CO-INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA AO USO DE GESSO E À ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA A PRODUÇÃO DE SOJA EM PLANTIO DIRETO

Kaynnã da Silva Ricardo (PIBIC/CNPq/UEPG), Vanderson Duart, Angelo Rafael Bini, Leonardo Barão, Grazielle Schornobai, Bernardo Moers, Eduardo Fávero Caires (Orientador), e-mail: efcaires@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Ciência do solo e Engenharia Agrícola/ Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia

Agronomia/Ciência do Solo/Fertilidade do Solo e Adubação

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal, Nitrogênio.

Resumo

A cultura da soja apresenta alta eficiência no processo de fixação biológica do N_2 (FBN) por meio de sua associação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Porém, em ambientes de alto rendimento de grãos, existem dúvidas se a co-inoculação de *Azospirillum brasilense* pode aumentar a eficiência da FBN e se há necessidade de fornecimento de nitrogênio (N) para a cultura por meio da adubação nitrogenada. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho sob plantio direto no município de Ponta Grossa (PR). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subsubdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram empregados dois tratamentos de sementes, sem e com co-inoculação de *A. brasilense*. Nas subparcelas foram empregados dois tratamentos, sem e com aplicação de gesso. Nas subsubparcelas foram empregadas três doses de N-ureia em cobertura (25, 50 e 75 kg N ha^{-1}), no fim do florescimento da cultura da soja, além de um tratamento controle sem N. A co-inoculação de *A. brasilense* não alterou os teores de nutrientes nas folhas de soja. O uso de gesso aumentou apenas o teor de cálcio (Ca) nas folhas. A adubação nitrogenada tardia associada com a co-inoculação de *A. brasilense* aumentou o rendimento de grãos de soja.

Introdução

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes para a obtenção de altas produtividades das culturas, tendo em vista a sua participação nas principais reações bioquímicas das plantas (CANTARELLA, 2007). Muitos questionamentos ainda existem a respeito da necessidade de complementar as necessidades de N da cultura da soja por meio da adubação nitrogenada, especialmente durante o estádio reprodutivo, visto que nesta fase há redução na eficiência da fixação biológica do N_2 (LAWN e BRUN 1974). Assim, existem dúvidas quanto à necessidade de adubação nitrogenada no fim do florescimento da cultura da soja, especialmente em ambientes de alto rendimento de grãos, visto que a redução na atividade de fixação de N_2 entre os estádios R_5 e R_7 (ZAPATA et al., 1987) pode causar diminuição no teor de N durante a fase de enchimento de grãos.

Uma das formas de aumentar a eficiência do uso de N pelas plantas é o fornecimento adequado de outros nutrientes, em especial o enxofre (S), tendo em vista o sinergismo entre N e S. O gesso agrícola apresenta-se como uma alternativa

para o fornecimento de S para culturas, tendo em vista que tal produto apresenta concentrações de S em torno de 150 g kg^{-1} (VITTI et al., 2008).
Apesar da longa tradição de pesquisa no Brasil com fixação biológica de N_2 por *Azospirillum*, ainda existem poucos resultados de pesquisa a respeito dos benefícios da co-inoculação de *A. brasiliense* com *Bradyrhizobium japonicum* nas sementes de soja em ambientes de alto rendimento de grãos sob sistema de plantio direto.

Material e Métodos
O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa, na região Centro-Sul do Paraná, em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa manejado durante longo período no sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso em parcelas subsubdivididas, com três repetições. Nas parcelas (64,0m x 6,5m) foram empregados dois tratamentos de sementes, com e sem co-inoculação de *A. brasilense.* Todas as sementes de soja utilizadas no experimento foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* via inoculante líquido Grap Nod contendo 5×10^9 unidades formadoras de colônia (UFC) mL^{-1} das estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, na dose de 2 mL kg^{-1} de sementes. A co-inoculação de *A. brasilense* foi efetuada com o inoculante líquido *AzoTotal,* composto pelas estirpes AbV5 e AbV6, na dose de 2mL kg^{-1} de sementes. As sementes não receberam nenhum tratamento com fungicida ou inseticida. Nas subparcelas (32,0m x 6,5m) foram empregados dois tratamentos, com e sem aplicação de gesso agrícola. O gesso foi distribuído sobre a superfície do solo antecedendo a semeadura da cultura do milho em 2012 e 2017, na dose de 2,7 t ha^{-1}, visando suprir a demanda de S pelas plantas. Nas subsubparcelas (8,0m x 6,5m) foram empregadas quatro doses de N-ureia em cobertura: 0, 25, 50 e 75 kg ha^{-1}, no final do florescimento da cultura da soja.
A soja, cultivar BRASMAX Lança 58160 IPRO, foi semeada dia 09 de novembro de 2018 no espaçamento de 0,45 m entre linhas, visando uma população de 26 a 30 plantas por m². A adubação foi realizada antecipadamente na cultura antecessora de trigo, utilizando-se 300 kg ha^{-1} da formulação 14-34-00 (N-P_2O_5-K_2O) e 120 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de cloreto de potássio.
Amostras de folhas foram coletadas quando a soja estava no florescimento, no dia 24 de janeiro de 2019, retirando-se o terceiro trifólio a partir do ápice de 30 plantas de cada subsubparcela. Após a coleta, as folhas foram lavadas em água deionizada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60° C. Depois de atingir massa seca constante, as amostras foram moídas para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).
A avaliação da produtividade da soja foi realizada após a maturidade fisiológica, por meio da colheita manual de 6 m^2. Foram colhidas as linhas centrais de cada subsubparcela e, posteriormente, realizou-se a trilhagem em máquina debulhadora estacionária. A umidade dos grãos foi corrigida para 130 g kg^{-1}.
Os resultados foram submetidos à análise de variância, de acordo com o delineamento em subsubparcelas. Na ausência de interação significativa entre os tratamentos, os efeitos da inoculação das sementes e da aplicação de gesso foram comparados pelo teste de Tukey a 5%, enquanto os efeitos das doses de N foram avaliados por regressão polinomial a 5% de probabilidade. Desdobramentos foram realizados no caso de interação significativa entre os tratamentos. Para os dados referentes à diagnose foliar da cultura da soja, considerou-se apenas os tratamentos de inoculação e de aplicação de gesso, pois a adubação nitrogenada foi realizada

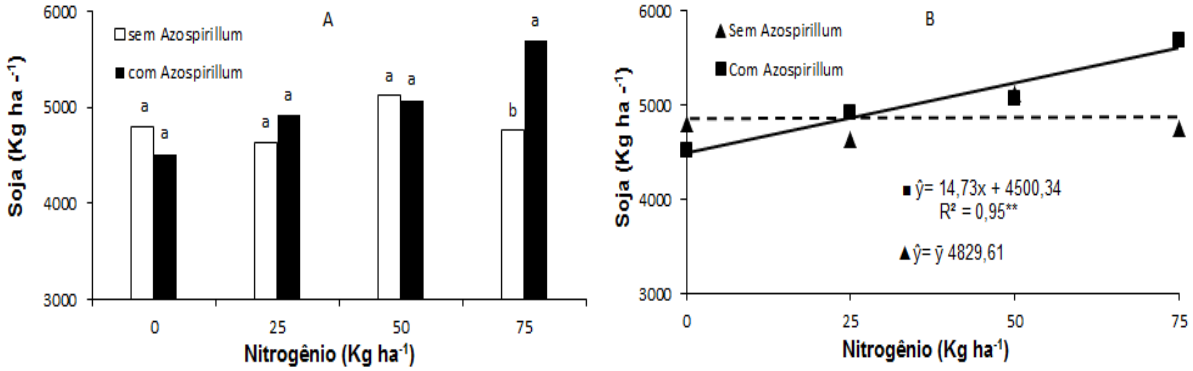
ISSN 1676-0093

após a coleta de folhas. Todas as análises estatísticas foram executadas por meio do software SISVAR.

Resultados e Discussão

A produtividade de grãos de soja foi influenciada significativamente pela interação entre os tratamentos de co-inoculação com *A. brasiliense* e doses de N aplicadas em cobertura (Figuras 1A e 1B). O desdobramento da interação demonstrou aumento na produtividade de soja com a co-inoculação com *A. brasilense* na presença de 75 kg ha^{-1} de N em cobertura no fim do florescimento (Figura 1A). Por outro lado, as doses de N em cobertura aumentaram linearmente a produtividade de grãos de soja somente na presença da co-inoculação das sementes com *A. brasilense* (Figura 1B). A aplicação de gesso não ocasionou alterações significativas na produtividade de soja, tendo-se obtido rendimento médio de grãos de 4937 e 4944 kg ha^{-1}, respectivamente sem e com o uso de gesso.

Figura 1. Produtividade de grãos soja considerando a co-inoculação com *Azospirillum brasilense* nas diferentes doses de nitrogênio (A) e as doses de nitrogênio sem e com a co-inoculação de *Azospirillum brasilense* (B).



Os teores de nutrientes nas folhas de soja não foram alterados com a co-inoculação de *A. brasilense* (Tabela 1). Somente o teor de Ca nas folhas foi aumentado com a aplicação de gesso. Como o gesso contém Ca em sua composição, o aumento no teor foliar de Ca certamente foi ocasionado pelo aumento na disponibilidade de Ca no solo proporcionado pela aplicação de gesso.

Tabela 1. Concentrações de nutrientes nas folhas de soja considerando a co-inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e o uso de gesso em sistema plantio direto. Safra 2018-2019.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg^{-1}					
Co-inoculação						
Sem *Azospirillum*	49,7	3,4	22,6	5,0	2,3	1,2
Com *Azospirillum*	50,5	3,4	22,5	4,9	2,4	1,1
DMS	1,62	0,2	2,5	0,2	0,2	0,2
Gesso						
Sem Gesso	50,1	3,4	21,6	4,9	2,4	1,1
Com Gesso	50,0	3,4	23,5	5,1	2,3	1,1
DMS	1,8	0,2	2,4	0,2*	0,2	0,1

ns: não-significativo; *: $P < 0,05$.

As respostas positivas no rendimento de grãos de soja à adubação nitrogenada tardia apenas na presença de co-inoculação (Figura 1), associada à ausência de alterações nutricionais nas folhas (Tabela 1), demonstra que os efeitos do *A. brasilense* na cultura da soja não devem estar ligados com a fixação biológica do N_2. Hungria et al. (2013) sugerem o fornecimento de reguladores de crescimento vegetal como fator ligado às alterações na produtividade da cultura da soja co-inoculada com *A. brasilense*. A resposta positiva à adubação nitrogenada tardia na cultura da soja em área com alto potencial de rendimento de grãos está de acordo com os resultados obtidos por Salvagiotti et al. (2008). Esses autores obtiveram respostas positivas à adubação nitrogenada apenas em áreas com produtividades acima de 4500 kg ha^{-1}.

Conclusões

A co-inoculação das sementes com *A. brasilense* não alterou os teores foliares de nutrientes, enquanto o uso de gesso aumentou o teor de Ca foliar na cultura da soja.

A co-inoculação das sementes de soja com *A. brasilense* aumentou a produtividade de grãos de soja na presença de adubação nitrogenada tardia em dose mais elevada (75 kg ha^{-1}). A adubação nitrogenada tardia aumentou a produtividade de grãos de soja somente quando as sementes foram co-inoculadas com *A. brasilense.*

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em especial ao Programa de Iniciação Científica (PIBIC); ao meu orientador Professor Dr. Eduardo Fávero Caires, pela orientação e oportunidade fornecida para a execução deste trabalho; e ao meu co-orientador Angelo Rafael Bini, pela orientação e ensinamentos fundamentais para o sucesso desse trabalho.

Referências

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

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.

LAWN, R.J.; BRUN W.A. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I. Effect of photosynthetic source-sink manipulations. **Crop Science**, v.14, p.ll-16, 1974.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas*: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; WALTERS, D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. **Field Crops Research**. 108, p.1–13, 2008.

VITTI, G.C.; LUZ, P. H.de C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. de E. Uso do gesso em sistemas de produção agrícola. Piracicaba: GAPE, 2008, 104p.

ZAPATA, F.; DANSO, S.K.A.; HARDARSON, G.; FRIED, M. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using nitrogen-15 methodology. **Agronomy Journal**, v. 79, p. 172-176, 1987.