

**MANEJO DE INOCULANTES E FUNGICIDAS APLICADOS VIA SEMENTE
SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

Vinicius de Paula Lucas², Martios Ecco¹ e Vanderlei Loss Junior²

¹ Professor Dr. do curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, campus Toledo, Avenida da União, 500, 85902-532, Toledo, Paraná. E-mail: ecco.martios@pucpr.br

² Estudantes do curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, campus Toledo, Avenida da União, 500, 85902-532, Toledo, Paraná. E-mails: viniciusplucas@outlook.com; vanderlei_loss@hotmail.com

RESUMO: A soja é a principal cultura de verão da região oeste do Paraná, tornando-se necessário muitas vezes realizar o tratamento químico das sementes e a inoculação simultânea das mesmas. Tendo em vista estes manejos, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, de forma isolada e coinoculada, em sementes de soja com e sem tratamento químico com fungicidas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial com oito tratamentos; (01) inoculação com *Azospirillum*, (02) inoculação com *Bradyrhizobium*, (03) coinoculação com *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*, (04) Testemunha sem inoculação, estes quatro primeiros foi realizado aplicação de fungicidas via semente. (05) inoculação com *Azospirillum*, (06) inoculação com *Bradyrhizobium*, (07) coinoculação com *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* e (08) testemunha – sem nenhum tratamento químico nas sementes. Após as variáveis de produção serem quantificadas foram submetidas ao teste de tukey. Não houve interação entre os fatores inoculação e tratamento químico das sementes, entretanto, houve efeito isolado para todas as variáveis analisadas, na qual não foi detectado incompatibilidade do tratamento químico com a inoculação e, que quando realizado a aplicação com *Azospirillum*, resultou em maior produtividade devido possivelmente a maior desenvolvimento do sistema radicular e maior número de nódulos por *Bradyrhizobium*.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrogênio. Simbiose. Tratamento de sementes.

**MANAGEMENT OF INOCULANTS AND FUNGICIDES APPLIED VIA SEED ON
THE AGRICULTURAL PERFORMANCE OF SOYBEAN**

ABSTRACT: Soybean is the main summer crop in the western region of Paraná, making it necessary to carry out the chemical treatment of seeds and their simultaneous inoculation. The objective of this work was to evaluate the influence of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*, in an isolated and coinoculated manner, on soybean seeds with and without chemical treatment with fungicides. The experimental design was a randomized complete block design with eight treatments; (01) inoculation with *Azospirillum*, (02) inoculation with *Bradyrhizobium*, (03) co-inoculation with *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*, (04) Witness without inoculation, the first four were applied fungicide application via seed. (05) inoculation with *Azospirillum*, (06) inoculation with *Bradyrhizobium*, (07) co-inoculation with *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* and (08) control - without any chemical treatment in the seeds. There was no interaction between the inoculation and chemical treatment of the seeds, however, there was an isolated effect for all variables analyzed, in which no incompatibility of the chemical treatment with the inoculation was detected and, when applied with *Azospirillum*, resulted in higher yield possibly due to the greater development of the root system and greater number of nodules by *Bradyrhizobium*.

KEY WORDS: Nitrogen. Symbiosis. Treatment of seeds.

INTRODUÇÃO

Para a obtenção de uma lavoura de soja de qualidade, são essenciais algumas práticas, como; o correto preparo do solo, semeadura na época adequada, utilização apropriada de herbicidas e a boa regulação da semeadura. O produtor, deve estar atento, ao ataque de patógenos nas sementes de soja, pois este fator pode ser considerado como uma das principais causas que levam à perda da qualidade fisiológica, provocando redução na germinação, consequentemente na população final de plantas.

É de conhecimento a grande importância da semente para o estabelecimento da cultura, além de ser um grande veículo de disseminação e sobrevivência de muitos patógenos, como; *Phomopsis sojae*, *Colletotrichum truncatum*, *Cercospora kikuchii*, *Fusarium semitectum*, *Sclerotinia sclerotium*, *Aspergillus flavus* e *Rhizoctonia solani*, afetam significativamente o rendimento da cultura, tornando uma grande preocupação para o agricultor. Portanto, o tratamento de sementes com fungicidas é extremamente importante para reduzir a severidade de prejuízos causados por patógenos associados às mesmas e também para proteger as sementes contra fungos de solo (Campo et al., 2010; Costa et al., 2013), evitando a disseminação de fitopatógenos e a infecção prematura das plantas, assim como uma garantia adicional para a emergência das plântulas em condições adversas de semeadura, reduzindo os índices de perdas (Pereira et al., 2007).

O tratamento químico de sementes de soja, principalmente com fungicidas é uma prática amplamente difundida. Aproximadamente cerca de 95% das sementes de soja comercializadas no Brasil recebem tratamento com produtos químicos protetores (Pereira et al., 2010). Tal prática confere à planta condições de defesa, possibilitando maior potencial para o desenvolvimento desde o início de seu ciclo.

Outra prática muito comum por muitos produtores é a inoculação por meio de produtos contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium* em sementes de soja, na qual proporciona significativa redução no custo de produção dessa cultura pela eliminação da necessidade de adubação nitrogenada. Com isto, reduz os efeitos negativos ao meio ambiente, devido ao processo de lixiviação de fontes nitrogenadas, eutrofização e, poluição da atmosfera pela volatilização das fontes contendo nitrogênio (Bueno et al., 2003).

A inoculação em áreas com histórico de cultivo de soja pode e deve ser realizada anualmente, pois no período de entressafra de soja ocorre competição entre bactérias fixadoras

do nitrogênio e outros microrganismos nativos da área agrícola, reduzindo a população de bactérias eficientes na fixação do nitrogênio (Câmara, 2014).

O *Azospirillum*, não é uma bactéria específica, por não apresentar preferência por plantas de determinada família ou gênero (Pastore, 2016). Têm sido observado em alguns trabalhos (Zilli et al., 2009) que estas bactérias estimulam o aumento da densidade e comprimento de pelos radiculares em fabáceas, aumentando a taxa de enraizamento lateral.

De acordo com Battisti e Simonetti (2015), e Bárbaro et al. (2011), as utilizações de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* com a técnica da co-inoculação em fabáceas resulta em ganho de produtividade, pois incrementam consideravelmente na nodulação e no crescimento radicular, proporcionando uma melhora na absorção de água e nutrientes principalmente o nitrogênio. Em estudos onde utilizou-se *Azospirillum brasilense*, evidencia-se que este efeito positivo da co-inoculação é devido a aptidão destas produzirem fitohormônios que resultam em um maior crescimento radicular, contudo, estas podem explorar um volume mais amplo de solo.

Estes microrganismos como o *Bradyrhizobium*, podem apresentar sintomas de toxidez pelo uso de produtos químicos como os fungicidas aplicados juntamente a inoculação das sementes, podendo deixar a cultura sem nodulação, dependendo do local de cultivo e do número de bactérias nativas presentes (Costa et al., 2013) devido à falta de compatibilidade entre fungicidas, inseticidas e inoculantes. De acordo com Hungria et al. (2007), pode haver reduções de até 98% na população de *Bradyrhizobium* quando as sementes forem tratadas com fungicidas/inseticidas aos quais não são tolerantes.

A quantidade de cepas de inoculantes selecionadas na superfície da semente deve ser aumentada para suprir as quantidades necessárias de N requeridas pelas cultivares mais produtivas, mas os benefícios podem ser restringidos devido à toxicidade dos produtos químicos nas bactérias inoculadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, de forma isolada e co-inoculada, com e sem o uso do tratamento químico de sementes de soja sobre as variáveis de produção da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo em propriedade particular pertencente ao município de Vera Cruz do Oeste – PR, situado a 25°04' de Latitude Sul e 53°53' de Longitude Oeste e a 615 m de altitude.

O solo da propriedade é classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) como Latossolo Vermelho distroférrico. O local em que se instalou o experimento corresponde a uma área de sistema de semeadura direta, apresentando sucessão de culturas.

Foi realizado uma análise química por meio de amostragens de solo na profundidade de 0-20 cm, e a análise procedida conforme a metodologia de Raij et al. (2001), na qual apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,1; 4,96 cmol_cdm⁻³ de H⁺ + Al³⁺; 8,42 cmol_cdm⁻³ de Ca²⁺; 2,92 cmol_cdm⁻³ de Mg²⁺; 0,59 cmol_cdm⁻³ de K⁺; 22,69 mg dm⁻³ de P (mehlich 1); 46,44 g kg⁻¹ de MO e 76,83% de saturação por bases.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4 sendo dois tratamentos de sementes (com e sem tratamento químico de ação protetora) e 4 tipos de inoculações, utilizando: *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* e testemunha (sem inoculação), totalizando 8 tratamentos, com 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

A cultivar de soja utilizada para o experimento foi à NA 5909 da empresa Nidera, de ciclo precoce. Apresenta resistência ao acamamento, boa capacidade de engalhamento, com hábito de crescimento indeterminado e é resistente às seguintes doenças: Cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. sp. meridionalis*) e Mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*) (Nidera Sementes, 2013).

As sementes foram obtidas da safra 2014/15, na qual parte da quantidade utilizada no experimento foram previamente tratadas com fungicida de ação protetora (Piraclostrobina) e de ação sistêmica (MetilTiofanato) na dosagem de 100 mL para cada 100 kg de sementes de soja. Posteriormente, em torno de três horas após o tratamento químico as sementes receberam os inoculantes utilizando a dose de 150 mL para cada 50 kg de sementes quando isoladas e na dose de 75 mL de cada inoculante quando coinoculada. Ambos inoculantes eram líquidos, em que os tratamentos foram realizados em sacos plásticos utilizando-se um (01) kg de semente, sendo após a adição dos produtos realizada a agitação por 4 minutos para um melhor recobrimento das mesmas. As distribuições dos tratamentos foram as seguintes: (1) *Azospirillum* + tratamento químico, (2) *Bradyrhizobium* + tratamento químico, (3) *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* + tratamento químico, (4) somente tratamento químico da semente, (5) *Azospirillum* sem tratamento químico, (6) *Bradyrhizobium* sem tratamento químico, (7) *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* sem tratamento químico e (8) testemunha – sem inoculação e sem tratamento químico das sementes.

A semeadura foi realizada sobre a palhada, sendo a cultura antecessora aveia preta (*Avena strigosa*) dessecada quatro dias antes da semeadura, utilizando-se 1,5 kg ha⁻¹ de produto comercial a base de glifosato. Foi adotado o espaçamento entre linhas de 0,45 m, distribuindo 13 a 14 sementes por metro linear (m⁻¹), obtendo assim a densidade de 288.880,889 plantas ha⁻¹. Cada parcela teve 20,25 m² com espaçamento de 1 m entre as mesmas, totalizando 791,35 m² de área experimental.

A adubação foi totalmente na semeadura na dose de 290 kg ha⁻¹, utilizando a formulação 2-20-18 (N-P-K). A adubação seguiu a análise de solo, suprimindo assim todas as necessidades de nutrientes exigidas pela planta.

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizados os tratos culturais necessários para controle de pragas, doenças e plantas daninhas, conforme recomendação agronômica. Foram realizadas 3 aplicações de fungicidas durante o período de dezembro de 2015 a janeiro de 2016 em intervalos de aproximadamente 15 dias. Estas aplicações visaram o combate a Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e ao Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), na qual foram aplicados diferentes produtos nesta três aplicações; Azoxistrobina + ciproconazol, Azoxistrobina + benzovindiflupir e Trifloxistrobina + Pratioconazol. Juntamente com a última aplicação de fungicida foi realizada a aplicação de inseticida a base de acefato para o controle de *Piezodorus guildini*, *Euchistus heros* e *Nezara viridula*.

A colheita foi realizada de forma manual utilizando a área útil da parcela de 5 linhas por 3 metros (7,5 m²), sendo as plantas cortadas rentes a superfície do solo e após debulhadas por meio de trilhadora estacionária. Os parâmetros avaliados contemplaram a análise das características agronômicas, nodulação e também do rendimento de grãos.

A contagem de nódulos da simbiose com a cultura no sistema radicular, foi realizada pelo arranquio de 10 plantas por parcela na qual foi irrigado no local da coleta das plantas para facilitar o procedimento quando estas plantas encontrava-se na fase de florescimento entre R1 a R3. As raízes foram lavadas e posteriormente os nódulos foram contabilizados. A altura das plantas foi mensurada pela distância do colo da planta até a extremidade da haste principal após maturação com auxílio de uma trena, número de ramificações e de vagens por planta, número de vagens com 4, 3, 2 e 1 grão(s), número de grãos chochos por planta, massa de mil grãos e a produtividade de grãos por área.

Para massa de mil grãos realizou-se a pesagem em balança de precisão com umidade ajustada a 13%, conforme metodologia descrita por Brasil (2009). E para determinar a produtividade as plantas foram colhidas de forma manual dentro da área útil da parcela de 5

linhas por 3 metros (7,5 m²), sendo as plantas cortadas rentes a superfície do solo e após debulhadas por meio de trilhadora estacionária. Posteriormente, os grãos foram limpos, pesados em balança analítica e logo depois a determinação do nível de umidade, sendo que esta foi corrigida para 14% e transformados em kg ha⁻¹.

Os resultados das variáveis de produção foram tabulados e submetidos à análise de variância em função do nível de 5% de significância pelo Teste de F, e as médias qualitativas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* SISVAR 5.4 - Sistema para análise de variância (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analizando as tabelas 1, 2 e 3 constata-se que não houve interação entre o tratamento de semente e a inoculação das mesmas, entretanto, houve diferenças significativas para tratamento de sementes e inoculação de forma isoladas para todas as variáveis analisadas.

Não houve diferença em altura de plantas quando comparado as sementes tratadas com produto químico com sementes sem tratamento (Tabela 1). Os ingredientes ativos Piraclostrobina e MetilTiofanato, apresentam efeito antifúngico, ou seja, permite que não haja a infecção por determinados patógenos, mantendo a sanidade e consequentemente o vigor da semente. Isto permite a interpretação que uma semente sadia, livre de patógenos, tenha maior crescimento comparado há uma semente suscetível a patógenos, ou seja, deveria permitir neste caso em maior altura. Entretanto, a não diferença para esta variável em relação ao tratamento químico das sementes, permite inferir que as sementes eram sadias e que o solo apresenta possivelmente pequena quantidade dos patógenos controlados pelos produtos químicos, não sendo suficientes para interferirem no crescimento vegetativo inicial das plantas. Entretanto, estes patógenos mesmo em baixa quantidade no solo supostamente, pode interferir no desenvolvimento da planta, como reduzir a formação de pelos radiculares, permitindo que a planta torna-se suscetível a estresses e levando a perdas de estruturas reprodutivas futuramente.

Tabela 1 – Médias, média geral, valores de F e coeficiente de variação (CV), para Altura de Planta (AP) e Contagem de Nódulos (CN) em função dos diferentes tratamentos e inoculação utilizada na semeadura de Soja no Oeste do Paraná safra 2015/2016

Fontes de variação	AP (cm)	CN (mm)
Tratamento de sementes		
Com tratamento	72,50	47,38
Sem tratamento	71,83	46,72
Inoculação de sementes		
Azospirillum	74,16 a	48,05 ab
Bradyrhizobium	71,33 b	44,68 b
Azos+Brady	73,33 a	50,98 a
Testemunha	69,83 c	44,50 b
Média Geral	72,16	47,05
Valor de F		
Tratamento de Sementes	3,829 ^{ns}	0,259 ^{ns}
Inoculação de Sementes	33,026*	5,679*
Tratamento x Inoculação	2,074 ^{ns}	1,212 ^{ns}
CV (%)	1,16	6,73

Fonte: o autor, 2016

Nota: ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Ainda sobre esta variável, o tratamento químico de sementes não interferiu na inoculação, ou seja, os inoculantes testados apresentaram efeito positivo sobre esta variável em comparação as sementes que não foram inoculadas com os microorganismos (Tabela 1).

Em trabalho realizado por Masson et al. (2015) testando o tratamento de sementes de soja com os inseticidas Chlorantraniliprole, Thiametoxam, Chlorantraniliprole + Thiametoxam e Imidacloprid + Tiodicarb, não observaram interferência na altura de plantas, assim como Dan et al. (2012) e Tavares et al. (2014), estudando os inseticidas Fipronil, Tiametoxam e Imidacloprid no tratamento de sementes de soja, encontraram resultados semelhantes aos deste estudo. Já os inseticidas Imidacloprido + Tiodicarbe, Acefato e Carbofuran prejudicaram a germinação e o vigor de sementes de soja, assim como a altura, principalmente em condições de estresse (Dan et al., 2012). Estes trabalhos corroboram com o resultado deste trabalho na qual foi utilizado Piraclostrobina + MetilTiofanato, ambos produtos químicos utilizados no controle de alguns patógenos, entretanto, é necessário o conhecimento do efeito fitotóxico de determinados produtos químicos antes de utiliza-los no tratamento de sementes.

De acordo com Marcos Filho (2005) o tratamento químico de sementes por inseticidas ou fungicidas pode levar a decréscimos da viabilidade e do vigor de sementes interferindo

consequentemente na altura de plantas, podem ser atribuídos à danos nas membranas das mitocôndrias, resultando em decréscimo da respiração aeróbica e na produção de ATP e no aumento nos teores de etanol, na qual são importantes indicadores da intensidade da respiração e disponibilidade de energia para o processo de germinação. Portanto, a desintegração do sistema de membranas, causada por fatores externos como o tratamento químico de sementes, pode promover o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, determinando a queda de vigor da semente.

Em relação ao efeito da inoculação sobre a altura de plantas, o tratamento com *Azospirillum* foi numericamente maior que a coinoculação utilizando *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*, porém, ambos tratamentos foram iguais estatisticamente e, superiores aos demais tratamentos de inoculação de sementes e a testemunha. Uma possível explicação para tal, é que à medida que aumenta a disponibilidade e atividade do *Azospirillum*, que podem fixar N₂ para a planta e produzir hormônios de crescimento, como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal, principalmente de raízes (pelos radiculares), por aumentar a absorção de água e nutrientes, como o nitrogênio que de acordo com Braccini et al. (2016), é um componente primordial da clorofila, o composto que as plantas empregam para utilizar a energia da luz solar na produção de açúcares com base em água e dióxido de carbono. É também um componente de compostos de transferência de energia, como a ATP (adenosina trifosfato). A ATP permite que as células conservem e utilizem a energia liberada pelo metabolismo.

Bulegon et al. (2014) avaliaram o desempenho de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, de forma isolada e coinoculada na germinação e desenvolvimento inicial de diferentes cultivares de soja cultivadas na região oeste do Paraná. Os resultados obtidos nas cultivares Apollo, ND 4990 e Spring aumentou a germinação e desenvolvimento inicial, possivelmente pela liberação de hormônios estimuladores do processo germinativo, o que pode levar a um maior desenvolvimento inicial da planta, com isso aumentar o tamanho ao decorrer do seu ciclo.

A contagem do número de nódulos nos sistema radicular das plantas de soja não apresentaram efeito significativo em relação ao tratamento químico de fungicidas nas sementes (Tabela 1). Entretanto, sementes com tratamento químico obtiveram numericamente maior contagem de nódulos, podendo afirmar que as bactérias são compatíveis ao tratamento de sementes aplicados neste estudo e o mesmo garante uma boa germinação e desenvolvimento inicial da mesma, dando assim suporte para as variáveis desejáveis de produção ao decorrer do ciclo da mesma.

Bueno et al. (2003), avaliando o efeito dos fungicidas thiram, thiabendazole + thiram, metalaxyl, difenoconazole + thiram, carbendazim + thiram, fludioxonil + metalaxyl M, tiofanato metílico + tolyfluanid, thiabendazole e captan na sobrevivência de estirpes de *Bradyrhizobium*, não evidenciaram qualquer redução na nodulação em plantas de soja, em casa de vegetação e em solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, concordando com o experimento onde não foi obtido diferenças significativas no tratamento de sementes com os respectivos produtos testados.

O uso dos inoculantes a base de *Azospirillum* interferiram positivamente na contagem de nódulos em relação as sementes não inoculadas e demais tratamentos. A inoculação com *Azospirillum* e *Azospirillum* + *Bradyrhizobium*, apresentaram as maiores médias em relação aos tratamentos, entretanto, a inoculação realizada somente com *Bradyrhizobium* não apresentou acréscimo no número de nódulos em detrimento as sementes não inoculadas (Tabela 1). Apesar de não ter sido realizada a mensuração do sistema radicular das plantas, acredita-se que com a inoculação com *Azospirillum* tenha proporcionado maior desenvolvimento de sistema radicular que permitiria maior área para que ocorresse a simbiose com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, já que esta área em estudo já havia sido implantada com sementes inoculadas com este microrganismo em safras passadas.

A inoculação pode garantir uma maior população de bactérias após a germinação das sementes, proporcionando um maior número de células, o que permite a formação de nodulação abundante e eficiente junto a coroa da planta, favorecendo a fixação biológica de nitrogênio mais rapidamente.

Bueno et al. (2003) obtiveram resultados significativos no aumento da nodulação em que a planta obtém maior capacidade de absorver o nitrogênio (N₂) presente na atmosfera e converter em formas que podem ser utilizadas. A reação é catalisada pela enzima nitrogenase, que é encontrada em todas as bactérias fixadoras (Embrapa, 2015).

A ausência da inoculação com os microorganismos, possibilitou resultado inferior em relação a inoculação com *Azospirillum* + *Bradyrhizobium* no parâmetro contagem de nódulos, devido a área já ter sido implantada com sementes inoculadas com *Bradyrhizobium* anteriormente. Bárbaro et al. (2009) ressaltam que a adubação nitrogenada na cultura da soja é desnecessária, desde que seja realizada a inoculação. Bárbaro et al. (2011), ressaltam ainda que plantas com 10 a 30 nódulos na fase de florescimento da cultura da soja, apresentam condições suficientes para a obtenção de altos teores de nitrogênio fixado e, consequentemente, alto

rendimento de grãos. Neste atual trabalho, as plantas apresentam mais que 40 nódulos por sistema radicular, independentemente do tratamento.

Na tabela 2 verifica-se que o tratamento químico de sementes obteve resultados significativos nos parâmetros avaliados, o que demonstra que o mesmo tem função protetora contra patógenos, não inibe a ação das bactérias usadas na inoculação de sementes, demonstrando que os fungicidas são compatíveis com as bactérias, pois não inibiram o seu efeito. A ação protetora do tratamento químico, permitiu que as plantas apresentassem maior número de vagens por planta, devido possivelmente a menores estresses por fatores bióticos.

Conforme esta mesma tabela, é possível verificar a influência positiva da inoculação de sementes por microrganismos, na qual proporcionaram em aumento significativo para as variáveis vagens por planta e vagens por planta de 1, 2 e 4 grãos em comparação com a testemunha. O número de grãos por vagem é um fator genético da planta, porém resultados demonstraram acréscimo nos parâmetros avaliados abaixo.

As sementes inoculadas proporcionaram que as plantas mantivessem uma maior número de vagens em comparação com as plantas oriundas de sementes não inoculadas. Isso se deu possivelmente pela maior nutrição da planta, pois houve maior formação de nódulos que pode ter contribuído para maior fornecimento de N e, também como já relatado neste trabalho, por maior desenvolvimento de sistema radicular, permitindo que a planta explore maior área de solo em busca de nutrientes e água. Com maior suprimento nutricional e hídrico, reduziu-se o abortamento das mesmas, favorecendo assim uma maior “pegamento” de vagens, contribuindo assim para uma maior produtividade de grãos.

De acordo com Braccini et al. (2016), especialmente em áreas de primeiro cultivo de soja, o que na maioria das vezes compromete o rendimento de grãos, deve-se utilizar inoculantes dentro do prazo de validade, com garantia de número mínimo de células viáveis, realizar a semeadura com boa disponibilidade hídrica para a garantia da germinação das sementes e emergência das plântulas, bem como realizar o tratamento de sementes com fungicidas compatíveis com as bactérias.

Tabela 2 – Médias, média geral, valores de F e coeficiente de variação (CV), para Vagens por planta contendo 1, 2 3 e 4 grãos por vagem.

Fontes de variação	VP	VP 1 Grão	VP 2 Grãos	VP 3 Grãos	VP 4 Grãos
Tratamento de Sementes					
Com tratamento	82,03 a	4.30	33.13 a	43.33 b	1,91
Sem tratamento	81,28 b	4.62	27.40 b	47.31 a	2,25
Inoculação de Sementes					
<i>Azospirillum</i>	84,03 a	5.41 a	31.75 ab	44.18	2.68 a
<i>Bradyrhizobium</i>	81,13 b	4.26 bc	28.51 ab	46.30	2.05 ab
Azos+Brady	85,60 a	4.80 ab	34.20 a	44.38	2.21 ab
Testemunha	77,81 c	3.38 c	26.61 b	43.83	1.38 b
Média geral	82.14	4.46	30.27	45.32	2.08
Valor de F					
Tratamento de Sementes	10,644*	1,625 ^{ns}	15,304*	6,521*	1,601 ^{ns}
Inoculação de Sementes	42,043*	12,033*	5,301*	0,599 ^{ns}	4,17 *
Tratamento x Inoculação	1,062 ^{ns}	1,058 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,171 ^{ns}	0,112 ^{ns}
CV (%)	1,58	13.62	11.84	8.43	30.98

Fonte: o autor, 2016

Nota: ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Segundo Peixoto et al. (2000), o número de vagens por planta é um dos componentes de produção que contribui para uma maior tolerância à variação na população e está diretamente no ligada ao aumento de produtividade, sendo que os tratamentos com maior número de vagens, também obtiveram maiores produtividades. Os benefícios descritos anteriormente em relação a inoculação com estes microorganismos, também é comprovado pelo trabalho de Dalolio et al. (2018), na qual também observaram um maior número de vagens por planta principalmente quanto utilizado a coinoculação. Ressalta-se, que o maior desenvolvimento do sistema radicular com *Azospirillum* também potencializa a nodulação e consequentemente maior contribuição da fixação biológica do nitrogênio e assim incremento da produtividade tanto de vagens e sementes.

Na tabela 3 abaixo, é possível verificar a influência positiva do tratamento químico de sementes na massa de mil grãos e consequentemente na produtividade. Mesmo as sementes utilizadas serem certificadas, sadias, alguns patógenos pode vir a infectar o sistema radicular das plantas interferindo na absorção de água, nutrientes e até mesmo na sustentação da planta. Uma planta sadia tende a produzir maior número de vagens, estas mesmas, tendem a obter um enchimento de grão completo sem perdas na sua massa, refletindo em maior produtividade.

Assim como para as demais variáveis de produção, a inoculação contendo *Azospirillum*, proporcionaram em aumento significativo para a variável massa de mil grãos. Já para a produtividade de grãos esta mesma inoculação foi superior inclusive a inoculação realizada somente com *Bradyrhizobium* (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias, média geral, valores de F e coeficiente de variação (CV), para massa de mil grãos (MMG) e produtividade (P) em função dos diferentes tratamentos e inoculação utilizada na semeadura de Soja no Oeste do Paraná safra 2015/2016

Fontes de variação	MMG	P
Tratamento de sementes		
Com tratamento	151,83 a	3783,55 a
Sem tratamento	149,33 b	3667,44 b
Inoculação de sementes		
<i>Azospirillum</i>	154,00 a	3841,78 a
<i>Bradyrhizobium</i>	149,33 bc	3684,66 b
Azos+Brady	151,50 ab	3776,89 a
Testemunha	147,50 c	3598,66 c
Média Geral		
	150,58	3725,49
Valor de F		
Tratamento de Sementes	16,113*	36,905*
Inoculação de Sementes	20,266*	30,947*
Tratamento x Inoculação	0,597 ^{ns}	0,478 ^{ns}
CV (%)	1,01	1,58

Fonte: o autor, 2016

Nota: ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Estes resultados confirmam que a inoculação reflete a capacidade das bactérias em promover maior desenvolvimento das plantas de soja, com impacto positivo no rendimento de grãos, concordando com Bárbaro et al. (2009), que ao avaliar a inoculação e coinoculação na cultura da soja, obteve maior massa de mil grãos quando utilizou a inoculação com *Azospirillum*.

Assim a interação biológica entre bactérias do gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* substituem eficientemente a utilização da adubação mineral nitrogenada na cultura da soja. Como a inoculação garante maior número de bactérias e maior formação de nódulos Braccini et al. (2016), a planta apresenta maior desenvolvimento e, com maior disponibilidade de nutrientes para formar suas estruturas reprodutivas.

A utilização das bactérias tem demonstrado efeitos benéficos nos parâmetros de produtividade, pois a mesma tem capacidade de produzir fitohormônios, que resultam em maior desenvolvimento do sistema radicular e, portanto, a possibilidade de explorar um volume mais amplo de solo, favorecendo a planta para uma maior produtividade (Ferlini, 2006). Bárbaro et al. (2009), obtiveram respostas crescentes de produtividade na cultura da soja utilizando a inoculação com *Azospirillum*.

Solos que já apresentam estirpes eficientes de *Bradyrhizobium* tendem a não ser observado um aumento do rendimento a partir da inoculação (Campos e Gnatta, 2006), fato esse que não condiz com o presente trabalho, haja visto que a testemunha apresentou menor produtividade quando comparada ao tratamento realizado apenas com *Bradyrhizobium*. A estimulação da nodulação posterior pela inoculação de fabáceas, pode estar relacionada com o incremento na indução da produção de genes responsáveis pelo acréscimo de raízes laterais e da densidade de pelos radiculares (Burdmann et al., 2000).

Para Hungria, et al. (2013), o uso consecutivo da inoculação na soja com *Bradyrhizobium* resultou em incremento médio no rendimento de grãos de 222 kg ha⁻¹ (3,7 sacas), enquanto que o tratamento com co-inoculação resultou em um incremento médio de 427 kg ha⁻¹ (7,1 sacas).

CONCLUSÕES

O tratamento de sementes não influenciou na eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*, de forma isolada e coinoculada.

A inoculação com *Azospirillum* e a coinoculação com *Azospirillum* mais *Bradyrhizobium* foram obtidos resultados superiores nos parâmetros número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade.

Em áreas que já são manejadas com a inoculação de *Bradyrhizobium* apenas, apresentam resultados menos expressivos em comparação com a primeira inoculação com *Azospirillum*, entretanto, ainda proporcionam vantagens econômicas ao produtor em comparação as sementes não inoculadas.

REFERÊNCIAS

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

BÁRBARO, I.M.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S.; TICELLI, M.; MACHADO, P.C.; MIGUEL, F.B. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 8, n. 2, Jul-Dez, 2011.

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, 2015.

BRACCINI, A.L.; MARIUCCI, G.E.G.; SUZUKAWA A.K.; SILVA LIMA, L.H. da; PICCININ G.G. . Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 1, jan./mar., p.27-35, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS. p.395, 2009.

BUENO, C.J.; MEYER, M.C.; SOUZA, N.L. de. Efeito de fungicidas na sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* (Semia 5019 e Semia 5079) e na nodulação da soja. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 231-235, 2003.

BULEGON, L. G.; KLEIN, J.; RAMPIM, L.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; KESTRING, D. Desenvolvimento inicial de plântulas de soja inoculadas e Co-inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n.1, p.26-37, 2014.

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. p. 145-152.

CAMARA, G. M. S. **Fixação Biológica de nitrogênio em soja**. Informações agronômicas, n. 147, Setembro, 2014. Disponível em [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/B7FB85D4FAD745CF83257D660046A90D/\\$FILE/Page1-9-147.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/B7FB85D4FAD745CF83257D660046A90D/$FILE/Page1-9-147.pdf) . Acesso 02/out./2016.

CAMPOS, B. H. C.; GNATTA, V. Inoculantes e fertilizantes foliares na soja em área de populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n.1, p. 69-76, 2006.

CAMPO, R.J.; ARAÚJO, R.S.; MOSTASSO, F.L.; HUNGRIA, M. In-furrow inoculation of soybean as alternative to fungicide and micronutrient seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1103-1112, 2010.

COSTA, M.R.; CAVALHEIRO, J.C.T.; GOULART, A.C.P.; MERCANTE, F.M. Sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja tratadas com fungicidas e os efeitos sobre a nodulação e a produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.39, n.3, p.186-192, 2013.

DALOLIO, R.S.; BORIN, E.; CRUZ, R.M.S. da; ALBERTON, O. Co-inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.7, n.2, p.1-7, 2018.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; PICCINI, G. G.; RICCI, T. T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS** – 3º edição. Brasília, DF: Embrapa Solos, p. 176, 2013.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2015 <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/perguntas-e-respostas>
Anais da XVI RELARE. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA A RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA. **Anais...** Londrina-PR, 2012.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum* brasilense. **Artículos Técnicos – Agricultura**. 2006. Disponível em: <http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glicyne_s_articulos_800_AGR.htm>. Acesso em: 01 jun. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis. **Ciênc. Agrotec.**, v. 35, p.1039-1042, 2011.

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. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283)

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de Co-inoculação da Soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33., 2013, Londrina. **Resumos...** Londrina-PR, 2013.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 317- 322.

MASSON, G. de L.; COLMAN, B.A.; FUENTES, L.F.G.; SCHWERZ, F.; TRINDADE, R.B.R. Eficácia da aplicação de inseticidas no tratamento de sementes de soja e seus efeitos no desenvolvimento inicial da cultura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11 n.21; p. 922-930, 2015.

NIDERA SEMENTES: **Produto NA 5909** Disponível em: <<http://www.sementesfroes.com.br/produtos/na-5909>> Acesso em: 10 jun. 2016.

PASTORE, A. **Manejo de inoculação com *Bradyrhizobium* em soja associado ao tratamento fitossanitário das sementes**. 2016. Dissertação (Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais), Universidade Federal do Paraná, Palotina, 44p. 2016.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M. de S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, v.57, p.47-61, 2000.

PEREIRA, C.E.; OLIVEIRA, J.A.; CALDEIRA, C.M.; BOTELHO, F.J.E.; OLIVEIRA, G.E.; TRENTINI, P. Desempenho de sementes de soja tratadas com fungicidas e peliculizadas durante o armazenamento. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 656-665, maio/jun., 2007.

PEREIRA, C.E.; OLIVEIRA, J.A.; CALDEIRA, C.M.; BOTELHO, F.J.E. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.4, n.2, p.62-66, jul-dez, 2010.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

TAVARES, L. C.; MENDONÇA, A. O.; ZANATTA, Z. C. N.; BRUNES, A. P.; VILLELA, F. A. Efeito de fungicidas e inseticidas via tratamento de sementes sobre o desenvolvimento inicial da soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1400-1409, 2014.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39, p.749-758, 2009.