



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.
Centro de Convenções do SESC

Ocupação nodular com estirpes de *Bradyrhizobium* spp. em cultivares de soja sob diferentes disponibilidades hídricas a campo

Esmael L. dos Santos⁽¹⁾; Alexandre L. Nepomuceno⁽²⁾; José R. B. Farias⁽²⁾; Norman Neumaier⁽²⁾; Cassio E. C. Prete⁽¹⁾; Anizia F.F. Betti⁽²⁾; Maria C. N. de Oliveira⁽²⁾; Alexandre J. Cattelan⁽²⁾

(1) Programa de Pós-graduação em Agronomia – CCA-UEL, Cx. Postal 6001, CEP 86055-900, Londrina-PR. (2) Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR; email: cattelan@cnpso.embrapa.br

RESUMO – A ocupação nodular com estirpes de *Bradyrhizobium* spp. em cultivares de soja sob diferentes disponibilidades hídricas foi analisada na safra 2007/08 em Londrina-PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, com quatro repetições. As parcelas principais receberam três tratamentos (1- déficit hídrico nos estádios reprodutivos - DHER, 2- condições normais de campo - CNC e 3- condições ótimas de umidade - IRR); e as sub-parcelas, dez cultivares de soja. Os nódulos foram tipificados pelo método de ELISA, com anti-soros das estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 587 e SEMIA 5019. Não houve diferença significativa para a ocupação nodular em relação à disponibilidade hídrica, porém, estes resultados podem estar relacionados ao fato da indução de déficit hídrico ter ocorrido na fase reprodutiva, quando a nodulação já estava estabelecida. As estirpes inoculadas, quando consideradas em conjunto, foram mais competitivas na nodulação do que as estirpes naturalizadas no solo, sendo a SEMIA 587 a que apresentou maior ocupação nodular. Não foi possível identificar uma estirpe mais tolerante ao déficit hídrico.

Palavras-chave: FBN, déficit hídrico, rizóbio e seca.

INTRODUÇÃO – A fixação biológica do nitrogênio - FBN representa um dos principais fatores de competitividade da cultura da soja (Santos et al., 2009). Com a exploração desta tecnologia, estima-se que a economia com fertilizantes nitrogenados seja da ordem de seis bilhões de dólares anuais no Brasil, além de garantir alta produtividade de grãos (ZILLI et al., 2006).

No entanto, tem sido largamente documentado

que a FBN em soja é extremamente sensível ao déficit hídrico (SINCLAIR, 1997). O comprometimento da FBN pode ocorrer quando o fornecimento ou a falta de umidade superficial do solo, aliada a temperaturas elevadas, forem fatores limitantes (CATTELAN; HUNGRIA, 1994).

O déficit hídrico compromete a sobrevivência do *Bradyrhizobium*, a formação e a longevidade dos nódulos e a síntese de leghemoglobina. Além disso, o estresse mais severo pode levar à paralisação irreversível da fixação (SERRAJ et al., 1999). A deficiência hídrica provoca ainda a redução da permeabilidade dos nódulos aos gases, limitando o acesso de oxigênio para a respiração e, conseqüentemente, a energia para a FBN (CASTILLO & LAYZELL, 1995). A disponibilidade hídrica adequada também é essencial para a importação de foto-assimilados e exportação dos compostos nitrogenados, que podem causar a desnaturação da nitrogenase quando se acumulam nos nódulos (SANTOS, 2006).

Como a cultura da soja é semeada em todas as regiões do Brasil e, portanto, sob condições ambientais muito diversas, está sujeita a variações climáticas, sendo estas o principal fator de risco e de insucesso no cultivo de soja. Neste aspecto, a seca é o principal fenômeno gerador de prejuízos e de riscos para a cultura (FARIAS et al., 2001).

Apesar de todo o esforço da pesquisa brasileira, que proporcionou ao país destaque no processo biológico para a cultura, ainda assim, é importante conhecer as relações do déficit hídrico durante estádios críticos e a FBN nas limitações de obtenção de rendimentos mais próximos ao potencial produtivo da espécie (SANTOS et al., 2009).

A avaliação da capacidade de ocupação dos nódulos pode fornecer subsídios em relação à

capacidade de sobrevivência, estabelecimento e competitividade da estirpe inoculante com outros rizóbios presentes no solo ou com estirpes já introduzidas (MARTINS et al., 2003), e também para identificar estirpes com maior tolerância ao déficit hídrico.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar as estirpes utilizadas em inoculantes comerciais quanto ao déficit hídrico na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS – O experimento foi conduzido no capoeira experimental da Embrapa Soja, em Londrina-PR, na safra 2007/08. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, com quatro repetições. As parcelas principais receberam três tratamentos (1 - déficit hídrico nos estádios reprodutivos - DHER, 2 - condições normais de campo - CNC e 3 - condições ótimas de umidade - IRR); e as sub-parcelas receberam dez cultivares de soja (BR 16, Embrapa 48, BRS 133, BRS 134, BRS 183, BRS 184, BRS 214, BRS 232, BRS 245 RR e BRS 247 RR).

Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações das Tecnologias de Produção de Soja para a Região Central do Brasil 2006 (EMBRAPA, 2005). A inoculação das sementes de soja foi realizada conforme Hungria et al., (2007), com inoculante turfoso contendo as estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019 e o tratamento das sementes com o fungicida Vitavax + Thiram.

As cultivares foram mantidas em condições de campo até o estádio R₁; a partir deste estádio, utilizaram-se abrigos móveis com fechamento automático, para evitar a precipitação pluviométrica sobre as parcelas para a disponibilidade hídrica DHER. Na disponibilidade hídrica IRR, foi feita irrigação manual com mangueira, mantendo o potencial matricial da água no solo entre -0,03 e -0,05 MPa.

Ao final do período de estresse hídrico, foram coletadas cinco plantas de cada sub-parcela. Os nódulos foram separados da raiz e, após lavagem e secagem, foram submetidos à tipificação sorológica através da soro-aglutinação pelo método de ELISA, com anti-soros das estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 587 e SEMIA 5019 (FUHRMANN & WOLLUM, 1985).

Os métodos estatísticos utilizados constituíram-se de um diagnóstico exploratório, seguido da análise de variância (ANOVA). Além da análise de variância, aplicou-se também o teste de comparações múltiplas de médias de Tukey ao nível de significância de 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Houve pequena variação entre as disponibilidades hídricas para cada estirpe (Figura 1). As estirpes inoculadas, SEMIA 587 e SEMIA 5019, foram as que obtiveram maiores

porcentagem de ocupação nodular, mostrando a eficiência competitiva com outras estirpes presentes no solo. A estirpe SEMIA 587 mostrou ser mais competitiva que a SEMIA 5019, apresentando maiores porcentagens de ocupação nodular em todas as disponibilidades hídricas.

No entanto, observa-se uma nodulação natural abundante e sobrevivência das estirpes de inoculações anteriores, sendo que a inoculação com as estirpes atualmente recomendadas contribuíram para um ligeiro aumento na ocupação dos nódulos por essas estirpes. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima et al., (1998) quando caracterizaram rizóbios (*Bradyrhizobium japonicum*) e produtividade da soja.

Mesmo não apresentando diferenças significativas, pode ser verificada uma menor porcentagem para a disponibilidade hídrica DHER, principalmente para SEMIA 5019 e SEMIA 5079.

Na disponibilidade hídrica IRR, a SEMIA 587, SEMIA 5080 (não inoculada) e SEMIA 5019 apresentaram as maiores porcentagem de ocupação nodular. Maehler et al., (2003) argumentam que sistemas de manejo do solo, como a rotação de culturas e a manutenção da resteva na superfície, que resultam em maior infiltração e conservação da água e diminuição da temperatura no solo e, também, o uso adequado da irrigação, podem constituir-se em práticas complementares para garantir melhores condições de nodulação e da FBN.

Alguns nódulos reagiram com mais de um anti-soro, sugerindo a presença de diferentes estirpes no mesmo nódulo ou, como constatado por Lima et al., (1998), que estirpes de um mesmo grupo de reatividade compartilham determinantes antigênicos comuns, justificando as reações cruzadas encontradas.

Entre as cultivares (Figura 2), houve grande variação na ocupação entre as estirpes e, neste caso, a SEMIA 587 foi a que apresentou as maiores porcentagens em todas as cultivares. No entanto, ainda houve variação entre as cultivares, sendo a BR 16 a que apresentou a maior porcentagem. Diferenças quanto à eficiência no processo de FBN entre genótipos comerciais foram relatadas por Hungria & Bohrer (2000) e Santos et al. (2006).

O fato das diferenças entre as disponibilidades hídricas não terem apresentado efeito significativo sobre a ocupação nodular pode estar relacionado ao fator da indução de déficit hídrico ter ocorrido na fase reprodutiva, quando a nodulação já estava estabelecida (SANTOS et al., 2009).

CONCLUSÕES – As estirpes inoculadas foram mais competitivas para nodulação do que as estirpes naturalizadas no solo, sendo a SEMIA 587 a de maior ocupação nodular. A SEMIA 5080 (não

inoculada) foi a que apresentou a menor ocupação nodular entre as estirpes analisadas. Não foi possível identificar uma estirpe mais tolerante ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS - CASTILLO, L.D.; LAYZELL, D.B. Drought stress, permeability to O₂ diffusion, and the respiratory kinetics of soybean root nodules. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, n.4, p.1187-1194, 1995.

CATTELAN, A. J.; HUNGRIA, M. Nitrogen nutrition and inoculation. In: FAO (ed.) **Tropical soybean improvement and production**. FAO, Rome, 1994. p. 201-215.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.415-421, 2001.

FUHRMANN, J.; WOLLUM II, G. Simplified enzyme-linked immunosorbent assay for routine identification of *Rhizobium japonicum* antigens. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 49, n. 4, p. 1010-1013, 1985.

HUNGRIA, M.; BOHER, T.R.J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.45-52, 2000.

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. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

LIMA, S.C.; LOPES, E.S.; LEMOS, E.G.M. Caracterização de rizóbios (*Bradyrhizobium japonicum*) e produtividade da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, pp.360-366, 1998.

MAEHLER, A.R.; PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; FERREIRA, F.G. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.225-231, 2003.

MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi -arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soil**, v. 38, p. 333-339, 2003.

SANTOS, E. L. dos; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; PRETE, C. E. C.; OLIVEIRA, M. C. N. de; CATTELAN, A. J. **Symbiotic nitrogen fixation in soybeans under water stress**. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH

CONFERENCE, 8., 2009, Beijing. Developing a global soy blueprint for a safe secure and sustainable supply: abstracts. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences: Institute of Crop Science, 2009. p. 87-88, P-180. WSRC 2009.

SANTOS, E. L. **Influência do genótipo sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 2006. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

SANTOS, M. A. dos; NICOLAS, M. F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, pp. 67-75, 2006.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Variation among soybean cultivars in dinitrogen fixation response to drought. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.6, p.963-969, 1997.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R.; PURCELL, L.C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 143-155, 1999.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; CAMPO, R.J.; GIANLUPPI, V.; HUNGRIA, M.; SMIDERLE, O.J. **Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima**. Embrapa Roraima, 2006. 9p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 20).

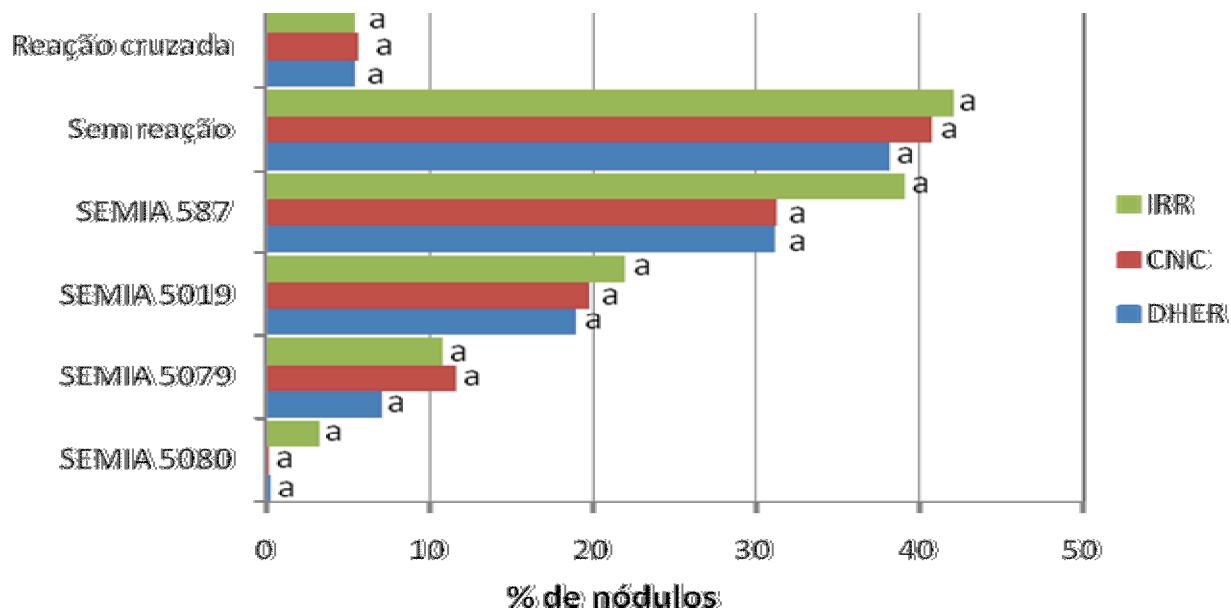


Figura 1. Ocupação nodular de *Bradyrhizobium* spp. das estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 5019 e SEMIA 587 em três disponibilidades hídricas (IRR = Irrigado, CNC = Condições normais de campo e DHER = Déficit hídrico nos estádio reprodutivos) em dez cultivares de soja, na safra 2007/08.

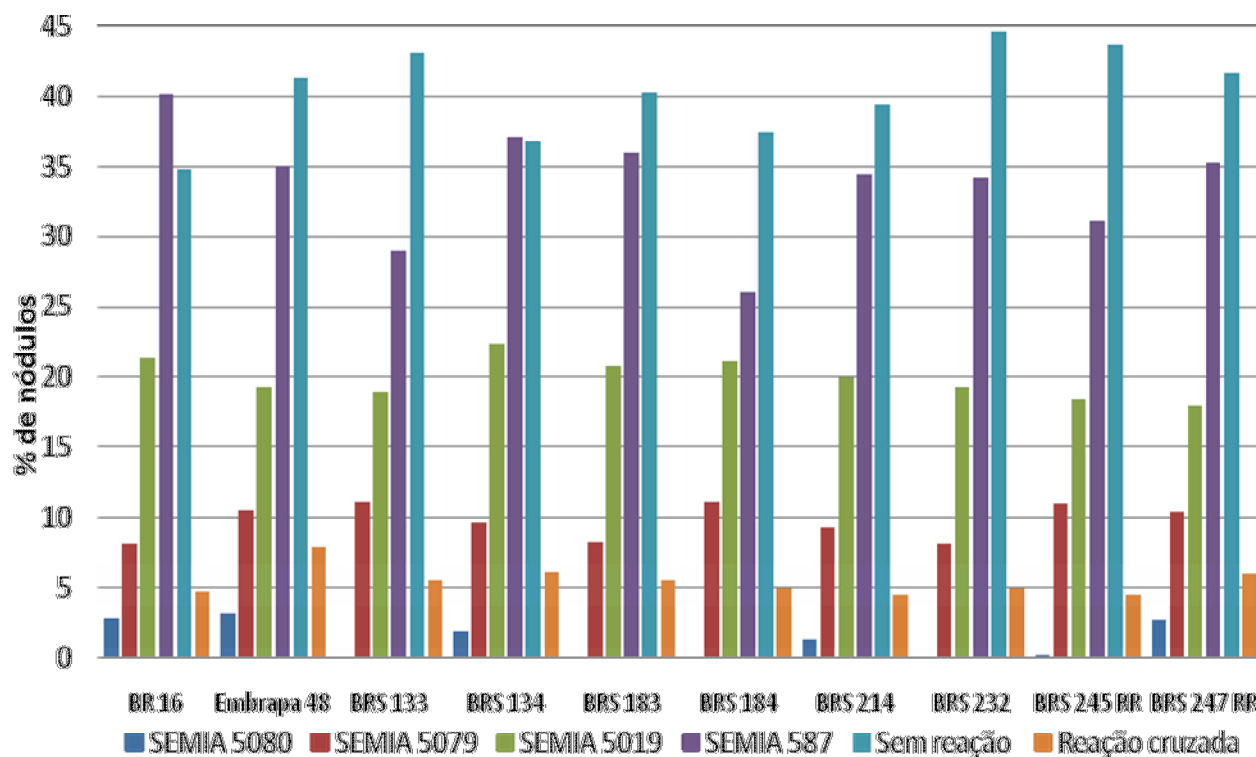


Figura 2. Ocupação nodular de *Bradyrhizobium* spp. das estirpes SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 5019 e SEMIA 587 em dez cultivares de soja em três disponibilidades hídricas (IRR = Irrigado, CNC = Condições normais de campo e DHER = Déficit hídrico nos estádio reprodutivos), na safra 2007/08.