

COINOCULAÇÃO DA SOJA COM *Bradyrhizobium* E *Azospirillum*: UMA TECNOLOGIA AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL E ECONOMICAMENTE BEM SUCEDIDA

HUNGRIA, M.¹; NOGUEIRA, M.A.¹

¹Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass, Distrito de Warta, C.P. 231, CEP 86001-970, Londrina-PR, mariangela.hungria@embrapa.br.

Introdução

Muitas leguminosas são capazes de estabelecer relações simbióticas com bactérias específicas, denominadas coletivamente de rizóbios, estabelecendo o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). O Brasil tem sido considerado modelo na aplicação dos benefícios da FBN, com ênfase na cultura da soja, que em simbiose com as estirpes selecionadas pela pesquisa consegue suprir as necessidades de N da planta, inclusive de cultivares com altos rendimentos (HUNGRIA; MENDES, 2015). Outro grupo de microrganismos benéficos é composto pelas bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), que atuam via vários processos biológicos, como a produção de fitormônios e a própria FBN; as BPCP pertencentes ao gênero *Azospirillum* são as mais estudadas e utilizadas mundialmente como inoculantes, inclusive no Brasil (HUNGRIA et al., 2010).

Considerando as necessidades crescentes de N de cultivares mais produtivas de soja, as crescentes limitações frente às mudanças climáticas globais e as maiores demandas de outros nutrientes, deduz-se que a coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* pode melhorar o desempenho da cultura, em uma abordagem que respeita as demandas atuais de sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental.

O objetivo deste trabalho foi expandir o quadro de resultados referentes às avaliações da coinoculação da soja, uma tecnologia lançada oficialmente pela Embrapa Soja em 2014.

Material e Métodos

Foram conduzidos ensaios e/ou parcelas demonstrativas em que os dois principais tratamentos comparativos foram a inoculação apenas com *Bradyrhizobium* (estirpes *B. japonicum* SEMIA 5079 e *B. diazoefficiens* SEMIA 5080) e a coinoculação com *Bradyrhizobium* e

Azospirillum brasilense estirpes Ab-V5 e Ab-V6. No caso de ensaios experimentais, foram ainda incluídos os tratamentos não inoculado com e sem fertilizante nitrogenado (200 kg de N ha⁻¹, parcelados em 50% na semeadura e 50% no início do florescimento); ensaios com seis repetições. No caso de unidades demonstrativas e vitrines tecnológicas o tamanho das parcelas variou com o local. A correção dos solos foi feita previamente e todos os tratamentos receberam, na semeadura, 300 kg ha⁻¹ da formulação 0-20-20 (N-P-K). Maiores especificações, como cultivar utilizada são fornecidas no item de resultados e discussão e nas tabelas. Ao redor dos 35 dias após a emergência (DAE) foi realizada pulverização foliar de Mo (20 g ha⁻¹) e Co (2 ou 2,5 g ha⁻¹), exceto quando especificado em controle sem micronutrientes. O controle de doenças, insetos-praga e plantas daninhas foi efetuado conforme as recomendações técnicas para a cultura. O tratamento estatístico dos dados obtidos está especificado em cada tabela.

Resultados e Discussão

A tecnologia da coinoculação da soja foi validada em diversos ensaios conduzidos pela Embrapa e com parceiros, bem como em diversas unidades demonstrativas. Aqui são apresentados os resultados obtidos em um ensaio de campo conduzido na estação experimental de Londrina e em parcelas demonstrativas na vitrine tecnológica da Embrapa Soja, também em Londrina. Ambas as áreas já haviam sido cultivadas com soja, recebido inoculantes com *Bradyrhizobium* e apresentavam alta população de rizóbios compatíveis, superior a 10.000 células viáveis por g de solo.

No ensaio experimental, o efeito da coinoculação foi verificado isoladamente com cada estirpe ide *A. brasilense*. As parcelas mediam 6 m x 4 m e para a colheita de grãos foi considerada uma área central de 7 m² de cada uma das seis repetições. Embora não tenham sido

observadas diferenças estatísticas pela inoculação ou coinoculação no número de nódulos, ambas resultaram em maior massa de nódulos aos 35 DAE (Tabela 1), uma variável que apresenta melhor correlação com o desempenho simbiótico (SOUZA et al., 2006). Ainda aos 35 DAE, todos os tratamentos inoculados e o tratamento recebendo fertilizante nitrogenado diferiram estatisticamente do controle não inoculado e sem receber N mineral quanto ao N total acumulado na parte aérea. Esses mesmos tratamentos também apresentaram maior N total acumulado nos grãos na coleta final. Em relação ao rendimento, houve destaque para a coinoculação com a estirpe de *A. brasilense* Ab-V6, que inclusive foi superior ao tratamento recebendo 200 kg de N ha⁻¹ (Tabela 1).

Na Tabela 2 podem ser visualizados os dados das parcelas conduzidas na vitrine tecnológica da Embrapa na safra 2016/2017. Cada parcela consistiu de 24 linhas de 0,45 cm, com área de 10,8 m x 7,0 m, resultando em 75,6 m², sendo coletada uma área central de 8,0 m². Nesse caso, foram verificados os efeitos da coinoculação e da pulverização com os micronutrientes Co e Mo, essenciais à FBN. Ficam evidenciados os benefícios da coinoculação e, principalmente, da importância da aplicação de Mo e Co para a maximização do processo de FBN e dos benefícios que podem ser conseguidos pela coinoculação, com incremento expressivo no rendimento e no peso de 100 grãos (Tabela 2).

Os efeitos benéficos à cultura da soja pela coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense*, com maior produção de biomassa de nódulos e rendimento de grãos, entre outras variáveis foram demonstrados em trabalhos anteriores realizados por nosso grupo de pesquisa. Os ganhos ocorreram com a aplicação de *Bradyrhizobium* nas sementes e do *Azospirillum* via sulco (HUNGRIA et al., 2013), ou via sementes (HUNGRIA et al., 2015). Os benefícios também foram verificados com a aplicação de ambos microrganismos via sulco (dados não publicados), devendo-se apenas observar que a dose aplicada no sulco sempre deve 2,5 vezes (*Bradyrhizobium*) e 2 vezes (*Azospirillum*) superior à das sementes; no caso de *Azospirillum*, essa deve ser a dose máxima, caso contrário pode ocorrer inibição no crescimento da soja. Também foram constatados benefícios importantes associados à coinoculação na precocidade da nodulação

na soja (CHIBEBA et al., 2015) e em maior tolerância da soja e do processo de FBN a estresses hídricos moderados (CEREZINI et al., 2016).

Conclusão

Nos resultados aqui apresentados, mais uma vez foram evidenciados os benefícios da coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* spp. e *A. brasilense*, mas agora enfatizados pela importância do suprimento adequado de Mo e Co para maximizar os benefícios proporcionados por esses microrganismos.

Referências

CEREZINI, P.; KUWANO, B.; SANTOS, M.; TERASSI, F.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A. Strategies to promote early nodulation in soybean under drought. **Field Crops Research**, v.196, p.160-167, 2016.

CHIBEBA, A.M.; GUIMARÃES, M.F.; BRITO, O.R.; ARAUJO, R.S.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.1641-1649, 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

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, n.7, p.791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.811-817, 2015.

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F.J. (Ed.) **Biological nitrogen fixation**. v.2. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. chapter 99, p.1009-1023.

SOUZA, R.A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; MACIEL, C.D.; CAMPO R.J.; ZAIA, D.A.M. Conjunto mínimo de parâmetros para avaliação da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.83-91, 2008.

Tabela 1. Número (NN) e massa (MNS) de nódulos secos, massa da parte aérea seca (MPAS) e N total acumulado na parte aérea (NTPA) aos 35 dias após a emergência e rendimento (R) e N total acumulado nos grãos (NTG) de soja cultivar BRS 360RR em resposta à inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e coinoculação com *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum brasilense*. Ensaio conduzido em Londrina-PR.

Tratamento	NN (n° pl ⁻¹)	MNS (mg pl ⁻¹)	MPAS (g pl ⁻¹)	NTPA (mg N pl ⁻¹)	R (kg ha ⁻¹)	NTG (kg N ha ⁻¹)
Não inoculado	25 a ^a	55 b	1,72 a	36,6 b	2512 c	117 b
Não inoculado + N (200 kg N ha ⁻¹)	14 b	33 c	2,03 a	60,2 a	2556 bc	147 a
Inoculado com <i>Bradyrhizobium</i>	26 a	79 a	1,89 a	55,4 a	2580 bc	148 a
Coinoculado com <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> Ab-V5	24 a	80 a	1,90 a	55,1 a	2720 ab	150 a
Coinoculado com <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> Ab-V6	27 a	85 a	2,00 a	56,7 a	2770 a	155 a

^a Médias de seis repetições seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Rendimento e peso de 100 grãos de soja cv. BRS-1010 IPRO em tratamentos coinoculados com *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* e com ou sem a adição de micronutrientes Mo (20 g ha⁻¹) e Co (2,5 g ha⁻¹) em aplicação foliar aos 35 dias após a emergência. Médias de duas parcelas e foi coletada a parte central com 9 m² de cada parcela. Ensaio conduzido em Londrina-PR.

Tratamento	Rendimento (kg ha ⁻¹)	Peso 100 grãos (g)
Sem coinoculação e sem Mo + Co	3254 ± 287 ^a	14,07 ± 0,13
Com coinoculação e sem Mo + Co	3779 ± 40	14,68 ± 0,12
Sem coinoculação e com Mo + Co	4117 ± 3	15,31 ± 0,05
Com coinoculação e sem Mo + Co	4345 ± 25	15,72 ± 0,08

^a Médias de duas parcelas e desvio padrão das médias.