



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ
CAMPUS URUÇUI
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

ANDERSON LEANDRO SANTOS DA SILVA

**RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM SEMENTES INOCULADAS E
COINOCULADAS: revisão bibliográfica**

URUÇUI-PI

2023

ANDERSON LEANDRO SANTOS DA SILVA

**RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM SEMENTES INOCULADAS E
COINOCULADAS: revisão bibliográfica**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Wallace de Sousa Leite

URUÇUI-P

2023

RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA COM SEMENTES INOCULADAS E COINOCULADAS: revisão bibliográfica

Anderson Leandro Santos da Silva¹
Wallace de Sousa Leite²

RESUMO

A soja é a cultura mais explorada comercialmente no Brasil, sendo o país o maior produtor e exportador mundial da commodity. À medida que as técnicas de produção evoluem, há a necessidade da adoção de novas tecnologias visando o aumento da eficiência, rentabilidade e sustentabilidade do sistema. Assim, o uso de microrganismos tem sido empregado na agricultura como alternativa de manejo para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção. A inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* são capazes de elevar a produtividade e diminuir a aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura. Além disso, a coinoculação com bactérias promotoras de crescimento do gênero *Azospirillum* contribui para a eficiência do uso de fertilizantes, para a elevação da produtividade, intensificação do crescimento radicular das plantas devido à produção de fitohormônios, aumento no número de nódulos por planta e indução de resistência aos estresses ambientais. Assim, o objetivo do estudo foi desenvolver uma revisão bibliográfica sobre a inoculação e coinoculação de sementes no rendimento de grãos de soja. A inoculação e a coinoculação de sementes de soja promovem diversos benefícios para a cultura da soja como melhor capacidade fotossintética, maior crescimento radicular, maior produtividade, possibilitando uma agricultura mais sustentável ambiental, econômica e socialmente. Percebe-se a necessidade de estudos mais abrangentes, visando estudar o comportamento das bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento em resposta aos diferentes ambientes de produção.

Palavras-chave: *Bradyrhizobium*; *Azospirillum*; fixação biológica de nitrogênio; bactérias promotoras de crescimento.

ABSTRACT

Soy is the most commercially exploited crop in Brazil, and the country is the world's largest producer and exporter of the commodity. As production techniques evolve, there is a need to adopt new technologies aimed at increasing the efficiency, profitability and sustainability of the system. Thus, the use of microorganisms has been used in agriculture as a management alternative to increase productivity and reduce production costs. Inoculation of seeds with nitrogen-fixing bacteria of the genera *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* are able to increase productivity and reduce the application of nitrogen fertilizers in the crop. In addition, coinoculation with growth-promoting bacteria of the genus *Azospirillum* contributes to the efficiency of fertilizer use, to the increase in productivity, intensification of plant root growth due to the production of phytohormones, increase in the number of nodules per plant and induction of resistance

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Agrônômica. Instituto Federal do Piauí – IFPI Campus Uruçuí. E-mail: andersonbeagr@gmail.com

² Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, Campus Uruçuí. E-mail: wallace.leite@ifpi.edu.br

to environmental stresses. Thus, the aim of the study was to develop a literature review on seed inoculation and coinoculation on soybean grain yield. The inoculation and coinoculation of soybean seeds promote several benefits for the soybean crop, such as better photosynthetic capacity, greater root growth, greater productivity, enabling a more environmentally, economically and socially sustainable agriculture. There is a need for more comprehensive studies, aiming to study the behavior of nitrogen-fixing and growth-promoting bacteria in response to different production environments.

Keywords: *Bradyrhizobium*; *Azospirillum*; biological nitrogen fixation; growth promoting bacteria.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a cultura mais explorada comercialmente no Brasil, ocupando uma área de 41.452 milhões de hectares e produtividade correspondente a 3.029 kg ha⁻¹, na safra 2021/2022. O país é o maior produtor e exportador mundial da commodity, no qual o estado de Mato Grosso detém a maior produção nacional, com 39,65 milhões de toneladas, enquanto o estado do Piauí apresentou a produtividade superior a 3.500 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

A produção envolve a adoção de tecnologias visando o aumento da eficiência, rentabilidade e sustentabilidade do sistema. Assim, o uso de microrganismos tem sido empregado na agricultura como alternativa de manejo para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (BENETTI, 2017; BULEGON, 2019).

Nesse sentido, pode-se destacar a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, importantes agentes para elevar a produtividade e diminuir a aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura. A inoculação com rizóbios é uma prática sustentável que consiste na adição de microrganismos ao solo ou às sementes, com o objetivo de melhorar a produção de grãos e a saúde das plantas (GITTI, 2019).

O tratamento das sementes com inoculantes age na fixação biológica de nitrogênio (FBN). A FBN é o processo biológico de fornecimento de nitrogênio para a soja, por meio da simbiose com as bactérias. Estimativas apontam que a FBN pode fornecer até 300 kg de N ha⁻¹, além da liberação de 20 a 30 kg de N ha⁻¹ para a cultura posterior (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). Esse processo biológico contribui de forma decisiva para o sistema de produção, uma vez que possibilita que a cultura seja autossuficiente em relação ao N (BIZARRO, 2008), imprescindível para a estrutura de proteínas, da molécula de clorofila e de reações metabólicas essenciais na planta (MARSCHNER, 2011).

A inoculação das sementes de soja deve ser realizada anualmente, anteriormente à semeadura, a fim de garantir a formação de nódulos radiculares eficientes na fixação do nitrogênio atmosférico (CAMARA, 2014). O Brasil é considerado referência mundial na inoculação de sementes de soja, no qual resulta em uma economia anual de R\$ 14 bilhões em adubos nitrogenados (AGRONOTÍCIAS, 2013).

Recentemente, outro processo vem sendo usado em associação ao *Bradyrhizobium*, a chamada coinoculação, definida como a combinação do inoculante com bactérias promotoras do crescimento vegetal, como as do gênero *Azospirillum*. Estas são bactérias diazotróficas promotoras de crescimento radicular em gramíneas como o milho, arroz e cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2014; JACQUES, 2021).

Essa combinação de microrganismos traz como benefícios o aumento na taxa de eficiência do uso de fertilizantes, incrementos na produção em até 8%, a elevação da produtividade, a intensificação do crescimento radicular das plantas devido à produção de fitohormônios (auxinas, giberelinas, citocinina e etileno), aumento no número de nódulos por planta e indução de resistência aos estresses ambientais (FERLINI, 2006; HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). De modo geral, contribuem para satisfazer as exigências nutricionais da cultura e promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica (HUNGRIA et al., 2013).

Existem várias estratégias para proporcionar a melhor interação entre os microrganismos e as plantas de soja. Os microrganismos inoculados ou já presentes no solo interagem entre si, sendo o ambiente, o principal responsável pela dinâmica de populações microbianas no solo (GONZAGA; FILHO, SILVA, 2020). Por outro lado, diversos estudos não observaram efeitos benéficos sobre a produtividade de leguminosas (BÁRBARO et al., 2009).

Portanto, o objetivo do estudo foi desenvolver uma revisão bibliográfica sobre a inoculação e coinoculação de sementes no rendimento de grãos de soja.

2. A CULTURA DA SOJA

A soja teve origem na região correspondente a China, sendo uma das espécies cultivadas a mais tempo. A cultura foi disseminada para outros países ao redor do mundo, por meio de imigrantes orientais, sendo introduzida no Brasil no século passado (EMBRAPA, 2011).

A soja, pertencente à família Fabaceae, é uma planta herbácea, de caule pouco ramificado, raiz pivotante com muitas ramificações, possuem folhas trifolioladas,

fecundação autógama, flores brancas ou roxas, e frutos classificados como legumes (vagens). Os grãos de soja apresentam altos teores de proteína (40%) e óleo (20%), usados para a alimentação humana e animal (PASTORE, 2016).

O porte adequado depende da cultivar utilizada, variando de 60 a 110 cm, a fim de facilitar o processo de colheita mecânica. Apresenta crescimento determinado, semideterminado e indeterminado (SEDYAMA et al., 2015). Segundo o ciclo, os genótipos são classificados em função do grupo de maturação (GM), em precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio, com base na região de cultivo (EMBRAPA, 2011).

A necessidade hídrica varia de 450 a 800 mm durante o ciclo da cultura (SOUZA et al., 2016). A espécie possui metabolismo C_3 , apresentando baixa eficiência no uso da água, requerendo grandes quantidades, sobretudo nas fases de florescimento e enchimento dos grãos (TAIZ; ZEIGER, 2013). A faixa de temperatura ideal oscila entre 20 e 30 °C, em que temperaturas superiores somadas à baixa disponibilidade hídrica acarretam no florescimento precoce, abortamento de flores, redução na massa dos grãos e produtividade (FARIAS, 2009; MAPA, 2011).

Dentre os fatores relacionados à produção agrícola, as condições climáticas são as maiores limitadoras da produtividade, além do difícil controle. Estresses abióticos como veranicos, excesso de chuva, temperaturas muito altas ou baixas, baixa luminosidade são responsáveis por diminuir significativamente a produção (EMBRAPA, 2013).

O incremento crescente na produção está atrelado ao uso de técnicas agrícolas modernas, como o uso de cultivares melhoradas, defensivos químicos recomendados para a cultura, adoção de práticas sustentáveis, solos com fertilidade adequadas e técnicas de agricultura de precisão. Tais elementos contribuíram de forma decisiva para o aumento vertiginoso da produtividade de soja no Brasil, mantendo a posição de destaque do país frente aos demais produtores (FARIAS et al., 2021).

Vários fatores contribuíram para a expansão do cultivo, tais como a disponibilidade de terras agricultáveis, adoção de tecnologias, melhoria da infraestrutura de transporte, tornando possível a exportação em larga escala. No entanto, a expansão da monocultura desencadeou alguns desafios ambientais, sociais e econômicos, como o desmatamento, a degradação do solo e a perda de biodiversidade, efeitos negativos na economia local e nas comunidades rurais, como a concentração de terra (HUNGRIA et al., 2011).

3. NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante na atmosfera da Terra, correspondendo a aproximadamente 78% da sua composição. Nas plantas é um componente responsável por diversas reações fundamentais, sendo continente da molécula de clorofila, proteínas e enzimas (ALMEIDA, 2022).

Apresenta alta mobilidade no solo e volatilidade, o que culmina em perdas significativas (GALVÃO, 2012). Por ser um elemento essencial, a deficiência afeta a fotossíntese, a taxa de crescimento de folhas e raízes, a translocação de fotoassimilados e a produtividade (MEDING, 2019).

O nutriente pode ser absorvido do solo na forma de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), ou por meio FBN. No processo biológico, as bactérias quebram a ligação tripla do N atmosférico, disponibilizando-o na forma de N_2 e, em seguida, convertendo-o em NH_4^+ por meio de processos simbióticos com bactérias (MEDING, 2019). O aproveitamento dos adubos pelas plantas é na ordem de 50%; em via oposta, todo o requerimento nutricional de N exigido pela cultura é fornecido pela FBN (PAVANELLI et al., 2009; DALMOLIN, 2015). Nesse contexto, percebe-se a grande importância do processo biológico para a produção dessa leguminosa (BIZARRO, 2008).

Devido aos altos teores de proteínas nos grãos de soja, o N é o elemento mais requerido pela cultura (HUNGRIA et al., 2011). Os processos fisiológicos envolvidos na fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja são muito complexos, havendo múltiplas interações entre plantas e bactérias fixadoras de nitrogênio (SILVA, 2021). Não é recomendado para cultura, a adubação mineral com N, visto que não ocorre o incremento produtivo, além da redução da nodulação e da eficiência da FBN (SILVA et al., 2011).

4 INOCULAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

A agricultura brasileira tem obtido muito sucesso na pesquisa de técnicas de inoculação microbiana para atender às necessidades de nitrogênio das plantas, em especial soja e feijão (HONDA, C. et al.)

As bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, localizadas no interior dos nódulos radiculares, possuem uma enzima chamada nitrogenase, responsável por transformar o N_2 atmosférico em amônia. Assim, o emprego de inoculantes é uma

excelente alternativa para a produção de soja por substituir integralmente a adubação nitrogenada (RONSANI; PINHEIRO; PURIN, 2013).



Figura 1. Nódulos de soja em corte. Zona central vermelha devido a leghemoglobina.

Foto:Gregorio Tojilio, 2009

A enzima nitrogenase é formada por duas unidades proteicas (ferro-proteína e molibdênio-ferro-proteína), atuando em condições anaeróbicas, necessariamente. Quando a enzima está metabolicamente ativa, o interior dos nódulos é de coloração rósea (FAGAN et al., 2007).

A forma de aplicação do inoculantes mais usual é diretamente nas sementes, mas também pode ser realizada no sulco de semeadura, com dosagem superior à primeira modalidade. A aplicação no sulco é indicada nas condições em que as sementes foram tratadas com produtos deletérios à bactéria, como alguns inseticidas e fungicidas. Contudo, são poucas as informações sobre os benefícios desse método (RAMOS; RIBEIRO, 1993).

A inoculação das sementes com bactérias potencializa a FBN, promove a formação de nódulos nas raízes da planta, aumenta a absorção de N atmosférico e a disponibilidade desse nutriente no solo (MACHADO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017). Outro efeito benéfico da inoculação é que ela contribui nas defesas das plantas contra doenças fitopatogênicas, como a ferrugem asiática, uma vez que a presença de rizobactérias nas raízes pode inibir o crescimento de patógenos (BONFADA et al., 2018).

Ademais, a inoculação de sementes de soja pode melhorar a estrutura do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, promovendo a atividade microbiana, o que contribui para a fertilidade do solo (PERBONIP et al., 2019).

A fim de maximizar os resultados da inoculação, é preciso uma série de medidas, como a utilização de inoculantes devidamente registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), observar o prazo de validade, acondicionamento em condições adequadas de umidade e temperatura e verificar a concentração. Por ser um produto biológico, as sementes inoculadas devem ser semeadas no período de até 24 horas (DENARDIN, 2006; HUNGRIA, 2011).

Deve-se atentar ao manejo adequado do solo, rotação de culturas e o aporte de matéria orgânica no solo. Em áreas novas, de elevada acidez e pH (em água) menor que 5,5 recomenda-se utilizar o dobro da dose, a fim de manter a sobrevivência da espécie devido às condições de solo e pela competição entre as estirpes nativas (CHUEIRI et al., 2005).

A eficiência da inoculação é afetada pela baixa disponibilidade de fósforo (P) e cálcio (Ca) no solo, limitando o estabelecimento e desenvolvimento das plantas e associação planta-rizóbio. Em relação aos fatores ambientais, períodos de estiagem, altas temperaturas, além da incompatibilidade com produtos químicos no tratamento de sementes reduzem o potencial da técnica (MERCANTE et al., 2011).

A baixa disponibilidade de água afeta drasticamente o processo de FBN, acarretando na redução no comprimento e quantidade dos pelos radiculares, abortamento de nódulos (desidratação seguida do cessamento da enzima nitrogenase) e menor síntese de leghemoglobina (REIS JUNIOR et al., 2008).

Avaliando cinco ensaios de soja com e sem inoculação de *Bradyrhizobium*, não foi observada diferenças estatísticas para as variáveis massa de raiz, massa foliar e massa de nódulos (BÁRBARO et al., 2009).

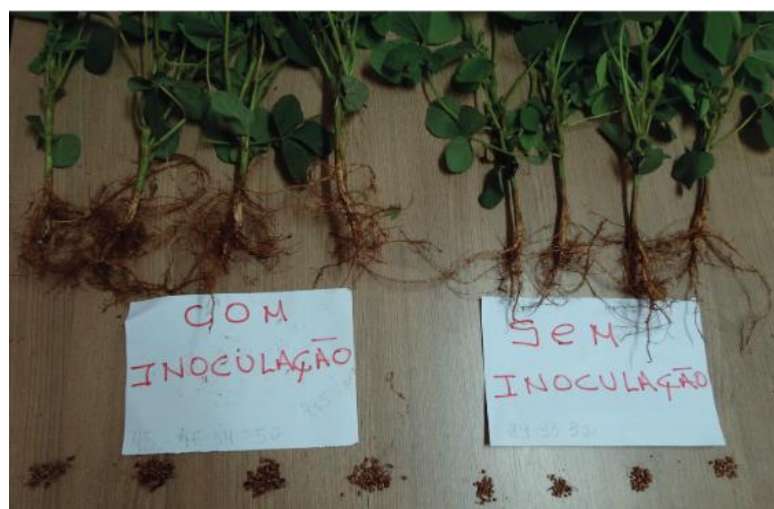


Figura 2. Soja com e sem inoculação, na safra 2018/19.
Fonte: Antônio Bodnar (2019).

5 COINOCULAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

A coinoculação é uma técnica que consiste na adição simultânea de vários tipos de microrganismos ao solo ou às sementes, objetivando um efeito sinérgico entre os mesmos, a fim de melhorar a produção de grãos e a saúde das plantas em comparação à utilização isolada (BÁRBARO et al., 2008; CAMPOS, 2014). Este processo apresenta várias vantagens, como melhorar a simbiose planta-microrganismo, intensificar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio e aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo (OLIVEIRA et al., 2017).

Ainda que seja uma técnica ainda muito recente, a coinoculação é uma estratégia promissora para melhorar a produtividade de soja, uma vez que esses microrganismos têm ações sinérgicas e complementares no solo (FERLINI, 2006; SOUZA et al., 2020). A coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* resulta em plantas mais vigorosas, com maior capacidade de absorção de água nutrientes e maior taxa de nodulação (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013). Além disso, essa associação tem sido reconhecida como um importante método de obtenção de altas produtividades em soja, sem recorrer a métodos químicos, representando um alto investimento na cultura e com menores impactos sobre o meio ambiente (BENETTI, 2017).

Alguns estudos demonstraram grande variabilidade e contradição no uso da coinoculação. Isto porque o tratamento pode estimular ou inibir nodulação radicular e o crescimento vegetal, pode apresentar efeitos benéficos sobre a produtividade de algumas leguminosas ou não manifestar respostas. Assim, o grau de eficiência do processo pode estar ligado às estirpes e ao uso de diferentes cultivares (PEIXOTO, 2018). Um fato que contribui para tal divergência nos estudos, é a escassez de pesquisas sobre o uso de *Azospirillum* em coinoculação em sementes de soja, utilizando diferentes cultivares.

Corroborando com estes dados, Bárbaro et al. (2015) ao trabalhar com duas cultivares de soja, verificou que apenas um dos genótipos foi responsivo à inoculação, com aumento no número de vagens, grãos, massa de mil grãos e produtividade. Bárbaro et al. (2011) também avaliou a coinoculação na cv. MG BR 46 Conquista, destacando o aumento expressivo na produtividade, por outro lado, Zuffo et al. (2015) não obteve aumento no rendimento de grãos.

Em quatro ensaios desenvolvidos por Hungria et al (2013), verificou-se que a inoculação possibilitou um incremento médio na produção de 222 kg ha⁻¹ (3,7 sacas), enquanto a técnica de coinoculação resultou no aumento médio de 427 kg ha⁻¹ (7,1

sacas). Portanto, a adição de *Azospirillum* ao tratamento das sementes culminou em um ganho de 205 kg ha⁻¹, evidenciando os efeitos benéficos.

Avaliando a coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cv. Nidera® 5909, Pardinho e Primieri (2015) identificaram um aumento significativo na produtividade e massa de mil grãos. Somado a isso, Meert et al. (2020) também observaram diferenças significativas com o uso de *Bradyrhizobium japonicum* e com a associação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*. A coinoculação com *B. japonicum* e *A. brasilense* não demonstrou efeito sobre o percentual de emergência das plantas e o número de vagens, contudo apresentou diferença estatística para a massa de mil grãos (BATTISTI; SIMONETTI, 2015).

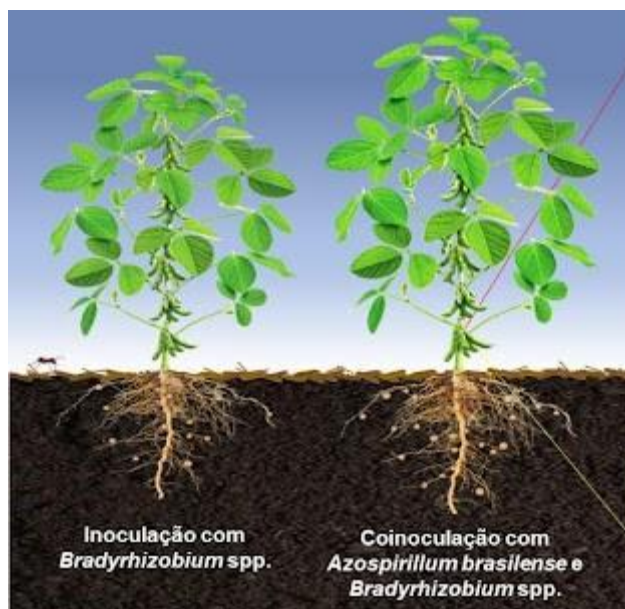


Figura 3. Soja coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium* spp.
Fonte: Physiotek Crop Science (2021, adaptado).

6. BACTÉRIAS

6.1 Rhizobium e Bradyrhizobium

Tais bactérias são habitantes naturais do solo, procarióticas, estritamente aeróbias, quimioorganotróficas, gram-negativas, possuem a forma de bastonetes e não formam esporos (SOARES, 2009).

As associações simbióticas mais comuns ocorrem entre as leguminosas e as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, porém outros gêneros realizar essa simbiose, como *Azotobacter*, *Photorhizobium* e *Sinorhizobium* (SILVA et al., 2022). Dentro desses gêneros, várias cepas são vendidas comercialmente no Brasil, como:

SEMIA 587 e SEMIA 5019, pertencentes a *B. elkanii*, e, SEMIA 5079 e SEMIA 5080, pertencentes à espécie *B. japonicum* (MEDING, 2019).

É importante lembrar que para o *B. japonicum*, é fundamental a presença de cobalto e molibdênio, pois o primeiro atua no funcionamento da nitrogenase, e o segundo integra o complexo nitrogenase, sendo a sua deficiência limitadora da FBN (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013).

Os inoculantes são comercializados na forma líquida ou turfosa, sendo a concentração recomendada de 1,2 milhão de células por semente, no mínimo (MAPA, 2011). Para a forma líquida, a dosagem não pode ser inferior a 100 mL do produto para 50 kg de sementes; para o turfoso, deve-se umedecer as sementes em uma solução açucarada a 10% (100 g de açúcar / litro de água), e acondicionar as sementes à sombra.

A fixação se inicia com a adaptação das bactérias às plantas e termina com a fixação de nitrogênio atmosférico (VILA et al., 2021). A nodulação ocorre, aproximadamente, duas horas após o contato da bactéria com as raízes. Os nódulos primários se desenvolvem na zona de alongamento e formação de pequenos pelos radiculares, considerados áreas preferenciais para infecção bacteriana fixa (SILVA et al., 2022).

O processo de infecção por rizóbios envolve diferentes agentes de sinalização entre plantas e bactérias. O modelo proposto por Fagan (2007) relataram que as bactérias da nodulação migram para as raízes como resultado da quimiotaxia. Essa resposta se deve ao fato de que as isoflavonas e betaínas secretadas pelas raízes são atrativas para as bactérias, ativando enzimas que induzem a transcrição dos genes do nódulo, esses genes codificam moléculas sinalizadoras de oligossacarídeos de lipoquitina. O receptor da planta hospedeira parece ter uma lecitina especializada produzida nos pelos radiculares.

6.2 *Azospirillum*

A inoculação possui recomendação para a cultura da soja desde o ano de 2014, no qual vem sendo um importante avanço no desenvolvimento da agricultura brasileira. Após décadas de pesquisa sobre bactérias fixadoras de nitrogênio, um outro gênero de bactéria da soja foi proposto, o *Azospirillum* (ZUFFO et al., 2015).

A espécie *Azospirillum* *brasilense* pertence a um grupo de bactérias promotoras do crescimento de plantas que colonizam a rizosfera. Essas bactérias estimulam a produção vegetal de hormônios de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas,

induzem a resistência de plantas a doenças (excreção de compostos tóxicos aos patógenos) e auxiliam na solubilização de fosfatos do solo (GLICK, 2014). Os benefícios foram inicialmente verificados quando em associação com espécies de gramíneas (ANICETO, 2016).

À medida que o volume das raízes aumenta, as plantas exploram mais o solo, elevando a taxa de absorção de água e nutrientes e reduzindo os efeitos da escassez de água (DEAK, 2020). Em situação de déficit hídrico ou baixa fertilidade, a espécie contribui para a síntese de ácido abscísico (ABA), possibilitando o crescimento radicular e, conseqüentemente, maior exploração do perfil de solo (CASSÁN et al., 2009).

As sementes coinoculadas devem ser mantidas à sombra, em temperatura e umidade adequadas e semeadas em até 24 horas (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). O maior desafio no uso desse grupo de bactéria é a incompatibilidade com os produtos químicos, prejudicando-as (HUNGRIA, 2011).

Em diversos estudos, observou-se o incremento na produtividade das leguminosas coinoculadas com *A. brasilense*, destacando-se valores superiores aos obtidos apenas com a inoculação com *Bradyrhizobium* (BURDMANN; HAMAQUI; OKON, 2000). Além disso, em estudo desenvolvido por Barassi et al (2008), o *A. brasilense* proporcionou aumento no teor de clorofila, na taxa fotossintética, na absorção de água, na altura das plantas e no acúmulo de biomassa. Contudo, Mattos (2019) não observou incremento produtivo com a coinoculação com a espécie em questão. Corroborando com esses dados, Zuffo et al. (2015) não verificou efeito sobre a altura das plantas, número de trifólio, massa seca da parte aérea, raiz e nódulos, volume radicular, acúmulo de N nas folhas e teor de clorofila com a utilização *A. brasilense* + *B. japonicum* Zuffo et al. (2015).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação e a coinoculação de sementes de soja promovem diversos benefícios para a cultura da soja como melhor capacidade fotossintética, maior crescimento radicular, maior produtividade;

A associação de microrganismos possibilita uma agricultura mais sustentável ambiental, econômica e socialmente;

Portanto, percebe-se a necessidade de estudos mais abrangentes, visando estudar o comportamento das bactérias fixadoras de nitrogênio e promotoras de crescimento em resposta aos diferentes ambientes de produção.

8. REFERÊNCIAS

- AGRONOTÍCIAS MT. **Embrapa lança novo inoculante líquido para soja**. 2013. Disponível em: www.agronoticiasmt.com.br/noticias/embrapa-lanca-novoinoculantes-liquido-para-soja.html.
- ALMEIDA, S. F. **Efeito da leonardite nas propriedades químicas do solo e no crescimento de plantas jovens de oliveira (*Olea europaea* L.) cultivadas em vasos**. 2022. Dissertação (Mestre em Agroecologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.
- ANICETO, R. M. **Modulação da comunidade bacteriana associada ao milho (*Zea mays* L.) através da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade de São Paulo, 2016.
- BARASSI, M. R.; COLE, M. A.; ELLIOTT, R. J. R. Stochastic Divergence or Convergence of Per Capita Carbon Dioxide Emissions: Re-examining the Evidence. **Environ Resource Economics**, v. 40, p. 121–137, 2008.
- BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. *Colloquium Agrariae*, v. 5. **2009b**. <https://doi.org/10.5747/ca>, p. v05, 2009.
- BÁRBARO, I. M. et al. Técnica alternativa: co-inoculação com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade da cultura da soja no Norte do Estado de São Paulo. **Informações Tecnológicas**, Campinas, 2008.
- BÁRBARO, I. M.; et al. Desempenho de cultivares de soja em resposta a co-inoculação nas sementes. **Ciência & Tecnologia Fatec-JB**, v. 7, n. esp., 2015.
- BATTISTI, A. M.; SIMONETTI, A. P. M. M. Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista cultivando o saber**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 294-301, set. 2015..
- BENETTI, R. **Utilização de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas em co-inoculação e na parte aérea da soja (*Glycine max*)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2017.
- BIZARRO, M. J. **Simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* associadas a cultura da soja em diferentes manejos de solo**. 2008. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BONFADA, M. L. et al. Efeito da inoculação em sementes de trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). In: **CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27.; SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 4.**, 2018.

BULEGON, L.G. **Azospirillum brasilense e reguladores vegetais na mitigação dos efeitos da intoxicação por mesotritona no milho e do déficit hídrico na soja**. 2019. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, MARECHAL CÂNDIDO RONDON, Paraná. 2019.

BURDMANN, S.; HAMAOU, B.; OKON, Y. **Improvement of legume crop yields by coinoculation with Azospirillum and Rhizobium**. The Otto Warburg Center for Agricultural Biotechnology. Israel: The Hebrew University of Jerusalem, 2000.

CAMARA, G. M. S. Fixação Biológica de nitrogênio em soja. **Informações agronômicas**, n. 7, 2014.

CAMPOS, L. J. C. Coinoculação da soja. **Rev. Fronteira Agrícola**, n. 4, 2014.

CARVALHO, T. L. G.; et al. Nitrogen signalling in plant interactions with associative and endophytic diazotrophic bacteria. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 5631-5642., 2014.

CASSÁN, F. et al. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 28–35, 2009.

CHUEIRI, W. A.; PAJARA, F.; BOZZA, D. **Importância da inoculação e nodulação na cultura da soja**. Manah: Divulgação técnica, nº 169. 2005..

CONAB, Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 8, p. 1-108, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 out. 2022.

DALMOLIN, A. K. **Aplicação Foliar de Molibdênio e Cobalto na Cultura da Soja: Rendimento e Qualidade de Sementes**. 2015. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

DEAK, E. A. et al. **Adubação com enxofre e coinoculação na cultura da soja: produtividade e qualidade de grãos**. 2020. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020.

DENARDIN, N. D. **Aplicação de inoculantes define sucesso da nodulação**. Visão Agrícola, Piracicaba, USP/ESALQ, v. 5, p. 35-37, 2006.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa apresenta cultivares de soja para safra 2013/2014 em MS**. Dourados-MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

FAGAN, E. B. et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos – Agricultura**. 2006.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p.

FARIAS, V. D. et al. **Efeito da concentração da soja e algodão na produtividade de culturas essencialmente dependentes da polinização animal no centro-oeste brasileiro**. 2021. Dissertação (Mestre em Agronegócio) - Universidade Federal De Goiás, 2021.

GALVÃO, F. C. A. **Desempenho da cultura da soja sob diferentes recomendações de adubação: estudo de caso, fazenda Vereda, Cristalina – GO**. 2012. 56 f. Monografia Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

GITTI, D. C. **Inoculação e coinoculação na cultura da soja**. Fundação MS, 2019. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/234/234/newarchive-234.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2020.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological Research**, v. 169, n. 1, p. 30–39, 2014.

GONZAGA, T. O. D.; FILHO, A. S.; SILVA, V. L. Interação *bradyrhizobium* e *azospirillum* em cultivares de soja (*glycine max* (l.) Merrill) e seus efeitos na produtividade *Bradyrhizobium* and *azospirillum* interaction in soybean cultivars (*Glycine Max* (l.) Merrill) and their effects on productivity. **Scientific Electronic Archives**, n.1, v. 13, 2020.

HONDA, C. et al. Metabólitos secundários e e coinoculação com *Azospirillum* na nodulação de soja afetada por verânico. In: ENCONTRO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL, 14., 2014, João Pessoa. **Anais...**João Pessoa: Embrapa, 2014.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. 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.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de Coinoculação da Soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. **Resumos da XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina-PR, 2013.

JACQUES, A. P. et al. Isolados nativos de *Trichoderma* spp. Como promotor de crescimento na fase inicial da cultura da soja Native isolates of *Trichoderma* spp. As a growth promoter in the initial phase of soybean culture. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 108150-108166, 2021.

MACHADO, R. G. et al. Isolamento, autenticação e seleção de rizóbios isolados de *Adesmia*. **TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul**, v. 20, n. 1, p. 14-19, 2016.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução Normativa N° 13**, de 24/03/20011. Disponível em: <[http:// extranet.agricultura.gov.br/sislegis/](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/)>. 2011.

MARSCHNER, Horst. Marschner's mineral nutrition of higher plants. **Academic press**, 2011.

MATTOS, M. L. T. *et al.* Novas estirpes de *Bradyrhizobium* para incremento da produtividade de genótipos de soja em terras baixas. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2019.

MEDING, R. F. S. **Diferentes doses de nitrogênio no desempenho do rabanete**. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Faculdade da Amazônia. Vilhena, p. 34. 2019.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Estratégias para Aumentar a Eficiência de Inoculantes Microbianos na Cultura da Soja**. Dourados. 2011. (Comunicado técnico). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/911982>.

MEERT, L. et al. Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Cultura Agrônômica, Ilha Solteira**, v. 29, n. 1, p. 118-129, 2020.

OLIVEIRA, J. R., et al. Inoculação de rizobactérias em soja: efeitos na produção de grãos e na qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 300-306, 2017.

PARDINHO, J. P.; PRIMIERI, C. Produtividade da soja em relação à inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Cultivando o Saber**, p. 103-108, 2015.

PASTORE, S.M. et al. Relação treonina: lisina digestíveis na dieta de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.3, 2016.

PAVANELLI, L. E.; et al. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos cultivados com pastagens e culturas anuais noroeste paulista. **Bioscience Journal**, 25: 21-29, 2009.

PEIXOTO, H. D. **CO-INOCULAÇÃO DE *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliensis* EM DIFERENTES CULTIVARES DE SOJA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, Rio Grande do Sul, 2018.

PERBONIP, A. T. et al. Can be performance indexes used to select plant growth-promoting rhizobacteria?. **Photosynthetica**, v. 57, p. 68-76, 2019.

RAMOS, M. L. G.; RIBEIRO, W. Q. Effect of fungicides on survival of Rhizobium on seeds and the nodulation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Soil**, v.152, p.145-150, 1993.

REIS JUNIOR, F. B. et al. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, v. 1, p. 1139-1146, 2008.

RONSANI, A. L.; PINHEIRO, M. G.; PURIN, P. Efeitos de diferentes formulações e técnicas de inoculação no crescimento da soja. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis: SBCS, 2013.

SILVA JÚNIOR, R. A. **Coinoculação de microrganismos benéficos em sementes de soja com diferentes níveis de vigor**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2019. Disponível em:
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28844/1/texto%20completo.pdf>

SILVA, E. L. C. **Influência de aportes de nitrogênio no desenvolvimento inicial de guandu**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em:
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-11022022-170217/publico/Everton_Lemos_Cirino_Silva.pdf

SILVA, A. F. *et al.* Doses de inoculantes e nitrogênio da semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011. Disponível em:
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/8067/7555>.

SILVA, F. et al. **Soja: do plantio à colheita**. Oficina de Textos, 2022.

SOARES, R. A. Diferenças genômicas entre a estirpe *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587 e a estirpe de referência *B. Japonicum* USDA 110. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre - RS. 2009.

SOUZA, G. G. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e resíduos orgânicos em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) **Taub**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2020.

SOUZA, P. J. O. P. et al. Consumo hídrico da soja no nordeste paraense. **Irriga**, v. Edição Esp, p. 218–231, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013

VILA, V. V. et al. Microbiota do solo na tolerância de doenças em plantas: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e25910817161-e25910817161, 2021.

SEDYAMA, T.; SILVA, F.; BÓREM, F. **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015.

ZUFFO, A. M.; et al. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. *Revista de Ciências Agrárias* 38.1, 2015.