

# NODULAÇÃO E RENDIMENTO DE SOJA SOB ESTRESSE HÍDRICO NO AGROECOSSISTEMA TERRAS BAIXAS

Maria Laura Turino Mattos<sup>1</sup>, Ana Claudia Barneche de Oliveira<sup>2</sup>, Walkyria Bueno Scivittaro<sup>2</sup>, Liane Aldrighi Galarz<sup>3</sup>, Edegar Thomas Maldaner<sup>4</sup>

Palavras-chave: inoculantes, estirpes, fixação biológica, nitrogênio, solo hidromórfico

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja ocupa lugar de importância no Bioma Pampa onde, em terras baixas (TB), coexistem diversos agroecossistemas, destacando-se o cultivo de arroz irrigado por inundações em aproximadamente um milhão de hectares. A rotação de culturas ao arroz é prática recomendada pela pesquisa em TB, sendo a soja uma das espécies alternativas utilizadas no verão. Apesar de ser cultivada em quase todo o Estado, verificou-se, recentemente, expressiva expansão da soja na metade sul do Rio Grande do Sul (RS), onde a área semeada, na safra 2013/14, foi de 302.579 hectares e a produtividade média de 2.046,0 kg ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2014). Entre os fatores limitantes para o cultivo de soja em TB, destacamos a drenagem natural deficiente dos solos, motivada pelo relevo predominantemente plano, e a ocorrência de frequentes períodos de estiagem, provocando alternância entre o excesso e o déficit de umidade do solo. Dessa forma, novos desafios surgem para a pesquisa, havendo necessidade de resposta há interação genótipo de soja adaptado ao ambiente e estirpes de rizóbios efetivas na fixação biológica de nitrogênio (FBN). As estirpes SEMIA 5080 e 5019 sobreviveram e mostraram nodulações efetivas para soja cultivar BRS 246 quando expostas às condições de saturação do solo em TB e a estresses hídricos e térmicos (MATTOS; OLIVEIRA, 2014). Além disso, com frequência surgem dúvidas sobre a capacidade da simbiose de atender às demandas de cultivares mais produtivas, bem como sobre a necessidade de reinocular a soja (HUNGRIA, et al., 2007). A FBN da soja em TB engloba também a avaliação de novos inoculantes e insumos biológicos disponibilizados em ampla escala para esse agronegócio, bem como de tecnologias de inoculação no sulco e em pulverizações desenvolvidas para o atendimento de demandas específicas de produtores em outros Biomas e que precisam ser avaliadas em TB. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi verificar a nodulação e o rendimento da soja sob estresse hídrico no agroecossistema terras baixas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de cultivo de arroz irrigado por inundações, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, na safra agrícola 2013/14, num Planossolo Háptico, com as seguintes características: argila (16,5%), pH (5,7); matéria orgânica (1,0%) g dm<sup>-3</sup>; fósforo (14,2 mg dm<sup>-3</sup>); potássio (40,5 mg dm<sup>-3</sup>). Onze tratamentos foram avaliados no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições: (T1) testemunha [ausência de fertilizante nitrogenado e inoculante]; (T2) controle com N-mineral [200 kg de N ha<sup>-1</sup>, sendo 50% no plantio e 50% na floração, tendo como fonte a uréia]; (T3) inoculação da semente (IS) com produto comercial (PC) turfoso (*Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 5,5 x 10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup> – 80 g 50 kg<sup>-1</sup> sementes); (T4) IS com PC turfoso (*B. elkanii*, SEMIA 587 + SEMIA 5019 – 5,5 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 200 g 50 kg<sup>-1</sup> sementes) + aditivo protetor bacteriano (APB) (300 mL); (T5) IS com PC líquido (*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL 50

<sup>1</sup>Eng. Agr., Doutor., Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, 96010-971, Pelotas, RS, maria.laura@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agr., Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado

<sup>3</sup>Quím., Mestre, Assistente, Embrapa Clima Temperado

<sup>4</sup>Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Pelotas

kg<sup>-1</sup> sementes) + promotor de crescimento de raízes (PCR) (100 mL 50 kg<sup>-1</sup> sementes); (T6) inoculação no sulco com PC líquido (*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 300 mL ha<sup>-1</sup> em 200 L de água ha<sup>-1</sup>); (T7) coinoculação na semente com dois PC líquidos [(*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL ha<sup>-1</sup>) + (*Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 – 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL ha<sup>-1</sup>) + APB (50 mL ha<sup>-1</sup>)]; (8) coinoculação na semente com três PC líquidos [(*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL ha<sup>-1</sup>) + (*Azospirillum brasilense* estirpes AbV5 e AbV6 – 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL ha<sup>-1</sup>) + (indutor de crescimento = IC) + APB (50 mL ha<sup>-1</sup>)]; (9) pulverização no estádio Vc-V1 de PC líquido (*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 10 doses de 100 mL ha<sup>-1</sup>); (10) IS com PC líquido dois dias (2D) de pré-tratamento (*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 100 mL 50 kg<sup>-1</sup> sementes) + APB1 50 mL + APB2 50 mL; (11) IS com PC turfoso 30 dias (30D) de pré-tratamento (*B. japonicum*, SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – 7,0 x 10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> – 250 g 50 kg<sup>-1</sup> sementes) + APB 300 mL 50 kg<sup>-1</sup> sementes). As parcelas experimentais, (20 m<sup>2</sup>) equidistantes 1,0 m, consistiram de 12 linhas espaçadas de 0,5 m. Nos tratamentos, foi adicionada adubação fosfatada e potássica na base (500 kg ha<sup>-1</sup>, formulação 0-25-25). Antes da implantação do experimento, realizou-se a calagem para o solo atingir pH 7,0 (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). A semeadura da soja (cultivar NA 5909 RG), em cultivo convencional, ocorreu em 19/12/2014 e a emergência em 26/12/14. A IP das sementes atendeu ao protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônoma de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas à FBN em leguminosas (REUNIÃO, 2006). Utilizaram-se inoculantes, formulação líquida e turfosa, fornecidos pela Total Biotecnologia, Curitiba, PR. Na fase de enchimento de grãos, as parcelas foram irrigadas por inundação. Na pré-semeadura foi determinada a população de rizóbios do solo da área experimental, em triplicata, por meio da técnica de isolamento conforme estabelecido por Hungria; Araújo, 1994. Utilizou-se o meio de extrato de levedura-manitol 79 + vermelho congo e temperatura de incubação de 28 °C para a recuperação dos rizóbios. Avaliou-se a nodulação no estádio de desenvolvimento vegetativo da soja (35 DPE). Cinco plantas foram coletadas com as raízes intactas, na terceira linha de cada lado da parcela, totalizando dez plantas. Após, separou-se a parte aérea das raízes na altura do nó cotiledonar, sendo os nódulos destacados das raízes, lavados e contados. Posteriormente, nódulos e parte aérea foram colocados em estufa (60 °C) até atingirem peso constante, quando foram pesados. Determinaram-se o número e a massa seca de nódulos por planta e a massa seca da parte aérea (MSPA), os quais foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Duncan a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população estabelecida de rizóbios na área experimental foi de 8,4 X 10<sup>4</sup> UFC g solo<sup>-1</sup>, concentração de bactérias expressiva para solos de TB. Maldaner et al. (2014); Mattos; Oliveira (2014) determinaram concentrações elevadas de população estabelecida de rizóbios de 10<sup>6</sup> bactérias g<sup>-1</sup> solo em TB. Essa população de rizóbios pode formar nódulos e fixar N<sub>2</sub>. Porém, a nodulação não é efetiva para incrementos no rendimento da soja (HUNGRIA et al., 2007). Aos 35 DPE, os tratamentos diferiram significativamente quanto ao número e massa de nódulos secos. As plantas de soja apresentaram entre 15 - 24,5 nódulos ≥ 2 mm e 110,9 - 204,2 mg de nódulos secos por planta (Tabela 1). Essa nodulação significativa em todos os tratamentos é uma consequência da alta população de rizóbios estabelecidos no solo. Isso é comprovado pela nodulação expressiva no tratamento

---

testemunha. Houve, porém, uma tendência de menor nodulação no tratamento com N (T2) em relação à testemunha, indicando que esse nutriente aplicado na semeadura restringiu a nodulação espontânea. Tratando-se da soja, a aplicação de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, ou de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura reduz a nodulação e a contribuição da FBN, diminuindo para 44% e 81%, respectivamente, sem resultar em ganhos no rendimento (HUNGRIA et al., 2007). Com relação à massa seca da parte aérea, houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o T3, T4, T5, T6 T11 apresentaram valores superiores à testemunha e, o destaque foi para o T10 com os maiores valores de MSPA. Quanto às estirpes componentes dos produtos comerciais, os resultados mostraram que houve interferência negativa na eficiência da nodulação em função do estresse hídrico durante a fase vegetativa. Nos dois dias pós-semeadura da soja, houve 30,6 mm de precipitação pluvial e, posteriormente, um período de cinco dias de baixa evaporação (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS, 2014), o que resultou num solo saturado com baixa capacidade de troca gasosa, comprometendo a nodulação. Após, a chuva retornou no período da emergência das plantas (Figura 1). Resultados obtidos por Mattos et al. (2014) evidenciam a possibilidade de sobrevivência das estirpes registradas no MAPA frente à saturação do solo em TB e a estresses hídricos e térmicos, bem como a efetividade das estirpes SEMIA 5080 e SEMIA 5019 para a cultivar de soja BRS Charrua RR. Em relação ao rendimento, observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que houve interação entre a cultivar e inoculantes, sendo que o T10 proporcionou rendimento maior (3.261,7 kg ha<sup>-1</sup>) em relação à testemunha (2.723,2 kg ha<sup>-1</sup>), controle com N-mineral (2.879,5 kg ha<sup>-1</sup>) e aos demais tratamentos (Tabela 1). Os valores de rendimento dos T7, T8 e T9 em relação à testemunha, não apresentaram diferença significativa, indicando pouca eficiência da pulverização da SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e o efeito das condições edáficas, população expressiva de rizóbios estabelecidos e adaptados no solo hidromórfico, e hídricas que comprometeram o processo de co-inoculação de estirpes. Ainda na Tabela 1, observa-se que o rendimento dos T3, T4, T5, T6 e T11 não diferiram em relação ao controle com N-mineral (T2), ficando evidenciada a pouca eficiência de utilização desse nutriente pela cultivar e a eficiência da nodulação com uso dos inoculantes turfosos. Porém, o retorno econômico maior foi com a inoculação da semente com produto comercial líquido (*B. japonicum* SEMIA 5079 + SEMIA 5080) e dois aditivos protetores de bactérias, com 2D de pré-tratamento (T10), sendo de 54 sacos ha<sup>-1</sup>, ou seja, uma diferença de nove sacos do T1. A alta concentração de células de SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e a sua proteção, resultou na melhoria do processo de aderência e estimulou a multiplicação das bactérias e, consequentemente, maximizou a sobrevivência e a eficiência para o estabelecimento da simbiose frente os efeitos dos estresses hídricos verificados pré e pós-emergência da soja. Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de continuação das avaliações de eficiência agrônômica de inoculantes comerciais frente à saturação do solo em TB e a estresses hídricos.

Tabela 1. Nodulação, massa seca da parte aérea e rendimento de soja, cultivar NA 5909 RG, no sistema de cultivo convencional em terras baixas, relacionada à inoculação com produtos comerciais líquidos e turfosos.

Tratamentos	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>	Massa de nódulos secos (mg planta <sup>-1</sup> )	Massa seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	23,8a*	204,2a	3,61a	2723,2b
Controle com N-mineral	15,0d	110,9c	3,19ab	2880,0ab
PC <sup>1</sup> turfoso SEMIA 5079 + SEMIA 5080 –TS <sup>2</sup>	21,1abc	186,4ab	3,16ab	2795,2ab
PC turfoso SEMIA 587 + SEMIA 5019 - TS	22,6ab	196,0ab	3,59a	2809,0ab
PC líquido SEMIA 5079 + SEMIA 5080 + PCR <sup>3</sup> –TS	17,3bcd	161,5b	2,88ab	3009,0ab
PC líquido SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – sulco	16,8bcd	156,0b	2,59b	3095,0ab
PC líquido SEMIA 5079 + SEMIA 5080 + <i>A. brasilense</i> estirpes AbV5 e AbV6 – TS	23,7a	177,8ab	3,05ab	2598,0b
PC líquido SEMIA 5079 + SEMIA 5080 + <i>A. brasilense</i> estirpes AbV5 e AbV6 + IC – TS	20,0abcd	176,5ab	3,08ab	2710,0b
PC líquido SEMIA 5079 + SEMIA 5080 – pulverização	20,0abcd	165,4ab	2,94ab	2745,0b
PC líquido-aditivo A + aditivo B - 2D pré-tratamento- TS	24,5a	190,5ab	2,78ab	3262,0a
PC turfoso SEMIA 5079 + SEMIA 5080 - aditivo A + aditivo B - 30D pré-tratamento - TS	18,0bcd	170,2ab	2,87ab	2813,0ab

Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.  
<sup>(1)</sup>produto comercial (PC); <sup>(2)</sup>tratamento de semente (TS); <sup>(3)</sup>promotor de crescimento de raízes (PCR)

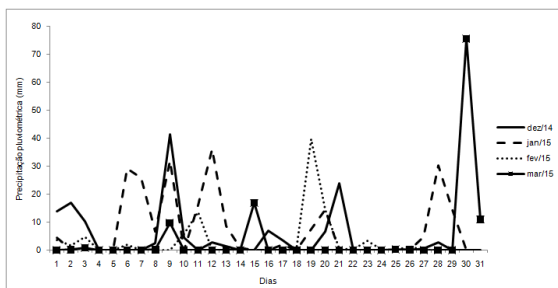


Figura 1. Precipitação pluviométrica diária no período de cultivo da soja. Safra 2014/15. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2015.

## CONCLUSÃO

Dois dias de pré-tratamento das sementes com inoculante líquido e aditivos protetores bacterianos possibilitam a nodulação efetividade das estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 com incremento no rendimento da cultivar de soja NA 5909 RG sob condição de estresse hídrico.

## AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental da Embrapa Clima Temperado, pelo auxílio na condução do experimento. À Total Biotecnologia pela parceria técnica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBSC-CQFS, 2004. 400 p.
- ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS. **Boletim agroclimatomológico de Pelotas**. Disponível em <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletins/Dezembro2014.pdf>>. Acesso em: 20 jun.15.
- HUNGRIA, M; ARAUJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Ed.; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. – Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 542p. – (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 46).
- HUNGRIA, M; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. / Mariangela Hungria, Rubens José Campo, Iêda Carvalho Mendes. – Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 80p. – (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.283).
- IRGA. Instituto rio grandense do arroz. Safras. **Soja na várzea safra 2013/14**. Disponível: [http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140326151503soja\\_area\\_efetiva\\_safra\\_13\\_14.pdf](http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140326151503soja_area_efetiva_safra_13_14.pdf). Acesso em: 11 jun.15.
- MALDANER, E. T.; MATTOS, M. L. T. Eficiência de nodulação da soja em função de estresses hídricos e térmicos com o uso de diferentes inoculantes comerciais. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 5., 2014, Pelotas, RS. **Anais...**Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2014. 1 CD-ROM.
- MATTOS, M. L. T.; OLIVEIRA, A. C. B. Efetividade de estirpes de *Bradyrhizobium* na nodulação da soja cultivada em terras baixas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40. 2014, Pelotas, RS. **Anais...**Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2014. 1 CD-ROM.
- REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE) (13.: 2006: Londrina, PR) **Anais da XIII Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (RELARE)**. / - Londrina: Embrapa Soja, 2007. 212p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.290).