

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

EDUARDO BECHI TAGLIETTI

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE
Bradyrhizobium japonicum EM SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS, PARANÁ

2021

EDUARDO BECHI TAGLIETTI

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE
Bradyrhizobium EM SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada à disciplina de trabalho de conclusão de curso II como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em agronomia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro

DOIS VIZINHOS, PARANÁ

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE *Bradyrhizobium* EM SOJA

Por

Eduardo Bechi Taglietti

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 29 de março 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr Sergio Miguel Mazaro

UTFPR – Dois Vizinhos

Orientador

Prof. (a). Dra Angélica Mendes

UTFPR – Dois Vizinhos

Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Prof. Dr. Alfredo de Gouvêa

Membro titular

MSc. Claudia Regina Barbieri

Membro titular

Prof. Dr. Alessandro J. Waclawovsky

Coordenador de curso

RESUMO

TAGLIETTI, E. B. **Eficiência de diferentes formas de aplicação de *Bradyrhizobium* em soja.** 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) – Curso bacharelado em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus Dois Vizinhos, 2021.

A produtividade da cultura da soja nos últimos anos vem crescendo, graças a novas tecnologias que são aportadas na cultura, como cultivares adaptadas para as diferentes regiões de cultivo, manejo cultural e fitossanitário mais assertivos. Técnicas como o uso de inoculantes, a base de *Bradyrhizobium japonicum*, no tratamento de sementes e em sulco de cultivo vem sendo amplamente utilizados, demonstrando incremento de produtividade. Ainda alguns produtores, vem realizando a aplicação de forma aérea de *Bradyrhizobium* com objetivo de suprir uma deficiente nodulação na fase inicial da cultura. No entanto, essas diferentes formas de aplicação trazem dúvidas, quanto a sua eficiência, sendo o objetivo desse trabalho avaliar diferentes formas de aplicação de *Bradyrhizobium* no tratamento de sementes, em sulco de cultivo e em pulverização na fase vegetativa na cultura da soja. O trabalho foi realizado na área experimental da UTFPR – Campus Dois Vizinhos, durante a safra 2019/2020. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em quatro repetições, com parcelas de 16 m², sendo os tratamentos, aplicação de *Bradyrhizobium* na semente, no sulco de cultivo e aplicação aérea 15 dias após a emergência (DAE). O inoculante utilizado em todos os tratamentos, foi à base de *Bradyrhizobium japonicum* - SEMIA 5079 e 5080, Concentração bacteriana: 5 x 10⁹ UFC/ml (Atmo®). Sementes da cultivar Nidera (NS 5909 IPRO), foram tratadas com o inseticida e fungicidas previamente (10 g/L Metalaxil-M, 25 g/L Fludioxonil), e no momento da semeadura foi realizada a inoculação, na dose de 3ml/kg de semente (uma dose comercial). Para o tratamento com uso do inoculante em sulco, a dose foi de 400 ml/ha (duas doses comerciais), com volume de calda de 60 litros por hectare. Para os tratamentos com pulverização aérea a dose foi de 800 ml/ha (quatro doses comerciais), com volume de calda de 200 litros por hectare, realizado no final da tarde. As avaliações foram aos 60 dias após a emergência DAE, considerando o número de nódulos e massa seca dos nódulos, e na colheita, altura de planta, número de vagens e ramos por planta e produtividade. Por fim, os resultados demonstraram que as três formas de inoculação incrementam a nodulação das plantas de soja, no entanto, a maior eficiência foi o uso no sulco, seguido pelo tratamento na semente e aplicação aérea, respectivamente. A aplicação no sulco de cultivo, propiciou maior incremento de nódulos, com melhoria dos parâmetros agrônômicos, resultando em ganho de produtividade.

Palavras-chave: Inoculação, Nodulação, *Glycine max.* (L.) Merrill.

ABSTRACT

TAGLIETTI, E. B. **Efficiency of different forms of application of *Bradyrhizobium* in soybean.** 22 f. Course Conclusion Work II (TCC II) – (Graduation in Agronomist), Federal University of Technology – Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

The productivity of the soybean crop in recent years has been growing, thanks to new technologies that are brought into the crop, such as cultivars adapted to the different assertive cultivation, cultural and phytosanitary regions. Techniques such as the use of inoculants, the base of *Bradyrhizobium japonicum*, in the treatment of seeds and in furrow of cultivation have been used, demonstrating increased productivity. Still some producers have been applying the aerial form of *Bradyrhizobium* in order to supply a deficient nodulation in the initial phase of the crop. However, these different forms of application raise doubts as to their efficiency, the objective of this work being to evaluate different forms of application of *Bradyrhizobium* in the treatment of seeds, in furrow cultivation and in spraying in the vegetative phase in soybean cultivation. The work was carried out in the experimental area of UTFPR - Campus Dois Vizinhos, during a 2019/2020 harvest. The experimental design was in randomized blocks, in four replications, with plots of 16 m², being the treatments, application of *Bradyrhizobium* in the seed, in the cultivation furrow and aerial application 15 days after emergence (DAE). The inoculant used in all treatments was based on *Bradyrhizobium japonicum* - SEMIA 5079 and 5080, Bacterial concentration: 5 x 10⁹ CFU / ml (Atmo®). Seeds of the cultivar Nidera (NS 5909 IPRO), were treated with the insecticide and fungicides previously (10 g / L Metalaxil-M, 25 g / L Fludioxonil), and at the time of sowing an inoculation was carried out, at a dose of 3ml / kg of seed (a commercial dose). For the treatment with the use of the inoculant in a furrow, a dose was 400 ml / ha (two commercial doses), with a syrup volume of 60 liters per hectare. For aerial spray treatments, the dose was 800 ml / ha (four commercial doses), with a syrup volume of 200 liters per hectare, carried out in the late afternoon. The evaluations took place 60 days after the DAE emergence, considering the number of nodules and the dry mass of the nodules, and at harvest, plant height, number of pods and branches per plant and productivity. Finally, the results showed that the three forms of inoculation increase the nodulation of soybean plants, however, the greatest efficiency was the use in the furrow, followed by the treatment in the seed and aerial application, respectively. The application in the furrow of cultivation, provided greater increase of nodules, with improvement of the agronomic parameters, effective in gain of productivity.

Keywords: Nodulation, Nodulation, *Glycine max.* (L.) Merrill.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 JUSTIFICATIVA	8
3 HIPÓTESE	9
4 OBJETIVOS	10
4.1 OBJETIVO GERAL	10
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
5 REVISAO DE LITERATURA	11
5.1 SOJA	11
5.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA	12
5.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE <i>Bradyrhizobium</i>	13
6 MATERIAL E MÉTODOS	15
6.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	15
6.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	15
6.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	16
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
8 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura da soja no mundo se dá pela sua expressiva produção e pela área ocupada pela cultura, sendo que 125.691 milhões de hectares são destinados a cultura, gerando uma produção de 362.075 milhões de toneladas da mesma. Os Estados Unidos da América o maior produtor com 123.664 milhões de toneladas produzidas e 35,6 milhões de hectares (USDA, 2019) sendo o Brasil o segundo maior produtor desta oleaginosa, com a produção de 120,9 milhões de toneladas em 35,8 milhões de hectares (CONAB, 2019). E ainda, a Conab prevê para a safra 2020/21, com aumento de 3,4% da área, podendo serem colhidas 135 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2020).

Com relação a produtividade devemos nos atentar aos principais fatores que a elevam, sendo para a soja o nitrogênio um elemento determinante para que a cultura obtenha bons resultados. Portanto, a fixação biológica de nitrogênio é o segundo processo mais importante no desenvolvimento e produção da cultura, apenas o processo da fotossíntese é mais expressivo em termos de importância (HUNGRIA, 2011).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), possui grande importância no cenário mundial e brasileiro, pela questão ambiental, considerando a menor inserção de fertilizante nitrogenado na forma química na cultura, além de perdas de até 50% de eficiência dos fertilizantes químicos aplicados (EMBRAPA, 1964). A FBN permite uma redução de custos no Brasil em torno de US\$ 8 bilhões devido a sua forma alternativa e sustentável de substituição na forma de fornecer nitrogênio à planta (EMBRAPA, 2021).

No solo, os microrganismos desempenham atividades importantes na ciclagem de nutrientes, entre estes a FBN, que ocorre na soja através da associação simbiótica feita por bactérias com as raízes da planta de soja, em que, a FBN realiza a conversão de N_2 gasoso em NH_3 , a qual é incorporada à compostos de carbono. As bactérias realizam esse processo devido à enzima dinitrogenase, que é capaz de romper a tripla ligação do N_2 reduzindo em amônia (HUNGRIA, 2011). Desta forma, as bactérias ao captarem o N_2 que é um gás presente na atmosfera, transformam em N assimilável para a planta, a planta em contrapartida fornece abrigo e açúcares

necessários para multiplicação das bactérias, processo esse considerado benéfico para a planta e a bactéria (EMBRAPA, 1964).

A principal bactéria utilizada nesse processo na cultura da soja é o do gênero *Bradyrhizobium*, e sua aplicação é denominada de inoculação. A espécie utilizada é *B. japonicum*, possuindo diferentes cepas disponibilizadas pela Embrapa a empresas produtoras de inoculantes.

A inoculação em soja é realizada pela grande maioria dos produtores no tratamento de sementes, e mais recentemente sua aplicação no sulco de cultivo. Ainda uma técnica recentemente utilizada é a reinoculação, ou também denominada inoculação aérea, sendo utilizada a aplicação de *Bradyrhizobium* em forma de pulverização aérea na cultura, sendo tal técnica utilizada quando a inoculação não foi eficiente, ou seja, as plantas apresentam baixa nodulação. Também, alguns produtores, por problemas de incompatibilidade do agente biológico com químicos no tratamento de sementes, ou ainda pela carência de maquinário específicos para aplicação em sulco, vem realizando somente a aplicação aérea.

2 JUSTIFICATIVA

A produtividade da cultura da soja nos últimos anos vem crescendo, graças a novas tecnologias que são aportadas na cultura, como cultivares adaptadas para as diferentes regiões de cultivo, manejo cultural e fitossanitário mais assertivos. Técnicas como o uso de inoculantes, a base de *Bradyrhizobium japonicum*, no tratamento de sementes e em sulco de cultivo vem sendo amplamente utilizados, demonstrando incremento de produtividade. Ainda alguns produtores, vem realizando a aplicação de forma área de *Bradyrhizobium* com objetivo de suprir uma deficiente nodulação na fase inicial da cultura.

A cultura da soja depende do nitrogênio, sendo ele um dos mais expressivos nutrientes no tocante do sucesso no desenvolvimento da planta. Ao se obter formas e alternativas sustentáveis de disponibilização de nitrogênio para a agricultura em si, nos remete a incessante busca através de testes com algumas opções quando nos deparamos com esse cenário.

A cultura nos incentiva, devido a sua grande importância no cenário mundial e nacional, sendo ela a principal *commodity* brasileira atualmente. Destaca-se também, por ser explorada de diversas formas em um amplo mercado posterior à exportação.

O uso da inoculação está se consolidando na cultura da soja, no entanto algumas situações, ocasionadas por diversos fatores impedem a formação uma boa nodulação. Alguns fatores impedem a ocorrência de uma boa nodulação, tais fatores podem estar relacionados a forma de aplicação ocasionando incompatibilidades, baixa estabilização ou até mesmo inativação das bactérias. Sendo uma grande tendência sair da aplicação na semente, para uso no sulco de cultivo. E ainda, produtores estão aplicando o inoculante de forma aérea, no entanto, existe uma carência de informação quanto a eficiência das diferentes formas de aplicação, o que justifica essa pesquisa.

3 HIPÓTESE

O rendimento da cultura estará ligado diretamente com o aumento no número de nodulações provocadas pela fixação biológica de nitrogênio. O uso da inoculação irá apresentar um melhor desenvolvimento na parte aérea da planta, representados pelo número de vagens, número de grãos por vagem, peso dos grãos.

A aplicação em sulco e semente são as formas preferencias de aplicação de inoculante, no entanto, quando aplicado em pulverização na fase vegetativa da cultura da soja possa suprir uma deficiente nodulação ou melhorar a mesma.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar diferentes formas de aplicação de *Bradyrhizobium* no tratamento de sementes, em sulco de cultivo e em pulverização na fase vegetativa na cultura da soja.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Verificar na inoculação no tratamento de sementes, sulco de cultivo e em pulverização na fase vegetativa na cultura da soja, considerando qual a real efetividade no aumento da nodulação no sistema radicular das plantas de soja.
- Avaliar características agronômicas relacionadas com a produtividade considerando as diferentes formas de aplicações de *Bradyrhizobium* no tratamento de sementes, sulco de cultivo e a aplicação aérea de *Bradyrhizobium* aos 60 dias após a emergência.

5 REVISAO DE LITERATURA

5.1 SOJA

A soja *Glycine max.* (L.) Merrill, pertence à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae, ao gênero *Glycine* (L.), espécie *Glycine max*, e sua forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill (NUNES, 2016).

No Brasil desde a segunda metade da década de 60, em que, a produção de soja se tornou estratégica, a cultura nunca mais foi deixada de lado, até se tornar carro chefe nas exportações de nosso país. Posteriormente, no início da década de 70, ocorreu o aumento no preço da soja, isso estimulou ainda mais os agricultores e até mesmo o governo brasileiro, pois, o país se beneficia de uma ampla vantagem em relação ao seu maior concorrente produtivo (DALL'AGNOL, 2016).

Tendo como base os fatores influenciadores, o ambiente e clima propicio para produção, posicionamento no mercado favorável em relação ao escoamento da safra de maneira expressivamente otimista, os investimentos em tecnologia em relação principalmente para acelerar adaptação e promover significativa eficiência na produção começaram a ocorrer principalmente pela Embrapa (EMBRAPA, 2019).

Esses investimentos proporcionaram através do melhoramento genético a possibilidade de a produção ocorrer nas regiões de baixa latitude, precisamente na região entre a linha do equador e o tropico de capricórnio. Sendo uma impactante transformação no cenário mundial da soja, tendo tomado proporções expressivas principalmente quando sentida no fim da década de 80 e início da década de 90 (DALL'AGNOL, et al. 2007).

Nos dias atuais Brasil e Estados Unidos da América são os dois maiores produtores mundiais deste grão, logo em seguida, também expressivos na produção do grão estão Argentina, China e Índia que são originalmente os centros de origem da soja (EMBRAPA, 2019).

Devido ao sucesso na adaptação da espécie em nosso país, em seguida rumou-se para busca de características ligadas ao aumento da eficiência, logo, produtividade.

5.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA

O nitrogênio denominado como essencial para o desenvolvimento da soja, que tem como base a exportação de cerca de 150 kg ha⁻¹ de N nos grãos, em média na produção da safra, tem como alternativa também ser fornecido eficientemente através da simbiose no uso estratégico com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). Sendo uma demanda nutricional, portanto, destaca-se o principal elemento químico que determina através da sua concentração e disponibilidade o sucesso da planta, sendo ele o nitrogênio, importante nas fases vegetativas e reprodutivas. Este por sua vez, na maioria dos casos é utilizado e disponibilizado na forma de fertilizante químico, vulgo, uréia ou fertilizante químico (GIRACCA; NUNES, 2021).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) nas plantas, é considerada uma espécie de fábrica biológica, onde a mesma consegue suprir as necessidades da soja e demais leguminosas. O processo simbiótico realizado pela associação de plantas e bactérias é eficiente, onde as plantas fornecem abrigo e açúcares para a multiplicação das bactérias, que em troca realizam o trabalho de converter o nitrogênio na forma não disponível (n₂) e em (NO₃), assimilável para as plantas (HUNGRIA, 2008).

Nas leguminosas a FBN é um componente importante, qualitativa e quantitativamente, no que diz respeito a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, seja em monoculturas ou em rotação de culturas. Nas leguminosas, portanto, a técnica de inoculação de estirpes adequadas de bactérias fixadoras de nitrogênio ocupa lugar de destaque no processo global de eficiência deste nutriente (GIRACCA; NUNES, 2021).

Na busca incessante de uma agricultura sustentável e redução de custos, nos indica um caminho pouco explorado, porém, repleto de oportunidades. Ao se deparar com esses resultados, diversos pesquisadores têm-se determinado a procurar e isolar para identificar microrganismos, ou componentes presentes em

seus metabólitos, que possam direcionar a eficiência de fixação do N₂ e a capacidade competitiva do rizóbio (ARAUJO, HUNGRIA, 1999).

5.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE *Bradyrhizobium*

A efetividade de uma estirpe de rizóbio está ligada diretamente por diversos fatores que a influenciam, relacionados com os genótipos das bactérias, da planta hospedeira e fatores ambientais que os cercam (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Uma nodulação é considerada eficiente, quando a maioria dos nódulos se formam na coroa da raiz principal das plantas, o que normalmente acontece quando existe alta população de bactérias nodulantes no solo, e quando as bactérias são inoculadas nas sementes por ocasião do plantio (HUNGRIA; BOHRER, 2000).

As causas do insucesso da inoculação, também podem ser associadas à baixa qualidade do inoculante e a diversos componentes que implicam na sobrevivência da bactéria, destacam-se o modo de aplicação do inóculo nas sementes de forma inadequada, baixa umidade do solo durante a semeadura e possibilidade de baixa cobertura como a palhada, tratamento de sementes com fungicidas incompatíveis ou na sequência incorreta na relação com uso da bactéria e utilização de inoculantes perto do final do seu prazo de validade (ZILLI et al., 2008).

Por isso, é necessário investigar o método mais eficiente de aplicação de *Bradyrhizobium*. Os métodos são inoculação na semente, inoculação no sulco e inoculação aérea.

Uma prática alternativa que tem sido difundida, inclusive com incremento da produção de grãos da soja, é a aplicação de rizóbio pulverizado no sulco de semeadura, na mesma operação de distribuição da semente no momento de instalação da lavoura de soja (ZHANG; SMITH, 1996). Zilli et al. (2008) ressalta que a estratégia de inoculação em lavouras de soja pela pulverização em cobertura não é uma prática usualmente recomendada, embora empiricamente seja utilizada por produtores de soja, quando constatada falha na nodulação das plantas na lavoura e deficiência de nitrogênio.

A prática de aplicação de inoculante no sulco de semeadura na cultura da soja, tem-se difundido bastante, mas há poucas informações que dão suporte a essa prática e comprovam sua eficiência em diferentes ambientes manejados sob plantio direto. Neto et al. (2008), demonstra em seu trabalho que, a aplicação via sulco do inoculante mostrou-se uma prática viável, em razão da semelhança dos resultados obtidos com a aplicação tradicional via semente. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a prática da inoculação das sementes com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, fornece praticamente todo o nitrogênio que a planta necessita.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na área experimental da UTFPR – Campus Dois Vizinhos, durante a safra 2019/2020. O local possui altitude média de 509 metros acima do nível do mar, latitude entre 25°44'03" e 25°46'05" Sul e longitude entre 53°03'01" e 53°03'10" Oeste. O solo predominante no local é tipo Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2006).

O clima é classificado como Cfa – Clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida. A temperatura média anual fica em torno de 20 a 22°C. O verão é quente e as geadas são pouco frequentes no inverno (IAPAR, 2009).

6.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O inoculante utilizado em todos os tratamentos foi à base de *Bradyrhizobium japonicum* - SEMIA 5079 e 5080, Concentração bacteriana: 5×10^9 UFC/ml (Atmo®).

Sementes da cultivar Nidera (NS 5909 IPRO), foram tratadas com o inseticida e fungicidas previamente (10 g/L Metalaxil-M, 25 g/L Fludioxonil), e no momento da semeadura realizada a inoculação, na dose de 3ml/kg de semente (uma dose comercial). Para o tratamento com uso do *Bradyrhizobium* em sulco, a dose foi de 400ml/ha (duas doses comerciais), com volume de calda de 60 litros por hectare. Para os tratamentos com pulverização aérea a dose foi de 800ml/ha (quatro doses comerciais), com volume de calda de 200 litros por hectare, realizado no final da tarde.

As avaliações foram aos 60 dias após a emergência (DAE), considerando o número de nódulos e massa seca dos nódulos, e na colheita, altura de planta, número de vagens e ramos por planta e produtividade.

6.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em quatro repetições, com parcelas de 16 m², sendo os tratamentos, aplicação de *Bradyrhizobium* na semente, no sulco de cultivo e aplicação aérea 15 dias após a emergência (DAE).

Os dados obtidos serão submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan (5%) no software Genes.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que a forma mais efetiva de aplicação de *Bradyrhizobium* foi quando aplicado no sulco de semeadura, seguido pela inoculação da semente e posterior aplicação aérea, resultando em maior nodulação e massa de nódulos e conseqüente maior número de vagens e produtividade (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros avaliados em diferentes formas de aplicação de *Bradyrhizobium*. Dois Vizinhos, 2021.

Tratamentos	Número nódulos	Massa seca nódulos (mg)	Altura (cm)	Ramos/planta	Vagens/planta	Produtividade Kg/ha
Controle	25d	295c	56a	5a	45c	2970c
Inoculação semente	51b	500b	62a	5a	54b	3400b
Inoculação sulco	69a	720a	63a	6a	60a	3560a
Inoculação aérea	35c	370bc	59a	5a	52b	3090bc
CV	17,2	21,3	32,4	11,2	13,2	16,3

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Duncan (5%) probabilidade de erro.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que quando se faz uso do *Bradyrhizobium* no sulco, permite maior distribuição da bactéria do solo, evitando problemas de incompatibilidade de químicos e até mesmo maior amplitude de condições de estabilização. Os ganhos agronômicos com a aplicação em sulco

também foram observados por Zilli et al., (2010), que ao comparar a inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura com a inoculação tradicional nas sementes, em solo com baixo teor de matéria orgânica e desprovido de bactérias nodulantes dessa cultura. Concluíram que, a inoculação da soja no sulco proporcionou desempenho da fixação biológica do N igual ao da inoculação realizada nas sementes, não havendo diferenças na produção de matéria seca, rendimento de grãos e acúmulo de N na parte aérea e nos grãos. No entanto, quando as sementes foram tratadas com fungicidas, especialmente carbendazim+tiram, houve menor nodulação das plantas, desenvolvimento da parte aérea e rendimento de grãos com a inoculação nas sementes, enquanto para a inoculação no sulco não houve interferência. Assim, a inoculação no sulco de semeadura mostrou-se uma alternativa viável para a soja quando as sementes foram tratadas com fungicidas.

Em outra pesquisa realizado pelos mesmos autores, ressaltam que, pelos resultados obtidos, a inoculação por pulverização em cobertura não deve ser uma prática para substituir a inoculação tradicional nas sementes, haja vista que o melhor resultado ocorreu com a inoculação padrão (ZILLI et al., 2009).

Para Hungria (1999), os melhores resultados obtidos no cultivo da soja, com a aplicação via sulco de semeadura podem estar relacionados às condições mais favoráveis para o estabelecimento do *Bradyrhizobium* no sistema de plantio direto.

No trabalho realizado por Neto et al. (2008), ao avaliar a viabilidade da aplicação de inoculante na cultura da soja, via semente e sulco de semeadura, em solo já cultivado e em solo não cultivado com a cultura da soja, concluíram que em área de primeiro cultivo de soja, a aplicação de inoculante turfoso associado a fungicida e micronutriente via semente possibilita maior nodulação, enquanto, após vários anos de cultivo com soja, a melhor resposta à nodulação ocorre com aplicação de inoculante líquido no sulco de semeadura. Em que, a aplicação via sulco do inoculante mostrou-se uma prática viável, em razão da semelhança dos resultados obtidos com a aplicação tradicional via semente.

Em contrapartida, no trabalho realizado por Zilli et al. (2008), com o objetivo de avaliar um método de inoculação de *Bradyrhizobium* em soja, por meio de pulverização em cobertura, com os tratamentos: controle sem inoculação; inoculação padrão com duas doses de inoculante comercial por hectare aplicadas às sementes; inoculação em cobertura, com o triplo da dose utilizada no padrão, 18

dias após a emergência das plantas e adubação com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sem inoculação. Concluíram que, a inoculação em cobertura aumentou a nodulação e a matéria seca das plantas aos 45 e 60 dias após a emergência e proporcionou também, produtividade de grãos e acúmulo de nitrogênio igual ao tratamento nitrogenado, sendo superior ao controle. A inoculação em cobertura foi inferior ao padrão apenas na produtividade de grãos.

A presente pesquisa corrobora com o estudo de Gonzaga et al. (2020), no qual ressalta a importância do conhecimento dos métodos de inoculação para a cultura da soja, pois essa prática é responsável pelo aumento da produtividade da cultura da soja.

8 CONCLUSÃO

Conclui-se que, os resultados demonstraram que as três formas de inoculação incrementam a nodulação das plantas de soja, no entanto, a maior eficiência foi o uso no sulco, seguido pelo tratamento na semente e aplicação aérea, respectivamente. A aplicação no sulco de cultivo, propiciou maior incremento de nódulos, com melhoria dos parâmetros agronômicos, resultando em ganho de produtividade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja coinfetada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum/Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, 1999.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra de grãos 2019/20**. v.1. 2020. Disponível em: <www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária safra 2020/21**. 2020. Disponível em: <www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuariaf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. de. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Circular técnica: Londrina – PR, 2007.

DALL'AGNOL, A. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Brasília, DF: **Embrapa**, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fixação biológica de nitrogênio em soja. (1964). **Embrapa Soja**. Disponível em: <www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja> Acesso em 15 jan. 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. – Rio de Janeiro: **Embrapa solos**, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números** (safra 2018/2019). 2019. Disponível em < <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> >. Acesso em 28 de outubro de 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fixação biológica do nitrogênio**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica> Acesso em 25 jan. 2021.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. S. **Manejo de Fertilizantes e Corretivos Agrícolas**. (2021). Disponível em: www.agrolink.com.br/fertilizantes/manejo_361439.html Acesso em: 11 jan. 2021.

GONZAGA, T. O. D.; VILAR, C. C.; SILVA FILHO, A. S.; SILVA, V. L. Interação *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e seus efeitos na produtividade. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 1, 2020.

HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., Florianópolis, 1999. **Anais**. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina, 1999.

HUNGRIA, M.; BOHRER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 45-52, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, Documentos, 283, 2007.

HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Embrapa Soja**, Documentos 325, 2011.

IAPAR. Cartas climáticas do Estado do Paraná. Londrina: **IAPAR**, 2009.

NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E. D.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G. D.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. D. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008.

NUNES, J. L. da S. **Características da Soja (*Glycine max*)**. Agrolink, 2016. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/caracteristicas.aspx>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA. 3. ed., 2013.

USDA, United States Department of Agriculture. **Scheduled Reports - 2019**. Disponível em: <www.fas.usda.gov/data-analysis/scheduled-reports-2019> Acesso em: 20 jul. 2020.

ZHANG, F.; SMITH, D. L. Inoculation of soybean (*Glycine max*. (L.) Merr.) with genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum* or genistein directly applied into soil increases soybean protein and dry matter yield under short season conditions. **Plant Soil**, v. 179, p. 233-241, 1996.

ZILLI, E. J.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; GIANLUPPI, F.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.

ZILLI, J. E.; RIBEIRO, K. G.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 917-923, 2009.

ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1875-1881, 2010.