



Número e massa de nódulos de soja co-inoculada com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* após pastagem no Cerrado em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico

Tamiris Yoshie Kiyama de Oliveira^(1*); Osvaldo Araujo Junior⁽²⁾; Izabela Militão Garcia⁽²⁾; Marcelo Andreotti⁽³⁾.

⁽¹⁾ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Engenharia; Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 15385-000 (*apresentador, tamiris.yoshie@gmail.com).

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 15385-000.

⁽³⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

INTRODUÇÃO

RESUMO: Pastagens do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), principalmente de *U. brizantha* cv. Marandu produzem forragem em condições de baixa disponibilidade hídrica e por um período mais longo, deixando maior quantidade de palha para continuidade do sistema plantio direto, no entanto, devido a sua alta relação C/N pode acarretar uma imobilização temporária do N para as plantas em sucessão. Desse modo, bactérias diazotróficas como *Azospirillum* têm sido empregadas para co-inoculação de soja, juntamente com bactérias simbióticas *Bradyrhizobium*, como alternativa para auxiliar na disponibilização de maior quantidade de nutrientes às plantas, devido ao efeito de maior crescimento radicular. O trabalho de pesquisa objetivou em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições de sequeiro, no Cerrado, avaliar o desempenho de nodulação da soja em sucessão ao capim-marandu submetido à três manejos: adubado com 50 kg ha⁻¹ de N a cada corte antecessor, simulando o pastejo (num total de 2 cortes com 100 kg ha⁻¹ de N), ou com pulverização foliar a cada corte com *Azospirillum brasilense* e numa outra condição sem adubação nitrogenada ou pulverização com a bactéria diazotrófica após cada corte, e em duas condições de semeadura da soja: inoculada apenas com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense*. Os tratamentos no capim-marandu antecessor incrementaram a massa de nódulos da soja em sucessão, contudo, sem reflexos na produtividade de grãos da soja.

Termos de indexação: Fixação biológica de nitrogênio; bactérias diazotróficas, nitrogênio.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) consiste na incorporação de N₂ no estado gasoso para a forma de amônio ao metabolismo primário do nutriente, colaborando para produção de proteínas nas plantas (REIS et al., 2010).

Em princípio, produtos à base de *Azospirillum brasilense* tem sido empregados para co-inoculação de soja, juntamente com *Bradyrhizobium* (REIS, 2007). De modo geral, ocorre a potencialização da nodulação e maior crescimento radicular, em resposta a interação positiva entre as bactérias simbióticas (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum* (FERLINI, 2006), que além de auxiliar na FBN, tem como característica aumentar a produção de fitohormônios na planta, resultando em maior crescimento radicular, passível de infecção pelo rizóbio.

Em vários ensaios a campo com *A. brasilense*, os pesquisadores verificaram incrementos na produtividade das leguminosas com a co-inoculação, entretanto, houve respostas contraditórias, ou seja, o *Azospirillum* tanto pode estimular como inibir a formação de nódulos e o crescimento radicular em um sistema simbiótico, variando em função do nível de concentração do inóculo e do tipo de inoculação (FERLINI, 2006).

Desse modo, a utilização de bactérias promotoras de crescimento, tais como *Azospirillum*, destina-se em aumentar a eficiência da utilização de fertilizantes e absorção de nitrogênio pela fixação biológica, sendo uma técnica economicamente viável, além de contribuir para sustentabilidade ambiental pela redução do uso de fertilizantes (HUNGRIA, 2011), satisfazendo as necessidades modernas da agricultura devido à sustentabilidade econômica, social e ambiental (CHAPARRO et al., 2012).

Assim, o presente trabalho objetivou em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, sob condições de sequeiro, no Cerrado, avaliar o desempenho de



nodulação da soja em sucessão ao capim-marandu submetido à três manejos: adubado com 50 kg ha^{-1} de N a cada corte antecedente, simulando o pastejo (num total de 2 cortes com 100 kg ha^{-1} de N), ou com pulverização foliar a cada corte com *Azospirillum brasilense* e numa outra condição sem adubação nitrogenada ou pulverização com a bactéria diazotrófica após cada corte, e em duas condições de semeadura da soja: inoculada apenas com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2017/2018, em área de sequeiro, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul ($20^{\circ}20'05''\text{S}$ e $51^{\circ}24'26''\text{W}$, altitude de 335 m).

O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados climáticos referentes às temperaturas máxima, mínima, média e precipitação pluviométrica foram coletados junto à estação meteorológica situada na FEPE da FE/UNESP durante a condução do experimento, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul (Figura 1).

O solo da área experimental, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3×2 , constituídos do cultivo da soja em sucessão ao capim-marandu submetido à três manejos: adubado com 50 kg ha^{-1} de N a cada corte antecedente, simulando o pastejo (num total de 2 cortes com 100 kg ha^{-1} de N), ou com pulverização foliar a cada corte com *Azospirillum brasilense* (produto comercial líquido com estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (9×10^8 UFC/mL) na dose de 200 mL em calda de 200 L ha^{-1}) ou numa condição sem adubação nitrogenada ou pulverização com a bactéria diazotrófica após cada corte, e em duas condições de semeadura da soja em sucessão: inoculada apenas com *Bradyrhizobium japonicum* (turfo 180 g/50 kg) ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense* (produto comercial líquido com estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (9×10^8 UFC/mL) na dose de 200 mL/40 kg sementes), sendo realizada a inoculação das sementes no momento da semeadura.

Cada parcela experimental constou de 7 linhas de soja com 6 m de comprimento, perfazendo uma

área útil de avaliação de $10,8 \text{ m}^2$ (5 linhas centrais com 4 m de comprimento).

A cultura da soja (AG 3730 IPRO) foi semeada mecanicamente no dia 10 de novembro de 2017. Antes da semeadura foi realizado o tratamento de sementes da soja com Vitavax + Thiram (360 mL/100 kg de sementes). Após a secagem dos químicos, realizou-se a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* (turfo 180 g/50 kg) e a co-inoculação com *Azospirillum brasilense* (200 mL/40 kg sementes) quando necessário, de acordo com os tratamentos.

A adubação mineral de semeadura, baseada na análise inicial do solo, seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997) para a cultura da soja foi de 350 kg ha^{-1} da formulação 04-30-10 (N-P₂O₅-K₂O).

No estádio R1 foram retiradas as plantas de 1 m linear por parcela, das quais foram avaliados o número e a massa de nódulos das raízes das plantas e realizou-se a aplicação de 0,2 L/ha de Sphere Max + 0,8 L/ha de Connect na área.

No momento da colheita (R8) da soja (03/03/2018), as plantas contidas nas 5 linhas centrais com 6 m de comprimento (desprezando 1 m de cada extremidade como bordadura), foram arrancadas, para determinação da Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de cada parcela, extrapoladas por ha (13% de umidade na base úmida).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de "t". Também foi efetuada análise de correlação entre os atributos avaliados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos resultados do trabalho não diferirem em relação ao modo de inoculação e ao residual antecedente do capim Marandu, os resultados foram satisfatórios quando comparados a diversos trabalhos na literatura, com número de nódulos superior aos obtidos por Braccini et al. (2016) e Bárbaro et al. (2011), com médias de 14,42 e 19,47 respectivamente, contra 91,75 NNP do presente trabalho (Tabela 1). Com isso, pode ser inferido que a aplicação do *B. japonicum* associado ao *A. brasilense*, retrata a capacidade das bactérias em promover maior desenvolvimento das plantas de soja.

Em contrapartida, a massa de nódulos por planta de soja (MNP) foi influenciada positivamente pelo tratamento de residual do *Azospirillum* antecedente no capim Marandu (Tabela 1). Considerando a hipótese de que o *Azospirillum* por estimular a produção de fitohormônios, aumentou a massa desses nódulos, e



consequentemente com a maior fixação de nitrogênio, onde mesmo não havendo efeito significativo para teores de N, devido ao efeito diluição em detrimento do maior acúmulo de matéria seca na planta, resultou na produtividade satisfatória aqui obtida. Os resultados obtidos no presente trabalho para MNP, tanto para soja inoculada, quanto para co-inoculada, foram muito superiores quando comparado aos obtidos por Bárbaro et al. (2011), que apesar de não diferir estatisticamente, esta alta massa de nódulos pode ter interferido na diferença de produtividade entre os trabalhos.

Ferlini et al. (2006), também retrataram que o *A. brasilense* tem a capacidade de produzir fitohormônios (auxinas, giberelinas, citocininas e etileno) que podem contribuir para um maior desenvolvimento do sistema radicular e maior produção de nódulos. Estes hormônios atuam nas células das raízes, promovendo divisões celulares, com afrouxamento das paredes celulares, e consequentemente, maior crescimento de tecidos.

Os modos de inoculação na soja (inoculação com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum*) não apresentaram resultados significativos para a MNP, podendo estar atribuído à baixa umidade do solo e à alta temperatura no momento da semeadura da soja, podendo ter interferido na eficiência e longevidade dessas bactérias. Hungria et al. (2013) atribuíram os efeitos de estresse hídrico e temperatura elevada, como fatores importantes que podem afetar a fixação biológica de nitrogênio, e consequentemente a produtividade da soja.

Os resultados obtidos no experimento conduzido no sequeiro, quando comparado aos estudos da mesma temática, mostraram nodulação satisfatória e acima da média, uma vez que a inoculação resultou em maior massa de nódulos por planta (em torno de 330 mg), sendo que para garantir o fornecimento de N na cultura da soja, a massa de nódulos deve variar entre 100 e 200 mg planta⁻¹ (HUNGRIA et al., 2007).

CONCLUSÕES

Os tratamentos no capim-marandu antecessor incrementaram a massa de nódulos da soja em sucessão, contudo, sem reflexos na produtividade de grãos da soja.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela bolsa de iniciação científica durante a condução do trabalho (Processo nº 2017/09668-5).

REFERÊNCIAS

- BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JUNIOR, L. S.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; DA SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p. 01- 07, 2011.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; DA SILVA LIMA, L. H.; 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. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- CHAPARRO, J. M.; SHEFLIN, A. M.; MANTER, D. K. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 48, n. 5, p. 489-499, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glycine max* con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*)**. Artículos Técnicos – Engormix: Agricultura, Santa Fe – Argentina, 2006.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: Inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja, Londrina, Documentos 325, 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. 80 p.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with Rhizobium and Azospirillum: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Florença v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.
- REIS, V. M.; SCHWAB, S.; ROUWS, L. F. M.; TEIXEIRA, K. R. S. Diazotróficos associativos e de vida livre: avanços e aplicações biotecnológicas. In.: FIGUEIREDO, M. V. B.; et al. **Biotecnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio a protocolos experimentais. Instituto Agrônomo de Pernambuco, Recife, 1ª ed. p.415-437, 2010.
- REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).

Figura 1- Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação (novembro de 2017) ao final dos experimentos com soja (março de 2018). Selvíria - MS (2018).

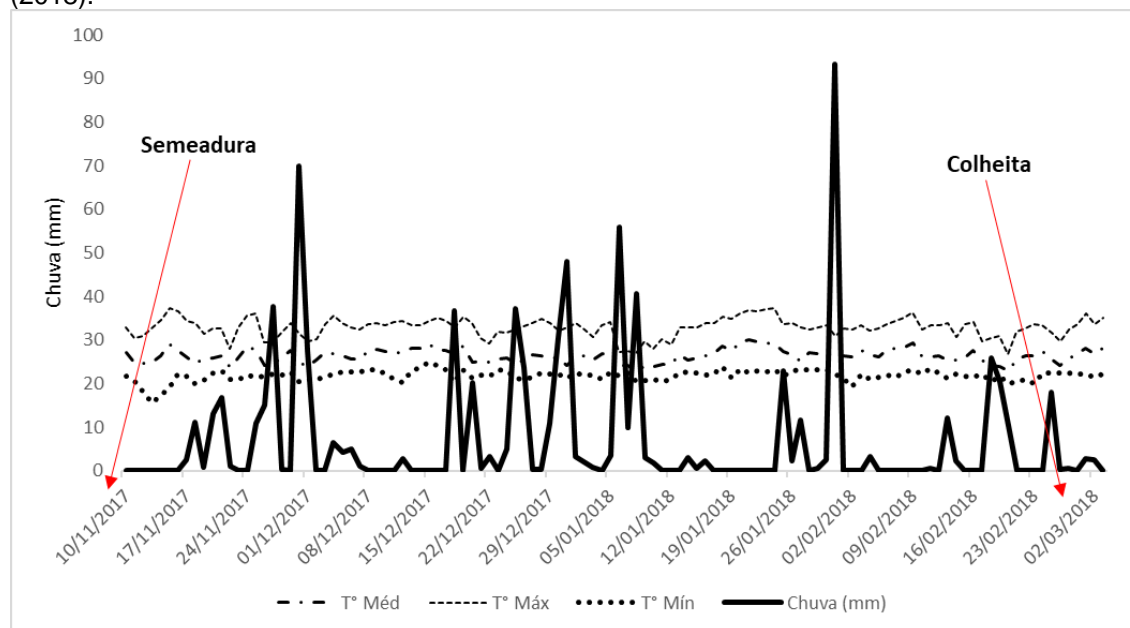


Tabela 1. Valores de F e médias para número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulos por planta (MNP) e massa de 100 grãos (M 100), e produtividade de grãos de soja em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2017/18.

	NNP	MNP (g)	M 100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
RESIDUAL				
<i>Azospirillum</i>	99,75	0,58 a	17,25	5908
UREIA	92,46	0,39 ab	17,22	5447
Controle	83,04	0,31 b	16,35	5882
DMS	54,51	0,22	1,06	955,47
INOCULAÇÃO				
BRADY	90,08	0,49	16,75	5451
AZO+BRADY	93,42	0,37	17,12	5511
DMS	36,62	0,19	0,71	641,89
TESTE F				
Residual (R)	0,31 ^{ns}	4,78*	3,01 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Inoculação (I)	0,04 ^{ns}	3,3 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}
R x I	1,42 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)	46,53	40,75	4,91	13,03

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. *Azospirillum* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)