

Avaliação de plantas transgênicas de soja superexpressando o gene *AtGoIS2* sob estresses hídricos

CABRAL, L. P. B.¹; FUHRMANN, M. B.²; NEUMAIER, N.³; FARIAS, J. R. B.³; NEPOMUCENO, A. L.³; MERTZ-HENNING, L. M.³

¹UNIFIL, Graduação em Agronomia, Londrina, PR; ²Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular; ³Pesquisador, Embrapa Soja

Introdução

A soja é a cultura produtora de grão de maior importância no Brasil, que se destaca como segundo maior produtor mundial, com uma estimativa de produção na safra 2018/19 de mais de 114 milhões de toneladas do grão (Conab, 2019).

Entretanto, diversos fatores podem comprometer o desempenho produtivo da soja, incluindo o efeito dos estresses abióticos como a seca ou o encharcamento do solo. A seca é um dos grandes problemas para a agricultura global e, de acordo com Salekdeh et al. (2009), afeta permanentemente 28% dos solos do mundo, com quase metade de todos os solos intermitentemente limitados devido à falta de profundidade, à baixa capacidade de retenção de água e a outros fatores.

O Brasil, por ser um país de clima tropical com dimensão continental, sofre com efeitos de pequenos veranicos que ocorrem frequentemente durante o período de cultivo da soja, ou dependendo do ano, com secas mais severas que podem levar a perdas drásticas no rendimento. Além da seca, o estresse por excesso hídrico no solo também pode prejudicar o desempenho da soja, pois limita a disponibilidade de oxigênio às plantas (Drew, 1997), acarretando em distúrbios no metabolismo das mesmas os quais prejudicam seu crescimento e o desenvolvimento (Borella et al., 2014). A maioria das áreas que sofrem estresse por encharcamento do solo encontra-se no Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2017).

O desenvolvimento de plantas mais tolerantes a esses estresses pode contribuir para aumentar a estabilidade de rendimento nas regiões sujeitas à ocorrência de seca ou encharcamento do solo. Ferramentas da biotecnologia,

como o desenvolvimento de plantas transgênicas têm sido utilizadas visando o desenvolvimento de genótipos mais tolerantes. Estudos prévios desenvolvidos na Embrapa Soja indicam que plantas de soja superexpressando o gene *AtGo/S2* apresentam melhor desempenho da cultura sob condições de déficit hídrico (Honna et al., 2016).

Diante do exposto realizou-se este estudo com objetivo de avaliar plantas de soja superexpressando o gene *AtGo/S2* sob condições de seca e encharcamento do solo, por meio da avaliação do teor de clorofila e da taxa de crescimento relativo em altura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando a cultivar convencional BRS 184 e o evento geneticamente modificado (GM) denominado 2la4 (superexpressando o gene *AtGo/S2*). As plantas foram cultivadas em vasos de 1L, contendo 1Kg de substrato areia:solo na proporção 1:1. Inicialmente as sementes dos respectivos genótipos foram germinadas em laboratório e após cinco dias, plântulas de tamanho uniforme foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e transplantadas para os vasos em casa de vegetação. As plantas foram mantidas sob condições ideais de irrigação até atingirem o estágio fenológico V3 (Fehr et al., 1971). A partir desse estágio iniciou-se o tratamento de estresse, sendo as plantas do tratamento controle mantidas sob condições ideais de irrigação. As do tratamento de seca foram submetidas ao estresse por meio de suspensão da irrigação e as do tratamento encharcado foram submetidas à adição de uma lâmina de água de 3-5 cm acima do nível do solo. Foram utilizadas seis repetições para cada tratamento. As plantas permaneceram nessa condição até que as plantas dos tratamentos de estresse por seca e encharcamento atingissem valores de condutância estomática inferiores a $200 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Flexas et al., 2004). Ao atingirem essa condição, realizou-se a leitura do teor de clorofila utilizando o aparelho SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development*). As leituras foram realizadas em cada planta na folha central do terceiro trifólio a partir dos cotilédones evitando a nervura central. O teor de clorofila foi estimado pela equação conforme metodologia de Rodrigues et al. (2013). Adicionalmente realizou-se a determinação da taxa de crescimento relativo em altura, com auxílio de régua milimetrada.

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados observados para o teor de clorofila na folha (Figura 1) e na raiz (Figura 2), não foram observadas diferenças entre os genótipos nas diferentes condições de estresse testadas. Neste experimento, embora o estresse tenha sido detectado por meio da condutância estomática, visualmente não foi possível detectar diferenças entre os tratamentos, o que pode explicar a ausência de diferenças entre genótipos neste estudo (Figura 3). Assim, novos ensaios com períodos maiores de exposição ao estresse e com avaliação de outras características fisiológicas além das avaliadas neste estudo são necessários para melhor caracterização dos genótipos.

Os dados da taxa de crescimento relativo em altura seguiram o mesmo comportamento da clorofila, não sendo observadas diferenças entre o evento GM e a cultivar convencional BRS 184. Dessa forma, sugere-se a necessidade de novas experimentos que incluam períodos maiores de exposição ao estresse, além da inclusão de outras características fisiológicas nas avaliações, que permitam explicar as diferenças observadas nos ensaios prévios como no estudo de Honna et al. (2016), que mostram maior tolerância do evento GM 2la4 em comparação a cultivar convencional BRS 184 frente ao déficit hídrico.

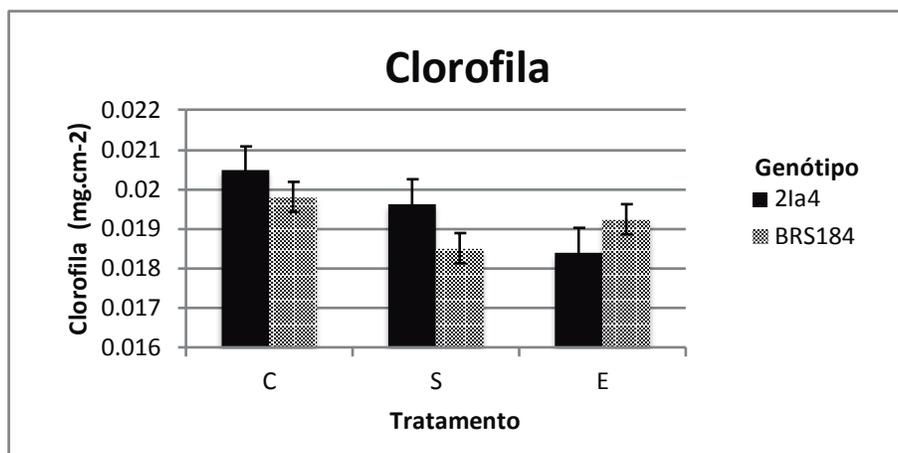


Figura 1. Teor de clorofila em plantas de soja sob os estresses por seca (S), encharcamento (E) e na condição controle (C) em plantas no estágio V4 (Fehr et al., 1971).

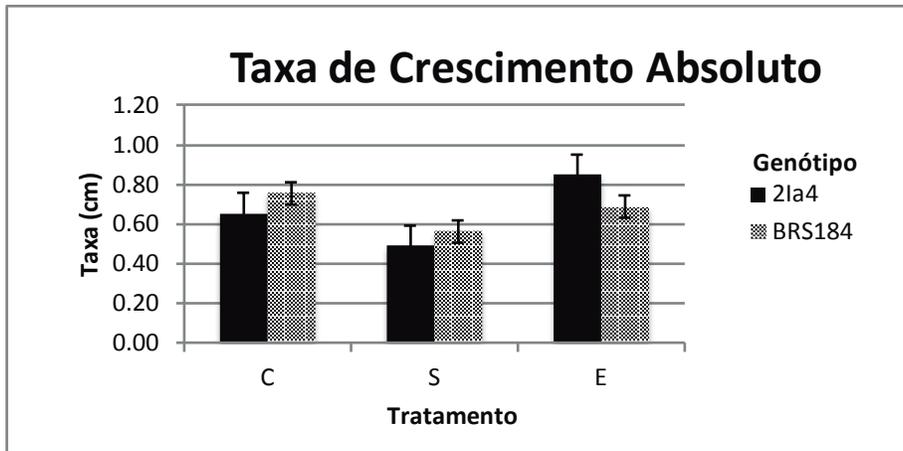


Figura 2. Taxa de crescimento absoluto (cm/7 dias) em plantas de soja sob os estresses por seca (S), encharcamento (E) e na condição controle (C) em plantas no estágio V4 (Fehr et al., 1971).

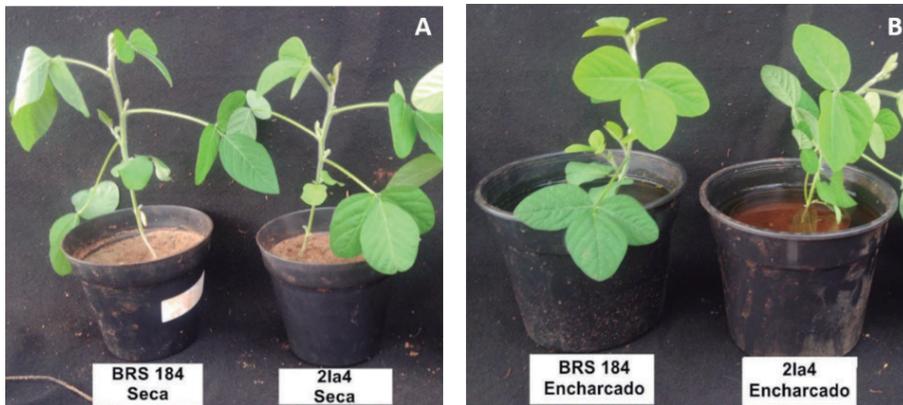


Figura 3. Plantas de soja sob os estresses por seca e encharcamento. BRS 184 (Cultivar convencional), 2la4 (evento GM superexpressando o gene *AtGo/S2*)

Conclusão

Não houve diferença entre os genótipos testados em relação ao teor de clorofila e a taxa de crescimento em altura nas diferentes condições de estresse.

Referências

- BORELLA, J.; AMARANTE, L. do; OLIVEIRA, D. dos C. de; OLIVEIRA, A. C. B. de; BRAGA, E. J. B. Waterlogging-induced changes in fermentative metabolism in roots and nodules of soybean genotypes. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 6, p. 499-508, 2014.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, oitavo levantamento, maio 2019, safra 2018/19. 69 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 10 mai. 2019.
- DREW, M. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: KOZŁOWSKI, T. T. (Ed.). **Flooding and plant growth**. Orlando, Florida: Academic Press Inc., 1997. p. 47-128.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development description for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, p. 929-931, 1971.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T. D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 269-279, 2004.
- HONNA, P. T.; FUGANTI-PAGLIARINI, R.; FERREIRA, L. C.; MOLINARI, M. D. C.; MARIN, S. R. R.; OLIVEIRA, M. C. N. de; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; MERTZ-HENNING, L. M.; KANAMORI, N.; NAKASHIMA, K.; TAKASAKI, H.; URANO, K.; SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; DESIDÉRIO, J. A.; NEPOMUCENO, A. L. Molecular, physiological, and agronomical characterization, in greenhouse and in field conditions, of soybean plants genetically modified with AtGols2 gene for drought tolerance. **Molecular Breeding**, v. 36, n. 11, 2016. DOI:10.1007/s11032-016-0570-z.
- PINTO, L. F. S.; MIGUEL, P.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea e terras baixas. In: EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de (Ed.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 23-43.
- RODRIGUES, L. V.; ROGGIA, S.; CRUSIOL, L. G.; CAVALLARI, L. S.; PEREIRA, J. P. V.; FERRARI, F. Teor de clorofila e NDVI de soja em resposta ao ataque do percevejo-marrom, *Euschistus heros*. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 129-132. (Embrapa Soja. Documentos, 339).
- SALEKDEH, G. H.; REYNOLDS, M.; BENNETT, J.; BOYER, J. Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 9, p. 488-496, 2009.