

COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA SUBMETIDA À INOCULAÇÃO DE *Bradyrhizobium* E *Azospirillum* Components of Production and Yield of Soybean Inoculated with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum*

Lucas Guilherme Bulegon^{1,‡}, Leandro Rampim¹, Jeferson Klein², Débora Kestring¹,
Vandeir Francisco Guimarães¹, Andre Gustavo Battistus¹, e Adriano Mitio Inagaki¹

¹ Centro de Ciências Agrárias, Universidades Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste. Rua Pernambuco 1777. CEP 85.960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

[‡] Autor responsável (lucas_bulegon@yahoo.com.br)

² Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná-PUCPR Avenida da União. 500 CEP 85.902-532 Toledo, Paraná, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os componentes de produção e produtividade de dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação e submetidos à inoculação com bactérias diazotróficas do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. Adotou-se delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 2×4; no fator 1 foram testados: dois genótipos de soja (BMX Turbo e Coodetec 250) e no fator 2 foram avaliadas quatro combinações de inoculação (sementes não inoculadas mas que receberam 200 kg ha⁻¹ de N na semeadura; sementes inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*; sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense*; sementes com inoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense*). No estágio R₈ foi avaliado as variáveis biométricas: diâmetro de coleto (DC); altura de planta (ALP); número de vagens (NVS); número de grãos por vagem (NGV); massa seca de parte aérea (MPA); massa seca de vagens (MSV); produtividade por planta (PPP); teor de N na parte aérea (TNA) e teor de N nos grãos (TNG). Foi observado resposta diferenciada dos genótipos de soja BMX Turbo e Coodetec 250 à inoculação de sementes com bactérias diazotróficas do gênero *B. japonicum* ou *A. brasilense* na altura de plantas e nitrogênio na parte aérea. A inoculação conjunta de *B. japonicum* e *A. brasilense* em sementes intensifica o desempenho produtivo da cultura da soja no genótipo BMX Turbo.

Palavras chaves: Glycine max; adubação nitrogenada; bactérias promotoras de crescimento; fixação biológica de nitrogênio.

SUMMARY

This study aimed to evaluate the productivity and yield components of two soybean genotypes grown in a greenhouse and inoculated with diazotrophic bacteria of the genera *Bradyrhizobium* and *Azospirillum*. We adopted a complete randomized block design with four replications in a factorial 2 × 4; factor 1 was two genotypes of soybean (BMX Turbo and Coodetec 250) and factor 2 was four combinations of inoculation (seeds not inoculated but fertilized with 200 kg ha⁻¹ N at sowing, seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*; seeds inoculated with *Azospirillum brasilense*; seeds inoculated with *B. japonicum* and *A. brasilense*). At stage R₈, the following biometric variables were assessed: diameter collect (DIC); plant height (ALP); number of pods (NVS); number of seeds per pod (NGV); shoot dry mass (MPA); pod dry mass (MSV); yield per plant (PPP); N content in shoots (TNA) and N content in grains (TNG). Differential response of soybean genotypes BMX Turbo and Coodetec 250 and of seed inoculated with diazotrophic bacteria *B. japonicum* and *A. brasilense* in plant height and nitrogen in the shoots was observed. The combined inoculation of *B. japonicum* and *A. brasilense* seed enhanced the productive performance of soybean genotype in BMX Turbo.

Index words: Glycine max; nitrogen fertilization; growth promoting bacteria; biological nitrogen fixation.

Como citar este artículo:

Bulegon, L. G., L. Rampim, J. Klein, D. Kestring, V. F. Guimarães, A. G. Battistus, e A. M. Inagaki. 2016. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. Terra Latinoamericana 34: 169-176.

Recibido: mayo de 2015. Aceptado: diciembre de 2015.

Publicado en Terra Latinoamericana 34: 169-176.

INTRODUÇÃO

Com origem no extremo Oriente, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das oleaginosas mais cultivadas no mundo (Embrapa, 2011), sendo considerada base da alimentação de diversos povos, com expansão no Brasil a partir da década de 60 (Zancopé *et al.*, 2005).

No cenário mundial o Brasil nos últimos anos apresentou a segunda maior produção de grãos (USDA, 2015), sendo que a produtividade em 2010 atingiu 7% do produto interno bruto (PIB) brasileiro, e 30% do PIB agrícola (Embrapa, 2011).

Pode-se afirmar, que o crescimento da produção e o aumento da capacidade da soja está diretamente ligada com os avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo (Embrapa, 2011). Exemplo disso é apresentado por Hungria *et al.* (2001) como melhoramento genético associado à seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN). O nitrogênio (N) é responsável pelo acréscimo da produtividade e do teor de proteína das sementes da soja (Fagan *et al.*, 2007), além do papel fundamental no metabolismo vegetal, que demanda alta quantidade de N, nos processos de biossíntese de aminoácidos, clorofila, ácidos nucléicos e bases nitrogenadas (Crawford *et al.*, 2000).

Normalmente, para se alcançar elevada produtividade na cultura da soja utilizam-se fertilizantes minerais, aumentando os custos de produção e ocasionando maior impacto ambiental (Hungria *et al.*, 2005), sendo necessário entre 300 à 400 kg ha⁻¹ de N, produzido por meio do petróleo em processo com alto gasto de energia (Malavolta e Moraes, 2006). Após a descoberta do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) com estirpes responsivas associadas à seleção de cultivares susceptíveis as interações, a soja no Brasil dispensa adubação mineral (Döbereiner, 1997).

Atualmente, as bactérias diazotróficas que intensificam à produção de soja pertence ao gênero *Bradyrhizobium* (Silva *et al.*, 2011). Estes microrganismos infectam a planta formando, naturalmente, nódulos em suas raízes. Dentro estas raízes, essas bactérias possuem a capacidade de quebrar a tripla ligação do dióxido de nitrogênio atmosférico (N₂), que não é utilizado pelas plantas, transformando-o em forma disponível (Taiz e Zieger, 2013; Malavolta e Moraes, 2006). Esse processo pode suprir toda a necessidade de N da planta, dispensando a adubação

mineral (Taiz e Zieger, 2013). No entanto, o gasto energético desprovido pelas bactérias neste processo é elevado, podendo levar a bactéria a não realizar este processo quando estiver presente o N mineral no solo, devido a redução da afinidade da leghemoglobina pelo oxigênio (Denison e Harter, 1995). Desta forma, buscam-se novas formas de melhorar a eficiência da utilização do N pela cultura da soja.

As novas pesquisas em FBN são realizadas com diferentes bactérias em diversas culturas como: milho (Novakowski *et al.*, 2011); trigo (Bécquer Granados *et al.*, 2012); cana-de-açúcar (Schultz *et al.*, 2012) ou até mesmo forrageiras para formação de pastagem (Moreira *et al.*, 2014). Porém, poucos são os trabalhos que tentam associar dois gêneros diferentes de FBN em cultivos da soja. Neste contexto, bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* merecem atenção, pois além da FBN, podem produzir compostos promotores de crescimento ou estimular a produção endógena da planta desses compostos (Rodrigues *et al.*, 2012), sendo denominados associativas facultativas, pois proliferam-se na superfície das raízes, podendo penetrar no vegetal (Döbereiner e Baldani, 1982). Alguns destes compostos já foram detectados, produzidos na interação planta-microrganismo, tais como: a auxina ácido 3-indolacético (AIA) (Crozier *et al.*, 1988), citocininas (Cacciari *et al.*, 1989), ácido giberélico (Bottini *et al.*, 1989), além de outros compostos indólicos (Crozier *et al.*, 1988).

O aumento da quantidade de compostos promotores de crescimento pode auxiliar o desenvolvimento e produtividade das plantas (Vassilev *et al.*, 2006; Figueiredo *et al.*, 2010; Araujo *et al.*, 2012), pois, observou-se sistemas radiculares mais desenvolvidos em plantas de soja que receberam inoculação nas sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* (Bárbaro *et al.*, 2009). Da mesma forma, maiores valores médios de massa seca de parte aérea foram verificados em plantas de feijão que receberam inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes (Gitti *et al.*, 2012), enquanto que, a produtividade de plantas de milho (Lana *et al.*, 2012), feijão (Gitti *et al.*, 2012), e soja (Bárbaro *et al.*, 2009) foram incrementadas pela inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*.

Neste contexto, plantas de soja com maior nodulação apresentam valores mais elevados de compostos promotores de crescimento vegetal, pois auxinas e citocininas elevam o desempenho

dos nódulos (Anollés, 1997; Fei e Vessey, 2004). Contudo, informação de respostas de cada genótipo são escassos na literatura, necessitando estudos para cada espécie (Cassán *et al.*, 2009), principalmente nas particularidades relacionadas à promoção de crescimento pelo *Azospirillum brasilense* aliado a *Bradyrhizobium japonicum*. Ao considerar que alterações nos componentes biométricos e de produção podem ser indicativos do efeito da associação entre bactérias diazotróficas, ensaios em vaso podem acelerar a seleção de estirpes e cultivares responsivas a interação entre planta e microrganismo.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de dois genótipos de soja em casa de vegetação submetidos à inoculação de bactérias diazotróficas dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2011 à fevereiro de 2012, em casa de vegetação, na Estação de Horticultura e Cultivo Protegido “Prof. Dr. Mário César Lopes” pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon /PR. A estação experimental está localizada nas coordenadas geográficas 54° 22' W, 24° 46' S, com altitude média de 420 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. O trabalho foi avaliado apenas no estádio R8 escala de Ferh, sendo avaliado em três etapas, em planta no vaso, os componentes de produção e avaliações em laboratório.

Empregou-se delineamento experimental em blocos casualizados, aplicada a esquema fatorial 2×4 , com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por dois genótipos de soja [BMX Turbo e Coodetec 250 (CD250)]. A cultivar BMX Turbo apresenta porte médio, com hábito de crescimento indeterminado, e ciclo de 115 dias e a cultivar CD 250, possui porte médio, com crescimento indeterminado e ciclo de 110 dias. Já o segundo fator foi formado por nitrogênio (N) e bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* isolados ou em associação [T1-testemunha sem inoculação e com N; T2 – inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (Semias 5079 e 5080) sem N; T3 – inoculação com

Azospirillum brasilense (Ab-V5 + Ab-V6) sem N; T4 – *Bradyrhizobium japonicum* (Semias 5079 e 5080) + *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 + Ab-V6) sem N].

A dose de nitrogênio fornecido no T1 foi de 240 kg ha⁻¹ conforme recomendação de Hungria *et al.* (2001) para produção de 3000 kg ha⁻¹, adicionando-se 40% da dose no momento da semeadura e o restante no estádio V₂ da cultura da soja.

A parcela experimental foi constituída de duas plantas cultivadas em um vaso de polietileno, cilíndricos, com 20 cm de altura e 10 cm de raio, com volume de 6 L⁻¹, sendo utilizado como substrato 6 kg terra argilosa, proveniente de horizonte A de Latossolo Vermelho Eutroférico de textura muito argilosa (Embrapa, 2013), com as seguintes características químicas: pH (H₂O): 5.00; P disponível (Mehlich⁻¹): 11.78 mg dm⁻³; K (Mehlich⁻¹): 0.26 cmolc dm⁻³; Ca⁺² (KCl 1 mol L⁻¹): 3.82 cmolc dm⁻³; Mg⁺² (KCl 1 mol L⁻¹): 0.86 cmolc dm⁻³ e Al⁺³ (KCl 1 mol L⁻¹): 0.10 cmolc dm⁻³; H+Al (acetato de cálcio 0.5 mol L⁻¹): 4.92 cmolc dm⁻³; saturação de bases: 4.94 cmolc dm⁻³; V: 50.10%, matéria orgânica: 16.40 g dm⁻³. O solo foi previamente peneirado para retirada de torrões e maiores impurezas.

O número total de parcelas foi 32 unidades experimentais, sendo que a correção do solo foi realizada 60 dias antes da semeadura, elevando-se a saturação de bases para 70%, segundo recomendação para a soja para o respectivo tipo de solo (Embrapa, 2011). A adubação de base foi realizada segundo a recomendação de Embrapa (2011).

As sementes de soja foram inoculadas duas horas antes da semeadura, ocorrida no dia 26 de outubro de 2011. A dose utilizada foi 60 mL do inoculante Simbiose Nod para cada 100 kg de sementes, sendo a mesma dosagem adotada para a inoculação de *Azospirillum brasilense*, utilizando o produto Graminante. A homogeneização dos tratamentos foi realizada em sacos de polietileno.

Realizou-se a semeadura acondicionando-se 10 sementes em cada vaso. Em seguida os vasos foram cobertos com feno, sendo irrigados diariamente. Após a emergência e estabelecimento da cultura foi realizado o desbaste, restando duas plantas por vaso para completar o ciclo de desenvolvimento. Foram mensuradas as seguintes variáveis: (I) biométricas, especificamente diâmetro de coleto (mm), altura de plantas (cm), massa da matéria seca de parte aérea e de vagens (g⁻¹), conforme (Fioreze *et al.*, 2011); (II) componentes da produção, sendo número de vagens,

número de grãos por vagem e produtividade por planta (g planta^{-1}), ambas avaliações realizadas no período de maturação plena da cultura correspondente ao estágio R₈ (Fehr e Caviness, 1977) e (III) amostras da parte aérea e dos grãos foram utilizadas para determinar os níveis de N, as quais foram submetidas à moagem em moinho do tipo Willey (tamanho e determinado pelo método da digestão sulfúrica e destilação em sistema semi-micro Kjeldahl (Embrapa, 2009).

A análise estatística dos resultados obtidos foi executada com auxílio do programa Sisvar (Ferreira, 2011), de modo que os dados foram submetidos à análise de variância e, no caso de efeito significativo, utilizou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para diferenciação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 se apresenta o diâmetro de coletor, altura de planta, massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de vagens (MS Vagens) de diferentes cultivares de soja, submetidos a inoculação com bactérias diazotróficas, em casa de vegetação. Constatou-se que houve efeito significativo da interação entre tratamento e cultivares para todas as variáveis avaliadas ($P < 0.05$), com exceção de número de grãos por vagens (Tabelas 1, 2 e 3).

Para diâmetro de coletos diferentes tratamentos não apresentaram diferença entre si, apenas foi observado diferença entre as cultivares dentro do tratamento testemunha. O diâmetro de coletor é uma variável

importante, pois na região onde o trabalho foi realizado se tem grande incidência de ventos, podendo ocorrer tombamento das plantas, acarretando em perdas tanto durante o desenvolvimento da cultura, reduzindo a perda de flores e redução do enchimento de grãos devido ao maior auto sombreamento da população, quanto dificultando o processo de colheita devido ao contato do molinete com as plantas acamadas, levando a debulha precoce na plataforma, e perdas durante a alimentação da colhedora.

Quanto à altura de plantas houve efeito dos tratamentos, apenas para a cultivar Turbo, onde a testemunha apresentou menores média e os maiores valores médios nas plantas inoculadas com *A. brasilense*. Este resultado mostra que a atuação hormonal desse organismo é positiva (Crozier *et al.*, 1988; Reis Junior *et al.*, 2008). Contudo, os resultados não diferiram dos tratamentos com *B. japonicum* e associação entre as bactérias diazotróficas, o que pode ser considerado positivo, pois o resultado obtido se assemelha as tecnologias atualmente utilizadas no Brasil e no mundo. Bashan e Holguin (1997) relataram que fitormônios, principalmente o ácido indol-acético (AIA), excretados por *Azospirillum* desempenham papel essencial na promoção do crescimento de plantas em geral, principalmente ao apresentar-se superior à testemunha, a qual possui fornecimento de nitrogênio.

Na Tabela 1 também é possível observar os resultados encontrados para massa seca de parte aérea, sendo constatado resultado diferenciado entre as cultivares estudadas. Segundo Reis *et al.* (2000),

Tabela 1. Diâmetro de Coletor, Altura de Planta, Massa Seca de Parte Aérea (MSPA) e Massa Seca de Vagens (MS Vagens) de diferentes cultivares de soja, submetidos a inoculação com diferentes bactérias diazotróficas, em casa de vegetação, no município de Marechal Cândido Rondon – PR, 2011/2012.

Tratamentos	Diâmetro de coletor		Altura de planta		MSPA		MS vagens	
	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250
	----- mm -----		----- cm -----		----- g -----			
Testemunha	10.399 aA	7.139 aB	46.667 bB	55.083 aA	8.407 bB	11.638 aA	7.084 aA	7.296 bA
<i>B. japonicum</i>	6.525 bA	6.973 aA	54.667 abA	54.667 aA	9.141 bA	9.083 abA	4.685 aA	6.424 bA
<i>A. brasilense</i>	6.503 bA	6.976 aA	56.167 aA	55.125 aA	9.944 abA	7.675 bA	4.364 aB	11.401 aA
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	6.998 bA	6.053 aA	54.500abA	60.500 aA	12.763 aA	7.207 bB	6.382 aA	5.667 bA
Média	7.19		54.67		9.48		6.66	
CV(%)	9.78		8.62		18.12		21.76	

Médias seguidas das mesma letras minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV(%) = coeficiente de variação.

a ausência de resposta à inoculação das sementes com bactérias diazotróficas tem sido atribuída ao uso de linhagens inadequadas. Assim, a inoculação da cultivar Turbo com a associação de *B. japonicum* + *A. brasilense* obteve médias superiores. Reis Junior et al. (2008) atribuíram a maior massa seca de plantas as substâncias promotoras de crescimento produzidas pelas bactérias. Porém, efeito oposto foi observado na cultivar CD250, onde os tratamentos com presença de *A. brasilense* exibiu médias inferiores. O resultado apresentado pela cultivar CD250 é semelhante ao encontrado por Zilli et al. (2010a), onde a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N produziram maior massa seca de parte aérea ao inocular com *B. japonicum*.

Para a massa seca de vagens, a cultivar Turbo apresentou média inferior no tratamento com *A. brasilense*. Entretanto, tal resultado não era esperado, uma vez que esta cultivar apresenta grãos normalmente de maior tamanho e peso (peso de mil sementes de 232 g⁻¹, contra 149 g⁻¹ da CD 250) (Brasmax, 2012; Coodetec, 2011).

Na Tabela 2, tem-se os resultados da variável número de vagens, onde o tratamento *B. japonicum* obteve valores superiores quando inoculado na cultivar CD 250, esse fato pode estar ligado ao aporte de N e fornecimento pela simbiose, onde o mesmo é exigido em grande quantidade na manutenção e formação das vagens pela cultura da soja, visto que, normalmente nessa fase se tem redistribuição do N na planta (Ryle et al., 1979). Desta forma, plantas que apresentam condições fisiológicas e nutricionais adequadas, mantêm suas vagens; o que não ocorre em plantas que

não acumulam nutrientes suficientes, abortando vagens das partes mais deficiências de nitrogênio. Esse fato pode ser observado no acúmulo de N de parte aérea, sendo menor para o tratamento com maior número de vagens, diretamente relacionado à redistribuição do nitrogênio. Imsande e Schmidt (1998) também ressaltam que a partir do estágio de desenvolvimento de vagens ocorre decréscimo da concentração de N na fração vegetativa da planta, pois o N é remobilizado para as vagens e sementes. Para a cultivar Turbo, apenas a testemunha apresentou maior número de vagens e os demais tratamentos obtiveram médias inferiores.

O número de grãos por vagens não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e cultivares. Tal resultado era esperado, uma vez que esta característica da soja é constante e semelhante para a maioria dos cultivares, devido ao grande melhoramento genético. Assim, como é uma característica definida durante o desenvolvimento da planta, diferentes tratamentos não proporcionam efeito.

No acúmulo de N na parte aérea das plantas, não foi identificado efeito significativo entre as cultivares como relatado na Tabela 2, sendo apenas contatado para o tratamento testemunha na cultivar Turbo, onde esse apresentou menor acúmulo de N na parte aérea, provavelmente relacionado com maior número de vagens obtido nesse tratamento, exigindo maior teor de nitrogênio. O mesmo efeito pode ser observado no acúmulo de N no grão onde a testemunha teve maior média para ambas as cultivares, porém sem diferenciar dos tratamentos com inoculação, mostrando que a fixação biológica é eficiente no suporte de N para as

Tabela 2. Número de Vagens e de grãos por vagem, Nitrogênio de Parte Aérea e de Grãos de diferentes cultivares de soja, submetidos a inoculação com diferentes bactérias diazotróficas, em casa de vegetação, no município de Marechal Cândido Rondo – PR, 2011/2012.

Tratamentos	Nº de vagens		Nº grãos por vagem		N parte aérea		N grãos	
	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250	Turbo	CD 250
	----- g kg ⁻¹ -----							
Testemunha	42.417 aA	29.396 abB	2.796 ns	2.841ns	1.453 bA	2.193 aA	66.924 aA	65.889 aA
<i>B. japonicum</i>	20.167 bB	34.333 aA	2.792	2.875	3.090 aA	3.425 aA	59.905 abB	67.355 aA
<i>A. brasilense</i>	27.540 bA	29.625 abA	2.875	2.906	3.109 aA	3.417 aA	60.739 abA	61.485 aA
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	25.833 bA	24.333 bA	2.833	2.875	3.810 aA	3.339 aA	58.036 bB	66.064 aA
Média	29.20		2.84		2.60		63.29	
CV(%)	15.55		6.21		20.56		6.85	

Médias seguidas das mesma letras minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ns = não houve diferença significativa pelo teste de F ($P < 0.05$); CV(%) = coeficiente de variação.

plantas. Este resultado corrobora com os encontrados por Zilli *et al.* (2010a,b). O efeito do *Azospirillum* é positivo, onde mesmo sem nodulação, supri a demanda de N da planta. Possivelmente este resultado esteja relacionado com o substrato utilizado, o qual não foi esterilizado, tendo a presença natural de *B. japonicum*, contribuindo com a FBN, sendo ponto expressivo pois a combinação em doses corretas pode maximizar a eficiência da fixação biológica.

A produção por planta se apresentam na Tabela 3. Os resultados não foram positivos por parte das bactérias do gênero *Azospirillum* no cultivar Turbo, porém na cultivar CD250 proporcionou médias superiores. Aguardava-se esta diferença entre cultivares, baseada na descrição de Reis *et al.* (2000), devendo-se buscar cultivares que sejam responsivas a associação com diazotróficos. A ausência de resposta da cultivar Turbo pode estar relacionada com o que é mencionado na literatura que mostra uma inconsistência dos resultados quando se utiliza a *A. brasilense* em soja, visto que essa se estabelece na superfície da raiz, e ocasionalmente penetra nas raízes. Assim a literatura reporta que o uso de bactérias que se estabelecem nas raízes gera resultados que podem ser muito variados, devido poder sofrer a ação de fatores externo do solo como outras bactérias que ali competem por recursos podem limitar as respostas da planta. Uma vez que bactérias do gênero *Azospirillum* podem sobreviver tanto em condições endofíticas como associativa próximas as raízes (Baldani *et al.*, 1997), assim Sturz e Nowak (2000) sugerem que, se as bactérias fossem somente

Tabela 3. Produção por planta de diferentes cultivares de soja, submetidos a inoculação com diferentes bactérias diazotróficas, em casa de vegetação, no município de Marechal Cândido Rondo – PR, 2011/2012.

Tratamentos	Produção	
	Turbo	CD 250
	- - - - g planta ⁻¹ - - - -	
Testemunha	4.198 aA	3.698 abA
<i>B. japonicum</i>	2.272 bcB	3.919 abA
<i>A. brasilense</i>	1.626 cB	4.865 aA
<i>B. japonicum</i> + <i>A. brasilense</i>	3.138 abA	2.584 bB
Média	3.28	
CV(%)	22.68	

Médias seguidas das mesma letras minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV(%) = coeficiente de variação.

endofíticas, a inconstância dos resultados seria menor, uma vez que não estariam expostas condições do solo e ambiente, ou também não estariam sujeitas à competição por nutrientes na rizosfera (Mariano, 2001).

CONCLUSÕES

- A inoculação com bactérias diazotróficas eleva os valores de altura de planta, acúmulo de massa seca e aporte de N na parte aérea para a cultivar BMX Turbo, porém reduz a massa seca de parte aérea quando aplicada a cultivar Coodetec 250
- Genótipos de soja BMX Turbo e Coodetec 250 apresentam capacidade de resposta diferentes à inoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*, sendo a BMX Turbo mais responsiva a associação com bactérias diazotróficas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, afiliada à Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior – SETI; CAPES/PNPD; CNPq e ao INCT pelo suporte financeiro.

LITERATURA CITADA

- Anollés, C. G. 1997. Molecular dissection and improvement of the nodule symbiosis in legumes. *Field Crops Res.* 53: 47-68.
- Araujo, F. F., L. M. Guaberto, e I. F. da Silva. 2012. Bioprospeção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. *Rev. Bras. Zoo.* 41: 521-527.
- Bárbaro, I. M., P. C. Machado, L. S. Bárbaro Junior, M. Ticelli, F. B. Miguel, e J. A. A. Silva. 2009. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. *Colloquium Agrariae* 5: 1-7.
- Baldani, J., L. Caruso, V. L. D. Baldani, S. R. Goi, and J. Döbereiner. 1997. Recent advances in BNF with non-legume plants. *Soil Biol. Biochem.* 29: 911-922.
- Bashan, Y. and G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: Environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.* 43: 103-121.
- Bécquer Granados, C. J., G. Lazarovits, L. Nielsen, M. Quintan, M. Adesina, L. Quigley, I. Lalin y C. Ibbotson. 2012. Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas en dos variedades de trigo. Fase II: Invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3: 985-997.
- Bottini, R., M. Fulchieri, D. Pearce, and R. P. Pharis. 1989. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. *Plant Physiol.* 90: 45-47.

- BRASMAX. 2012. Características e posicionamento - cultivares Brasmax. On-line. Disponível em: <http://www.brasmaxgenetica.com.br/archivos/manejo/manejo_20.pdf>. (Consulta: agosto 30, 2012).
- Cacciarri, I, D. Lippi, T. Pietrosanti, and W. Pietrosanti. 1989. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. *Plant Soil* 115: 151-153.
- Cassán, F., D. Perrig, V. Sgroj, O. Masciarelli, C. Penna, and V. Luna. 2009. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *Eur. J. Soil Biol.* 45: 28-35.
- COODETEC (Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola). 2011. Guia de produtos sul, soja 2011. On-line. Disponível em: <<http://restrita.coodetec.com.br/baixar/guia%20soja%20sul.pdf>>. (Consulta: agosto 30, 2012).
- Crawford, N. M., M. L. Kahn, T. Leustek, and S. R. Long. 200. Nitrogen and sulfur. pp. 711-768. *In*: B. B. Buchanan, W. Gruissem, and R. L. Jones. (eds.). *Biochemistry and molecular biology of plants*. Willey. Rockville, MD, USA.
- Crozier, A., P. Arruda, J. M. Jasmim, A. M. Monteiro, and G. Sandberg. 1988. Analysis of indole-3-acetic acid and related indoles in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 2833-2837.
- Denison, R. F. and B. L. Harter. 1995. Nitrate effects on nodule oxygen permeability and leghemoglobin: Nodule oximetry and computer modeling. *Plant Physiol.* 107: 1355-1364.
- Döbereiner, J. 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biol. Biochem.* 29: 771-774.
- Döbereiner, J. e J. I. Baldani. 1982. Bases científicas para uma agricultura biológica. *Ciênc. Cult.* 34: 869-881.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informações Tecnológica. Brasília, BR.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2011. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013. Embrapa Soja. Londrina, BR.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa - SPI/Embrapa – Solos. Brasília/Rio de Janeiro, BR.
- Fagan, E. B., S. L. P. Medeiros, P. A. Manfron, D. Casaroli, J. Simon, D. D. Neto, Q. J. Lier, O. S. Santos, e L. Müller. 2007. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja-revisão. *Rev. FZVA* 14: 89-106.
- Fei, H. and J. K. Vessey. 2004. Further investigation of the roles of auxin and cytokinin in the NH_4^+ -induced stimulation of nodulation using white clover transformed with the auxin-sensitive reporter GH3:gusA. *Physiol. Plant.* 121: 674-681.
- Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, IA, USA.
- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: A computer statistical analysis. *Ciênc. Agrotec.* 35: 1039-1042.
- Figueiredo, M. V. B., L. Seldin, and F. F. Araujo. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria: Fundamentals and applications. pp. 21-43. *In*: D. K. Maheshwari (ed.). *Plant growth and health promoting bacteria*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlin.
- Fioreze, S. L., L. G. Pivetta, A. Fano, F. R. Machado, e V. F. Guimarães. 2011. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. *Revista Ceres* 58: 342-349.
- Gitti, D. C., O. Arf, F. H. Kaneko, R. A. F. Rodrigues, S. Buzetti, J. R. Portugal, e D. C. D. C. Corsini. 2012. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. *Rev. Agrar.* 5: 36-46.
- Hungria, M., R. J. Campo, e I. C. Mendes. 2001. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Embrapa Soja: Circular Técnica. Londrina, BR.
- Hungria, M., J. C. Franchini, R. J. Campo, and P. H. Graham. 2005. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. pp. 25-42. *In*: D. Werner and W. E. Newton (eds.). *Nitrogen fixation in agriculture: Forestry ecology and environment*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, NL.
- Imsande, J. and J. M. Schmidt. 1998. Effect of N source during soybean pod filling on nitrogen and sulfur assimilation and remobilization. *Plant Soil* 202: 41-47.
- Lana, M. C., J. Dartora, D. Marini, and J. E. Hann. 2012. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. *Rev. Ceres* 59: 399-405.
- Malavolta, E. e M. F. Moraes. 2006. Serie estudos e documentos - O nitrogênio na agricultura brasileira. CETEM. Rio de Janeiro, BR.
- Mariano, R. L. R. 2001. Potencial de bactérias endofíticas para utilização na agricultura. pp. 7-24. *In*: Reunião de controle biológico de fitopatógenos, 7. Bento Gonçalves, 1991. Anais. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, RS, Brasil.
- Moreira, C. D., D. H. Pereira, R. A. Coimbra, e D. A. Moreira. 2014. Germinação de gramíneas forrageiras em função da inoculação de bactérias diazotróficas germination of grasses due to inoculation diazotrophic bacteria. *Sci. Elec. Archi.* 6: 90-96.
- Novakowski, J. H., E. I. Sandini, M. K. Falbo, A. Moraes, J. H. Novakowski, e N. C. Cheng. 2011. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. *Semina: Ciênc. Agrár.* 32: 1687-1698.
- Reis Junior, F. B., C. T. T. Machado, A. T. Machado, e L. Sodek. 2008. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 32: 1139-1146.
- Reis, V. M., J. I. Baldani, V. L. Baldani, and J. Döbereiner. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Crit. Rev. Plant Sci.* 19: 227-247.
- Rodrigues, A. C., J. E. L. Antunes, V. V. Medeiros, B. G. F. Barros, e M. V. B. Figueiredo. 2012. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. *Biosci. J.* 28: 196-202.
- Ryle, G. J. A., C. E. Powell, and A. J. Gordon. 1979. The respiratory costs of nitrogen fixation in soybean, cowpea, and white clover. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. *J. Exp. Bot.* 30: 145-153.

- Schultz, N., R. F. Morais, J. A. Silva, R. B. Baptista, R. P. Oliveira, J. M. Leite, W. Pereira, J. B. Carneiro Júnior, B. J. R. Alves, J. V. Baldani, R. B. Boddey, S. Urquiaga, e V. M. Reis. 2012. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.* 47: 261-268.
- Silva, A. F., M. A. C. Carvalho, E. L. Schoninghe, S. Monteiro, G. Caione, e P. A. Santos. 2011. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. *Biosci. J.* 27: 404-412.
- Sturz, A. V. And J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Appl. Soil Ecol.* 15: 183-190.
- Taiz, L. e E. Zieger. 2013. *Fisiologia vegetal*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA.
- USDA (United States Departmente of Agriculture). 2015. World agricultural supply and demand estimates. Washington, DC, USA.
- Vassilev, N., M. Vassileva, and I. Nikolaeva. 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: Potentials and future trends. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 71: 137-144.
- Zancopé, G. J., J. M. Nasser, e M. V. P. Moraes. 2005. O Brasil que deu certo: A saga da soja brasileira. Triade. Curitiba, BR.
- Zilli, J. E., R. J. Campo, e M. Hungria. 2010a. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. *Pesq. Agropec. Bras.* 45: 335-338.
- Zilli, J. É., V. Gianluppi, R. J. Campo, J. R. C. Rouws, e M. Hungria. 2010b. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 34: 1875-1881.