

RESPOSTA DA SOJA, EM ROTAÇÃO COM O ARROZ IRRIGADO, AO USO DE *Azospirillum* COM INOCULANTE LÍQUIDO OU TURFOSO DE *Bradyrhizobium*

Amanda Posselt Martins¹, Dionata Filippi², Felipe de Campos Carmona³, Luiz Gustavo de Oliveira Denardin⁴, Leonardo Rodrigues Nunes²

Palavras-chave: coinoculação, rizóbio, produtividade.

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max*) nas terras baixas do Rio Grande do Sul, como uma alternativa ao arroz irrigado (*Oryza sativa*) durante o período de primavera-verão, vem aumentando muito nos últimos anos. Em 2009/2010, a área das terras baixas com cultivo dessa oleaginosa era de apenas 11 mil hectares, passando para 121 mil hectares após duas safras (2011/2012) e, alcançando mais recentemente (safra 2015/2016), quase 300 mil hectares (Vedelago et al., 2013; IRGA, 2016). Apesar desse crescimento em área, a produtividade da soja nessas áreas segue estagnada, com variações entre 1,8 e 2,3 Mg ha⁻¹ (IRGA, 2016), apesar do alto potencial produtivo que o ambiente das terras baixas apresenta (IRGA, 2017).

Uma das razões para isso é o possível dano que esse ambiente ocasiona, devido ao estresse hídrico, à simbiose que ocorre entre a soja e as bactérias fixadoras do nitrogênio (N) gasoso do ar (N₂) (rizóbios), num processo de mútuo benefícios: as bactérias fornecem N à soja para formação de aminoácidos e proteínas e, a soja, por sua vez, fornece fotoassimilados às bactérias que os utilizam como fonte de energia (Moreira & Siqueira, 2006). Esse processo é responsável por 65 a 85% do fornecimento de N à cultura (Hungria & Vargas, 2000) e, este, é o nutriente mais exigido em quantidade pela soja (ISUST, 1997). Sendo assim, problemas no seu fornecimento podem impactar grandemente na produtividade final da cultura.

Um dos pilares para garantir uma a nutrição de N à soja é a adequada inoculação da semente, com estirpes de rizóbio igualmente adequadas (Hungria & Vargas, 2000; RPSRS, 2014). No entanto, em condições adversas, como as que ocorrem nas terras baixas, a soja pode reverter a sua “prioridade” de gasto energético (Thomas & Costa, 2010), ou seja: diminuir a transferência de fotoassimilados para as bactérias (visando o seu próprio uso) que, consequentemente, diminui o processo simbiótico, a nodulação e o seu suprimento de N. Essas condições adversas estão ligadas tanto ao déficit como ao excesso hídrico (Thomas & Costa, 2010), situações que são igualmente recorrentes nas terras baixas (Vedelago et al., 2013) devido à gênese dos solos e ao sistema de cultivo predominantemente utilizado, com preparo do solo.

Por essas razões, uma das alternativas que vem surgindo e ainda carece de estudos, especialmente no contexto das terras baixas, é a coinoculação das sementes de soja. A coinoculação consiste na mistura, na semente, do inoculante tradicional com bactérias fixadoras de N do gênero *Bradyrhizobium* e também bactérias com comprovado benefício em diversas culturas, como as do gênero *Azospirillum*. A partir disso, se hipotetiza que a coinoculação com ambos microrganismos pode melhorar o desempenho da cultura, sem a necessidade de intervenções de maior impacto econômico e ambiental, como a aplicação de ureia para suprir o déficit de N causado pela redução da nodulação (Hungria et al., 2013). Nesse contexto, objetivou-se no presente estudo avaliar a resposta da soja (atributos

¹ Pós-Doutoranda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves nº 7712, Porto Alegre/RS, amanda.posselt@ufrgs.br.

² Graduando em Agronomia, UFRGS.

³ Pesquisador, Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária.

⁴ Doutorando em Ciência do Solo, UFRGS.

de planta e produtividade de grãos), cultivada em rotação com o arroz irrigado em área de terras baixas, à prática da co inoculação com *Azospirillum* e diferentes inoculantes de *Bradyrhizobium* (líquido e turfoso).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2016/2017, na Estação Experimental Granja Maria, pertencente à empresa Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária. A área experimental fica situada no município de Triunfo/RS (29°56'37"S, 51°25'59"O) e o solo, de acordo com a classificação da Embrapa (2013), é um Planossolo Háptico. O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, sendo eles: 1) testemunha, sem inoculação; 2) inoculação com *Bradyrhizobium* com inoculante líquido; 3) inoculação com *Bradyrhizobium* com inoculante turfoso; 4) co inoculação de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* com inoculante líquido; 5) co inoculação de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* com inoculante turfoso. Cada parcela tinha a área de 20 m² (10 x 2 m).

Foi utilizada a cultivar de soja Garra 63164 RSF IPRO. No inoculante líquido (tratamentos 2 e 4), estavam presentes as estirpes SEMIA 5079 e 5080, ambas pertencentes à espécie *Bradyrhizobium japonicum*. No inoculante turfoso (tratamentos 3 e 5), estavam presentes as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5019, pertencentes à espécie *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, respectivamente. Nos tratamentos com co inoculação (tratamentos 4 e 5), as estirpes de *Azospirillum brasiliense* utilizadas foram a AbV5 e a AbV6. As doses utilizadas foram calculadas para 1 kg de semente, utilizando-se 12 ml de inoculante líquido de *Bradyrhizobium*, 8 g de inoculante turfoso de *Bradyrhizobium* e 16 mL do produto com *Azospirillum*, equivalentes a uma dose quatro vezes superior à recomendada pelos fabricantes.

A semeadura foi realizada em linhas espaçadas de 45 cm, manualmente, garantindo uma densidade de 250.000 plantas ha⁻¹. A adubação foi realizada no momento da semeadura da soja, almejando uma expectativa de produção de 4 Mg ha⁻¹, segundo a CQFS RS/SC (2016), com 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 90 kg K₂O ha⁻¹, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. A soja foi conduzida realizando-se os manejos necessários e recomendados para a cultura na região, segundo a RPSRS (2014).

A coleta de plantas para avaliação de seus atributos foi realizada no estágio reprodutivo R2 (florescimento pleno), segundo a escala fenológica de Fehr & Caviness (1977). Foram coletadas três plantas inteiras (parte aérea + raízes) de soja por parcela, em locais representativos e excluindo as plantas das bordaduras. Para essa atividade, utilizou-se uma pá de corte. Após a coleta, a parte aérea e as raízes da soja foram separadas. As raízes das plantas foram submetidas a lavagem com água corrente, e os nódulos + pseudonódulos foram cuidadosamente separados das raízes, com auxílio de peneira e pinça. O material vegetativo, tanto da parte aérea, como das raízes e dos nódulos + pseudonódulos, foi seco em estufa de ar forçado a 55±5°C, para determinação da matéria seca.

Ao final do ciclo da soja (maturação completa, estágio R8), foi avaliado a produtividade de grãos da cultura, cortando, ao nível do solo, três linhas de 1 metro de comprimento em cada parcela. O material colhido foi processado em trilhadora estacionária, sendo posteriormente pesado e tendo seu peso corrigido para uma umidade padrão de 13%.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de dados obtidos para cada variável analisada apresentou diferentes variações, com coeficientes de variação (CV) entre 14 e 47% (Tabela 1). Observa-se que o CV foi maior para as variáveis analisadas no estágio R2, onde apenas três plantas por parcela foram analisadas. Além disso, nessas avaliações, o CV também foi maior para

variáveis ligadas às raízes das plantas (matéria seca de raízes – MSR; matéria seca de nódulos + pseudonódulos – MSN; e número de nódulos + pseudonódulos – NN), se comparado à variável da parte aérea (matéria seca da parte aérea – MSPA) (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos de planta avaliados no pleno florescimento (estádio R2) e produtividade (estádio R8) de soja, com diferentes manejos de inoculação da semente, cultivada em rotação com o arroz irrigado em terras baixas (Triunfo/RS)

Inoculação da soja	MSPA	MSR	MSN	NN	Produtividade
	-----g planta ⁻¹ -----			nº planta ⁻¹	----Mg ha ⁻¹ ----
Sem (testemunha)	16,1 a	2,8 a	0,40 a	85 a	3,33 a
Com <i>Bradyrhizobium</i> (inoculante líquido)	17,9 a	2,3 a	0,37 a	56 a	3,22 a
Com <i>Bradyrhizobium</i> (inoculante turfoso)	19,6 a	3,0 a	0,39 a	68 a	3,59 a
Com <i>Bradyrhizobium</i> (inoculante líquido) + <i>Azospirillum</i>	15,8 a	2,7 a	0,51 a	72 a	3,42 a
Com <i>Bradyrhizobium</i> (inoculante turfoso) + <i>Azospirillum</i>	15,1 a	3,5 a	0,37 a	87 a	3,86 a
Erro padrão	2,2	0,7	0,06	12	0,24
Coeficiente de variação	26%	47%	28%	32%	14%

MSPA = matéria seca da parte aérea; MSR = matéria seca de raízes; MSN = matéria seca de nódulos + pseudonódulos; NN = número de nódulos + pseudonódulos.

Letras iguais, na coluna, indicam ausência de diferença significativa entre as médias, de acordo com o Teste de Tukey (5% de significância).

Isso demonstra a necessidade da coleta de amostras maiores em futuros estudos, inclusive com parcelas maiores que permitam tais avaliações, visando uma diminuição da variabilidade dos dados e consistência nos resultados obtidos. Idealmente, experimentos agrônômicos a campo devem apresentar um CV de até 20% (Pimental-Gomes & Garcia, 2002). Por outro lado, a maior variabilidade nas variáveis ligadas às raízes das plantas, também pode estar relacionada às características intrínsecas de solo e planta ou à metodologia de lavagem com água corrente utilizada, onde é possível que nódulos e/ou pseudonódulos muito pequenos e porções de raízes das plantas muito finas tenham sido perdidas na peneira. A prévia dispersão do bloco de solo com raízes + nódulos + pseudonódulos, em soluções dispersantes com hexametáfosfato de sódio, por exemplo – quando não se almeja a avaliação de elementos/nutrientes nessas amostras –, pode ser uma alternativa interessante a ser testada, conforme a metodologia utilizada no trabalho de Costa et al. (2010).

Independentemente disso, os resultados foram consistentemente similares, em situações de maior ou menor CV: ausência de diferença estatística entre os diferentes tratamentos de inoculação e coinoculação testados nas sementes da soja cultivada (Tabela 1). A média dos resultados no ensaio foi de: 16,9 g planta⁻¹ (equivalente a 4,23 Mg ha⁻¹) de MSPA; 2,8 g planta⁻¹ (equivalente a 0,71 Mg ha⁻¹) de MSR; 0,41 g planta⁻¹ (equivalente a 0,10 Mg ha⁻¹) de MSN; 74 nódulos planta⁻¹ de NN; e 3,49 Mg ha⁻¹ (equivalente a 13,9 g planta⁻¹) de produtividade de grãos.

Os valores obtidos foram surpreendentemente positivos, principalmente na situação em que nenhuma inoculação foi utilizada, com ausência de diferença estatisticamente significativa para os demais tratamentos (Tabela 1), sendo inclusive superior à média do Rio Grande do Sul em todos os anos anteriores (IRGA, 2016). Cabe salientar que isso ocorreu em uma safra desfavorável para o cultivo da soja nas terras baixas, com altos índices de precipitação pluviométrica (INMET, 2017). Isso se deveu, provavelmente, ao fato da área experimental já ter sido cultivada com soja inoculada em anos anteriores, mantendo as bactérias fixadoras de N na biomassa microbiana do solo, em conjunto com o adequado

manejo da drenagem realizado. Sendo assim, se fazem necessários estudos futuros para corroborar este resultado, que se trata de um dos primeiros de avaliação de co inoculação nas terras baixas do Rio Grande do Sul, em situações com diferentes condições meteorológicas e histórico de cultivo de soja, visando aumentar a sustentabilidade econômica e ambiental da agropecuária realizada nesse ambiente (Martins et al., 2017).

CONCLUSÃO

Não há resposta da soja, cultivada em rotação com o arroz irrigado, à prática da co inoculação com *Azospirillum* e diferentes inoculantes de *Bradyrhizobium* (líquido e turfoso). No entanto, são necessários mais estudos em diferentes condições meteorológicas e histórico de cultivo de soja nas terras baixas, para corroborar e consolidar (ou não) este resultado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, S. E. V. G. A. et al. Patterns in phosphorus and corn root distribution and yield in long-term tillage systems with fertilizer application. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 109, p. 41-49, 2010.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, p. 151-164, 2000.
- 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, 33., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa, 2013. CD-ROM.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 27 mai. 2017.
- IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. **Soja em rotação com arroz – Evolução área e produtividade**. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20160819164909soja_safra_2015_2016.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2017.
- IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. **Soja 6000, Manejo para alta produtividade em terras baixas**. Porto Alegre, RS: Gráfica e Editora RJR, 2017.
- ISUST – Iowa State University of Science and Technology. **How A Soybean Plant Develops**. Ames, Iowa: Cooperative Extension Service, 1997.
- MARTINS, A. P. et al. Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. **Land Degradation & Development**, Medford, v. 28, p. 534-542, 2017.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras, MG: UFLA, 2006.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002.
- RPSRS - REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina 2014/15 e 2015/16**. Passo Fundo: Embrapa Trigo e Apassul, 2014.
- THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre/RS: Evangraf, 2010.
- VEDELAGO, A. et al. **Fertilidade do solo e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha, RS: IRGA, 2013.