

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

JAQUELINE SPIAZZI

**CO-INOCULAÇÃO E CONDICIONADOR DE SOLO SOBRE A
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2021

JAQUELINE SPIAZZI

CO-INOCULAÇÃO E CONDICIONADOR DE SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

Trabalho de conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso II, do Curso Superior de Agronomia - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de engenheira agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro.

DOIS VIZINHOS
2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

CO-INOCULAÇÃO E CONDICIONADOR DE SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

Jaqueline Spiazzi

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 07 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a). O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Sérgio Miguel Mazaro

Prof.(a) Orientador(a)
Instituição de Vínculo

Alfredo Gouvea

Membro titular
Instituição de Vínculo

Maikely Luana Feliceti

Membro titular
Instituição de Vínculo

Alessandro Jaquiel Waclawovsky

Coordenador(a) do Curso
UTFPR – Dois Vizinhos

Angélica Signor Mendes

Responsável pelos Trabalhos de Conclusão
de Curso

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Gerson e Neide, dedicados, incentivadores, pelos ensinamentos de honestidade, trabalho intensivo e perseverança, meu orgulho.

Ao meu orientador, Sérgio Miguel Mazaro pela orientação, apoio, dedicação ao meu aprendizado, confiança, ensinamentos e conselhos. No qual sou grata por tê-lo em minha vida acadêmica.

Aos professores que passaram por minha vida, por contribuírem em meu desenvolvimento como profissional e cidadã.

Aos colegas da graduação, por compartilharem dificuldades, experiências e conhecimento.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, meus sinceros agradecimentos.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade” (ALBERT EINSTEIN).

RESUMO

SPIAZZI, J. **Co-inoculação e condicionador de solo sobre a produtividade da cultura da soja**. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso II (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

A soja é a principal cultura agrícola do Brasil, representando o principal produto de exportação. A produtividade da soja está muito associada a uma boa nutrição, sendo o Nitrogênio o principal nutriente dessa oleaginosa. Como fonte principal de nitrogênio na soja, existe o processo de absorção natural pela simbiose com a bactéria *Bradyrhizobium*. O uso da inoculação é algo primordial e já consolidado, no entanto, a associação com *Azospirillum*, o que denomina-se co-inoculação, é algo que vem demonstrando eficiência agrônômica. Também o uso de condicionadores de solo, como o emprego de ácidos húmicos e fúvicos, são alternativas que vem sendo utilizadas em associação com a co-inoculação, no sentido de melhorar a biota do solo. Ainda o emprego da escarificação do solo é algo que vem sendo associado. Nesse sentido, trabalhos que possam referenciar o uso conjunto da co-inoculação com o emprego de condicionador e a escarificação do solo, sobre a resposta de produtividade da soja necessitam ser explorados, sendo assim, o objetivo do presente trabalho. O experimento foi conduzido no município do Verê – PR, em lavoura comercial, com o emprego dos seguintes tratamentos: T1 (sem co-inoculação e sem condicionador), T2 (co-inoculação), T3 (co-inoculação + condicionador + com escarificação) e T4 (co-inoculação + condicionador + sem escarificação). Os parâmetros avaliados foram: altura de planta, número de vagens por planta, número de nós totais, altura da inserção da primeira vagem, peso de 1000 grãos e produtividade. Os resultados demonstraram que o uso da co-inoculação associada ao condicionador de solo, propiciou maior ganho de produtividade. O uso da escarificação não interferiu no processo produtivo da cultura.

Palavras-chave: Inoculação, condicionador de solo, glycine max.

ABSTRACT

SPIAZZI, J. **Co-inoculation and soil conditioners on soybean yield**. 24 f. Course Conclusion Paper II (Agronomy Course) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2021.

Soy is the main agricultural crop in Brazil, representing the main export product. Soybean productivity is closely associated with good nutrition, with Nitrogen being the main nutrient in this oilseed. As the main source of nitrogen in soybeans, there is a natural absorption process by symbiosis with the *Bradyrhizobium* bacteria. The use of inoculation is something primordial and already consolidated, however, the association with *Azospirillum*, which is called co-inoculation, is something that has been showing agronomic efficiency. Also the use of soil conditioners, such as the use of humic and fuvic acids, are alternatives that have been used in association with co-inoculation, in order to improve the soil biota. Still the use of soil scarification is something that has been associated. In this sense, studies that can refer to the joint use of co-inoculation with the use of conditioners and the scarification of the soil, on the response of soybean productivity need to be explored, thus, the objective of the present work. The experiment was carried out in the municipality of Verê - PR, in a commercial field. Using the following treatments: T1 (without co-inoculation and without conditioner), T2 (co-inoculation), T3 (co-inoculation + conditioner + with scarification) and T4 (co-inoculation + conditioner + without scarification). The parameters evaluated were: plant height, number of pods per plant, number of total nodes, height of insertion of the first pod, weight of 1000 grains and productivity. The results showed that the use of co-inoculation associated with the soil conditioner, provided greater productivity gains. The use of scarification did not interfere with the production process of the culture.

Keywords: Inoculation, soil conditioner, glycine max.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 JUSTIFICATIVA	9
3 HIPÓTESE	9
4 OBJETIVOS	9
4.1 OBJETIVO GERAL	9
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5 REFERENCIAL TEÓRICO	10
5.1 A CULTURA DA SOJA (<i>Glycine L. max</i>)	10
5.2 PRODUTOS BIOLÓGICOS: CO-INOCULAÇÃO	11
5.2.1 <i>Bradyrhizobium</i>	11
5.2.2 <i>Azospirillum</i>	12
5.3 CONDICIONADORES DE SOLO: ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS	12
5.4 ESCARIFICAÇÃO	13
6 MATERIAL E MÉTODOS	14
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	14
6.2 TRATAMENTO DE SEMENTES	14
6.3 ÁREA EXPERIMENTAL E DELINEAMENTO	14
6.4 SEMEADURA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	15
6.5 AVALIAÇÕES	15
6.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
8 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

Dentre as culturas de interesse econômico no Brasil, a soja é a principal delas, no ranking de produção o Brasil se encontra em 2º lugar, ficando atrás somente dos EUA. Possuindo uma produção em torno de 115 milhões de toneladas em uma área de mais de 35 milhões de hectares, obtendo-se então uma média de 3.200 kg/ha (EMBRAPA, 2019).

Na cultura da soja um dos elementos mais requeridos é o nitrogênio, sendo ele o responsável pelo crescimento e sustentação da mesma. Como alternativa para impedir o uso demasiado de fertilizantes nitrogenados, é a realização da inoculação e co-inoculação através das bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* que realizam simbiose com a planta (HUNGRIA et al., 2018).

Segundo Hungria et al. (2018), a inoculação realizada com o *Bradyrhizobium*, faz com que a planta capte o nitrogênio da atmosfera e pela ação da enzima nitrogenase a amônia é reduzida e transformada em compostos nitrogenados, que então são formados os nódulos e o nitrogênio é aproveitado pela planta.

Ainda segundo Hungria et al. (2018), a inoculação do *Azospirillum* permite a síntese de fitormônios, que promovem o crescimento da planta, principalmente o crescimento radicular, favorecendo assim, a nodulação quando associado ao *Bradyrhizobium*.

As substâncias húmicas e fúlvicas, se destacam por sua grande concentração de matéria orgânica. São oriundas da atividade microbiana no solo e também da degradação de resíduos animais e vegetais. Sua função é trazer ao solo melhorias na parte química, física e biológica. Os condicionadores atuam desde a germinação das sementes, desenvolvimento radicular, aumento da CTC, entre outros benefícios (BRAGA, 2010).

Também, uma prática que vem sendo utilizada por alguns agricultores é a escarificação, que serve para aumentar a porosidade do solo fazendo com que melhore a infiltração da água, e reduza a densidade do mesmo. Seu diferencial em comparação a aração e a outros métodos de revolvimento é o não revolvimento da camada superficial, fazendo com que a palhada se mantenha na superfície, trazendo inúmeros benefícios (CAMARA; KLEIN, 2005).

2 JUSTIFICATIVA

Faltam informações que validem o uso de co-inoculação em associação com condicionadores e o emprego de escarificação do solo.

3 HIPÓTESES

O uso da co-inoculação em associação com os condicionadores e o emprego da escarificação do solo incrementa a produtividade da cultura da soja.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETO GERAL

Avaliar o potencial da co-inoculação em associação com condicionadores de solo, e a escarificação do solo sobre a produtividade da cultura da soja.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o uso das bactérias *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* e utilização de ácidos húmicos e fúlvicos sobre os parâmetros agronômicos da cultura da soja.

Avaliar o emprego de escarificação do solo ou não quando utilizado o condicionador de solo.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 A CULTURA DA SOJA (*Glycine max* L.)

A soja é a oleaginosa mais produzida a nível global, sendo o principal produto exportado pelo Brasil. O país é o segundo maior produtor da leguminosa, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Com uma produção mundial de cerca de 115 milhões de toneladas, na safra de 2018/2019 o Brasil ocupou quase 36 milhões de hectares com a cultura da soja, que é a principal fonte de proteína na ração animal (EMBRAPA, 2019).

O Nitrogênio é o elemento demandado em maior quantidade pela cultura da soja, por ser o nutriente responsável pela elevação do nível de proteína no grão. Para a soja produzir 3.000 kg de grãos por hectare ela necessita de 240 kg de nitrogênio, sendo 195 kg a quantidade exportada pela cultura (HUNGRIA, 2001).

Hungria (2001) comenta ainda sobre a existência de fontes que aportam nitrogênio à cultura, podendo ser através da decomposição da matéria orgânica presente no solo; a fixação realizada por agentes não biológicos como descargas elétricas; agentes biológicos que fixam o nitrogênio atmosférico e a aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo. Sendo essa última fonte, a mais rapidamente disponibilizada às plantas, porém a um elevado custo de aplicação.

A associação entre estirpes de bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, que possuem características simbiotes (conhecidas também por rizóbios ou bradirrizóbios), e a planta de soja, ocorre através de um processo no qual a semente e a radícula liberam exsudatos, que atraem e estimulam o crescimento de rizóbios na rizosfera das plantas (HUNGRIA, 2001).

As plantas de soja que se encontram em processo inicial de nodulação possuem aspecto amarelado em relação àquelas que tiveram aplicação nitrogenada de base, justamente por formulados comerciais estarem em uma forma prontamente disponível às plantas, sem que a soja precise realizar gasto energético para absorvê-lo. Em processo de fixação biológica, a planta tem um pequeno gasto energético ao criar os nódulos, gasto esse que é repostado ainda no ciclo vegetativo da planta respondendo em boa nutrição e produtividade (HUNGRIA, 2001).

5.2 PRODUTOS BIOLÓGICOS: CO-INOCULAÇÃO

As bactérias promotoras de crescimento em plantas realizam importantes funções que melhoram o desempenho vegetal, funções relacionadas a hormônios de crescimento e a fixação biológica nitrogenada. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* são amplamente estudadas no que se diz respeito a fixação do elemento nitrogênio em plantas leguminosas. Já a bactéria *Azospirillum* além de também promover a FBN ela também promove o crescimento de pelos radiculares e melhora a eficiência das raízes quanto a absorção de água e nutrientes (CHIBEBA, 2015).

A formação de nódulos inicia-se nos pelos radiculares, assim, Chibeba (2015) conclui que a co-inoculação de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* conseguem promover nodulação precoce em plantas já que o *Azospirillum* está envolvido na indução mais acelerada do crescimento radicular. Os fitormônios que promovem melhor desenvolvimento radicular e a fixação biológica de nitrogênio proporcionam incremento de produtividade (BATTISTI; SIMONETTI, 2016).

5.2.1 *Bradyrhizobium*

Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* são gram-negativas, diazotróficas, procariotas e que necessitam da enzima nitrogenase para efetuarem a fixação biológica (FERNANDES; RODRIGUES, 2014). Conseguem capturar o nitrogênio atmosférico e reduzi-lo a compostos como nitratos e amônia, aproveitáveis pela planta. É uma forma de fornecer nitrogênio à cultura com menores custos e riscos ambientais reduzidos (MELO; ZILLI, 2009).

Segundo Hungria (2001), as bactérias, especificamente as do gênero *Bradyrhizobium*, penetram na planta que, através de um processo infeccioso promovem o crescimento de células específicas na planta responsáveis pela formação de nódulos onde as bactérias permanecem alocadas.

Quando esses nódulos estão em pleno funcionamento, a sua coloração interna é avermelhada por conta da presença de uma proteína chamada leghemoglobina, responsável pelo transporte de oxigênio na manutenção das atividades dos microrganismos. A presença da bactéria *Bradyrhizobium* no solo consegue suprir de maneira eficiente cerca de 94% do nitrogênio que a soja

demanda para produzir grãos (HUNGRIA et al., 2001; BRANDELERO; PEIXOTO; RALISCH, 2008).

A soja, no início do processo de fixação nitrogenada se torna um tanto clorótica, pois as bactérias utilizam parte de seus fotoassimilados para produzir a energia necessária à realização da FBN. Em contrapartida, a planta sintetiza suas proteínas pela utilização do nitrogênio fixado biologicamente pelas bactérias e se recupera do amarelecimento inicial rapidamente (FERNANDES; RODRIGUES, 2014).

5.2.2 *Azospirillum*

A bactéria do gênero *Azospirillum brasiliensis* é um organismo diazotrófico (quando a bactéria se associa a planta em mutualismo, fixando nitrogênio e obtendo em troca o carbono) (ARAUJO, 2013).

A utilização da bactéria do gênero *Azospirillum brasilense* promove inúmeros benefícios para a cultura da soja, já que sintetiza hormônios vegetais como a giberelina, citocinina, auxina e etileno, benéficos para a planta e responsáveis por seu crescimento e desenvolvimento principalmente na parte radicular (MUNARETO et al., 2019).

Por ocorrer a expansão da área radicular, a planta acaba por sintetizar mais nutrientes fazendo com que aumente a nodulação, juntamente com a estrutura e fertilidade do solo. Essa técnica vem sendo aplicada cada vez mais, tendo em vista que ocorrem muitas perdas nas aplicações dos fertilizantes nitrogenados e por fim gerando impactos ao meio ambiente (MUNARETO et al., 2019).

5.3 CONDICIONADORES DE SOLO: ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS

Os ácidos húmicos e fúlvicos fazem parte da matéria orgânica do solo, proporcionando uma melhora no metabolismo vegetal e também melhora as propriedades do solo.

Dentre muitos benefícios proporcionados pelos ácidos húmicos e fúlvicos, está o aumento da CTC, proporcionando uma maior retenção de água no solo,

estabilidade do Ph, menor risco de erosão e por consequência menor perda de nutrientes. Auxiliam também no crescimento radicular, e aumento da biomassa (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015).

São estimulantes da síntese da auxina, que atua na germinação e crescimento radicular (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015).

Segundo Bowden et al. (2010), a utilização de condicionadores de solo proporciona um aumento na produtividade de até 21%, e teor de proteína de até 9%).

Reduzindo, contudo, aplicações de fertilizantes, posteriormente custos e também a poluição que ocorre pela perda do N por volatilização, lixiviação e erosão (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015).

5.4 ESCARIFICAÇÃO

A escarificação do solo é um manejo que se realizado corretamente pode trazer muitos benefícios e aumentar a produtividade significativamente, caso contrário, o solo pode ser degradado, perdido por erosão, a parte química, física e biológica pode ser afetada, e então os potenciais benefícios serão perdidos (SANTOS et al., 2019).

A compactação é uma das principais causas da diminuição da produtividade nas culturas, causada principalmente pelo tráfego de maquinários, e a escarificação surge então para diminuir esse problema (NAGAHAMA et al., 2016).

A escarificação promove a descompactação do solo, aumentando a aeração, permitindo assim a maior infiltração de água e aprofundamento das raízes e posterior aumento da produtividade (SANTOS et al., 2019).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido durante a safra 2019/20 no município do Verê – PR. O solo da região do Verê é classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico. O clima subtropical classificado como Cfa. A precipitação pluviométrica anual encontra-se entre 1.800 a 2.000 mm anuais, com tendência de concentração de chuvas nos meses do verão, sem estação seca definida (ALVARES *et al.*, 2013).

6.2 TRATAMENTO DE SEMENTES

A cultivar utilizada foi a Monsoy (M 5917 IPRO). As sementes da cultivar convencional receberam o tratamento químico industrial (padrão Bayer), e posteriormente realizado o tratamento com os inoculantes.

Os inoculantes utilizados foram à base de *Bradyrhizobium japonicum* - SEMIA 5079 e 5080, concentração bacteriana: 5×10^9 UFC/ml e *Azospirillum brasilense* - Cepas Ab-V5 e Ab-V6 (UFPR), concentração bacteriana: $2,0 \times 10^8$ UFC/ml.

6.3 ÁREA EXPERIMENTAL E DELINEAMENTO

O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, contendo quatro tratamentos, sendo T1 = Testemunha, T2 = co-inoculação, T3 = co-inoculação + condicionador + escarificação e T4 = co-inoculação + condicionadores + não escarificado, em quatro repetições. As parcelas foram de 4 x 10 metros. A área útil colhida de cada parcela foi de dois metros das três linhas centrais, com espaçamento entre linhas de 0,45 centímetros (área útil 2,70 m²), descartando a linha de bordadura de cada lado da parcela.

6.4 SEMEADURA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Utilizando semeadura mecanizada, sendo a semeadora de 10 linhas, com aplicação do ácido húmico e fúlvico na linha de cultivo (sulco) na dosagem de 20L/ha, produto comercial Lottus.

A escarificação foi utilizada com emprego de escarificador mecanizado, acoplado no trator, com potencial de rompimento de camada de até 20 cm, sendo as hastes espaçadas a cada 45 cm, sendo tal prática utilizada antes da semeadura.

Os tratos culturais como adubação, controle de invasoras, pragas e doenças foram realizados conforme manejo tecnológico utilizado pelo produtor.

6.5 AVALIAÇÕES

Para os componentes de rendimento, foram coletadas 10 plantas aleatórias na parcela amostral, durante o período da colheita, as quais foram levadas ao laboratório para as avaliações altura de planta, número de vagens por planta, número de nós totais, altura da inserção da primeira vagem.

Para a variável produtividade foi realizada a colheita manual das plantas da área útil de cada parcela. Então as plantas foram trilhadas e pesadas, obtendo seu peso total e, também realizou-se a pesagem de mil grãos, segundo metodologia das regras para análises de sementes, Brasil (2009). A umidade foi determinada em conjunto com a pesagem, a fim de reduzir a variação desse parâmetro, com o auxílio do determinador de umidade da Multigrain®.

6.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do experimento foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors. Posteriormente submetidos à análise de variância (ANOVA). Obtendo-se significância entre os dados, os mesmos foram agrupados pelo teste de médias de Tukey, utilizando o programa estatístico Genes (CRUZ, 2006).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que das variáveis avaliadas, somente peso de 1000 grãos e produtividade, foram significativos (Tabela 1). Sendo que, o uso da co-inoculação, em associação com condicionador de solo propiciaram os maiores ganhos de produtividade. O fator escarificação não demonstrou efeito positivo de acréscimo de produtividade.

Tabela 01 - Componentes de rendimento e produtividade de soja com o uso de co-inoculação e condicionadores de solo, Verê – PR, 2021

Tratamentos	Altura de planta (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de nós totais	Número de vagens por planta	Peso 1000grãos	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	95,65	22,33	41,58	78,93	148,07 b	4.493,04 b
T2	95,42	21,09	39,37	78,75	156,43 a	4.996,52 ab
T3	94,53	22,15	36,13	66,50	153,56 a	5.314,02 a
T4	97,06	23,08	35,78	65,25	155,54 a	5.292,72 a
Média	95,66	22,16	38,21	72,36	153,40 a	5.024,08
CV (%)	3,03	9,87	13,68	10,88	12,34	6,51

P < 0,05 = Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV = Coeficiente de variação; T1 = Testemunha, T2 = Co-inoculação, T3 = Co-inoculação + Condicionadores + Escarificação e T4 = Co-inoculação + Condicionadores + não escarificado.

Referente a variável peso de 1000 grãos, é possível inferir que todos os tratamentos (T2, T3 e T4) foram melhores que a testemunha (T1). Corroborando com os dados do presente estudo, em que, a co-inoculação (T2) obteve um bom resultado, demais pesquisas, demonstram a eficiência da co-inoculação, no qual as plantas de soja apresentam uma nodulação mais abundante e precoce, quando co-inoculadas com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* (PRANDO, 2019).

Pesquisa realizada por Meert et al. (2020), com objetivo de avaliar o efeito da inoculação e co-inoculação de sementes de soja com diferentes bactérias fixadoras de nitrogênio, associadas ou não à adubação nitrogenada, sobre os componentes de produção, produtividade e acúmulo de nitrogênio da cultura da soja, demonstrou que para o número de vagens e o número de grãos por vagem não foram afetados

pela adubação nitrogenada, mas foram significativamente maiores nos tratamentos com *Bradyrhizobium japonicum* e com a associação de *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum*. Na ausência da adubação nitrogenada, a produtividade de grãos foi superior com a co-inoculação, e na presença de adubação nitrogenada a produtividade foi estatisticamente igual, sendo, portanto, a co-inoculação sem adubação nitrogenada é o melhor tratamento, devido ao menor custo. Houve um incremento 12% maior da co-inoculação em relação a inoculação, sem a adubação nitrogenada.

Segundo Hungria et al. (2015), as plantas de soja co-inoculadas com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* apresentam ganho médio de produtividade de 16%, com uma nodulação mais abundante e precoce.

Em contrapartida, Zuffo e colaboradores (2015), com o objetivo de avaliar o efeito da co-inoculação em diferentes taxas de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* sobre o desenvolvimento morfofisiológico e nodulação da soja. Avaliando assim, no início do florescimento (R1), determinou as características altura da planta, número de folhas trifoliadas, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca dos nódulos, volume da raiz, teor de clorofila foliar e teor de nitrogênio foliar. Concluíram que, a aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de três mL/kg de semente proporcionou melhor desempenho morfofisiológico e maior nodulação na cultura da soja em vaso. O uso de *Azospirillum brasilense* sozinho e em co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* não teve efeito significativo nos parâmetros avaliados.

Para a variável produtividade (Tabela 1), podemos verificar que o tratamento três e o tratamento quatro não se diferiram entre si e obtiveram resultados melhores que a testemunha (T1), contudo o tratamento dois, também não se diferiu do tratamento três e do tratamento quatro.

Os dados da presente pesquisa, corroboram com o resultado encontrado por Catuchi et al. (2016), em relação a variável produtividade. Os autores, conduziram o trabalho com o objetivo avaliar o desempenho da cultura da soja com relação à aplicação de ácidos fúlvicos e húmicos no sulco de semeadura e via foliar juntamente com herbicidas. Deste modo, concluíram que o ácido húmico em aplicação no sulco de semeadura e via foliar na dose de 380 g.ha⁻¹ no estágio V4 da cultura da soja, promoveu aumento do crescimento vegetativo das plantas e

aumentou do número de vagens por planta, repercutindo no aumento de produtividade de grãos.

De acordo com Bernardes, Reis e Rodrigues (2011), a inclusão de ácidos húmicos e fúlvicos nos cultivos agrícolas pode melhorar os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo. Essas substâncias também, têm capacidade de estimular o desenvolvimento radicular, com maior ramificação e número de raízes finas e conseqüentemente, aumentar assim a absorção de nutrientes. Podendo também aumentar a biomassa da parte aérea de plantas (CARON; GRAÇAS; CASTRO, 2015).

As substâncias húmicas são importantes, pois auxiliam no desenvolvimento das plantas, interferindo indiretamente no metabolismo vegetal através do aumento da capacidade de trocas no solo, fornecimento de nutrientes e retenção da umidade (ROCHA; ROSA, 2003).

O gráfico 1 representa o ganho de produtividade para cada tratamento, T1 = Testemunha, T2 = Co-inoculação, T3 = Co-inoculação + Condicionadores + Escarificação e T4 = Co-inoculação + Condicionadores + não escarificado.

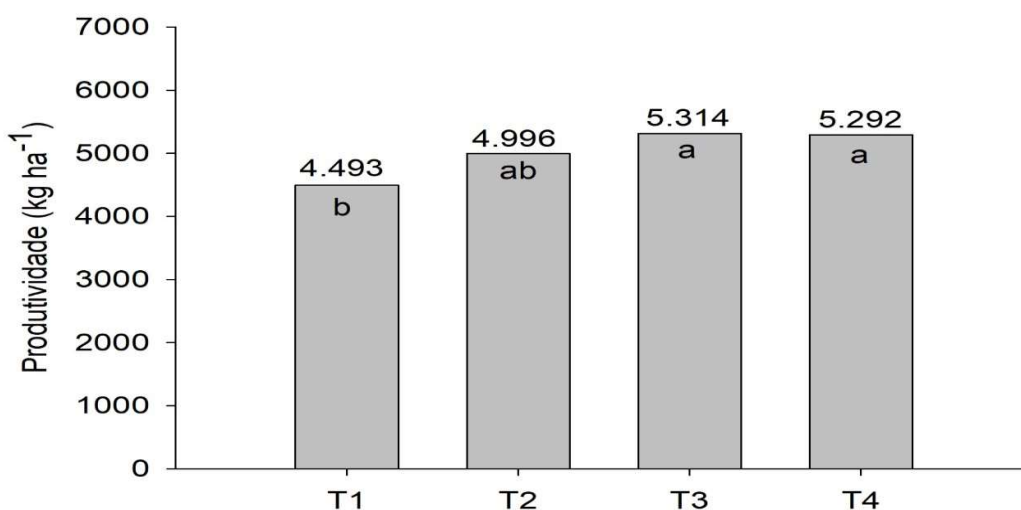


Gráfico 1 – Produtividade em relação a cada tratamento. Dois Vizinhos, 2021.
Fonte: Autor (2021).

Conforme pesquisa de Barbaro et al. (2009), com objetivo de avaliar a eficiência da co-inoculação de *Azospirillum brasilense* juntamente com *Bradyrhizobium* na cultura da soja, visando incrementar a produtividade, através da otimização da fixação biológica do nitrogênio, bem como, testar duas formulações de inoculantes a base de *A. brasilense*: suporte líquido e turfoso. Avaliaram, no início do florescimento o número de nódulos, massa seca nodular, massa seca radicular e da parte aérea, através da coleta de 10 plantas/parcela. Os autores puderam concluir que, houve efeito positivo da co-inoculação para a cultura no rendimento e peso de mil grãos. O trabalho sugere quão importante é dar continuidade a pesquisa envolvendo co-inoculação em soja como alternativa mundial sustentável e econômica.

Na presente pesquisa alcançamos maior produtividade com a co-inoculação e com o uso associado dos condicionadores de solo (substâncias húmicas e fúlvicas). Em que, as substâncias húmicas apresentam capacidade de estimular o sistema radicular, aumentando a ramificação e o número total de raízes e conseqüentemente também a biomassa (ZANDONADI et al., 2007).

A pesquisa realizada por Gitti (2014), sobre a influência da inoculação e co-inoculação na cultura da soja nas características agrônômicas e componentes de produção em sucessão ao milho em consórcio com braquiária em plantio direto. Mostrou que, a co-inoculação de sementes com as bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, embora sem diferenças de produtividade em relação à inoculação apenas com o *Bradyrhizobium*, pode contribuir com o aumento de número de nódulos por planta. No entanto o autor enfatiza, que mais trabalhos de pesquisa devem ser realizados, avaliando a co-inoculação na cultura da soja, uma vez que os resultados são inconsistentes para afirmar com certeza o aumento de produtividade.

O uso da escarificação, técnica utilizada por alguns produtores, não demonstrou interferência quanto aos parâmetros avaliados de produtividade, sendo nesse sentido desaconselhado.

8 CONCLUSÕES

Conclui-se que a co-inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* aplicados na cultura da soja, em associação com condicionador de solo a base de ácidos húmicos e fúlvicos propiciam ganhos de produtividades. O uso de escarificação não demonstrou interferência no processo produtivo da cultura.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, S. de. **Azospirillum: uma bactéria fixadora de nitrogênio ou produtora de hormônios?** Disponível em: <<http://www.anpii.org.br/azospirillum-uma-bacteria-fixadora-de-nitrogenio-ou-produtora-de-hormonios/>>. Acesso em: 15 out. 2013.

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

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 - Pr, v. 8, n. 3, p.294-301, 20 out. 2016.

BÁRBARO, I. M., MACHADO, P. C., JUNIOR, L. S. B., TICELLI, M., MIGUEL, F. B., DA SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**. v. 5, n. 1, p. 01-07, 2009.

BRAGA, G. N. M. **Condicionadores de Solos - Ácidos Húmicos e Fúlvicos**. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/06/condicionadores-de-solos-acidos-humicos.html>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BERNARDES, F. M.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F. Efeitos da aplicação de substância húmica em mudas de tomateiro. **Global Science and Technology**, v. 4, n.3, p. 92-99, 2011.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - Pr, v. 30, n. 3, p.581-588, 11 jan. 2008.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Passo Fundo - Rs, v. 1, n. 29, p.789-796, jul. 2005.

CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S.; BRESSAN, F. V.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura e via foliar. **Colloquium Agrariae**, [S.l.], v. 12, n. Especial, p. 36-42, 2016.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* promove nodulação precoce. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Curitiba - Pr. Congresso mercosoja 2015. Curitiba - Pr: **Embrapa Soja**, v. 7, p. 1 – 4, 2015.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Estatística Experimental e Matrizes. 1st ed. Viçosa: UFV, 2006.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2018/19)**. Londrina - Pr: Embrapa, 2019.

FERNANDES, J. R. C.; RODRIGUES, P. **Importância da inoculação com bactérias Rhizobium e Bradyrhizobium na produção de leguminosas e o uso do azoto**. 2014. Disponível em: <<http://www.agronegocios.eu/noticias/importancia-da-inoculacao-com-bacterias-rhizobium-e-bradyrhizobium-na-producao-de-leguminosas-e-o-uso-do-azoto/>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

GITTI, D. de C. Inoculação e Co-inoculação na Cultura da Soja. **Tecnologia e Produção: Soja**, v. 2015, p. 15-28, 2014.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina - Pr: Embrapa Soja, 48 p., 2001.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T. de. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/ coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. Londrina - Pr: Embrapa, 2018.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium spp.* and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to

improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, 2015.

MEERT, L.; FERNANDES, F. B.; MÜLLER, M. M. L.; ARY, D.; RIZZARDI, J. D. S. E. Inoculação e coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 29, n. 1, p. 118-129, 2020.

MELO, S. R. de; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 44, n. 9, p.1177-1183, set. 2009.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. S.; ROSA, G. B. Alternativas de manejo de nitrogênio usando *Azospirillum brasilense* em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 54, p.0-30, 2019.

NAGAHAMA, H. D. J.; GRANJA, G. P.; CORTEZ, J. W.; RAMOS, R. L.; ARCOVERDE, S. N. S. Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 5, p.741-746, out. 2016.

PRANDO, A. M. Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná. **Embrapa**, Circular Técnica, n. 156, nov. 2019.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmicas aquáticas: interações com espécies metálicas**. São Paulo, UNESP. P. 120, 2003.

SANTOS, E. L. D.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; VIEIRA, M. J.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Chiseling and gypsum application affecting soil physical attributes, root growth and soybean yield. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 50, n. 4, p.01-46, 2019.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p. 14-20, 2014.

ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. **Planta**, Berlin, v. 225, n.1, p. 1583-1595, 2007.

ZUFFO, A. M., REZENDE, P. M., BRUZI, A. T., OLIVEIRA, N. T., SOARES, I. O., NETO, G. F., SILVA, L. O. Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.