

**Adubação nitrogenada e a fixação biológica através do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* no desenvolvimento vegetativo da soja**

Ricardo Tavares Butrinowski<sup>1</sup>, Ivã Tavares Butrinowski<sup>1</sup>, Esmael Lopes dos Santos<sup>2</sup>,  
Reginaldo Ferreira Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engº Agrônomo - Mestrando do PPGAG - Produção Vegetal UTFPR - Pato Branco – PR

<sup>2</sup>Biólogo Drº. Professor do Curso de Agronomia da (FAG) Faculdade Assis Gurgacz Cascavel, PR.

<sup>3</sup>Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Mestrado em Energia na Agricultura. Rua

Universitária, 2069, CEP: 85.819-130. Bairro Faculdade, Cascavel-PR, Brasil.

ricardotavbut@hotmail.com; ivanbutrinowski@hotmail.com; lsaentos@fag.edu.br;

reginaldo.santos@unioeste.br

**Resumo:** O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada no desenvolvimento vegetativo da soja. O estudo foi conduzido em uma área experimental da Fazenda Escola da faculdade Assis Gurgacz, (FAG), em ambiente protegido, com delineamento em blocos inteiramente casualizados com arranjo fatorial de 7 tratamentos e 4 repetições, nas seguintes formulações de NPK, sendo: T1: Testemunha, T2: 02-20-20, T3: 04-20-20, T4: 08-20-20, T5: 10-20-20 T6: (MAP= N: 10 e P 40 + adição de K=20), T7: Inoculante. A avaliação foi realizada aos 15, 30, 60 dias após a emergência das plantas, respectivamente, analisando as variáveis, altura de parte aérea, número de galhos, de folhas, de nódulos, comprimento de raiz, massa fresca e massa seca. Os resultados encontrados mostraram que o desenvolvimento vegetativo da soja, reduziu com o aumento da dose de nitrogênio, onde a inoculação pelas estirpes de *Rhizobium* demonstrou ser suficiente para alcançar bons resultados no desenvolvimento da soja, se mostrando uma das alternativas viável promovendo melhor desenvolvimento vegetativo com baixo custo de produção. A adubação nitrogenada na soja contribui no desenvolvimento vegetativo da cultura, portanto, a utilização desta pratica acarreta em aumento de custo de produção A correta inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* pode acarretar uma maior nodulação.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, nodulação, FBN.

**Nitrogen fertilization and biological fixation by *Bradyrhizobium japonicum* inoculant on vegetative growth of soybean.**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the influence of nitrogen fertilization on vegetative growth of soybeans. The study was conducted in an experimental area of Farm College School Gurgacz Assis, ( FAG ) in unheated greenhouse in a completely randomized design with factorial arrangement of 7 treatments and 4 replications, the following formulations of NPK were: T1 : witness, T2 : 02-20-20, T3 : 04-20-20, T4 : 08-20-20, T5 : 10-20-20 T6 : (MAP N = 10 and P 40 + addition K = 20) T7: Inoculum. The evaluation was performed at 15, 30 , 60 days after

plant emergence, respectively, analyzing the variables, height of air, number of branches, leaves, nodules, root length, fresh and dry weight. The results showed that the vegetative growth of soybean reduced with increasing nitrogen rate, where inoculation by *Rhizobium* strains proved to be sufficient to achieve good results on soybean development, showing one of the best workable alternatives promoting vegetative growth with low production cost. Nitrogen fertilization in soybean contributes in vegetative growing, so the use of this practice leads to increased cost of production. The correct seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* can cause greater nodulation.

**Keywords:** nitrogen, nodulation, BNF.

### Introdução

A soja é uma leguminosa que tem grande capacidade de associação simbiótica em meio a bactérias. As mesmas retiram o nitrogênio gasoso da atmosfera tornando assim disponível para a planta. A fixação biológica é um dos mais importantes dentro do planeta terra. O processo de fixação biológica de nitrogênio da atmosfera é convertido sendo um das principais formas que podem ser utilização pelas plantas. A fixação é uma reação que é catalisada por uma enzima chamada de nitrogenase, encontrada nas bactérias fixadoras (Jendiroba e Câmara, 1994).

A soja tem capacidade reter o N através da decomposição da matéria orgânica e ou na forma de fertilizante, onde pode se nutrir através da simbiose entre as bactérias que por sua vez pode trazer uma maior viabilidade econômica. Por ser um elemento essencial, o seu desequilíbrio pode afetar as raízes que por sua vez são responsáveis pelo crescimento, translocação dos fotoassimilados, elementos fundamentais na produção (Taiz e Zieger, 2004;).

O uso de inoculante com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium spp.* é, atualmente, uma tecnologia indispensável para a cultura da soja no Brasil, a fixação biológica do nitrogênio - FBN representa um dos principais fatores de competitividade da cultura da soja (Zilli et al., 2010)

A adubação de N requer muito cuidado. Por ser um dos elementos mais abundantes na atmosfera por volta de 70%, ele pode prejudicar a fixação biológica das bactérias. Muitos produtores utilizam o nitrogênio na base de semeadura junto à adubação de P e K, (Thomas e Costa, 2010).

A formação de raízes, e o desenvolvimento da soja podem ser afetados caso não haja um balanço entre o elemento N sendo este um elemento essencial para que a fotossíntese e a produção não sejam afetados. Os fertilizantes nitrogenados podem

reduzir a eficiência e a sua utilização pelas plantas em muitas vezes são baixas não passando de 50% (Embrapa, 2001).

O nitrogênio nas plantas é o componente responsável por muitas reações dentre elas a estrutura da clorofila enzimas e proteínas, e a quantidade que o solo apresenta muitas vezes podem variar em decorrência da quantidade de matéria orgânica presente no solo, onde o fertilizante mineral muitas vezes é limitado por ter um alto custo (Alves, 2006).

Usando doses de 0, 224 e 448 kg/ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, (Lawn e Brun 1974) analisaram que houve uma redução de acetileno entre os tratamentos onde a disponibilidade de nitrogênio do solo era menor, onde a produção de grãos teve resposta positiva com adição de nitrogênio na planta. Imansade e Schmidt (1999), tiveram respostas positivas consideráveis com adição de nitrogênio na produção de grãos, proporcionado pela melhor disponibilidade de N no desenvolvimento da soja.

O sistema de plantio direto com adubação nitrogenada na soja não proporciona maior produção de grãos comparados com os tratamentos sem aplicação de N, independente da época de aplicação, o nitrogênio é o elemento que as culturas requerem em maior quantidade, constituintes de moléculas importantes, como hormônios proteínas e clorofila, onde a soja é rica em proteínas, sendo uma fonte de proteína de baixo custo com teor médio de 40%, Segundo (Aratani et al., 2002).

Segundo Bergamin et al., (2007) em estudo com interação de inoculante e o nitrogênio, o melhor resultado obtido com a produção foi com adição de inoculante independente aplicar ou não o nitrogênio, o *Bradyrhizobium japonicum* associados com a soja (*Glycine max L. Merrill*) pode melhorar a fixação de N, com ate 102,9 kg de N/ha<sup>-1</sup>.

A soja é uma cultura que requer uma quantidade enorme de nitrogênio para se desenvolver. O nitrogênio disponível pela atmosfera ate então era suficiente para que a soja obtivesse um bom desenvolvimento. Com base na Biotecnologia novas tecnologias que antecipam o ciclo da cultura estão diminuindo o tempo para seu desenvolvimento e a fixação do nitrogênio atmosférico (Alves et al., 2006).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influencia entre a adubação nitrogenada e a fixação biológica de N no estágio vegetativo da soja.

### Material e Métodos

O experimento foi implantado entre agosto a outubro de 2014 conduzido em ambiente protegido no campo experimental da Fazenda Escola da Faculdade Assis Gurgacz, localizado no município de Cascavel, PR. latitude 24°56'09"S, longitude 53°30'01"W e altitude 712m.

Os tratamentos foram distribuídos em 28 vasos de 20 litros de solo, a cultivar de soja Don Mario 5.8i (BMX APOLO RR), escolha de cultivar foi por ser uma cultivar de ciclo precoce e a mais plantada no Oeste o Paraná, com 5 sementes por vaso totalizando 20 plantas por cada tratamento. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial de 7 tratamento e 4 repetições, e adubação na proporção de 300 kg/ha do formulado pronto, distribuídos nas diferentes formulações de NPK, sendo: T1: Testemunha, T2: 02-20-20, T3: 04-20-20, T4: 08-20-20, T5: 10-20-20 T6: (MAP: N= 10 e P = 40 + adição de K = 20%), T7: (Inoculante), inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de 60 ml para cada 50 Kg de sementes na forma líquida. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura da soja (EMBRAPA, 2007).

As avaliações entre as variáveis analisadas durante o desenvolvimento vegetativo da soja estão apresentadas na seguinte ordem:

Altura de plantas: A partir de quinze, trinta, e sessenta dias após a emergência foi realizada as leituras até o pleno florescimento da soja, foram avaliadas cinco plantas por cada parcela, medindo com uma régua graduada entre o solo e o ápice das plantas.

Numero de galhos e folhas: Foram coletadas após 60 dias cinco plantas por cada parcela e realizado a contagem entre o numero de galhos e folhas e feito a média entre as variáveis

Numero de nódulos: As raízes foram avaliadas após 60 dias onde foi lavada secada com auxilio de papel toalha e realizada a contagem dos nódulos e feito a media entre os tratamentos.

Comprimento da raiz: Após a retirada das raízes foi avaliado o comprimento médio das raízes entre as cinco plantas coletadas com auxilio de uma régua graduada para cada tratamento.

Massa fresca: As plantas coletadas foram pesadas em balança digital de precisão com três casas decimais e posteriormente feita à determinação em gramas (g) da massa fresca.

Massa seca: Após a determinação da massa fresca as plantas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 70°C por um período de 72 horas e posteriormente pesadas com auxílio de balança de precisão, e feito a determinação em gramas (g) da massa fresca.

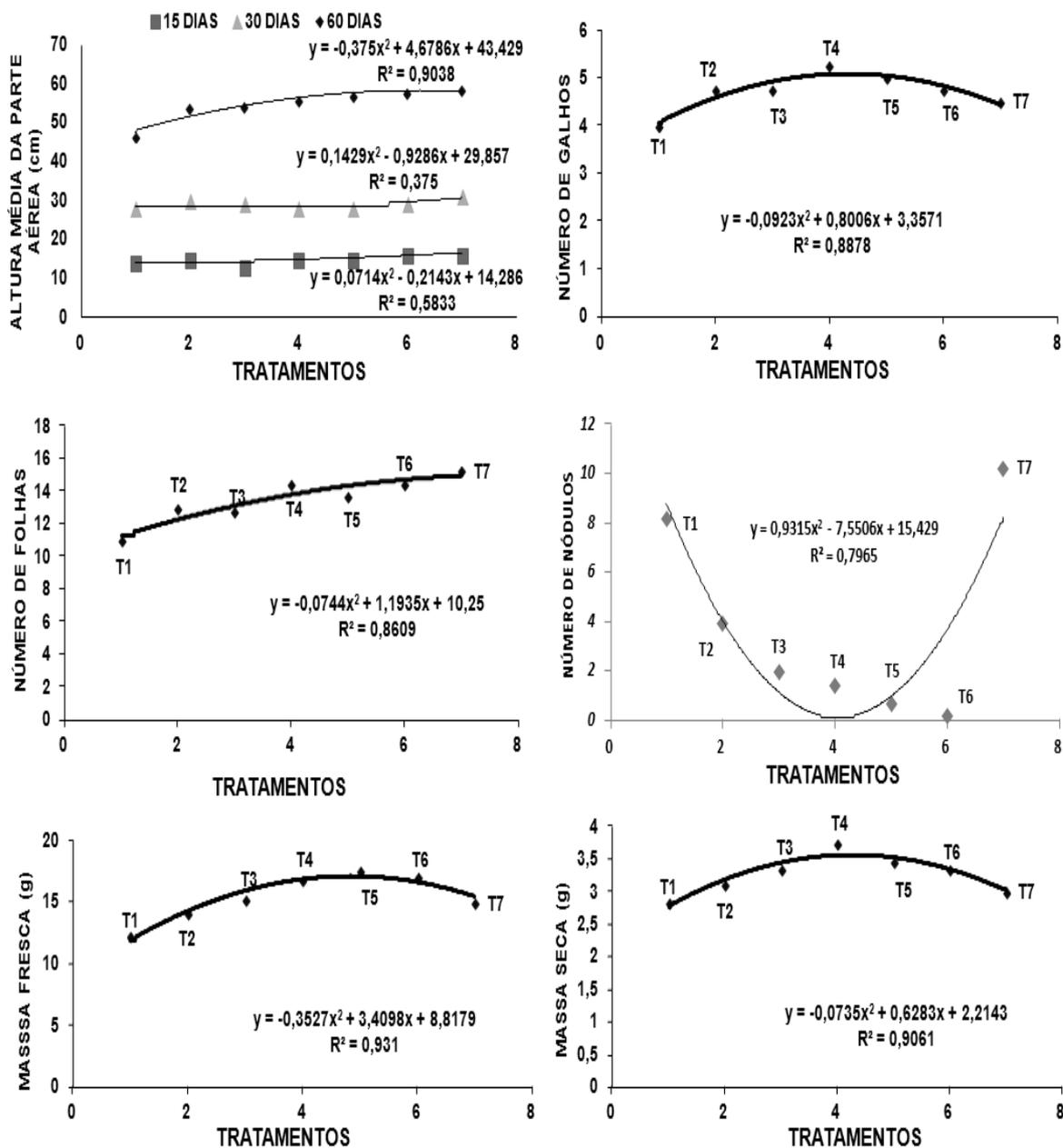
Os dados coletados foram processados no Microsoft Excel e analisados estatisticamente pelo programa estatístico SISVAR (versão 5.0), com a finalidade de obter a análise da variância bem como os testes de Tukey e as regressões polinomiais. Foram adotados 5% de probabilidade de erro em todas as análises.

### **Resultados e Discussão**

Os resultados dispostos na Figura 1 mostra a variação dos efeitos da adubação nitrogenada. Quando aumentou a dose de nitrogênio, houve uma redução no rendimento vegetativo entre o T2 e T6, em relação ao T1, sendo observado o melhor resultado com o T7.

Os resultados demonstram que o nitrogênio fornecido pelas estirpes de *Rhizobium* inoculados pode ser suficiente para alcançar bons resultados no desenvolvimento da soja (Santos et al., 2012). Para Santos et al, (2010), variações entre a disponibilidade de N para o desenvolvimento da cultura podem influenciar diretamente a composição química das sementes, sendo que além da influencia ambiental como a contaminação do meio ambiente, o genótipo tem também influencia direta quanto a exigência na quantidade de N para o desenvolvimento e consequente reserva na planta.

Com base nos resultados encontrados na Tabela 1, a adubação nitrogenada não apresentou diferença estatísticas entre as variáveis analisadas, número de galhos, número de folhas, comprimento da raiz e massa seca, não influenciando no desenvolvimento vegetativo da soja, que possivelmente metabolizaram e retiraram o N do ar na forma gasosa. Todos os experimentos realizados sem nitrogênio tiveram seus rendimentos elevados, confirmando que a FBN é capaz de suprir o N necessário para seu desenvolvimento das cultivares de soja (Alves 2006).



**Figura 1.** Variação do comportamento de altura de plantas, número de galhos, folhas, e nódulos, massa fresca e seca em função das diferentes dosagens de nitrogênio na cultura da soja, Cascavel - PR, 2014.

Analisando as variáveis da Tabela 1 foi verificado que a altura da planta não proporcionou aumento na produção da parte aérea com adição de N na base, com relação ao T1 ao T4, sendo que o T7, estatisticamente foi o que obteve melhor resultado em relação ao T1, onde o T2 ao T6 entre as diferentes doses de nitrogênio na base não apresentou diferença estatística com o T7 só com inoculante, se mostrando uma das

alternativas viável promovendo melhor desenvolvimento vegetativo com baixo custo de produção. Este resultado mostra que a adição de nitrogênio, na base de semeadura não influenciou no desenvolvimento da soja. Em estudos realizados na região sul e nos cerrados não foi constatado rendimento com aplicação de nitrogênio na cultura da soja, (Hungria 2001).

**Tabela 1.** Desenvolvimento vegetativo da Soja, entre as médias obtidas com os diferentes tratamentos de T1: 00-20-20, T2: 02-20-20, T3: 04-20-20, T4: 08-20-20, T5: 10-20-20 T6: (MAP= N: 10 e P 40 + adição de K=20), T7: (Inoculante) por um período de 60 dias - Cascavel -PR, 2014.

Tratamentos	Variáveis						
	Altura da parte aérea (cm)	Número de galhos	Número de folhas	Número de nódulos	Comprimento da Raiz (cm)	Massa Fresca	Massa Seca
T1	46,25 b	4,00 a	11,00 a	8,25 a	11,50 a	12,22 b	2,82 a
T2	53,75 ab	4,75 a	13,00 a	4,00 d	10,00 a	14,10 ab	3,10 a
T3	54,00 ab	4,75 a	12,75 a	2,00 bc	10,00 a	15,15 ab	3,35 a
T4	55,75 ab	5,25 a	14,50 a	1,50 bc	9,75 a	16,75 a	3,72 a
T5	56,75 a	5,00 a	13,75 a	0,75 c	9,75 a	17,60 a	3,45 a
T6	57,50 a	4,75 a	14,50 a	0,25 c	12,25 a	17,10 a	3,35 a
T7	58,50 a	4,50 a	15,25 a	10,25 a	12,50 a	14,90 ab	3,00 a
CV (%)	7,94	17,32	13,70	28,25	15,39	11,21	14,78

I = Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Comparando o número de nódulos Tabela 1, verificou-se que o T7 foi o que apresentou o maior número de nódulos, no entanto observou-se que a partir do momento que houve um aumento nas dosagens de N, houve um declínio no número de nódulos com relação ao T1. Essa situação pode ser explicada pelo fato da planta não ter metabolizado o N do ar atmosférico havendo declínio no número de nódulos com o aumento na quantidade de nitrogênio, as maiores médias foram observadas nos tratamentos T1 e T7, sendo estes os que não receberam nitrogênio. Este fato pode ser explicado pela limitação imposta a FBN e quando não houve aplicação de N as bactérias foram capazes de nodular, vale argumentar que mesmo não havendo inoculação no T1, as bactérias existentes no solo ainda assim foram competitivas (Santos et al., 2012)

Foi verificado o comportamento da massa fresca, com o T1 ao T3 estatisticamente não apresentou diferença significativa, sendo que T4 ao T6 apresentaram maior produção não havendo diferença entre eles, onde o T7 não houve diferença entre os demais tratamentos, mostrando que a inoculação das bactérias pode

ajudar na fixação e na proliferação das mesmas no solo, não necessitando de nitrogênio para que se tenham bons resultados na produção da soja. Os resultados mostraram que o melhor manejo é a inoculação por bactérias fixadoras de N, onde promovem menor custo de produção e um aumento significativo na produção, evitam impactos adversos ao meio ambiente, sendo um manejo eficiente com bons resultados.

Conforme (Lawn e Brun 1974), a atividade da nitrogenase decresce no início da frutificação devido a competição por fotoassimilados com as vagens e as sementes. Este comportamento pode limitar a disponibilidade de nitrogênio necessário para crescimento de grãos, devido ao inadequado suprimento de fotoassimilados para os nódulos (Santos et al., 2012). (Imsande e Schmdt 1999) também ressaltam que a partir do estágio de desenvolvimento de vagens ocorre decréscimo da concentração de N na fração vegetativa da planta, nitrogênio que é remobilizado para as sementes e vagens. Isso mostra que no subperíodo reprodutivo o nitrogênio é carregado para o dreno mais forte da planta, que são os grãos e vagens, ocorrendo diminuição na fixação biológica do mesmo (Aratani et al., 2002).

Os resultados observados na Tabela 1 e na Figura 1 são semelhantes aos encontrados por (Hungria et al., 2001), onde houve um decréscimo na nodulação e na produção com adubação nitrogenada tanto em plantio convencional como em plantio direto, sendo a inoculação por bactérias a melhor opção.

### Conclusões

A adubação nitrogenada na soja contribui no desenvolvimento vegetativo da cultura, portanto, a utilização desta pratica acarreta em aumento de custo de produção.

A correta inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* pode acarretar uma maior nodulação.

### Referências

ALVES, B. J. R. et al. Fixação Biológica de Nitrogênio e Fertilizantes Nitrogenados no Balanço de Nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 3, p. 449- 456, 2006.

ARATANI, R. et al. **Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto**. Selvíria, MS: UNESP, 2002.

BERGAMIN, A. C. et al.. **Resposta de cultivares de soja à inoculação de sementes e adubação nitrogenada em Rolim de Moura – RO.** 2007. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja – Paraná – 2007. Londrina, 2007. 217p.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região central do Brasil. 2000/2001.** Cuiabá: 2000. 245p. (Embrapa Soja/Fundação-MT Documentos, 146).

HUNGRIA, M. et AL. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja** ( Circular Tecnica /Embrapa soja, ISSN 1516-7860; n.35), 48p. – Londrina: Embrapa soja 2001.

IMSANDE, J.; SCHMIDT, J.M. Effect of N source during soybean pod filling on nitrogen and sulfur assimilation and remobilization. **Plant and Soil**, v.202, p.41-47, 1999.

JENDIROBA, E.; CÂMARA, G.M.S.; Rendimento agrícola da cultura da soja sob diferentes fontes de nitrogênio. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.8, 1994, p. 1201-1209.

Lawn, R.J., and W.A. Brun. 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I. Effect of photosynthetic source-sink manipulations. **Crop Science**, 14:11-16.

SANTOS, E. L. dos; CATTELAN, A.J.; PRETE, C.E.C.; NEUMAIER, N.; OLIVEIRA, M.C.N. de; FARIAS, J.R.B.; CARVALHO, J.F.C.; NEPOMUCENO, A.L. Water stress affecting nodulation, oil, protein and grain yield of soybean cultivars. **Global Science and Tecnology**. Rio Verde, v. 5, n. 2, p. 109 - 120, 2012.

SANTOS, E.L.; PIPOLO, A.E.; FARIA, R.T.; PRETE, C.E.C. Influence of genotype on protein and oil concentration of soybean seeds. **Brazilian Archives Biology and Technogy**, Curitiba, v.53, n.4, p.793-799, 2010.

SMITH, D.L., HUME, D.J. Comparison of assay methods for N<sub>2</sub> fixation utilizing white bean and soybean. **Canadian Journal Plant Science**, v.67, p.11-19, 1987.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

THOMAS, André L.; COSTA, José A.; Soja – **Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre, Editora Evangraf, 2010, 243 pág.

ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de Bradyrhizobium em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.3, p. 335-337, 2010.

---

**Recebido para publicação em:** 05/04/2015

**Aceito para publicação em:** 23/09/2015