (*Vigna angularis*) submetido a inoculação e adubação nitrogenada. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 04, n. 03, p.75-82, 2011.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. 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**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2009, 452p

KRAUSE, W.; RODRIGUES, R.; LEAL, N. R. Capacidade combinatória para características agrônômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 522-531, 2012.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.567-573, 2014.

OLIVEIRA, R. C.; SBARDELLOTTO, J. M. Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 2, p. 46-52, 2011.

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**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PRANDO, A. M.; ZUCARELLI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

SALGADO, F. H. M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C.; BARROS, H. B.; PASSOS, N. G.; FIDELIS, R. R. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 368-374, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

SIDDIQI, M.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, Londres, v. 4, n. 1, p. 289-302, 1981.

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic and Economic Efficiency of Common-Bean Inoculation with Rhizobia and Mineral Nitrogen Fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016.

SOUSA, A. S.; SILVA, J.; RAMOS, D.P.; OLIVEIRA, T.C.; GONZAGA, L.A.M.; FIDELIS, R. R. Eficiência e resposta à aplicação de nitrogênio de genótipos de feijão comum cultivados em várzea tropical do Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 3, p. 31-37, 2012.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TOLLER, E. V.; BÁRBARO, I. M.; BÁRBARO-JÚNIOR, L. S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, Ituverava, v. 6, n. 1, p. 203-210, 2009.

VAZ, D. C.; MORAIS JÚNIOR, O. P.; PEIXOTO, N. Agro-morphological characterization and genetic divergence assessment in bush snap bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 2, p. 134-144, 2017.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAÚJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1170–1175, 2010.

YAGI, R.; ANDRADE, D. S.; WAURECK, A.; GOMES, J. C. Nodulações e produtividades de grãos de feijoeiros diante da adubação nitrogenada ou da inoculação com *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n.6, p. 1661-1670, 2015.

**CAPÍTULO 2: INOCULAÇÃO COM *Rhizobium tropici* E DOSES DE NITROGÊNIO
EM COBERTURA NA CULTURA DO FEIJÃO-VAGEM**

RESUMO

O manejo adequado da adubação nitrogenada de cobertura representa uma das principais dificuldades da cultura do feijão-vagem, visto que são necessárias doses elevadas em função da baixa eficiência de aproveitamento do nutriente, devido às perdas por volatilização, por lixiviação e/ou pela rápida decomposição da matéria orgânica, se tornando uma alternativa onerosa do ponto de vista econômico e ambiental. A fixação biológica de nitrogênio pode ser então uma alternativa para os adubos nitrogenados, desde que a simbiose com rizóbios supra o nitrogênio necessário ao crescimento e desenvolvimento do feijão-vagem. Com isso, o objetivo deste experimento foi avaliar a influência das doses de adubação nitrogenada e da inoculação com *Rhizobium tropici* sobre o crescimento, nutrição e nodulação do feijão-vagem. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, no esquema fatorial 5x2 que correspondem, respectivamente, a cinco doses de N em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aos 15 dias após a emergência, na ausência e presença de inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici*). Foi utilizada a cultivar Stringless Green, de crescimento determinado, plantada em vasos de nove litros, e adubação de plantio com 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após a emergência, utilizando ureia, conforme as doses de cada tratamento. O inoculante utilizado foi o Nitro1000 Feijão, da empresa Nitro1000, na forma de fluido líquido contendo 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL de *Rhizobium tropici* Semia 4077 e Semia 4088, na dose de 100 mL para 40 kg de sementes. Foram avaliados, no estágio de florescimento, a altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, comprimento radicular, área radicular, massa seca radicular, número de nódulos, teor de nitrogênio foliar, nitrogênio acumulado na parte aérea, eficiência de utilização de nitrogênio, nodulação específica e eficiência relativa. De posse dos dados, estes foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as doses de nitrogênio, também foi realizada a análise de regressão, a 5% de probabilidade. A inoculação com *Rhizobium tropici* promoveu somente o aumento da altura de plantas. A adubação nitrogenada de cobertura reduz a área foliar, área radicular, massa seca radicular, número de nódulos, nodulação específica e eficiência de utilização de nitrogênio. A adubação de cobertura com nitrogênio é capaz de aumentar o teor de nitrogênio da parte aérea, porém reduz a eficiência de utilização de nitrogênio. Nitrogen fertilization is able to increase the nitrogen content of the aerial part, but reduces the efficiency of nitrogen utilization.

Palavras-chave: Ureia; EUN; Bactéria Fixadora de Nitrogênio; Regressão;

ABSTRACT

The proper management of nitrogen fertilization of coverage represents one of the main difficulties of the culture of the snap bean, whereas high dose are required due to the low efficiency of Itake the nutrient, due to losses by volatilization, by leaching and/or by rapid decomposition of organic matter, becoming a costly alternative of economic and environmental point of view. Biological nitrogen fixation can be an alternative to nitrogen fertilisers, since the rhizobial symbiosis above the nitrogen needed for the growth and development of the snap bean. With this, the aim of this experiment was to evaluate the influence of doses of nitrogen fertilization and inoculation with *Rhizobium tropici* on growth, nutrition and nodulation of snap-bean. The experiment was carried out in the greenhouse of the Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, in completely randomized design, with four replications in factorial scheme 5x2, that correspond, respectively, to five doses of N (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) at 15 days after emergence in the absence and presence of rizobiano inoculant (*R. tropici*). Was used to cultivate Stringless Green, given growth planted in pots of 9 litres, planting and fertilizing with 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. The fertilization of coverage was held 15 days after emergence, using urea as the doses of each treatment. The Inoculants used was the Nitro1000 beans, Nitro1000 company, in the form of liquid fluid containing 3.0 x 10⁹ viable cells per mL of *R. tropici* Semia 4077 and Semia 4088 at a dose of 100 mL to 40 kg of seeds. Have been assessed, in the stage of flowering, the height, diameter, number of leaves, leaf area, dry mass, root length, root, root dry mass area, number of nodules, foliar nitrogen contente, accumulated nitrogen in the aerial part were evaluated at the flowering stage, nitrogen utilization efficiency, specific nodulation and relative efficiency. In possession of the data, these were submitted to analysis of variance, and when significant, averages were compared by Scott-Knott test at 5% probability. To doses of nitrogen, was also performed the regression analysis, the 5% probability. Inoculation with *R. tropici* promoted only increased plant height. The nitrogen fertilization of coverage reduces the leaf area, root, root dry mass area, number of nodules, specific nodulation and nitrogen-use efficiency. The presence of native rhizobia was able to supply the nitrogen requirements of the snap bean.

Key-words: Urea; NUE; Nitrogen Fixing bacteria; Regression.

1 INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada de cobertura se constitui num dos principais tratamentos culturais da cultura do feijão-vagem, principalmente por ser responsável pelo aumento de produtividade da cultura. Entretanto, são necessárias doses elevadas em função da baixa eficiência de aproveitamento do nutriente, devido às perdas que ocorrem no solo, seja por volatilização, por lixiviação e/ou pela rápida decomposição da matéria orgânica, que associada aos altos custos econômicos e ecológicos dos fertilizantes nitrogenados, acaba tornando-se uma alternativa dispendiosa do ponto de vista econômico e ambiental.

O feijão-vagem requer altos níveis de nitrogênio, nutriente normalmente com baixa disponibilidade em solos do cerrado, juntamente com o ciclo curto e raízes rasas da planta, contribuem para o baixo rendimento da cultura, sendo os agricultores orientados a aplicarem altas doses de adubação nitrogenada para aumentar a produtividade da cultura (CHEKANAI et al. 2018; SOARES et al., 2016).

Por isto, o manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro, visto que a aplicação em quantidade insuficiente pode limitar o seu potencial produtivo, enquanto que a sua utilização em doses excessivas, além de aumentar os custos de produção, pode promover riscos ao ambiente (BARROS et al., 2013). Neste contexto, destaca-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias eficientes e de baixo custo econômico e ambiental capazes de elevar os níveis de produtividade da cultura (MATOSO e KUSDRA, 2014).

Sendo assim, uma das alternativas estudadas para reduzir as doses de adubos nitrogenados e ter produtividades elevadas é através da utilização da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para satisfazer os requisitos de N de culturas de feijão (FIGUEIREDO et al., 2016). A fixação biológica do nitrogênio, através da simbiose do feijão-vagem com bactérias fixadoras de N atmosférico, surge então como uma alternativa sustentável em relação ao uso de fertilizantes nitrogenados, sendo uma tecnologia capaz de substituir, parcialmente ou integralmente, a adubação nitrogenada mineral (KANEKO et al., 2010; FONSECA et al., 2013).

A simbiose entre rizóbios e plantas que realizam a FBN é observada para grande parte das leguminosas de importância agrícola, como a soja, amendoim, feijão comum, feijão-caupi, entre outras diversas espécies (FLORENTINO et al., 2018). No entanto, embora a cultura tenha bom potencial para fixação de nitrogênio, é relatado que a espécie *Phaseolus vulgaris* tem menor eficiência de FBN em relação às outras leguminosas, sendo que a

inoculação com rizóbio pode não proporcionar a quantidade de N necessária para atingir altos níveis de produtividade (CHEKANAI et al. 2018; BRITO et al., 2015). Uma estratégia para seria então realizar a inoculação com rizóbio combinado com a aplicação de pequenas doses N mineral, de modo a aumentar a eficiência do processo de FBN.

A fixação biológica de nitrogênio pode ser então uma alternativa para substituir o uso de adubos nitrogenados, desde que a simbiose com rizóbios supra o N necessário ao crescimento e desenvolvimento do feijão-vagem, cultura na qual ainda há descrédito quanto aos benefícios da inoculação e que se caracteriza por aplicações de altas doses de fertilizante mineral (FONSECA et al., 2013).

Desse modo, fica evidenciada a importância da inoculação como prática de manejo sustentável para a cultura, por meio da utilização de inoculantes com quantidades adequadas de rizóbios competitivos e eficientes para o processo de FBN, o que poderá contribuir para aumento de produtividade e redução dos custos com fertilizantes nitrogenados (SILVA et al., 2012).

Portanto, é indispensável a difusão desta biotecnologia, de baixo custo e acessível, para a cultura do feijão-vagem, considerando que a fixação biológica do nitrogênio é um processo ecológico e economicamente vantajoso que pode substituir, parcialmente ou totalmente, os fertilizantes nitrogenados.

2 OBJETIVO

O objetivo deste experimento foi avaliar a influência das doses de adubação nitrogenada e da inoculação com *Rhizobium tropici* sobre o crescimento, nutrição e nodulação do feijão-vagem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente a Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, com coordenadas geográficas de 17°9'59" W e 48°26'34" S, altitude de aproximadamente 800 metros. O clima é considerado tipo Aw, caracterizado por clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco, segundo classificação de Koppen (ALVARES et al., 2013).

O solo foi coletado na camada arável (0–20 cm) de um LATOSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2018), no qual foi destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm, cuja análise de solo está descrita na Tabela 8. Não houve necessidade de correção do pH do solo através de calagem.

Tabela 8. Propriedades químicas do solo determinado antes da instalação do experimento, coletado na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri.

Determinação	Unidade	Valor	Determinação	Unidade	Valor
pH	CaCl ₂	5,5	t	cmolc dm ⁻³	4,4
K	mg dm ⁻³	78	V	%	69,84
P	mg dm ⁻³	4,7	M	%	0
Ca	mg dm ⁻³	2,8	M.O.	g dm ⁻³	28
Mg	mg dm ⁻³	1,4	C	g dm ⁻³	16,24
Al	mg dm ⁻³	0	Argila	g kg ⁻¹	300
H + Al	mg dm ⁻³	1,9	Silte	g kg ⁻¹	80
T	cmolc dm ⁻³	6,3	Areia	g kg ⁻¹	620

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, no esquema fatorial 5x2 que correspondem, respectivamente, a cinco doses de N em cobertura (0; 11,3; 22,5; 33,8 e 45 mg kg⁻¹ de N, equivalentes a 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aos 15 dias após a emergência, na ausência e presença de inoculante rizobiano (*Rhizobium tropici*). Foi utilizada a cultivar Stringless Green, de crescimento determinado, selecionada com base no seu bom desempenho descrito no Capítulo 1.

3.3 Instalação e condução do experimento

A unidade experimental foi composta por duas plantas, em um vaso de nove litros, com solo descrito anteriormente (Tabela 1). A adubação de plantio foi realizada com 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte utilizando como fonte superfosfato simples amoniado (03-17-00) e cloreto de potássio (60% de K₂O). A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após a emergência, utilizando ureia (45% de nitrogênio), conforme as doses de cada tratamento, anteriormente especificadas.

O inoculante utilizado foi o Nitro1000 Feijão, da empresa Nitro1000, na forma de fluido líquido contendo 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL de *Rhizobium tropici* Semia 4077 e Semia 4088, na dose de 100 mL para 40 kg de sementes. A inoculação foi realizada durante o plantio, sendo misturado diretamente na semente.

Durante a condução do experimento, foi realizada irrigação diária de modo a manter a umidade do solo constante, além da retirada manual de plantas daninhas. Não foi necessário realizar o controle de doenças ou de pragas.

3.4 Variáveis avaliadas no experimento

O experimento foi conduzido até 30 dias após a emergência das plantas, quando as mesmas atingiram o estágio fenológico R6 (floração).

Na parte aérea, foi mensurada a altura (ALT) através de régua milimetrada; diâmetro (DIAM) através de paquímetro digital; e número de folhas (NF), por contagem manual dos trifólios. Posteriormente foi coletada a parte aérea das plantas, cortando-as rentes ao solo e levadas para laboratório para determinação da área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA).

As raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirada do solo adjacente as raízes, com posterior medição do comprimento radicular (CR) com régua milimetrada, número de nódulos (NE) através de contagem manual; área radicular (AR) e massa seca da raiz (MSR).

A área foliar e área radicular foi obtida através de escaneamento pelo scanner HP Scanjet G2410 e as imagens foram processadas software Image J. A matéria seca da parte aérea e do sistema radicular foi seca em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até obtenção de massa constante, para posterior pesagem em balança digital.

Para a avaliação do teor nitrogênio na parte aérea (TNPA), foi utilizada a massa seca da parte aérea, que após a pesagem, foram moídas no Macro Moinho de facas tipo Willye, com

peneira de 30 mesh. Em seguida, determinado o teor de nitrogênio conforme método Kjeldahl, que consiste na digestão sulfúrica+destilação+titulação conforme metodologia descrita em Carmo et al. (2000). Posteriormente, foi calculada a o nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), resultado do produto do TNPA e MSPA, e eficiência utilização do nitrogênio (EUN) obtida pela fórmula: $EUN (g^2 mg^{-1}) = \text{massa seca da parte aérea}^2 / \text{nitrogênio acumulado na parte aérea}$, adaptada de Siddiqi e Glass (1981).

Avaliou-se ainda a nodulação específica (NE), através da expressão $NE = (\text{N}^\circ \text{ de nódulos} / \text{MSR})$, e a eficiência relativa (ER), calculada segundo a fórmula $ER = (\text{MSPA inoculada} / \text{MSPA sem inoculação}) \times 100$, em que MSPA é a matéria seca da parte aérea da planta.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as doses de nitrogênio, também foi realizada a análise de regressão, a 5% de probabilidade. Ambas as análises foram realizadas através do software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inoculante aumentou a média de altura de plantas quando comparado ao tratamento sem inoculação (Tabela 9). Para a área foliar, o tratamento sem adubação nitrogenada de cobertura (dose de 0 kg ha⁻¹) apresentou a maior média quando comparado na presença de adubação. Não houve interação entre as doses de adubo com a ausência e presença de inoculante a base de *R. tropici*, além da análise de regressão não significativa para as variáveis da parte aérea. O diâmetro, número de folhas e massa seca da parte aérea não foram influenciados pela dose de fertilizante nem pela inoculação.

Tabela 9. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e aérea foliar (AF) em doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Dose (kg ha ⁻¹)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Folhas	MSPA (g)	AF (cm ²)
0	41,15	5,25	4,93	2,85	534,6 a
15	35,28	5,06	4,87	2,09	272,0 b
30	34,62	5,10	3,37	2,12	296,2 b
45	31,85	5,04	4,43	1,80	246,5 b
60	35,37	5,05	4,87	2,51	337,4 b
Inoculação					
Ausente	33,41 b	5,09	4,88	2,21	308,65
Presente	37,90 a	5,12	4,55	2,34	366,09
Dose					
Dose	2,163	0,202	0,960	1,888	3,972*
Inóculo					
Inóculo	4,727*	0,023	1,478	0,270	1,233
I X D					
I X D	0,607	0,780	0,631	0,323	0,044
CV (%)					
CV (%)	25,89	15,29	23,48	36,92	48,48
Regressão					
I. Ausente	0,356	0,810	0,744	0,208	0,099
I. Presente	0,059	0,167	0,525	0,807	0,187

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade.

Assim como neste experimento, Guareschi et al. (2011), Ahmed et al. (2016) e Furlan et al. (2016) encontraram maior altura em plantas submetidas a inoculação, e atribuem o fato à

associação simbiótica, que pode resultar em aumento das taxas fotossintéticas e atividade radicular, devido ao aumento da FBN.

Esses valores de altura foram menores do que encontrado na literatura, o que pode ser explicado por ter sido avaliado na floração, enquanto Vaz et al. (2017) obtiveram valores de altura durante a colheita do feijão-vagem. Porém, quando comparado ao feijão-comum colhido durante o florescimento, os valores de massa seca da parte aérea foi semelhante ao encontrado por Fonseca et al. (2013), Matoso e Kusdra (2014) e por Pelegrin et al. (2009). Silva et al. (2012) observaram maiores valores, na cultura de feijão-caupi, quando adubado com 20 kg ha de nitrogênio, quando comparado ao tratamento inoculado.

O aumento das doses de N reduziu os valores a massa seca radicular, número de nódulos e área radicular, que apresentaram maiores médias na ausência de adubação de cobertura (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis comprimento radicular (CR), área radicular (AR), massa seca radicular (MSR), número de nódulos (NN) e nodulação específica (NE) em diferentes doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Dose	CR	AR	MSR	NN	NE
(kg ha ⁻¹)	(cm)	(cm ²)	(g)	(n ^o pl ⁻¹)	(n ^o msr ⁻¹)
0	48,37	150,17 a	0,86 a	13,25 a	13,87 a
15	49,37	79,71 b	0,44 b	2,12 b	4,38 b
30	49,50	100,90 b	0,58 b	0,50 b	1,10 b
45	45,62	54,07 b	0,45 b	0,75 b	1,53 b
60	48,62	51,83 b	0,54 b	0,87 b	1,28 b
Inoculação					
Ausente	47,90	86,92	0,57	2,70	3,01
Presente	48,70	87,75	0,58	4,30	5,86
Dose	0,153	8,183*	3,318**	8,646*	6,999*
Inóculo	0,050	0,004	0,042	0,919	2,297
I X D	0,292	0,743	0,200	0,158	0,367
CV (%)	23,53	45,84	46,63	15,78	31,17
Regressão					
I. Ausente	0,959	0,101	0,111	0,020**	0,005*
I. Presente	0,706	0,073	0,212	0,022**	0,031**

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade.

Das variáveis do sistema radicular, apenas o comprimento radicular não foi afetado pelos tratamentos, enquanto que somente o número de nódulos apresentou análise de regressão significativa. Nenhuma das variáveis do sistema radicular apresentou interação significativa entre a dose de nitrogênio e a inoculação.

A redução dos atributos radiculares em resposta a aplicação da adubação nitrogenada pode ter ocorrido devido a acidificação do substrato causado pela ureia, na qual em seu processo de nitrificação são liberados prótons H^+ , como também pode aumentar a concentração salina da solução do solo e propiciar a lixiviação de bases (SILVA et al., 2014).

Resultados divergentes foram encontrados na literatura em relação a massa seca radicular (MSR). Martins et al. (2013) observaram comportamento diferente em relação a variável, na qual doses de até 99,56 kg de $N\ ha^{-1}$ geravam incrementos no sistema radicular. Entretanto, Tavares et al. (2017) observaram que não há influência da inoculação com *R. tropici* no comprimento radicular e na massa seca radicular, além de variáveis da parte aérea como número de folhas e aérea foliar.

Em relação a inoculação, Chekanai et al. (2018) afirmam que é uma prática benéfica em relação ao aumento da nodulação, e como consequência maior fixação biológica de nitrogênio, mas em muitos casos, a nodulação efetiva também pode ser afetada pela competição de altas populações de rizóbios nativos competitivos, mas ineficazes.

O número de nódulos apresentou comportamento quadrático em função das doses de adubação nitrogenada de cobertura, conforme Figura 2. A dose de 0 kg ha^{-1} obteve maiores valores de nodulação, com a nodulação sendo nula nas doses de 40,6 kg ha^{-1} e 45,33 kg ha^{-1} para as plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente (Figura 2A).

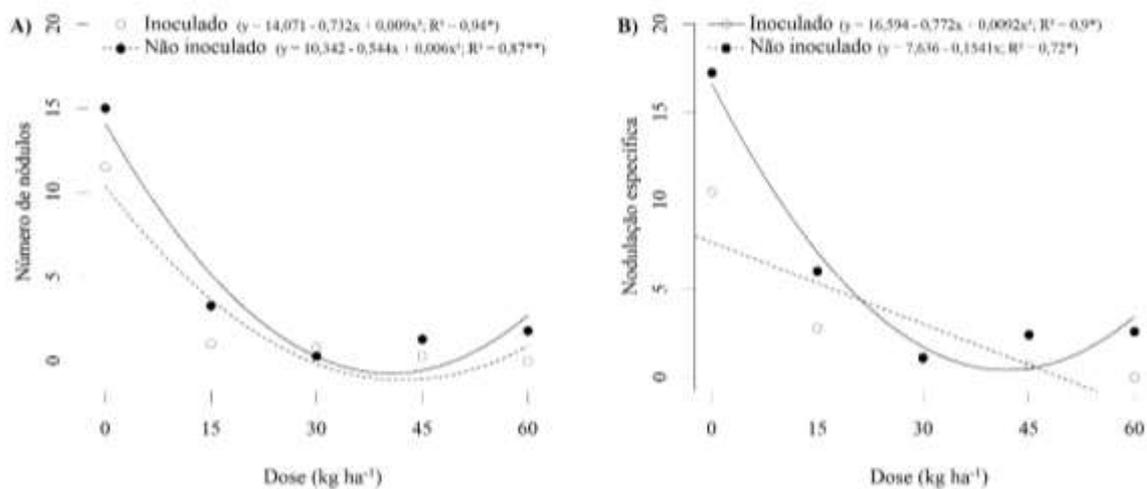


Figura 2. Número de nódulos (A) e nodulação específica (nº msr-1) (B), em plantas inoculadas e não inoculadas, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

*Regressão significativa a 5% de probabilidade.

Em relação à NE, o tratamento inoculado apresentou comportamento quadrático, com mínimo na dose de 41,9 kg ha⁻¹, enquanto que as plantas não inoculadas apresentam redução linear em função da aplicação de nitrogênio (Figura 1B). Nota-se então o efeito deletério da adubação nitrogenada de cobertura na nodulação, de modo que em todos os tratamentos com adubação, independentemente de ter sido inoculado ou não, a capacidade nodulatória do feijão-vagem foi reduzida, quando comparada a testemunha (0 kg ha⁻¹).

Brito et al. (2011) concluíram que o incremento na dose de nitrogênio proporciona redução na fixação simbiótica de nitrogênio nas plantas de feijão comum e de caupi, demonstrando que o aumento na concentração de N mineral na solução do solo desfavoreceu o processo de simbiose entre a planta e o rizóbio. Esse aumento da concentração do nitrogênio na solução do solo é devido a presença do nitrato e o nitrito, que acumulados a nível nodular são capazes de inibir a FBN devido a diminuição da disponibilidade de energia ao bacteroide. Mendes et al. (2008) descreveram que sempre que a disponibilidade de N no solo é abundante, este é absorvido em detrimento ao N da FBN, enquanto o N-fixado é a maior fonte do nutriente quando o N do solo se torna limitante.

Diversos estudos confirmam esse efeito deletério do adubo nitrogenado na nodulação, no qual foi observado que mesmo as aplicações de baixas quantidades do nutriente são capazes de inibir a nodulação em feijoeiro. Martins et al. (2013) verificaram respostas lineares decrescentes em função do aumento da adubação nitrogenada, evidenciando, assim, o papel inibidor do N-mineral sobre a nodulação de feijão-caupi, enquanto que Silva et al. (2012) concluíram que aplicação de N equivalente a 20 kg ha⁻¹ inibiu a nodulação espontânea em plantas de feijão-caupi, em casa de vegetação.

De acordo com estudo realizado por Guareschi et al. (2011), a aplicação de adubação nitrogenada acarreta em menor produção de nódulos, demonstrando desta forma um efeito negativo do adubo na nodulação em feijão azuki. Bashir et al. (2015) afirmam que o tratamento com nitrogênio reduziu o número, massa seca, tamanho e diâmetro de nódulos, quando comparado aos tratamentos na ausência de adubação e com inoculação.

Alguns autores, como Brito et al. (2015) e Soares et al. (2016), afirmam que a inoculação não é capaz de aumentar a biomassa e rendimento das plantas, porém que a aplicação de N é capaz de aumentar o crescimento vegetativo, entretanto causa redução a nodulação.

O teor de nitrogênio da parte aérea diferiu com as doses de nitrogênio, sendo as doses de 15 a 60 kg ha⁻¹ iguais entre si e superiores a dose de 0 kg ha⁻¹ (Tabela 11). Comportamento oposto foi observado para EUN, na qual a ausência de adubo nitrogenado foi superior as

demais doses estudadas. Entretanto, o nitrogênio acumulado e eficiência de recuperação não foram influenciados pelos tratamentos, enquanto que não foi observado efeito da inoculação com *R. tropici* para nenhuma das variáveis. Houve regressão significativa apenas para o TNPA e EUN.

Tabela 11. Análise de variância, teste de médias e análise de regressão das variáveis do teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA), eficiência na utilização de nitrogênio (EUN) e eficiência relativa (ER) em diferentes doses de nitrogênio em cobertura, na ausência e presença de inoculação com *R. tropici*.

Dose (kg ha ⁻¹)	TNPA (g kg ⁻¹)	NAPA (mg planta ⁻¹)	EUN (g ² mg ⁻¹)	ER (g g ⁻¹)
0	30,8 b	84,8	0,097 a	97,73
15	39,7 a	83,5	0,053 b	131,94
30	41,1 a	87,4	0,052 b	153,17
45	41,5 a	73,6	0,044 b	113,82
60	40,9 a	102,9	0,061 b	100,58
Inoculação				
Ausente	39,3	88,1	0,058	-
Presente	38,3	84,8	0,064	-
Dose	10,472*	0,952	4,664*	0,548
Inóculo	0,689	0,114	0,467	-
I X D	0,901	0,406	0,323	-
CV (%)	10,20	35,63	44,81	52,45
Regressão				
I. Ausente	0,012**	0,419	0,017**	0,899
I. Presente	0,025**	0,827	0,041**	

Dentro de cada fator, médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo de acordo com o teste Scott-Knott ($p > 0,05$). *Significativo a 5% de probabilidade. ** Significativo a 1% de probabilidade.

A ausência da interação entre a inoculação do feijão-vagem e a aplicação de crescentes doses de nitrogênio, em todas as variáveis analisadas no experimento, demonstram o efeito deletério da ureia no crescimento das bactérias fixadoras de nitrogênio, seja nativa do solo ou na forma inoculada. Resultado corrobora com o encontrado por Kaneko et al. (2010), no qual obteve ausência de interação para número de nódulos, MSPA, TNPA e produtividade, concluindo que inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* não interfere no teor de N nas folhas bem como na produtividade de grãos na presença da adubação nitrogenada.

É possível observar que apesar da adubação nitrogenada promover aumento do teor de nitrogênio, fato não se repetiu ao analisar o NAPA, EUN e ER, demonstrando que a ausência

de adubação de cobertura foi favorável ao crescimento do feijão-vagem. Resultado semelhante ao descrito por Ferreira et al. (2009), no qual não encontraram diferença para o TNPA, NAPA E ER quando comparado os tratamentos sem inoculação, com inoculação e na presença de adubação nitrogenada.

Comportamento semelhante foi descrito por Rufini et al. (2011), no qual o tratamento nitrogenado apresentou maior TNPA, porém o mesmo não resultou em acúmulo do nutriente na parte aérea. Figueiredo et al. (2016) afirmam que, na maioria dos casos, o nitrogênio não afeta a massa seca da parte aérea e, conseqüentemente, o acúmulo de nitrogênio na parte aérea, corroborando com o resultado encontrado neste experimento.

Martins et al. (2013) encontraram NAPA e ER significativa para o feijão-caupi inoculado, com a maior eficiência da dose de 90,7 kg ha⁻¹ e o ANPA na de 98,9 kg ha⁻¹, evidenciando uma redução do acúmulo de nitrogênio e menor eficiência da estirpe do inoculante em doses elevadas do nutriente.

O teor de nitrogênio da parte aérea do feijão-vagem apresentou comportamento quadrático, com os maiores acúmulos nas doses de 44,17 e 43,33 kg ha⁻¹ para os tratamentos inoculados e não inoculados, respectivamente (Figura 3A). Para a EUN, as plantas submetidas a inoculação exibiram redução linear com o aumento da dose de nitrogênio, enquanto que o não inoculado apresentou comportamento quadrático com o mínimo de eficiência na dose de 34,6 kg ha⁻¹ (Figura 3B)

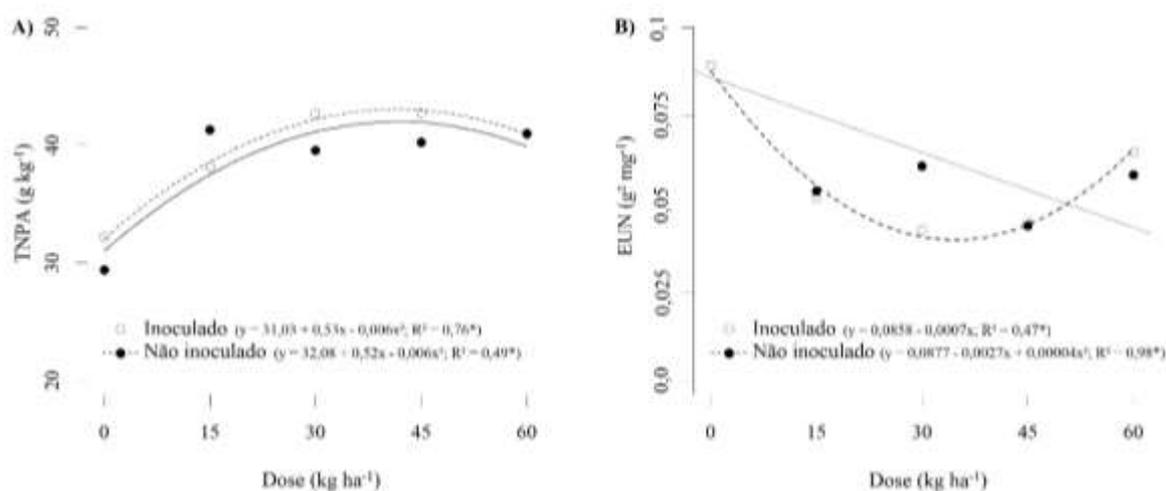


Figura 3. Teor de nitrogênio da parte aérea (TNPA) (A) e eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) (B), em plantas inoculadas e não inoculadas, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

*Regressão significativa a 5% de probabilidade.

Resultado de TNPA semelhante foi encontrado por Florentino et al. (2018), em que o TNPA foi diretamente relacionado à aplicação de N mineral, sendo que a presença de

adubação promoveu maior aumento do conteúdo de nitrogênio pela planta, sem notar efeito significativo do inoculante. Kaneko et al. (2010) concluíram que a adubação nitrogenada em cobertura proporciona incrementos quadráticos no teor de N nas folhas do feijoeiro de inverno, assim como neste experimento.

Vieira et al. (2010) afirmam que plantas submetidas a aplicação de N mineral apresentaram os resultados mais expressivos quando comparados com os dos tratamentos com inoculação, com maior acúmulo de nitrogênio pela parte aérea. Resultado confirmado por Albuquerque et al. (2012), que concluíram que a dose de 42 kg ha⁻¹ de nitrogênio promoveu o maior aumento no teor de nitrogênio foliar, massa seca e produtividade do feijoeiro comum, e por Soares et al. (2016), no qual a inoculação conjunta com 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi benéfica para as plantas, mostrando os benefícios das pequenas taxas de aplicação de N.

Resultado de EUN foi semelhante ao encontrado por Sant'Ana et al. (2011), na qual a eficiência de uso de nitrogênio pelo feijoeiro variou com as doses de nitrogênio, com redução da eficiência com o incremento da dose do adubo. O estudo da eficiência de utilização do nitrogênio em sistemas produtivos é fundamental, pois à medida que a quantidade aplicada ultrapassa a capacidade da planta em absorver o nutriente para produção, o nitrogênio pode ser lixiviado ou acumular-se nos tecidos, reduzindo sua eficiência de aproveitamento (DOUGHERTY; RHYKERD, 1985)

Geralmente, os aproveitamentos de N decrescem com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento de N exceder as necessidades da cultura; tais decréscimos têm como consequências as perdas de amônia, que aumentam com a dose de aplicação, podendo ser de forma linear, quadrático ou exponencial (FERNANDES et al., 2005). Este fato corrobora com o encontrado neste estudo, redução linear e quadrática, para plantas inoculadas e não inoculadas, respectivamente, porém para ambos os tratamentos a maior EUN encontra-se na ausência de adubação nitrogenada de cobertura.

Nota-se então que a ausência de adubação de cobertura, quando não foi superior, foi capaz de se igualar ao tratamento com adubação, o que evidencia a capacidade de fornecimento de N pela inoculação com rizóbios, nativos ou comerciais, ser comparável ao do adubo nitrogenado, mas com a vantagem de ter menor custo de produção e menor impacto ambiental (BARROS et al., 2013).

Apesar de não ter sido observado o efeito da inoculação dos rizóbios, indicando a presença de cepas ativas capazes de suprir as plantas com N₂ fixado simbioticamente, evidenciando que a fixação biológica de nitrogênio pode suplementar ou mesmo substituir a adubação nitrogenada na cultura do feijão, permitindo redução nas doses de adubo nitrogenado sem ocasionar redução no rendimento de grãos (FERREIRA et al., 2009).

De acordo com Florentino et al. (2018), a inoculação consiste numa prática viável quando não se utilizam fertilizantes nitrogenados na cultura do feijoeiro ou quando o nitrogénio é aplicado somente em cobertura, contribuindo assim para a redução dos custos de produção e para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Contudo, a inoculação ainda é uma escolha sustentável em relação ao uso de fertilizantes nitrogenados inorgânicos, sendo uma alternativa viável e potencialmente menos dispendiosa para melhorar o rendimento das vagens de feijão-vagem (BESHIR et al., 2015).

Diversos trabalhos demonstram que a inoculação, devido ao seu baixo custo do produto e a redução do uso de adubos nitrogenados, é capaz de aumentar a lucratividade da cultura para o produtor rural. Os resultados obtidos por Soares et al. (2016) mostraram que a inoculação combinada com a aplicação de pequenas doses de N pode contribuir para uma maior lucratividade nos cultivos de feijão, porém deve ser analisada a melhor dose para cada local e tipo de solo, enquanto que Bertoldo et al. (2015) demonstram que o maior retorno do investimento foi obtido com a inoculação, sendo recomendada para os agricultores que tem poucos recursos para investimento.

5 CONCLUSÕES

A inoculação com *Rhizobium tropici* promove o aumento da altura de plantas.

A adubação nitrogenada de cobertura reduz a área foliar, área radicular, massa seca radicular, número de nódulos, nodulação específica e eficiência de utilização de nitrogênio.

A adubação de cobertura com nitrogênio é capaz de aumentar o teor de nitrogênio da parte aérea, porém reduz a eficiência de utilização de nitrogênio.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, I.; KHAN, M. A.; AHMED, N.; KHAN, N.; KHAN, S.; MARWAT, F. Y. S. Influence of *Rhizobium* inoculation on nodules, growth and yield of french beans cultivars. **International Journal of Biosciences**, Blangadesh, v. 9. n. 6, p. 226-233, 2016.

ALBUQUERQUE, H. C.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; AMORIM, I. J. F.; KONDO, M. K. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, 2012.

ALVARES C.A., STAPE J.L., SENTELHAS P.C., DE MORAES GONCALVES J.L., SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BARROS, R. L. N.; OLIVEIRA, L. B.; MAGALHÃES, W. B.; 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**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

BASHIR, H. M.; WALLEY, F. L.; BUECKERT, R.; TAR'AN, B. Response of Snap Bean Cultivars to Rhizobium Inoculation under Dryland Agriculture in Ethiopia. **Agronomy**, Basel, v. 5, n. 3, p. 291-308, 2015.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.

BRITO, L. F.; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F.; FERREIRA, E. P. B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 1-12, 2015.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p.

CHEKANAI, V.; CHIKOWO, R.; VANLAUWE, B. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Enschede, v. 266, p. 167-173.

DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E.; BARNES, R. F. METCALFE, D. S. **Forages: the science of grassland agriculture**. 5. ed. Iowa: State University, 1985. p. 318-325.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n.2, p.195-204, 2005.

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

FIGUEIREDO, M. A.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; MORAIS, A. R.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. S. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 85-92, 2016.

FLORENTINO, L. A.; FRANCO JUNIOR, S.; PAREDES FILHO, M. V.; OLIVEIRA, T. E.; SOUZA, F. R. C.; SILVA, A. B. Inoculação e aplicação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 91-100, 2018.

FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FURLAN, F. F.; FREIRIA, G. H.; ALVES, G. A. C.; GOMES, G. R.; ALMEIDA, L. H. C.; FURLAN, M. F.; TAKAHASHI, L. S. A. Inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* em genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3965-3972, 2016.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; ROCHA, A. C. Nodulação e crescimento vegetativo de feijão azuki (*Vigna angularis*) submetido a inoculação e adubação nitrogenada. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 04, n. 03, p.75-82, 2011.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. 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**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

MARTINS, R. N. L.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; NÓBREGA, J. C. A.; AMARAL, F. H. C.; COSTA, E. M.; LUSTOSA FILHO, J. F.; MARTINS, L. V. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1577-1586, 2013.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F.; Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.567-573, 2014.

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1053-1060, 2008

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**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

RUFINI, M.; FERREIRA, P. A. A.; SOARES, B. L.; OLIVEIRA, D. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011.

SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 458-462, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

SIDDIQI, M.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, Londres, v. 4, n. 1, p. 289-302, 1981.

SILVA, M. F.; SANTOS, C. E. R. S.; SOUSA, C. A.; ARAÚJO, R. S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1418-1425, 2012.

SILVA, C. P.; GARCIA, K. G. V.; TOSTA, M. S.; CUNHA, C. S. M.; NASCIMENTO, C. D. V. Adubação nitrogenada no crescimento inicial de mudas de jaqueira. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 8, p. 174-180, 2014.

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S. Agronomic and Economic Efficiency of Common-Bean Inoculation with Rhizobia and Mineral Nitrogen Fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016.

TAVARES, J. T. S.; MARIZ, M. S.; SOUZA, J. E. B. Desempenho da nodulação do *Rhizobium tropici* em tratamento de sementes com fungicidas, inseticidas e polímeros na cultura do feijoeiro comum. **Ipê Agronomic Journal**, Goianésia, v. 1, n. 1, p. 49-57, 2017.

VAZ, D. C.; MORAIS JÚNIOR, O. P.; PEIXOTO, N. Agro-morphological characterization and genetic divergence assessment in bush snap bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 2, p. 134-144, 2017.

VIEIRA, C. L.; FREITAS, A. D.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V.; ARAÚJO, M. S. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1170-1175, 2010

CONCLUSÕES GERAIS

Existe diferença entre as cultivares de feijão-vagem para as variáveis da parte aérea, sistema radicular e acúmulo de nitrogênio, sendo que Delinel, Jade e Stringless Green se destacam como mais promissoras para estudos de fixação biológica de nitrogênio.

A inoculação é capaz de aumentar o número de nódulos, nodulação específica e eficiência de utilização do nitrogênio.

A adubação nitrogenada de cobertura tem efeitos negativos na fixação biológica de nitrogênio, reduzindo o número de nódulos, a nodulação específica e eficiência de utilização de nitrogênio.

REFERÊNCIAS GERAIS

ALMEIDA, R. F.; NAVES, E. R.; SILVEIRA, C. H.; WENDLING, B. Emissão de óxido nítrico em solos com diferentes usos e manejos: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 8, n. 2, p. 441-461, 2015.

BARRACLOUGH, P. B.; HOWARTH, J. R.; JONES, J.; LOPEZ-BELLIDO, R.; PARMAR, S.; SHEPHERD, C. E.; HAWKESFORD, M. J. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. **European Journal of Agronomy**, Conthey, v. 33, n. 1, p. 1-11, 2010.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.

BESHIR, H. M.; WALLEY, F. L.; BUECKERT, R.; TAR'AN, B. Response of snap bean cultivars to *Rhizobium* inoculation under dryland agriculture in Ethiopia. **Agronomy**, Basel, v. 5, n. 3, p. 291-308, 2015.

BRITO, L. F.; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F.; FERREIRA, E. P. de B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 1-12, 2015.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CEASA- GO. CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S/A. Análise conjuntural anual. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2018-06/conjuntura-anual-2017-numerada_compressed.pdf>. Acesso em: 04 de janeiro de 2019.

CERRO, P. DEL; PÉREZ-MONTAÑO, F.; GIL-SERRANO, A.; LÓPEZ-BAENA, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M.; OLLERO, F. J. The *Rhizobium tropici* CIAT 899 NodD2 protein regulates the production of Nod factors under salt stress in a flavonoid independent manner. **Nature**, London, v. 7, 2017.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 709-714, 2010.

DENTON, M. D.; PEARCE, D. J.; PEOPLES, M. B. Nitrogen contributions from faba bean (*Vicia faba* L.) reliant on soil rhizobia or inoculation. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 365, p. 363-374, 2013.

FIGUEIREDO, M. A.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; MORAIS, A. R.; MOREIRA, F. M. S.; ANDRADE, M. J. S. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium* spp. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 85-92, 2016.

- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.421 p.
- FONSECA, G. G.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, F. A. D.; MOREIRA, F. M. de S.; ANDRADE, M. J. B. Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.
- FURLAN, F. F.; FREIRIA, G. H.; ALVES, G. A. C.; GOMES, G. R.; ALMEIRA, L. H. C.; FURLAN, M. F.; TAKAHASHI, L. S. A. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3965-3972, 2016.
- GAJU, O.; ALLARD, V.; MARTRE, P.; LE GOUIS, J.; MOREAU, D.; BOGARD, M.; HUBBART, S.; FOULKES, M. J. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 155, p. 213-223, 2014.
- GOMES, D. F. ORMEÑO-ORRILLO, E.; HUNGRIA, M. Biodiversity, Symbiotic Efficiency, and Genomics of *Rhizobium tropici* and Related Species. **Biological Nitrogen Fixation**, Paris, v. 2, n. 1, p. 747-756, 2015.
- GOMES, G. R.; MORITZ, A.; FREIRIA, G. H.; FURLAN, F. F.; TAKAHASHI, L. S. A. Desempenho produtivo de genótipos de feijão-vagem arbustivo em dois ambientes. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 7, n. 2, p. 85-92, 2016.
- GOMES, G. R.; FURLAN, F. F.; FREIRIA, G. H.; GONÇALVES, L. S. A.; TAKAHASHI, L. S. A. Production components and yield of bushing snap bean in conventional and organic production system. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 3353-3362, 2017.
- KRAUSE, W.; RODRIGUES, R.; LEAL, N. R. Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 522-531, 2012
- LIMA, A. S. T.; BARRETO, M. C. S.; ARAÚJO, J. M.; SELDIN, L.; BURITY, H. A.; FIGUEIREDO, M. V. B. Sinergismo *Bacillus*, *Brevibacillus* e, ou, *Paenibacillus* na simbiose *Bradyrhizobium-caupi*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 713-721, 2011
- MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.567-573, 2014.
- OLIVEIRA, C. A. B.; PELÁ, G. M.; PELÁ, A. A Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n.5, p. 43-50, 2017.
- REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.