



Combinações de fornecimento de bactérias promotoras de crescimento de planta na nutrição da soja no Cerrado

Evelyn Maria Rocha Marega^(1*); Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽²⁾; Thiago Pereira Rocha⁽¹⁾; Laura Britto Garcia de Oliveira⁽¹⁾; Fernando Shintate Galindo⁽¹⁾; Kaway Nunes da Costa⁽¹⁾; Pedro Henrique Gomes de Carvalho⁽¹⁾

⁽¹⁾ Faculdade de Engenharia (FEIS-UNESP); Ilha Solteira, SP, 15385-000 (Evelyn Marega evelynmarega8@gmail.com).

⁽²⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

RESUMO: A utilização de microrganismo para o crescimento de plantas, pode vir a interferir na absorção de nutrientes. Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito da co inoculação de rizóbios com diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento, tais como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Azospirillum brasilense*, aplicadas via semente, sulco ou em jato dirigido na base da planta, sobre a concentração de N, P e K foliar. A condução do experimento foi realizada em sistema plantio direto, em um Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa, no município de Selvíria - MS, na safra 2017/2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 15 tratamentos e 6 repetições, onde cada parcela apresentava 5 m de comprimento, com 7 linhas e espaçamento entre elas de 0,45 m. No florescimento pleno das plantas de soja, foi coletado o terceiro trifólio superior de 30 plantas por parcela, e determinada as concentrações de N, P e K. As maiores concentrações de N, P e K foram obtidas com a co inoculação de rizóbios via semente e o *Bacillus subtilis* em jato dirigido no estádio V3, ou seja, apresentando a segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida. Contudo, este tratamento não foi maior na concentração de N foliar em relação a todos os tratamentos com bactérias promotoras de crescimento de planta, mas foi superior em relação as plantas não inoculadas (testemunha) e ao tratamento apenas com adubação nitrogenada.

Termos de indexação: *Glycine max* L., diagnose foliar, estado nutricional de plantas.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) se destaca no cenário brasileiro, sendo o Brasil, o segundo maior país produtor deste grão no mundo. Na safra 2016/2017 foi ocupado uma área de 33.914,9 milhões de hectares com produtividade média de 3.273 kg ha

¹de grãos cultivados (CONAB, 2017).

Os grãos de soja possuem teor elevado de proteína, dessa forma é necessária uma alta demanda de nitrogênio (N). Segundo Hungria et al. (2001) para 1.000 kg de grãos são utilizados 80 kg de N, sendo 65 kg de N para a produção, e 15 kg para a produção das folhas, dessa forma a fixação de N₂ poderá ser eficiente.

Considerando os vários fatores de perda de nitrogênio nos solos agrícolas e que a soja tem alta exigência em N para completar seu ciclo biológico e ser altamente produtiva em grãos, tem-se a preocupação para um maior aproveitamento do nutriente presente no solo. Contudo, sabe-se que a inoculação com rizóbios, por meio da FBN, pode suprir quase todo N demandado pelas plantas de soja. Entretanto, as principais limitações atuais e potenciais da FBN na cultura da soja e os benefícios atribuídos a diversas culturas pela inoculação com *Azospirillum* (bactéria diazotrófica de vida livre), com destaque para maior desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes, deduz-se que a co inoculação com ambos os microrganismos pode melhorar o desempenho das culturas (HUNGRIA et al., 2013).

Outras bactérias promotoras de crescimento de plantas, como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefacens*, assim como a levedura *Saccharomyces cerevisiae* podem inclusive inibir o crescimento de agentes patogênicos por meio de vários mecanismos de interesse agrônomo.

Dessa forma, frente a carência de informações com a co inoculação com outros microrganismos, objetivou-se avaliar o efeito da co inoculação de rizóbios (inoculante líquido) associado a diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, otimizando a nutrição de soja no cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, localizada em Selvíria – MS. O solo da área é classificado Latossolo Vermelho



Distrófico, textura argilosa, segundo Embrapa (2013), o qual foi cultivado por culturas anuais de sistema plantio direto aproximadamente a 13 anos, a cultura anterior a semeadura foi o trigo.

A temperatura média anual é 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%. O tipo climático da região é classificado como Aw de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 15 tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos foram:

- 1- 0% de N e sem inoculação (testemunha);
- 2- 100% de N (200 kg ha⁻¹, sendo 50% na semeadura e 50% na floração ou 35 dias D.A.E.) e sem inoculação;
- 3- 0% de N e TN turfa (*Rhizobium japonicum*) 80 g 50 kg⁻¹ de semente;
- 4- 0% de N, Total Nitro - TN (*Rhizobium japonicum*) líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente;
- 5- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 100 ml de Azototal (*Azospirillum brasilense*) 50 kg⁻¹ de semente;
- 6- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 100 ml 50 kg⁻¹ de semente do inoculante com *Pseudomonas fluorescens* + 100 ml de protetor;
- 7- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 150 ml de Accelerate Fertility (AccFert) 50 kg⁻¹ de semente + 100 ml de Protetor;
- 8 - Extra- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente + Azototal + *Pseudomonas* + *Rhizobium* + 100 ml de Protetor;
- 9 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 50 ml 50 kg⁻¹ de semente do inoculante com *Bacillus subtilis*;
- 10 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 100 ml do inoculante com *Bacillus subtilis* + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura;
- 11 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 300 ml do inoculante com *Bacillus subtilis* aplicado em jato dirigido na base da planta no estádio V3;
- 12 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 15 ml de Accelerate Max (AccMax) 50 kg⁻¹ de semente + 100 ml de Protetor;
- 13 - Extra- 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 15 ml de Accelerate Max (AccMax) 50 kg⁻¹ de semente + *B. subtilis* + *B. pumillus* + *B. amyloliquefaciens* + 100 ml de Protetor;
- 14 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 50 ml de Accelerate Max (AccMax) + 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura;
- 15 - 0% de N, TN líquido 100 ml 50 kg⁻¹ de semente e 50 ml do inoculante com *Bacillus pumilus*

+ 100 ml de Protetor aplicados no sulco de semeadura.

As parcelas do experimento apresentavam 5 m de comprimento com sete linhas espaçadas de 0,45 m, considerando como área útil da parcela apenas as quatro linhas centrais, excluindo-se 1 m das extremidades.

Utilizou-se a cultivar de soja a BMX Potência RR, onde foi realizado o tratamento biológico efetuando a inoculação. No florescimento das plantas de soja, foi coletado o terceiro trifólio superior de 30 plantas, segundo a metodologia descrita em Ambrosano et al. (1997), e a determinação de N, P e K, foi realizada conforme metodologia descrita por Malavolta (1997).

Análise estatística

Os dados foram avaliados pela análise de variância (teste F) e teste de Scott Knott a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos. Foi utilizado o programa computacional de análise estatística SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nitrogênio foi o nutriente mineral mais acumulado na soja, independentemente dos tratamentos, seguido pelo potássio e o fósforo, respectivamente (Tabela 1).

As maiores concentrações de N, P e K na folha diagnose da soja foram obtidas com a co-inoculação de rizóbios via semente e o *Bacillus subtilis* em jato dirigido no estádio V3. Contudo, este tratamento não foi maior na concentração de N foliar em relação aos tratamentos com TN líquido + *B. subtilis* + *B. pumillus* + *B. amyloliquefaciens*; TN líquido + *Bacillus subtilis* no sulco de semeadura; TN líquido + Azototal + *Pseudomonas fluorescens* + *Rhizobium*; TN líquido + *Bacillus subtilis* em V3; TN turfa; e TN líquido, mas foi superior em relação as plantas não inoculadas (testemunha e ao tratamento apenas com adubação nitrogenada).

Os resultados obtidos foram de certa forma semelhantes aos de Bárbaro et al. (2009), os quais reportaram que bactérias denominadas de BPCV (bactérias promotoras de crescimento vegetal), como o *A. brasilense*, podem atuar nas relações entre rizóbios e leguminosas, promovendo incrementos no crescimento vegetal e na produtividade de grãos, no nitrogênio total biologicamente fixado, além de melhorias no aproveitamento do nitrogênio obtido pela planta através da simbiose com rizóbios. Estes efeitos podem ser devido a diversos mecanismos, entre eles, uma antecipação na FBN dos nódulos, incremento na massa seca dos nódulos, promoção na ocorrência de nodulação heteróloga, através do aumento da formação de pêlos radiculares e raízes secundárias, com aumento nos sítios de infecção, inibição de fitopatógenos e produção de fitohormônios e influências na partição de matéria seca entre as raízes e parte aérea (BÁRBARO et al., 2009).

No interior da planta, bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* também desempenham um



importante papel como promotoras de crescimento de plantas e inibem o crescimento de agentes patogênicos através de vários mecanismos (COMPANT et al., 2005; RYAN et al., 2008). As características acima explicam o desenvolvimento de novos produtos comerciais de biocontrole e bioestimulante.

A inoculação em V3 com *Bacillus subtilis* apresentou resultados pertinentes na promoção de crescimento de raízes e absorção de nutrientes. Vale destacar que as bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* não formam uma simbiose semelhante ao que ocorre no *Rhizobium* com algumas plantas, contudo estas bactérias são capazes de penetrar nos tecidos vegetais e estabelecer-se como endófitos (RYAN et al., 2008; MARQUEZ-SANTACRUZ et al., 2010).

A inoculação com *A. brasilense*, *Pseudomonas* e *Rhizobium* incrementaram as concentrações de nitrogênio e fósforo, entretanto, proporcionaram menor concentração de potássio na folha de diagnose.

CONCLUSÕES

As maiores concentrações de N, P e K na folha diagnose da soja foram obtidas com a coinoculação de rizóbios via semente e o *Bacillus subtilis* em jato dirigido no estágio V3. Contudo, este tratamento não foi maior na concentração de N foliar em relação a todos os tratamentos com bactérias promotoras de crescimento de planta, mas foi superior em relação as plantas não inoculadas (testemunha e ao tratamento apenas com adubação nitrogenada).

REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. p.189-203. (Boletim Técnico, 100).

BÁRBARO, I. A.; 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 coinoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n.1 p. 1-7, 2009.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLEMENT, C.; BARKA, E. A. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, p. 4951-4959,2005.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grão- Décimo primeiro levantamento: safra 2017/2018**. Brasília, 2018. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 21/09/2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília, DF; EMBRAPA,2013. 353p.

HUNGRIA, M., CAMPO, J. R., MENDES, I.C., **Fixação Biológica do Nitrogênio na cultura da soja**. 2001. Embrapa Soja. Acesso em: 20/09/2018.

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**, XXXIII. 2013. Londrina. p.151-153, 2013.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARQUEZ-SANTACRUZ, H.A.; HERNANDEZ-LEON,R.; OROZCO-MOSQUEDA,M.C;VELAZQUEZ SEPULVEDA,I.; SANTOYO,G. Diversity of bacterial endophytes in roots of mexican husk tomato plants (*Physalis ixocarpa*) and their detection in therhizosphere. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, p. 2372-2380,2010.

RYAN, R. P.; GERMAINE, K.; FRANKS. A.; RYAN, D.J.; DOWLING, D.N. Bacterial Endophytes: Recent Developments and Applications. **FEMS Microbiology Letters**, v. 278, p. 1-9,2008.



Tabela 1. Concentração de macronutrientes na folha diagnose de soja em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e dois bioestimulantes. Selvíria - MS.

Tratamentos	N	P	K
	-----g kg ⁻¹ M.S.-----		
0% de N e sem inoculação	47,70 c	4,13 c	20,83 b
100% de N e sem inoculação	45,63 b	4,36 c	22,36 b
0% de N e TN turfa (<i>Rhizobium japonicum</i>)	50,56 a	5,23 b	20,93 b
0% de N e TN líquido (<i>Rhizobium japonicum</i>)	48,70 a	5,73 b	19,83 b
TN líquido + Azototal (<i>Azospirillum brasilense</i>)	45,83 b	5,56 b	20,30 b
TN líquido + <i>Pseudomona fluorescens</i>	43,43 c	4,43 c	17,63 c
TN líquido + Accelerate Fertility	43,46 c	4,43 c	21,83 b
TN líquido + Azototal + <i>Pseudomonas</i> + <i>Rhizobium</i>	47,96 a	6,23 a	19,36 c
TN líquido + <i>Bacillus subtilis</i>	45,46 b	5,20 b	22,40 b
TN líquido + <i>Bacillus subtilis</i> no sulco de semeadura	46,63 a	3,96 c	20,70 b
TN líquido + <i>Bacillus subtilis</i> em V3	49,66 a	6,36 a	27,16 a
TN líquido + Accelerate Max	45,73 c	5,16 b	18,60 c
TN líquido + <i>B. subtilis</i> + <i>B. pumilus</i> + <i>B. amyloliquefaciens</i>	47,80 a	5,30 b	16,86 c
NT líquido + Accelerate Max no sulco de semeadura	43,73 c	4,10 c	21,36 b
NT líquido + <i>B. pumilus</i> no sulco de semeadura	43,23 c	4,06 c	20,90 b
Média Geral	46,03	4,95	20,74
C.V. (%)	3,59	7,47	8,57
Erro Padrão	0,95	0,21	1,02

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.