

Eficiência de produtos biológicos na coinoculação de sementes de soja

Submetido - 06 mai. 2021 Aprovado – 09 jun. 2021 Publicado - 03 ago. 2021



<http://dx.doi.org/10.52755/sas.v2i2.109>

Ângelo Henrique Canan Korber

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, Palotina – PR, Brasil. E-mail: angelohckorber@hotmail.com.

Luana Patrícia Pinto Korber

Bióloga, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR, Brasil. E-mail: korber.luana@gmail.com.

Luciana Grange

Engenheira Agrônoma, Doutora em Genética pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil. E-mail: lucianagrange@gmail.com.

Celestina Alflen Klahold

Bióloga, Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil. Diretora acadêmica da Faculdade Marechal Rondon – FARON. E-mail: celestina_klahold@yahoo.com.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial uso de produtos biológicos comerciais na coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de semente da soja. O experimento foi realizado em papel germitest e o cultivo em vasos. Foram realizados sete tratamentos com cinco repetições, sendo: T1 – testemunha, T2 – *Bradyrhizobium japonicum*, T3 – *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*, T4 – *B. japonicum* + *Bacillus subtilis*, T5 – *B. japonicum* + *Bacillus amyloliquefaciens*, T6 – *B. japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* e T7 – *B. japonicum* + *Bacillus pumilus*. As variáveis analisadas foram germinação (G), germinação de plântulas normais (GN), índice de velocidade de emergência (IVE), crescimento parte aérea em vaso (CAV) e papel germitest (CAG), de raiz em vaso (CRV) e papel germitest (CRG). Os dados foram submetidos a análise dos pressupostos e determinados a partir do teste de Tukey a 5% de probabilidade e realização da análise de componentes principais (ACP). A coinoculação de *B. japonicum* + *A. brasilense* promoveu ganhos de enraizamento e germinação em plântulas de soja. A coinoculação com *B. pumilus* apresentou potencial de efeito semelhante a associação de *B. japonicum* + *A. brasilense*. A associação com *B. methylotrophicus* apresentou melhor enraizamento em vaso (CRV) que os demais tratamentos. O uso de BPCP's em associação com *B. japonicum* potencializa o desenvolvimento inicial da plântula.

Palavras-chave: Fixação biológica; *glycine max*; produtividade, proteção.

Efficiency of biological products in the coinoculation of soybean

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the potential use of commercial biological products in coinoculation with *Bradyrhizobium japonicum* in the treatment of soybean seed. Seven treatments were carried out with five repetitions, being: T1 – Control, T2 – Only *Bradyrhizobium japonicum*, T3 – *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*, T4 – *B. japonicum* + *Bacillus subtilis*, T5 – *B. japonicum* + *Bacillus amyloliquefaciens*, T6 – *B. japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* e T7 – *B. japonicum* + *Bacillus pumilus*. The analyzed variables were germination (G),

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da Creative Commons Attribution Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.



germination of normal seedlings (GN), emergence speed index (IVE), and, at the end of eight days, aerial part growth in pot (CAV) and germitest paper (CAG), potted root (CRV) and germitest paper (CRG). The data were subjected to analysis of the assumptions and determined from the Tukey test at 5% probability and the principal component analysis (ACP). It was possible to observe that the coinoculation of *B. japonicum* + *A. brasilense* promoted rooting and germination gains in soybean seedlings. Coinoculation with *B. pumilus* showed an effect potential similar to the association of *B. japonicum* + *A. brasilense*. The association with *B. methylotrophicus* showed better rooting in pot (CRV) than the other treatments. The use of BPCP's in association with *B. japonicum* enhances the initial development of the plant.

Keywords: *Biological fixation; glycine max; productivity; protection.*

Eficiencia de los productos biológicos en la coinoculación de semillas de soja

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue verificar el uso potencial de productos biológicos comerciales en co-coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en el tratamiento de semilla de soja. El experimento se llevó a cabo en papel germitest y se cultivó en macetas. Se realizaron siete tratamientos con cinco repeticiones, siendo: T1 - control, T2 - *Bradyrhizobium japonicum*, T3 - *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*, T4 - *B. japonicum* + *Bacillus subtilis*, T5 - *B. japonicum* + *Bacillus amyloliquefaciens*, T6 - *B. japonicum* + *Bacillus methylotrophicus* y T7 - *B. japonicum* + *Bacillus pumilus*. Las variables analizadas fueron germinación (G), germinación de plántulas normales (GN), índice de velocidad de emergencia (IVE), crecimiento de parte aérea en maceta (CAV) y papel más germinado (CAG), raíz en maceta (CRV) y papel germinado (CRG). Los datos se sometieron al análisis de los supuestos y se determinaron a partir de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad y el análisis de componentes principales (ACP). La coinoculación de *B. japonicum* + *A. brasilense* promovió ganancias de enraizamiento y germinación en plántulas de soja. La coinoculación con *B. pumilus* mostró un efecto potencial similar a la asociación de *B. japonicum* + *A. brasilense*. La asociación con *B. methylotrophicus* mostró mejor enraizamiento en maceta (CRV) que los otros tratamientos. El uso de BPCP en asociación con *B. japonicum* mejora el desarrollo inicial de la plántula.

Palabras clave: *Fijación biológica; glycine max; productividad, protección.*

Introdução

A demanda global por insumos está crescendo a cada ano, para importância da utilização dos insumos, e conseqüentemente, promover a manutenção da qualidade de vida de quase 8 bilhões de pessoas. Atualmente, o mercado de commodities pode ser considerado bem agressivo pois visa o equilíbrio e a sustentação das atividades econômicas de modo a alcançar a estabilidade. Neste cenário, o Brasil ocupa uma posição importante, considerado um dos maiores exportadores de produtos do mundo, quando se refere a exportação da soja, o Brasil ocupa o primeiro lugar com 47,67%, seguido de perto do Estados Unidos com 35,29% (CONAB, 2020).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um grão de suma importância amplamente utilizado na produção de farelo de soja para alimentação de animais, bem como está presente no consumo humano como óleo de soja (COSTA et al., 2020). O nosso país é o maior produtor de soja mundial alcançando na safra 2019/2020 uma produção de 124,84 milhões de toneladas em 36,9 milhões de hectares plantados com produtividade média de 3.379 kg/ha (CONAB, 2020).

O estado do Mato Grosso é considerado o maior produtor nacional atingindo uma produção de 35,885 milhões de toneladas em um total de área plantada de 10,004 milhões de hectares alcançando uma produtividade de 3.587 kg/ha de grãos de soja (CONAB, 2020). Este sucesso de produção no estado é devido a uma combinação ideal dos fatores bióticos e abióticos imprescindíveis para o plantio e desenvolvimento da soja.

Para obter alto rendimento no final do ciclo, a soja necessita de condições climáticas favoráveis como temperatura média de 30°C e umidade no solo de 50% da sua capacidade (COSTA et al., 2020). Além disso, a semente deve ser de qualidade, com alta germinação e vigor, a planta não pode sofrer grande estresse ocasionado por doenças oportunistas como fungos e bactérias, bem como deve haver um bom controle de pragas e nematoides (OLIVEIRA; ROSA, 2014).

Uma das formas de reduzir problemas ao longo do ciclo é a realização do tratamento de sementes na fase inicial. Segundo Reis, Reis e Carmona (2019), o tratamento de sementes (TS) é imprescindível para determinar uma boa arrancada, adequada população de plantas, crescimento de plantas mais fortes, uniformes e com melhor enraizamento, além de torná-las mais resistentes a pragas e doenças de solo (OLIVEIRA; ROSA, 2014; FRANÇA-NETO et al., 2016; RICHETTI; GOULART, 2018). Atualmente o TS é comumente feito pela grande maioria dos produtores utilizando fungicidas e inseticidas como principal forma protetiva da semente. No entanto, tecnologias alternativas vêm surgindo e o uso de produtos biológicos vem expandindo para a propagação de um manejo sustentável nas lavouras.

O uso de produtos biológicos está em constante expansão pois são tecnologias desenvolvidas baseadas em microrganismos nativos do solo que naturalmente atuam na defesa da planta devido a uma relação de simbiose que ocasiona melhorias como promoção de crescimento, resistência à patógenos e estresse hídricos, melhoria do enraizamento com reflexo direto na produtividade (PAVAN et al., 2011; MARIANO et al., 2013; CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

À longo prazo promove ganhos econômicos com redução de defensivos químicos, melhora da biota nativa do solo, e, quando realizado constantemente o manejo integrado pode transformar solos condúctivos em solos supressivos restabelecendo o equilíbrio natural do solo (BETTIOL; MORANDI, 2009; MENDES et al., 2011; CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Nesta linha produtos à base de bacilos estão amplamente sendo comercializados por multinacionais visando a melhora principalmente do TS.

Na cultura da soja, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium* sp. em TS é amplamente difundido, pois há uma relação de simbiose entre estas bactérias e as plantas de soja que promove a redução de adubo nitrogenado na cultura (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2007). Dessa forma a coinoculação é uma prática agrícola que vem para otimizar e tornar mais eficiente o desenvolvimento associando microrganismos de efeito positivo no crescimento da planta.

O uso de *Azospirillum brasilense* na coinoculação já teve efeitos comprovados em diversos trabalhos pois é um microrganismo capaz de estimular a produção de fitohormônios que ocasiona melhorias principalmente no sistema radicular da planta melhorando diretamente a nodulação da raiz (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2015; BRACCINI et al., 2016).

As rizobactérias promotoras de crescimento tem apresentado respostas muito positivas na associação com *Bradyrhizobium japonicum* na soja, como o *Bacillus subtilis* considerado estimulador da solubilização de nutrientes e de fitohormônios pela planta. (RATZ et al., 2017; COSTA et al.,

2019). O *Bacillus amyloliquefaciens* é outro microrganismo capaz de estimular o crescimento da planta, promover resistência à seca e ataque de nematoides (CHOUDHARY; JOHRI, 2009; FAN et al., 2012;). Nessa mesma linha, os *Bacillus methylophilus* e *Bacillus pumilus* se apresentaram como ótimos enraizadores além de atuar diretamente na antibiose e proteção da planta (MONNERAT et al., 2020).

Dessa forma, testar e identificar microrganismos capazes de melhorar o sistema de defesa da planta estimulando a obtenção de nutrientes, potencializando a produtividade no final do ciclo é necessário para que seja possível manter a produção de soja e promover um manejo sustentável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o potencial uso de produtos biológicos comerciais na coinoculação com *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de semente da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em ambiente controlado na cidade de Sapezal – MT, no período de novembro a dezembro de 2020. A região se caracteriza por um clima do tipo tropical úmido ou sub-úmido (Am) com pluviosidade média anual de 2200 mm (ALVARES et al., 2013). O experimento foi conduzido em papel germitest e em vasos de areia utilizando a semente de soja CREDENZ 48b32IPRO. Foram realizados sete tratamentos e cinco repetições, totalizando 35 parcelas para ambos os testes, sendo utilizados cinco produtos comerciais coinoculados com *Bradyrhizobium japonicum* (**Tabela 1**).

As doses utilizadas foram baseadas na recomendação comercial de cada produto até completar o volume total de 50 mL diluindo em água destilada. Foram utilizadas seringas estéreis e descartáveis para fazer a dosagem de cada produto sendo utilizado no tratamento da semente um volume total de 3,57 mL da solução para 357 gramas de semente, cálculo este baseado no seu PMS (peso de mil sementes) para garantir molhamento total dos produtos e homogeneização da calda no tratamento de semente.

Tabela 1. Produtos biológicos comerciais utilizados na co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja 48b32IPRO.

Tratamento	Produtos comerciais coinoculados
T1	Água destilada
T2	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
T3	<i>B. japonicum</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T4	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>
T5	<i>B. japonicum</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>
T6	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus methylotrophicus</i>
T7	<i>B. japonicum</i> + <i>Bacillus pumilus</i>

Para o experimento com papel germitest, foi realizada a distribuição em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) onde as sementes foram cultivadas sob condição asséptica no qual cada rolo representou a repetição dos tratamentos para estudos de germinação. Foram colocadas 25 sementes em cada rolo de papel germitest previamente umedecido na proporção de 2,5 vezes o seu peso inicial e incubados à 25°C em fotoperíodo de 12 horas por oito dias. Neste período, foi realizado a umidificação de cada rolinho de acordo com a necessidade ao longo dos dias.

As variáveis analisadas foram germinação (G) das sementes, avaliação da germinação de plântulas normais (GN) e anormais (GA) baseando-se nas características essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e saudáveis. No oitavo dia foi feita a amostragem de cinco plântulas normais por repetição, para determinação de comprimento da parte aérea (CAG) e radicular (CRG) considerando a raiz principal. Todas essas análises foram feitas segundo o Manual de Regras de Análise de Sementes (RAS) de 2009 (BRASIL, 2009). Para a realização do teste em vasos com areia, o experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados (DBC) onde foram cultivadas três sementes tratadas de soja por vaso. Foi feita a distribuição de forma igualitária de areia limpa em 35 vasos com capacidade para 1 kg. Em seguida foi realizado o molhamento com água destilada até 50% da capacidade de retenção do solo. Os vasos foram incubados à 25°C em fotoperíodo de 12 horas por oito dias. As variáveis analisadas foram emergência (E) e velocidade de emergência

(IVE), ao final dos oito dias, foram avaliados o comprimento de raiz (CRV) e o comprimento da parte aérea (CAV).

Todos os dados foram testados quando à adequação dos resíduos, à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Bartlett e Levene. Em seguida as variáveis foram submetidas à análise de variância da ANOVA e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo software RStudio (R CORE TEAM, 2018). A análise de componentes principais (ACP) foi realizada utilizando o pacote Vegan.

Resultados e discussão

Pelos dados obtidos, foi possível verificar que todos os tratamentos afetaram as variáveis comprimento de raiz do vaso (CRV), comprimento de raiz no papel germitest (CRG), a germinação de sementes (G) e a germinação de plântulas normais (GN) quando comparado com a testemunha T1. Já o comprimento da parte aérea em vaso (CAV), comprimento da parte aérea em papel germitest (CAG) e velocidade de emergência (IVE) não se alteraram diante das associações biológicas determinadas para este trabalho (**Tabela 2**).

Tabela 2. Variáveis obtidas após germinação e emergência de plântulas de soja da variedade CREDEZ 48b32ipro sob aplicação de diferentes produtos comerciais na coinoculação com *B. japonicum*.

Tratamentos	CRV (mm)	CAV (mm)	IVE	CRG (mm)	CAG (mm)	G (%)	GN (%)
T1	44,25 ab	92,01 a	1,04 a	112,06 ab	103,36 a	95,20 ab	55,26 abc
T2	45,63 ab	87,99 a	0,87 a	125,88 ab	100,96 a	96,80 ab	63,87 a
T3	43,79 ab	88,43 a	0,77 a	123,69 ab	108,40 a	99,20 a	54,10 abc
T4	43,05 ab	75,78 a	1,02 a	110,74 ab	94,88 a	96,80 ab	45,22 bc
T5	49,93 ab	100,45 a	0,73 a	90,61 b	98,45 a	96,80 ab	38,72 c
T6	71,46 a	90,80 a	0,94 a	107,04 ab	101,38 a	91,20 b	62,15 ab
T7	41,02 b	76,98 a	0,96 a	110,74 ab	106,75 a	98,40 a	51,33 abc
CV%	16,82	22,54	25,8	15,09	10,43	4,04	11,35
p-valor	0,04	0,65	0,64	0,009	0,44	0,03	0,0007

T1: Testemunha; T2: Somente *B. japonicum*; T3: *B. japonicum* + *A. brasilense*; T4: *B. japonicum* + *B. subtilis*; T5: *B. japonicum* + *B. amyloliquefaciens*; T6: *B. japonicum* + *B. methylotrophicus*; T7: *B. japonicum* + *B. pumilus*. CRV: Comprimento de raiz do vaso; CAV: Comprimento da parte aérea em vaso; IVE: Índice de velocidade de emergência; CRG: Comprimento de raiz no papel germitest; CAG: Comprimento de parte aérea no papel germitest; G: Germinação total; GN: Germinação de plântulas normais. CV%: Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De maneira geral, a coinoculação de *B. japonicum* com *A. brasilense* (T3) apresentou os melhores valores médios para comprimento de parte aérea em papel germitest (CAG) em 108,40 mm, germinação total com 99,2% e o segundo melhor valor para comprimento de raiz em papel germitest (CRG) em 123,69 mm, sendo que estes dois últimos se diferiram estatisticamente (5%) em relação as demais combinações de microrganismos. Este resultado corrobora com diversos trabalhos que preconizam a coinoculação de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. com isolados de *Azospirillum* sp. (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013; NOGUEIRA et al., 2018; PRANDO et al., 2019; PRANDO et al., 2020).

A combinação desses dois microrganismos promove diversos ganhos na cultura da soja. Apesar da capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) ser totalmente creditada ao gênero de *Bradyrhizobium*, o *Azospirillum* apresenta grande potencial de liberação de fitohormônios que potencializa, principalmente a formação do sistema radicular da planta, aumentando sua área total e favorecendo diretamente a nodulação, absorção de nutrientes que tem efeito significativo na produtividade (HUNGRIA et al., 2015; RONDINA et al., 2020).

Prando et al. (2019) observaram um aumento significativo da quantidade e massa de nódulos na soja em vasos com um ganho de 4,3 sacas/ha na região do Paraná. Schneider et al. (2017) notaram um ganho de 13% no rendimento da cultura quando feito a aplicação de 1:1 de ambos microrganismos, pois, além de melhorar a nodulação da planta, a coinoculação pode ser capaz de influenciar no vigor da planta tornando-a mais resistente a estresses (HUNGRIA, 2011; BAZZO; MONTEIRO; MARINHO, 2020).

Em T2, o *B. japonicum*, isoladamente, promoveu um bom desenvolvimento da planta em todos os parâmetros avaliados principalmente em enraizamento em papel germitest (CRG) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos com média de 125,88 mm que, associada a boa qualidade da semente foi capaz de promover um bom desenvolvimento da

plântula nesta fase cotiledonar suprindo as necessidades básicas e essenciais (FRANÇA-NETO et al., 2016; RICHETTI; GOULART, 2018).

A relação de simbiose de *Bradyrhizobium* sp. com a soja é oriunda do processo evolutivo que tornou as bactérias deste gênero endofíticas obrigatórias e atuando diretamente na FBN agregando no bom desenvolvimento inicial da cultura, no entanto, ao longo do seu crescimento a soja apresenta outras necessidades que demanda a associação com outros grupos microbianos, o qual se torna essencial para obtenção de nutrientes previamente indisponíveis, promoção de resistência, regulação de crescimento, antibiose, proteção e imunização da planta (HUNGRIA et al., 2016).

As chamadas bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), são amplamente estudadas para potencialização do sistema de defesa da planta bem como a relação mutualística entre ambas. Trabalhos relatam a maior eficiência principalmente do desenvolvimento de raiz e ganhos em produtividade com o uso intensivo de BPCPs (ARRUDA et al., 2013; SOUSA; NASCENTE; FILIPPI; DUARTE et al., 2020; PACENTCHUK et al., 2020).

Esses efeitos do uso de bactérias do gênero *Bacillus* sp., ficam evidentes quando observados os valores encontrados para o enraizamento em vaso (CRV) com média de 71,46 mm no T6 quando feita a coinoculação de *B. japonicum* + *B. methylotrophicus* além de um efeito positivo na germinação de plântulas normais (GN) o qual foi o segundo maior valor médio encontrado (62,15%) (**Figura 1**).

Estes resultados apontam um alto estímulo inicial do sistema radicular que pode ter implicações diretas na capacidade de resistência da planta ao longo do ciclo. Estudos demonstram o potencial uso de *B. methylotrophicus* em TS devido a liberação de bacteriocinas no solo proporcionando um efeito protetivo na planta contra a penetração de patógenos e nematoides (ALCEBÍADES et al., 2019; DOURADOS et al., 2020; MONNERAT et al., 2020).

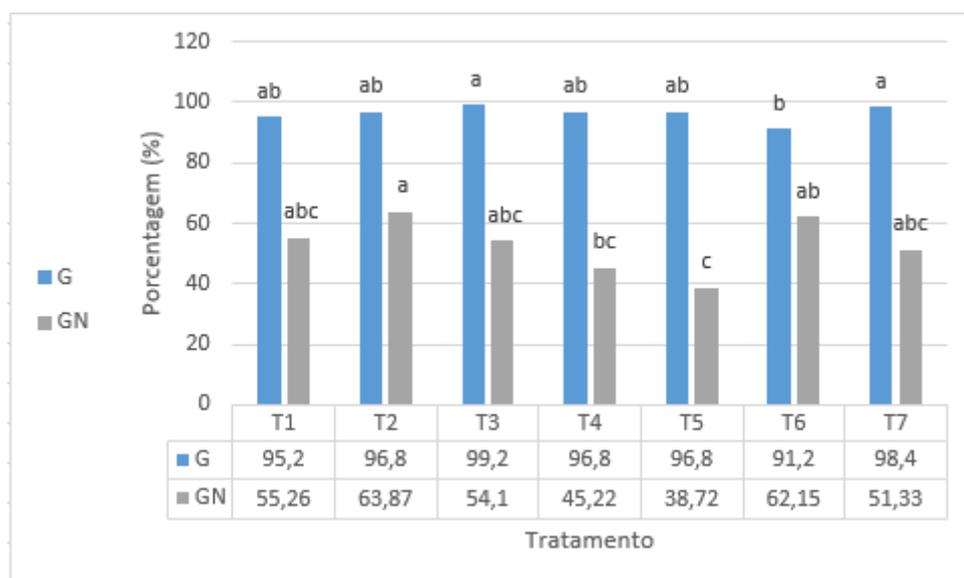


Figura 1. Resultados para germinação (G) e germinação de plântulas normais (GN) de soja da variedade CREDEZ 48b32IPRO sob aplicação de diferentes produtos comerciais na coinoculação com *B. japonicum*.

T1: Testemunha; T2: Somente *B. japonicum*; T3: *B. japonicum* + *A. brasilense*; T4: *B. japonicum* + *B. subtilis*; T5: *B. japonicum* + *B. amyloliquefaciens*; T6: *B. japonicum* + *B. methylotrophicus*; T7: *B. japonicum* + *B. pumilus*. G: Germinação total; GN: Germinação de plântulas normais. Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Nesta mesma linha, observa-se os valores encontrados em T7 para a coinoculação de *B. japonicum* + *B. pumilus* quando observado os valores para a germinação (G) (98,4%) e o desenvolvimento da parte aérea em papel germitest (CAG) (106,75 mm), mesmo este não apresentando diferença significativa, notam-se valores muito próximos aos obtidos em T3 (*B. japonicum* + *A. brasilense*), demonstrando potencial uso em TS. *B. pumilus* é amplamente estudado no controle de fitopatógenos de solo como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Pythium* sp. e *Rhizoctonia solani* devido a síntese de bioativos (BABA et al., 2015; DEGHANIFAR; KEYHANFAR; EMTIAZI, 2019).

No entanto, a eficácia da coinoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN) com microrganismos nativos do solo na fase cotiledonar depende diretamente da espécie a qual está sendo feita a associação. Quando observados os resultados em T4 e T5 (*B. japonicum* + *B. subtilis* e *B. japonicum* + *B. amyloliquefaciens*, respectivamente), nota-se os menores

valores médios principalmente para germinação de plântulas normais (45,22 e 38,72%, respectivamente) diferindo estatisticamente de todos os tratamentos (55,26%) (Figura 1).

Acredita-se que este resultado foi observado devido a incompatibilidade de atuação de ambos microrganismos nesta fase inicial de desenvolvimento, isto é, se a cultura tivesse sido conduzida a estágios fenológicos mais avançados, teria sido possível visualizar um efeito diferente em ambos tratamentos pois, tanto *B. subtilis* quanto *B. amyloliquefaciens* tem sua performance potencializada quando a planta passa a necessitar de nutrientes advindos do solo pois liberam metabólitos secundários que atuam no sistema de defesa da planta principalmente no controle de nematoides como *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* (FERREIRA et al., 2017; MONNERAT et al., 2020).

Isso é reforçado quando feita a observação da análise de componentes principais (ACP), na qual foi possível observar uma relação inversamente proporcional do T5 com as variáveis analisadas, portanto, neste estudo, a coinoculação de *B. japonicum* + *B. amyloliquefaciens* (T5) não apresentou ganhos em TS para as plântulas de soja pelas variáveis analisadas (Figura 2).

Observando a análise de componentes principais (ACP), o componente principal 1 (CP1) e o componente principal 2 (CP2) compuseram juntos 65,6% da variância total dos dados. O CP1 apresentou 35,5% e o CP2 30,1%, apontando, respectivamente que as variáveis germinação (G) e comprimento da raiz no vaso (CRV) foram os que melhor discriminaram os dados deste estudo. A partir disso, nota-se que o T3 e o T7 apresentaram a melhor relação entre as variáveis de plântulas de soja avaliadas, pois encontram-se diretamente relacionadas à germinação (G), germinação de plântulas normais (GN) e CRG.

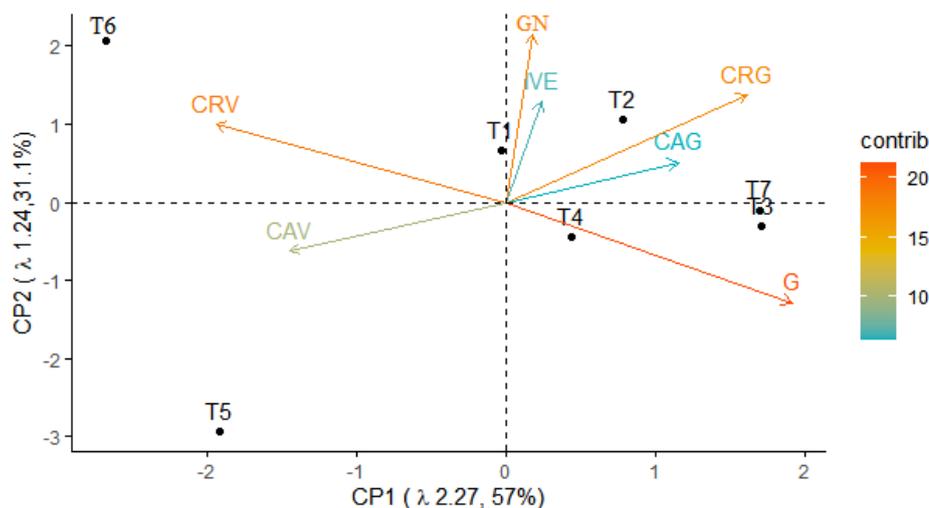


Figura 2. Análise de componentes principais (ACP) para as variáveis de plântulas de soja da variedade CREDENZ 48b32ipro sob aplicação de diferentes produtos comerciais na coinoculação com *B. japonicum*.

T1: Testemunha; T2: Somente *B. japonicum*; T3: *B. japonicum* + *A. brasilense*; T4: *B. japonicum* + *B. subtilis*; T5: *B. japonicum* + *B. amyloliquefaciens*; T6: *B. japonicum* + *B. methylotrophicus*; T7: *B. japonicum* + *B. pumilus*. CRV: Comprimento de raiz do vaso; CAV: Comprimento da parte área em vaso; IVE: Índice de velocidade de emergência; CRG: Comprimento de raiz no papel germitest; CAG: Comprimento de parte área no papel germitest; G: Germinação total; GN: Germinação de plântulas normais. CV%: Coeficiente de variação.

Também é possível observar os efeitos positivos da coinoculação de *Bacillus* sp. principalmente nas variáveis que tem relação direta com o desenvolvimento do sistema radicular. Isto é evidenciado pela observação da contribuição de IVE, CAG e CAV que foi mínima quando comparado com as demais variáveis (Figura 2).

Steiner, Ferreira, Zuffo (2019) e Pacentchuk et al. (2020), evidenciam a importância da coinoculação com *B. japonicum* principalmente na nodulação, estimulando sua formação precoce, aumento de massa de nódulos e ativação de modo a promover ganhos em rendimento devido a otimização da FBN tanto no uso de *A. brasilense* quanto na associação com BPCP's.

Os mecanismos utilizados pelas bactérias que proporcionam efeitos benéficos na cultura ainda não são bem esclarecidos, no entanto, sabe-se que há relação direta potencializando a taxa da FBN, aumento da massa

seca de nódulos, de pelos radiculares e raízes secundárias, inibição de patógenos e produção de hormônios do crescimento (HUNGRIA et al., 2015; BRACCINI et al., 2016; STEINER; FERREIRA; ZUFFO, 2019; DUARTE et al., 2020).

Conclusões

A coinoculação de *B. japonicum* + *A. brasilense* promoveu ganhos de comprimento de raiz e germinação em plântulas de soja. A coinoculação com *B. pumilus* apresentou potencial de efeito semelhante associação de *B. japonicum* + *A. brasilense* para todas as variáveis avaliadas. A associação com *B. methylotrophicus* apresentou o melhor enraizamento em vaso neste trabalho. O uso de BPCP's em associação com *B. japonicum* potencializa o desenvolvimento inicial da planta.

Referências

ALCEBÍADES, M. L.; GALDINO, L. G.; CNOSSEN, E. J. N.; FILHO, J. S.; ALVES, G. C. S. Utilização de método químico e biológico no manejo de *Meloidogyne javanica* na cultura de soja sob cultivo protegido. **Enciclopédia Biosfera**. v.16, n.30, p. 630-640, 2019.

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

ARRUDA, L.; BENEDUZZI, A.; MARTINS, A.; LISBOA, B.; LOPES, C.; BERTOLO, F.; VARGAS, L. K. Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. **Applied Soil Ecology**, v.63, n.1, p.15-22, 2013.

BABA, V. Y.; FREITAS, A. S.; MILANI, K. M. L.; DE OLIVEIRA, A. L. M.; GONÇALVES, L. S. A. Bactérias promotoras do crescimento vegetal no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal da antracnose em frutos de pimenta. **Blucher Biochemistry Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 372-372, 2015.

BAZZO, J. H. B.; MONTEIRO, J.; MARINHO, J. de L. Inoculação e coinoculação de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, via sementes e em cobertura, na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Cultura Agrônômica**. v. 29, n.4, p.426-436, 2020.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas. Uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 334, 2009.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAEA, A. K.; LIMA, L. H. S.; 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**, v. 15, n.1, p. 27-35, 2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: DNDV/CLAV. 365p, 2009.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo**. 2. ed. Piracicaba: Esalq, 2016. 221 p.

CHOUDHARY, D.K; JOHRI, B.N. Interactions of *Bacillus* spp. and plants with special reference to induced systemic resistance (ISR). **Microbiological Research**. Bhopal, India. v. 164, p.493-513, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectiva para a agropecuária safra 2019/2020**. Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 21 nov. 2020.

COSTA, L. C.; TAVANTI, R. F. R.; RAVANTI, T. R.; PEREIRA, C. S. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v.7, n.2, p. 126-132, 2019.

COSTA, S. J. B.; ARAÚJO, A. C.; SANTOS, G. D.; SOUZA, L. B.; SOUZA, M. J. M.; GOMES, A. S. Análise econômica do agronegócio da soja na Bahia, Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. especial, 2020.

DEHGHANIFAR, S.; KEYHANFAR, M.; EMTIAZI, G. Production and partial purification of thermostable bacteriocins from *Bacillus pumilus* ZED17 and DFAR8 strains with antifungal activity. **Molecular Biology Research Communications**. v. 8, n.1, p.41-49, 2019.

DOURADO, G. F.; SILVA, M. S. B. S.; OLIVEIRA, A. C. S. de.; SILVA, E. K. C.; OLIVEIRA, L. J. M. G de.; RODRIGUES, A. A. C. Alternative seed treatment methods for plant pathogen control in sweet pepper crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 15, n.3, p.1-10, 2020.

DUARTE, C. F. D.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; MAMÉDIO, D.; GALBEIRO, S. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa ruziziensis*. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, p. 1-26, 2020.

FAN, B.; CARVALHAIS, L.C.; BECKER, A.; FEDOSEYENKO, D.; VON WIREN, N.; BORRIS, R. Transcriptomic profiling of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 in response to maize root exudates. **BMC Microbiology**, Londres, v.12, p.116, abr./jun. 2012.

FERREIRA, R. J.; SOARES, P. L. M.; CARVALHO, R. B. de.; SANTOS, J. M.; BATISTA, E. S. P.; BARBISA, J. C. Espécies de *Bacillus* no controle dos nematoides das galhas e no desenvolvimento de cana-de-açúcar. **Research Investigación**. v.47, n.2, p.1-8, 2017.

FRANÇA-NETO, J. DE B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P. de; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa soja, 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.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and *Azospirilla*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013.

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, abr. 2015.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. Inoculation of *Brachiaria* spp. With the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 221, n.1, p. 125-131, 2016.

MARIANO, R. L. R. SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 1, p. 89-111, 2013.

MENDES, R.; KRUIJIT, M.; BRUJIN, I. de; DEKKERS, E.; VOORT, M.; SCHNEIDER, J.; PICENO, Y.; DESANTIS, T.; ANDERSEN, G.; BAKKER, P.; RAAJIMAKERS, J. Deciphering the rhizosphere microbiome for disease suppressive. **Bacteria. Science**. v. 332, n.1, p.1097-1100, 2011.

MONNERAT, R.; MONTALVÃO, S. C. L.; MARTINS, E. S.; QUEIROZ, P. R. M.; SILVA, E. Y. Y da.; GARCIA, A. R. M.; CASTRO, M. T.; ROCHA, G. T.; FERREIRA, A. D. C. L.; GOMES, A. C. M. M. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 47, 2020.

NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; HUNGRIA, M. **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: Embrapa Soja, p.16, 2018.

OLIVEIRA, A.C.B. de; ROSA, A.P.S.A. da. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, Safras 2013/2014 e 2014/2015**. In: XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

PACENTCHUK, F.; GOMES, J. M.; LIMA, V. A. de.; MENDES, M. C.; SANDINI, I. E.; JADOSKI, S. O.; Efeito da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, n.12, p. 1-27, 2020.

PAVAN, M. E.; PETTINARI, M. J.; CAIRÓ, F.; PAVAN, E. E.; CATALDI, A. A. *Bacillus anthracis*: una mirada molecular a un patógeno célebre. **Revista argentina de microbiología**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 43, n. 4, p. 294-310, 2011.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; HARGER, N.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, p. 19, 2019.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, p. 22, 2020.

RATZ, R. J., PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUINONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engvista**, v.19, n.4, p. 890-905, 2017.

RONDINA, A. B. L.; SANZOVO, A. W. S.; GUIMARÃES, G. S.; WENDLING, J. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 537-549, 2020.

R STUDIO TEAM. 2018. **RStudio**: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; CARMONA, M.A. **Manual de fungicidas: um guia para o controle químico racional de doenças em plantas.** 8. ed. Passo Fundo: Berthier, 264 p, 2019.

RICHETTI, A.; GOULART, A. C. P. **Adoção e custo do tratamento de sementes na cultura da soja.** Dourados: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/188348/1/ID-36739.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2020.

SCHNEIDER, F.; PANIZZON, L. C.; SORDI, A.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A.; KLEIN, C. Eficiência agrônômica da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida a coinoculação. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n.4, p. 72-79, 2017.

SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C de. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.2, p.140-145, 2019.

STEINER, F.; FERREIRA, H. C. P.; ZUFFO, A. M. Can co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* increase common bean nodulation and grain yield, **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.1, p. 1-27, 2019.