

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO CERRADO
PATROCÍNIO
Graduação em Agronomia

**IMPORTÂNCIA DA INOCULÇÃO DE SEMENTES DE SOJA EM ÁREA
DE PRIMEIRO CULTIVO**

Renato Alves Anselmo Júnior

PATROCÍNIO
2017

RENATO ALVES ANSELMO JÚNIOR

**IMPORTÂNCIA DA INOCULÇÃO DE SEMENTES DE SOJA EM ÁREA
DE PRIMEIRO CULTIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Agronomia, pelo Centro Universitário do Cerrado Patrocínio.

Orientador: Prof. DSc Alisson Vinicius de Araújo

**PATROCÍNIO
2017**



Centro Universitário do Cerrado Patrocínio
Curso de Graduação em Agronomia

Trabalho de conclusão de curso intitulado “*Importância da inoculação de sementes de soja em área de primeiro cultivo*”, de autoria do graduando Renato Alves Anselmo Júnior, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. DSc Alisson Vinicius de Araujo - Orientador

Instituição: UNICERP

Prof.

Instituição: UNICERP

Prof.

Instituição: UNICERP

Data de aprovação: __/12/2017

Patrocínio, __ de dezembro de 2017

***DEDICO** este trabalho a minha família. Pelo grande incentivo e esforço de todos durante essa minha trajetória até aqui.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, por te me concedido muita saúde, força e disposição, pra chegar até aqui. Sem ele, nada disso seria possível. Também sou muito grato por ter dado saúde para meus familiares.

Agradeço ao meu pai Renato Alves Anselmo por ser meu grande ídolo insubstituível, pelo incentivo em fazer faculdade, pelo conhecimento repassado a minha pessoa, pelo apoio dado por ele.

Agradeço a minha mãe Marcia Aparecida da Silva por ser minha grande rainha maravilhosa, por ter me apoiado e dado muita força para superar todas as dificuldades

Agradeço ao meu irmão Igor Henrique Anselmo por ser meu parceiro, meu grande amigo por ter me ajudado nos momentos q mais precisei

Agradeço a minhas avós Ana de melo Anselmo e Maria Elena da Silva

Ao meu professor e orientado Alisson pelo suporte oferecido e pela disposição na realização desse trabalho

Agradeço a professora Ana Beatriz por me acompanhar durante todo o desenvolvimento do trabalho

Agradeço a todos meus colegas de turma pelo companheirismo durante todos os anos de curso

A todos os colaboradores do UNICERP, por terem me auxiliado quando necessário durante todo desenvolvimento deste trabalho.

“Siga em frente, faça o teu caminho, tenha fé em Deus, ele vai contigo, não te abandona já mais”

Banda AP21

RESUMO

O Brasil atualmente é responsável por pouco mais de 30% da produção mundial de soja. O país produziu na última safra aproximadamente 114 milhões de toneladas de grãos de soja. O nitrogênio (N) é o nutriente mineral demandado em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que sejam necessários cerca de 80 kg de N para produzir uma tonelada de grãos de soja. Existem quatro fontes que podem ofertar o nitrogênio necessário para soja são estas: matéria orgânica, fixação não biológica, fixação biológica de nitrogênio molecular e adubação nitrogenada. Os fertilizantes nitrogenados têm um elevado custo e tanto o N fornecido pela matéria orgânica do solo quanto o N fornecido por meio da fixação natural não podem atender de maneira satisfatória a elevada demanda da soja por N. Assim a inoculação de sementes de soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* é a forma mais viável de se fornecer o N necessário de forma satisfatória a cultura da soja, já que as raízes da soja têm a capacidade de estabelecer uma relação simbiótica harmônica com estas bactérias que são capazes de fixar o nitrogênio molecular. Estas bactérias com alta capacidade fixação não são nativas de solos brasileiros. Assim é extremamente necessário introduzi-las em áreas de cultivo da soja, principalmente naquelas áreas de primeiro cultivo, pois a melhor maneira de se introduzir bactérias exótica em solos brasileiros é por meio da inoculação de sementes, a inoculação é um processo em que se estabelece um contato direto entre as sementes e as bactérias com alto desempenho de fixação biológica. Atualmente a inoculação é a tecnologia de produção de soja responsável por deixar a produção brasileira de soja altamente competitiva perante outros países produtores, uma vez que a adubação nitrogenada seria indispensável para se atingir elevadas produtividades, no entanto a utilização destes fertilizantes inviabilizaria a produção de soja no Brasil. Assim o modo mais eficiente de se fornecer o nitrogênio necessário para atender a elevada demanda da soja, é por meio da inoculação e/ou reinoculação de sementes, pois esta é uma forma mais eficiente, econômica e sustentável de fornecer esse N.

Palavras chave: *Bradyrhizobium japonicum*. *Glycine max* (L.) Merrill. Nitrogênio.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

- Tabela 1. Resultados da análise de solo realizada no local onde o experimento foi instalado.....19
- Figura 1. Produtividade (kg ha^{-1}) de grãos de soja em resposta a sementes inoculadas com diferentes dosagens de inoculante contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, em uma área de primeiro cultivo.....21

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Especificos.....	14
CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE DA SOJA EM REPOSTA À INOCULAÇÃO DE SEMENTES EM ÁREA DE PRIMEIRO CULTIVO, NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA MINAS GERAIS.....	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
CAPÍTULO 3.....	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] pertence à família Fabaceae . Trata-se de uma cultura anual, de porte herbáceo, que possui um caule ou haste principal que pode ou não ramificar. Raramente tem ramificações secundárias na haste principal (CÂMARA e HEIFFIG, 2000 apud CÂMARA, 2014).

Segundo Câmara (2015), a soja é uma planta nativa da China. A cultura foi implantada no Brasil por meio de sementes trazidas dos Estados Unidos da América. Inicialmente foi introduzida no estado da Bahia, em 1882, sem êxito. Em seguida, a cultura chega até o estado de São Paulo (1892). No entanto apenas no estado do Rio Grande do Sul (1914) a cultura da soja se adaptou melhor e obteve resultados expressivos devido a semelhança com o clima de origem das sementes introduzidas no país. Em 1949 ocorreu a primeira exportação brasileira de soja, na ordem de 18 mil toneladas. Em 1958, o Brasil representava 0,5% da produção mundial. Já em 1976, se atingiu 16% e, atualmente, a produção brasileira responde por 30% da produção mundial de soja (CÂMARA, 2015).

A planta de soja pode apresentar tipo de crescimento determinado ou indeterminado, quando apresenta crescimento determinado o crescimento vegetativo é totalmente paralisado quando a planta floresce, porem quando apresenta tipo crescimento indeterminado, mesmo após a floração a planta segue com seu desenvolvimento vegetativo, assim sendo desenvolvimento vegetativo ocorre juntamente com o reprodutivo até o início da granação (CÂMARA, 2014).

De acordo com o sétimo levantamento da CONAB (2017) a produção brasileira na safra 2016/2017 foi de aproximadamente de 114 milhões de toneladas de grãos de soja. Hoje, o estado do Mato Grosso é o estado brasileiro que mais produz soja, sendo responsável por cerca de 25% da produção nacional. O Brasil segue sendo o segundo maior produtor de soja do mundo, ficando atrás apenas dos Estado Unidos.

O nitrogênio (N) é constituinte de moléculas essenciais para o desenvolvimento das plantas como ácidos nucleicos e proteínas que estão associadas a diversos processos biológicos. É o nutriente mineral exigido em maior quantidade pela cultura da soja. As sementes de soja são altamente proteicas, tendo em torno 6,5% de proteína. Estima-se que sejam necessários cerca de 80 kg de N para produzir uma tonelada de sementes (HUNGRIA et al., 2007)

De acordo com Taiz e Zeiger (2006), a maioria dos organismos fixadores de nitrogênio estão vivendo livremente no solo. Poucos desses organismos são capazes de estabelecer uma relação simbiótica com plantas superiores. Nessa relação a planta hospedeira fornece nutrientes e carboidratos em troca de nitrogênio.

Para Hungria et al. (2007), existem quatro fontes que podem ofertar o nitrogênio necessário para soja são estas: matéria orgânica, fixação não biológica, fixação biológica de nitrogênio molecular e adubação nitrogenada, porém apenas a fixação biológica de nitrogênio pode atender esta demanda nutricional de N da soja de maneira eficiente e economicamente viável, pois os solos brasileiros são pobres em N e tem pouca matéria orgânica em sua grande maioria, a adubação nitrogenada pode tornar o cultivo de soja economicamente inviável devido a elevada custo para suprir a demanda da soja.

Sabe-se que a principal fonte natural de nitrogênio disponível para as plantas se encontra na matéria orgânica do solo. Porém, esse nitrogênio disponibilizado pela matéria orgânica é incapaz de atender as exigências nutricionais de um cultivo comercial, principalmente em solos altamente degradados. Assim seria necessário a utilização de outras fontes de nitrogênio para aumentar sua disponibilidade no agrossistema (PEOPLES et al., 1995 apud WEBER e MIELNICZUK, 2009).

Como a soja é uma leguminosa, suas raízes, além das funções básicas de fixação da planta e absorção de água e nutrientes, têm capacidade nodulífera. Graças a essa capacidade, a soja estabelece uma relação simbiótica harmônica com bactérias capazes de fixar o nitrogênio molecular que está presente no solo. A interação mais comum ocorre com bactérias heterotróficas do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, que quando não estão associadas a uma planta vivem livremente como saprófitos no solo (CÂMARA, 2014).

O nitrogênio disponibilizado por fertilizantes minerais, a princípio, é mais facilmente absorvido pela planta, além de exigir menor gasto energético se comparando ao nitrogênio fornecido nos processos biológicos de fixação. Os fertilizantes se encontram em uma forma

prontamente assimilável ao passo que, para a formação de nódulos, a planta investe em energia. No entanto, mesmo com esta desvantagem inicial, o processo de fixação biológica se torna altamente benéfico ao longo do desenvolvimento da cultura, podendo fornecer de 74 a 94%, do nitrogênio necessário para a planta. Com isso, não se justifica a utilização de fertilizantes nitrogenados (Hungria et al., 2007).

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), consiste na redução do nitrogênio molecular a amônia, que pode ser assimilada pela planta. Esse processo ocorre no interior dos nódulos que são formados graças a interação entre a soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*. A interação tem início quando as raízes liberam substâncias orgânicas que estimulam a multiplicação das bactérias na rizosfera. As bactérias, por sua vez, entram em contato com os pelos radiculares. Após a infecção e o estabelecimento da bactéria na planta, começa a formar os nódulos. Os primeiros nódulos aparecem na soja cerca de 10 a 15 dias após a emergência (SEDIYAMA et al., 2015).

Segundo Câmara (2014) as bactérias associadas à soja são nutridas graças a fosforilação oxidativa de produtos elaborados na fotossíntese que liberam carbono e energia para os microrganismos fixadores. Para que as bactérias fixadoras de nitrogênio possam realizar suas atividades com êxito necessitam de nitrogênio atmosférico como matéria prima do processo, fotoassimilados produzidos na presença de oxigênio que vão proporcionar a energia necessária para redução do nitrogênio atmosférico e a redução que ocorre graças a nitrogenase (enzima que reduz o nitrogênio atmosférico a amônia). O processo necessita, ainda, de um sistema que doe elétrons no interior dos nódulos e uma estrutura que receba a amônia produzida para posteriormente incorporá-la ao metabolismo nitrogenado da planta (MÜLLER, 1981; VARGAS e HUNGRIA, 1987 apud CÂMARA, 2014).

Hungria et al. (2007) ressaltam que é extremamente necessário introduzir bactérias fixadoras em áreas de plantio da soja, principalmente naquelas de primeiro cultivo, pois uma relação simbiótica altamente eficiente é resultado de um processo evolutivo que leva milhares de anos. Como a soja não é nativa do Brasil, sabe-se que não existem bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com eficiência comprovada na nodulação da soja de ocorrência natural em solos brasileiros (HUNGRIA et al., 2007).

Sediyama et al (2015) acreditam que a melhor maneira de se introduzir bactérias exóticas em solos brasileiros é por meio da inoculação de sementes, a inoculação é um processo em que se estabelece um contato direto entre as sementes e as bactérias com alto desempenho de FBN. A dose mínima de inoculante recomenda para áreas que já possuem uma população de

bactérias fixadoras é de 5×10^6 células por semente inoculada, para áreas de primeiro cultivo onde não existe uma população destas bactérias recomenda-se o dobro ou o triplo da dose mínima

No início dos trabalhos com FBN os solos do Cerrado não apresentavam população consolidada de rizóbios (*Bradyrhizobium japonicum*) como era de se esperar. Os inoculantes eram de baixa qualidade e existiam problemas de compatibilidade com a cultivar recomendada. Na década de 1980, foram selecionadas estirpes de bactérias do gênero *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 que solucionaram esses problemas. Atualmente, para inoculação da soja são recomendadas as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (*Bradyrhizobium japonicum*) e SEMIA 587 e SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) (MENDES et al., 2014).

A legislação brasileira atual estabelece para os inoculantes comercializados no país uma concentração mínima de $1,0 \times 10^9$ células viáveis de bactérias nitrificantes (*Bradyrhizobium*), por mL, no caso de inoculante líquido, ou mg, se for inoculante turfoso. O fabricante deve definir uma recomendação mínima de 1,2 milhões de células viáveis por semente tratada. Além dos cuidados com a concentração do produto deve-se atentar ao prazo validade (SEDIYAMA et al., 2015).

A inoculação é responsável por deixar a produção brasileira de soja altamente competitiva perante outros países produtores. Para atender a demanda de nitrogênio da soja, esperando uma produtividade de aproximadamente 49 sc ha^{-1} (produtividade média de soja safra 2009/2010), utilizando o fertilizante nitrogenado ureia como fonte de nitrogênio o custo seria de aproximadamente de $668,00 \text{ R\$ ha}^{-1}$, enquanto que o custo inoculação seria em torno de $8,00 \text{ R\$ ha}^{-1}$ (custos com base nos preços praticados em outubro 2010), isso representa para o produtor uma economia de $660,00 \text{ R\$ ha}^{-1}$ e mostra que a inoculação é uma prática altamente rentável (MENDES et al., 2015).

Os resultados mostrados por 30 experimentos confirmam a viabilidade da reinoculação de sementes. Todos os tratamentos alcançaram rendimentos superiores a 2 toneladas ha^{-1} , mostrando um ganho médio de 8% nos tratamentos com reinoculados em comparação aos tratamentos não inoculados. 74 experimentos realizados na Argentina confirmam a viabilidade da reinoculação. Foram encontrados ganhos de aproximadamente 14% nos tratamentos inoculados (HUNGRIA et al., 2007). Os ganhos com a reinoculação, vão de 3 a 16% com média de 8%, variando conforme as características como cultivar, ambiente e manejo (SEDIYAMA et al., 2015).

Pela análise dessas informações, infere-se que o modo mais eficiente de se fornecer o nitrogênio necessário para atender a elevada demanda da soja é por meio da inoculação e/ou reinoculação de sementes, pois é uma forma mais eficiente, econômica e sustentável.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo foi avaliar a resposta da soja após inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, em uma área de primeiro cultivo, na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

2.2 Objetivo Específico

Esta pesquisa teve como objetivo específico:

- Avaliar a produtividade de grãos (kg ha^{-1}).

CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE DA SOJA EM REPOSTA À INOCULAÇÃO DE SEMENTES EM ÁREA DE PRIMEIRO CULTIVO, NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA, MINAS GERAIS.

RESUMO

O nitrogênio é o nutriente mineral demandado em maior quantidade pela cultura da soja. As raízes da soja têm a capacidade de estabelecer uma relação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias são capazes de fixar o nitrogênio molecular do ar e disponibilizá-lo para a planta. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da soja após inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, em uma área de primeiro cultivo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por dosagens de inoculante, sendo elas: 0, 160, 320, 480 e 640 g ha⁻¹ de inoculante turfoso. O experimento foi realizado na Fazenda Recanto da Serra, propriedade localizada no município de Patrocínio-MG, região do Alto Paranaíba, latitude 19°01'13'' S e longitude 46°54'29'' O. O bioma da região é o Cerrado. Foi avaliada a produtividade, expressando os resultados em kg ha⁻¹. No momento da avaliação, os grãos apresentavam 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância da regressão. A escolha dos modelos matemáticos da regressão foi feita com base no fenômeno biológico, no coeficiente de determinação e na análise de resíduos ao nível de 5% de probabilidade. Os dados se ajustaram ao modelo linear crescente. Dessa forma, a melhor resposta foi observada com 640 g ha⁻¹ de inoculante aplicado na semente, resultando em 2.116,9 kg ha⁻¹. Conclui-se que a inoculação de sementes de soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* foi eficiente para o aumento da produtividade de grãos.

Palavras chave: *Bradyrhizobium japonicum*. *Glycine max* (L.) Merrill. Nitrogênio.

ABSTRACT

SOYBEAN PRODUCTIVITY IN RESPONSE TO SEED INOCULATION IN A FIRST-CROP AREA, IN THE ALTO PARANAÍBA REGION OF MINAS GERAIS

Nitrogen is the mineral nutrient demanded in greater quantity by the soybean crop. The roots of soybean have the ability to establish a symbiotic relationship with bacteria of the genus *Bradyrhizobium japonicum*. These bacteria are able to fix the molecular nitrogen of the air and make it available to the plant. Thus, the objective of this work is to evaluate the response of soybeans after inoculation with bacteria of the genus *Bradyrhizobium japonicum*, in a first culture area. The experimental design was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments were constituted by inoculant dosages, being: 0, 160, 320, 480 and 640 g ha⁻¹ of turfous inoculant. The experiment was carried out at Fazenda Recanto da Serra, located on the city of Patrocínio-MG, in the region of Alto Paranaíba, latitude 19°01'13" S and longitude 46°54'29"W. The biome of the region is Cerrado. The productivity was evaluated, expressing the results in kg ha⁻¹. At the time of the evaluation, the grains had 13% moisture. Data were submitted to regression analysis of variance. The choice of the mathematical models of the regression has been made based on the biological phenomenon, the coefficient of determination and the analysis of residues at the level of 5% of probability. The data conformed to the increasing linear model. Thus, the best response was observed with 640 g ha⁻¹ of inoculant applied to the seed, resulting in 2,116.9 kg ha⁻¹. It was concluded that the inoculation of soybean seeds with bacteria of the genus *Bradyrhizobium japonicum* was efficient for the increase of grain yield.

Key words: *Bradyrhizobium japonicum*. *Glycine max* (L.) Merrill. Nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é responsável por pouco mais de 30% da produção mundial de soja (*Glycine max* L.). A produção brasileira é superada somente pela produção norte americana. Nosso país produziu na safra 2016/2017 cerca de 114 milhões de toneladas, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor de soja. Esse estado é responsável por cerca de 25% da produção do país (CONAB, 2017).

O nitrogênio (N) é o nutriente mineral demandado em maior quantidade pela cultura da soja. Seus grãos possuem cerca de 6,5% desse mineral. Estima-se que sejam necessários 80 kg de nitrogênio para produzir uma tonelada de grãos e, somente o N fornecido pela matéria orgânica do solo, nas condições climáticas predominantes no Brasil, não atende as exigências da soja para altas produtividades (HUNGRIA et al., 2007).

Existem basicamente duas formas de disponibilizar o N necessário. Uma, seria por meio de fertilizantes sintéticos, que representaria elevação nos custos de produção e poderia inviabilizar o cultivo da soja. Outra, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), que é uma maneira eficiente de suprir a demanda da cultura, tendo um baixo custo (HUNGRIA et al., 2007).

As raízes da soja, além das funções básicas de fixação da planta e absorção de água e nutrientes, são raízes nodulíferas. Essa característica permite o estabelecimento de uma relação simbiótica harmônica com bactérias capazes de fixar o nitrogênio molecular que está presente na fração gasosa do solo (CÂMARA, 2014).

Segundo Câmara, (2014), a interação mais comum é com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias são heterotróficas, que caso não estejam associadas a um vegetal, vivem livremente como saprófitas no solo. A interação entre a soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* se inicia quando as raízes liberam substâncias orgânicas que estimulam a multiplicação das bactérias na rizosfera da planta (SEDIYAMA et al., 2015).

As bactérias fixadoras entram em contato com os pêlos radiculares da planta e, após a infecção e o estabelecimento, se formam os nódulos. No interior desses nódulos ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) onde o nitrogênio molecular é reduzido a amônia, que é conseqüentemente disponibilizada para a planta. Os primeiros nódulos aparecem na soja cerca de 10 a 15 dias após a emergência (SEDIYAMA et al., 2015).

Sabe-se que a soja não é uma planta nativa do Brasil, visto que uma relação simbiótica altamente eficiente é resultado de um processo evolutivo que leva milhares de anos. Não existem bactérias do gênero *Bradyrhizobium* com eficiência comprovada na nodulação da soja nativas nos solos brasileiros. Assim se torna extremamente necessária introduzir as bactérias na área de plantio da soja, principalmente em áreas de primeiro cultivo (HUNGRIA et al., 2007).

De acordo com Sedyama et al., (2015) a inoculação de sementes é o modo mais eficiente de introduzir as bactérias fixadoras de N m áreas de primeiro plantio. Nesse processo se estabelece um contato entre as sementes de soja e as bactérias com alto desempenho de FBN

Para áreas de primeiro cultivo, com o objetivo de formar uma elevada população de baterias eficientes na FBN se recomenda o dobro ou triplo da dose mínima de inoculante normalmente utilizada. É também recomendado a reinoculação todos os anos com a dose mínima, para renovação da população de bactérias (SEDIYAMA et al., 2015).

Resultados de 30 experimentos com rendimentos superiores a 2 Mg ha⁻¹, revelam um ganho médio de 8% nos tratamentos com reinoculação em comparação aos tratamentos não inoculados. Em 74 experimentos realizados na Argentina foram encontrados ganhos de 14% em média nos tratamentos inoculados (HUNGRIA et al., 2007). Para Sedyama et al., (2015), os ganhos com a reinoculação vão de 3 a 16% com média de 8%, variando conforme a cultivar, ambiente e manejo.

Assim infere-se que a inoculação e/ou a reinoculação são as formas mais viáveis economicamente de se suprir a exigência da soja em nitrogênio por meio da FBN, visto que o inoculante é muito mais acessível do que o fertilizante sintético. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta da soja após inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, em uma área de primeiro cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Recanto da Serra, propriedade localizada no município de Patrocínio-MG, região do Alto Paranaíba, latitude 19°01'13'' S e longitude 46°54'29'' O. O clima é tropical classificado por Köppen (1936) como Aw, onde as chuvas ocorrem no verão e o inverno é seco. O bioma da região é o Cerrado. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, perfazendo 20 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por dosagens de inoculante, sendo elas: 0, 160, 320, 480 e 640 g ha⁻¹ de inoculante turfoso, estas dosagens são baseadas nas doses recomendadas pelo fabricante do inoculante, geralmente a dosagem recomenda para áreas de primeiro cultivo é de duas doses, 5 x 10⁶ UFC/g.

Para o experimento foram delimitados 750 m². O preparo do solo teve início em outubro de 2016. Foram realizadas duas gradagens com arado de disco. A calagem ocorreu em outubro de 2016. Foi realizada uma subsolagem. A recomendação de calagem foi baseada na análise de solo apresentada na Tabela 1. O solo é de baixa fertilidade natural, anteriormente ocupado por pastagem.

Tabela 1. Resultados da análise de solo realizada no local onde o experimento foi instalado.

pH	P(meh)	K	S	Ca	Mg	Al	CTC	M.O	V
H ₂ O	mg dm ⁻³			-----cmolc dm ⁻³ -----				%	
5,0	2,0	70,38	7,4	1,0	0,2	0,2	6,38	2,3	21,6

As sementes foram tratadas com 100 mL do inseticida clorantraniliprole (62,5%) e 300 mL do fungicida carboxina (20%) + tiram (20%) para cada 100 kg de sementes, com equipamento específico. O tratamento de sementes foi realizado 10 dias antes da semeadura. As sementes foram inoculadas no dia da semeadura, manualmente.

A semeadura foi realizada em dezembro de 2016. Foram utilizadas 30 linhas de semeadura de 50 metros de comprimento cada. O espaçamento utilizado foi de 0,5 metros

entre linhas com 17 plantas por metro linear, tendo assim uma população de 340.000 plantas ha⁻¹.

A recomendação de adubação foi feita com base na análise de solo (Tabela 1). Na adubação de semeadura se utilizou 300 kg de fertilizante organomineral granulado Nitrogênio (6%), Fosforo (25%) e Potássio (1%). Tanto o sulco de semeadura quanto a adubação foram realizadas com semeadora agrícola tracionada por trator. Porém, as sementes foram distribuídas com semeadora manual tipo “carriola”.

Aos 20 dias após a semeadura (DAS) foram aplicados adjuvante/redutor de pH na dosagem 0,05 L ha⁻¹; sal de isopropilamina glifosato (40,08%) + sal de potássio glifosato (29,78%) na dosagem 2,5 L ha⁻¹; óleo mineral (48,8%) na dosagem 0,3 L; imidacloprid (70%) na dosagem 0,3 kg ha⁻¹ e flubendiamida (48%) na dosagem 0,05 L ha⁻¹.

Aos 35 DAS aplicou-se adjuvante/redutor de pH na dosagem 0,05 L ha⁻¹; fertilizante foliar N (12%) na dosagem 3 kg ha⁻¹; fertilizante foliar Co (0,10%) e (Mo 10%) na dosagem 0,2 L ha⁻¹; fertilizante foliar Mn (7%) na dosagem 1 L ha⁻¹ e aminoácido (50%) na dosagem 1 L ha⁻¹.

Com 50 DAS foi realizada uma aplicação com óleo mineral (48,8%) na dosagem 0,3 L ha⁻¹; adjuvante/redutor de pH na dosagem 0,03 L ha⁻¹; trifloxistrobina (15%) + protioconazol (17,5%) na dosagem 0,4 L ha⁻¹; flubendiamida (48%) na dosagem 0,05 L; fertilizante foliar N (12%) na dosagem 2,85 kg ha⁻¹ e fertilizante foliar misto P₂O₅ (20%), Cu (4,5%) e (S 2%) na dosagem 0,3 L.

Pulverização aos 65 DEA com óleo mineral (48,8%) na dosagem 0,3 L ha⁻¹; adjuvante/redutor de pH na dosagem 0,03 L ha⁻¹; trifloxistrobina (37,5%) + ciproconazol (16%) na dosagem 1 L ha⁻¹; triflumurom (48%) na dosagem 0,05 L e fertilizante foliar K (15%) na dosagem 2 kg ha⁻¹.

A última pulverização foi realizada aos 80 DAS com aplicação de adjuvante/redutor de pH na dosagem 0,05 L ha⁻¹; trifloxistrobina (15%) + protioconazol (17,5%) na dosagem 0,4 L ha⁻¹; óleo vegetal (72%) na dosagem 0,5 L ha⁻¹; triflumurom (48%) na dosagem 0,05 L e fertilizante foliar K (15%) na dosagem 2 kg ha⁻¹.

A colheita ocorreu manualmente em fevereiro de 2017. Foram utilizadas na amostragem 2 m² centrais de cada parcela, o que se constitui na parcela útil.

A produtividade de grãos foi determinada medindo-se a massa de grãos obtida em cada parcela experimental. O valor final, foi extrapolado para kg ha⁻¹. Os grãos apresentavam 13%

de umidade no momento da avaliação, sendo determinada por meio do medidor digital modelo Gehaka® G600i.

Os dados foram submetidos à análise de variância da regressão. A escolha dos modelos matemáticos da regressão foi feita com base no fenômeno biológico, no coeficiente de determinação e na análise de resíduos ao nível de 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR® (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são observados os valores médios de produtividade (kg ha^{-1}) de grãos de soja em resposta à inoculação de sementes com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Os dados se ajustaram ao modelo linear crescente. Isso significa que à medida que se aumenta a dosagem de inoculante ocorre um aumento na produtividade (kg ha^{-1}). Dessa forma, a melhor resposta foi observada com 640 g ha^{-1} de inoculante aplicado na semente, que resultou em $2.116,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (dado observado).

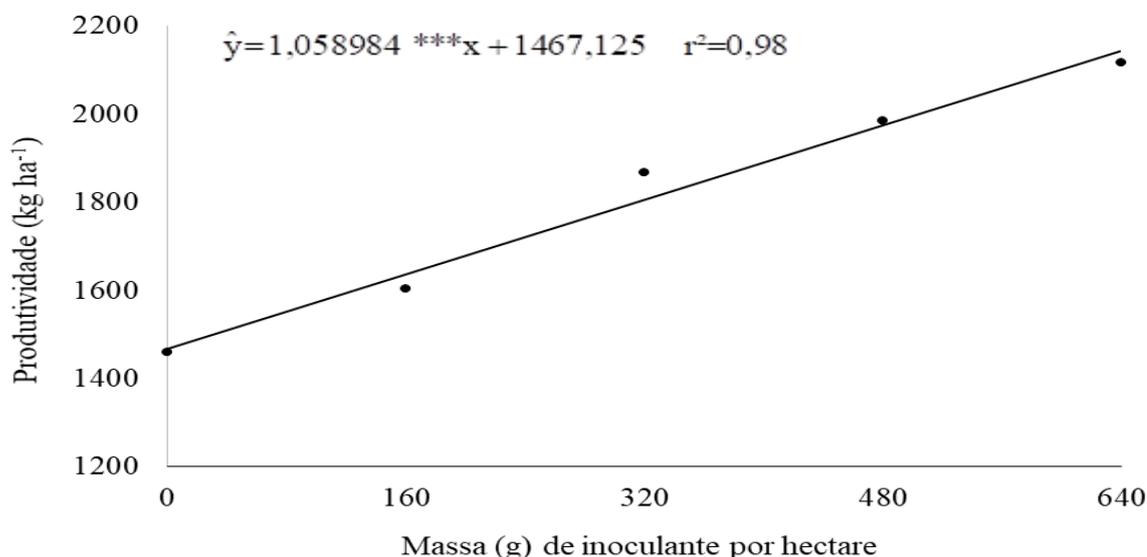


Figura 1. Produtividade (kg ha^{-1}) de grãos de soja em resposta a sementes inoculadas com diferentes dosagens de inoculante contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, em uma área de primeiro cultivo.

***significativo em nível de 0,1% pelo teste “t”.

Os resultados deste trabalho comprovam a elevada exigência da soja por nitrogênio, pois provavelmente este nutriente limitou a produtividade na área, uma vez que as parcelas inoculadas com maiores dosagens de bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, responderam com maiores produtividades principalmente se comparadas com a testemunha.

As áreas inoculadas com maiores dosagens provavelmente apresentaram uma maior população de bactérias fixadoras e fixaram uma maior quantidade de nitrogênio, assim houve maior disponibilização de N para a soja. Estes resultados consentem com Hungria et al. (2007) que afirma ser necessário introduzir bactérias fixadoras nas áreas de plantio da soja, principalmente em áreas de primeiro cultivo, uma vez que soja não é uma planta nativa do Brasil, não existem bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, com eficiência comprovada na nodulação da soja, de ocorrência natural em solos brasileiros.

Os resultados obtidos nesta pesquisa comprovam a eficiência da inoculação e ressaltam sua importância. Trata-se de uma prática altamente viável econômica, já que o custo do inoculante é relativamente baixo, principalmente se comparado aos custos com fertilizantes. Segundo uma simulação de economia nos custos de produção realizada por Mendes et al. (2010) na safra 2010, mostrou que a inoculação gera uma economia de aproximadamente 660,00 R\$ ha⁻¹ se comparada a aplicação de fertilizantes nitrogenados para atender a necessidade da cultura da soja em uma produção esperada de aproximadamente 49 sc ha⁻¹

Como era esperado os ganhos em produtividade foram maiores em área de primeiro cultivo do que em áreas já cultivadas. Este resulta é coerente, pois segundo Hungria et al. (2007) em áreas de primeiro cultivo não existem populações de bactérias com alta eficiência na fixação de N.

Mesmo na menor dosagens de inoculante aplicada 160 g ha⁻¹, existiu um ganho de produtividade de 9,8% em relação à testemunha. Esse resultado é superior aos ganhos médios de produtividades alcançados com a reinoculação em áreas já cultivadas citados por Hungria et al., (2007) e Sedyama et al., (2015) que são em média de 8%.

4 CONCLUSÕES

A inoculação de sementes de soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*, é eficiente para o aumento da produtividade de grãos.

A melhor resposta foi observada com a maior dosagem utilizada no trabalho, que foi de 640 g ha⁻¹ de inoculante, resultando em 2.116,9 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.147, p. 1- 9, 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos. V.4 – Safra 2016/17 – n.11 – Décimo Primeiro Levantamento – Agosto/2017**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 5 out. 2017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a guide for its bootstrap proceduces in multiple comparisons. Universidade Federal de lavras/UFLA: Lavras, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/15349/1/ARTIGO_Sisvar%20-%20a%20guide%20for%20its%20bootstrap%20procedures%20in%20multiple%20comparisons.pdf> Acesso em: 25 set. 2017.

HUNGRIA, M.et al. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283)

KÖPPEN, W. **Das geographische system de klimatologie. Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebruder Borntrager 1936. 44p. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2017.

MENDES, I.C. et al. **Fixação biológica de nitrogênio na soja**: bom para a qualidade do solo, para o bolso do agricultor e para o Brasil. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23030&secao=Agrotemas&c2=Nutri%E7%E3o%20Vegetal>>. Acesso em: 04 set. 2017.

SEDIYAMA, T. et al. **Soja**: do plantio a colheita. Viçosa, MG: UFV, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados nesta pesquisa demonstram a elevada viabilidade da atividade de inoculação, uma vez que esta atividade é de baixo custo e traz uma grande resposta em produtividade, principalmente em áreas de primeiro cultivo.

Em áreas de primeiro cultivo, onde não existe a presença de bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum*., de acordo com a literatura, é interessante realizar o dobro da dose mínima de inculante recomendada pelo fabricante com o objetivo de estabelecer uma população de bactérias fixadoras. No entanto esta pesquisa mostra que seria interessante utilizar uma dosagem maior nestas áreas, uma vez que a elevação no custo é praticamente insignificante se avaliarmos o retorno que esse inoculante traz em produtividade, já no primeiro ano de cultivo.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. M. S. **Introdução ao agronegócio da soja**. [Piracicaba]: USP/ESALQ, 2015. Disponível em: <

<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/sites/default/files/LPV%200584%202015%20-%20Soja%20Apostila%20Agronegocio.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.147, p. 1- 9, 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos**. V.4 – Safra 2016/17 – n.11 – Décimo Primeiro Levantamento – Agosto/2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 5 out. 2017.

HUNGRIA, M. et al. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283)

MENDES, I. C. et al. Embrapa Cerrados: 37 anos de contribuições para o avanço da FBN no Brasil.– Reunião da Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologias Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola, 16., **Anais da XVI RELARE**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 60-61. (Embrapa Soja. Documentos, 350). Disponível em: < ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104754/1/Anais-da-XVI-Reuniao-da-rede-de-laboratorios-para-recomendacao-padronizacao-e-difusao-de-tecnologia-de-inoculantes-microbianos-de-interesse-agricola.pdf >. Acesso em: 04 ago. 2017.

MENDES, I.C. et al. **Fixação biológica de nitrogênio na soja**: bom para a qualidade do solo, para o bolso do agricultor e para o Brasil. 2010. Disponível em: < <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23030&secao=Agrotemas&c2=Nutri%E7%E3o%20Vegetal> >. Acesso em: 04 set. 2017.

SEDIYAMA, T. et al. **Soja**: do plantio a colheita. Viçosa, MG: UFV, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. **Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração**. 2009. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Dissertação, 10 f (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n2/20.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.