

EFEITOS DO ESTRESSE OSMÓTICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS DE GENÓTIPOS DE BATATA

Athos Odin Severo Dorneles ¹

Aline Soares Pereira ²

Janni Andre Haerter ³

Leonardo Ferreira Dutra ⁴

Arione da Silva Pereira ⁵

Caroline Marques Castro ⁶

Resumo:

O estresse hídrico resulta da redução na disponibilidade de água para a planta, o que dificulta sua absorção para o interior das células vegetais. Essa redução na absorção de água, caracterizada como estresse hídrico ou por seca, pode resultar em perdas de produtividade em todas as culturas. Porém, muitas plantas apresentam maior tolerância a este déficit hídrico, que muitas vezes é associado a maior eficiência no uso da água. Contudo, plantas de batata são consideradas eficientes no uso da água, mas são muito sensíveis ao seu déficit. A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma importante hortaliça para a agricultura mundial, seja em área plantada quanto em produção. No entanto, essa sensibilidade ao déficit hídrico tem limitado seu cultivo em áreas mais quentes e secas, e assim gerando a demanda por materiais mais tolerantes. Com isso, o objetivo da realização deste experimento é observar os efeitos do estresse osmótico induzido pelo PEG sobre as trocas gasosas de genótipos de batata. Foram utilizados quatro genótipos de batata: Agata e C2397-03 (Precoces), BRS Clara e C2406-03 (Intermediários), Cota e C2364-05-02 (Tardios). Após o início da tuberização de cada ciclo, foi aplicado na solução nutritiva Polietileno Glicol 6000 (PEG), simulando um déficit hídrico de -0,129 megapascal (MPa). Durante o estresse hídrico realizou-se o acompanhamento das trocas gasosas com auxílio do equipamento IRGA (LI-6400XT, LI-COR) a cada três dias, sendo a primeira avaliação após 24 horas de exposição, em um período máximo de 240 horas. Foram avaliados a taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Em posse dos dados, foi possível constatar diferenças no comportamento dos materiais frente ao déficit hídrico. Os materiais precoces mostraram maior sensibilidade ao PEG, sofrendo drásticas reduções na fixação de CO_2 e condutância estomática em poucas horas de exposição. Já os materiais mais tardios, principalmente os intermediários, mostraram maior resistência, apresentando reduções nos parâmetros avaliados com maior tempo de exposição em comparação aos materiais precoces. Em posse dos dados analisados, é possível afirmar que o estresse osmótico induzido pelo PEG neste trabalho, promove significativa redução na fixação de CO_2 e condutância estomática em todos os materiais testados. Contudo, os diferentes materiais apresentam diferença no tempo de resposta ao estresse osmótico. Assim, o presente trabalho traz uma importante contribuição para estudos voltados para a caracterização de materiais mais tolerantes ao estresse hídrico.

Palavras-chave: Estresse osmótico, *Solanum tuberosum*, taxa fotossintética

Modalidade de Participação: Pós-Graduação

EFEITOS DO ESTRESSE OSMÓTICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS DE GENÓTIPOS DE BATATA

¹ Aluno de pós-graduação. ATHOS_ODIN@HOTMAIL.COM. Autor principal

² Aluno de pós-graduação. lyne_asp@hotmail.com. Apresentador

³ Analista - Embrapa. janni.haerter@embrapa.br. Co-autor

⁴ Docente. leonardo.dutra@embrapa.br. Orientador

⁵ Pesquisador - Embrapa. arione.pereira@embrapa.br. Co-orientador

⁶ Pesquisadora - Embrapa. caroline.castro@embrapa.br. Co-orientador

EFEITOS DO ESTRESSE OSMÓTICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS DE GENÓTIPOS DE BATATA

1 INTRODUÇÃO

O estresse hídrico resulta da redução na disponibilidade de água para a planta, o que dificulta sua absorção para o interior das células vegetais. Essa redução na absorção de água, caracterizada como estresse hídrico ou por seca, pode resultar em perdas de produtividade em todas as culturas (2008; ZHU et al., 2018). Porém, muitas plantas apresentam maior tolerância a este déficit hídrico (MASHILO et al., 2018), que muitas vezes é associado a maior eficiência no uso da água (BLUM, 2009; ROLLI et al., 2015). Contudo, plantas de batata são consideradas eficientes no uso da água, mas são muito sensíveis ao seu déficit (BÜNDIG et al., 2017).

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma importante hortaliça para a agricultura mundial, seja em área plantada quanto em produção (FAO, 2018). No entanto, essa sensibilidade ao déficit hídrico tem limitado seu cultivo em áreas mais quentes e secas, e assim gerando a demanda por materiais mais tolerantes. Nesse sentido, muitos trabalhos têm se realizado com intuito de selecionar genótipos mais tolerantes ao estresse hídrico (BANIK et al., 2016).

Desta forma, tem-se utilizado o Polietileno Glicol (PEG) como molécula inerte que promove estresse osmótico e simula o estresse hídrico por reduzir a energia livre da água. Ao se utilizar deste recurso, é possível realizar ensaios para seleção de materiais vegetais tolerantes ao estresse hídrico (MONNEVEUX et al., 2013). O uso do PEG garante maior rapidez na resposta das plantas ao estresse, pois impede a absorção de água imediatamente a sua aplicação, de acordo com a dosagem aplicada. Além disso, as respostas fisiológicas ao estresse osmótico são semelhantes ao estresse por seca (REISSER et al. 2011; MONNEVEUX et al., 2013).

Contudo, não há dados suficientes para identificar os mecanismos e estratégias adotados por materiais com diferentes épocas de início do estágio de tuberação para tolerar o estresse aplicado. Com isso, o objetivo da realização deste experimento é observar os efeitos do estresse osmótico induzido pelo PEG sobre as trocas gasosas de genótipos de batata.

2 METODOLOGIA

Foram utilizados quatro genótipos de batata: Agata e C2397-03 (Precoces), BRS Clara e C2406-03 (Intermediários), Cota e C2364-05-02 (Tardios). Tubérculos semente de cada genótipo foram alocados em espumas fenólicas até as brotações atingirem tamanho uniforme de cerca de cinco centímetros de altura. Após isso, as plantas foram transferidas para o sistema hidropônico de calhas (MEDEIROS et al., 2002).

Para submeter os genótipos ao estresse osmótico, foi adicionado à solução nutritiva Polietileno Glicol 6000 (PEG), simulando um déficit hídrico de -0,129 megapascal (MPa), seguindo metodologia descrita por Reisser et al. (2011). Este foi aplicado ao iniciar o estágio de tuberação de cada grupo de genótipos. A referida aplicação foi feita em duas etapas, na primeira foi aplicado 50% da dosagem do PEG, obtendo assim um potencial osmótico da solução de aproximadamente -0,064 MPa. O restante da dosagem aplicado após 24 horas, atingindo assim os -0,129 Mpa.

O referido trabalho foi realizado no Outono de 2018 (abril a junho) e as avaliações do experimento se deram em maio. O experimento consiste em um bifatorial (6x2), (seis genótipos e duas condições de disponibilidade hídrica), dispostos de maneira inteiramente

casualizada. Foram estabelecidas quatro repetições, com unidades amostrais compostas por três plantas.

Assim que o estresse total foi estabelecido, realizou-se o acompanhamento das trocas gasosas com auxílio do equipamento IRGA (LI-6400XT, LI-COR) a cada três dias, sendo a primeira avaliação após 24 horas de exposição, em um período máximo de 240 horas. Foram avaliados a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a condutância estomática ($G_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Os dados foram analisados conforme experimento fatorial (genótipo x condição hídrica) através de análise de variância e teste de Tukey, em cada ponto de avaliação para os tratamentos, em 5% de probabilidade de erro, utilizando o aplicativo Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Na Figura 1, é possível observar a simetria entre a fixação líquida de CO_2 e a condutância estomática para todos os materiais. Os materiais precoces não mostram diferença entre os genótipos, apenas entre os tratamentos para taxa fotossintética e condutância estomática (Figura 1 A e B). Observando-se a taxa fotossintética dos materiais precoces, é possível constatar o efeito do estresse osmótico já a partir das 24 horas de exposição para o genótipo C2397-03 (Figura 1 A). Contudo, esse efeito pôde ser observado em ambos os genótipos somente após 120 horas.

Todas as respostas ao estresse osmótico induzido pelo PEG apresentadas pelas plantas testadas no presente ensaio, são compatíveis às respostas encontradas em ensaios de estresse hídrico em outras culturas (COSTA et al., 2015; GERHARDS et al., 2016). Os materiais com ciclo de tuberação intermediário mostram um comportamento distinto aos materiais precoces (Figura 1 C e D). Este grupo manteve sua fixação líquida de CO_2 e condutância estomática sem diferença significativa, tanto entre genótipos, quanto entre tratamentos, até 144 horas de exposição ao PEG. Somente após 168 horas foi possível observar que a cultivar BRS Clara, exposta ao PEG, teve significativa redução na fixação líquida de CO_2 (Figura 1 C).

No entanto, a condutância estomática das plantas, da cultivar BRS Clara expostas ao PEG, não foi significativamente mais baixa em comparação às plantas controle neste mesmo ponto (Figura 1 D). Este comportamento, apresentado pela cultivar BRS Clara, pôde ser observado novamente às 192 horas de exposição ao PEG, tanto para fixação líquida de CO_2 quanto para a condutância estomática (Figura 1 C e D). Com isso, é possível notar diferenças significativas entre os genótipos de ciclo intermediário nas duas últimas avaliações realizadas. Nestas avaliações, é possível notar que a cultivar BRS Clara possui maior sensibilidade ao estresse osmótico em comparação ao genótipo C2406-03.

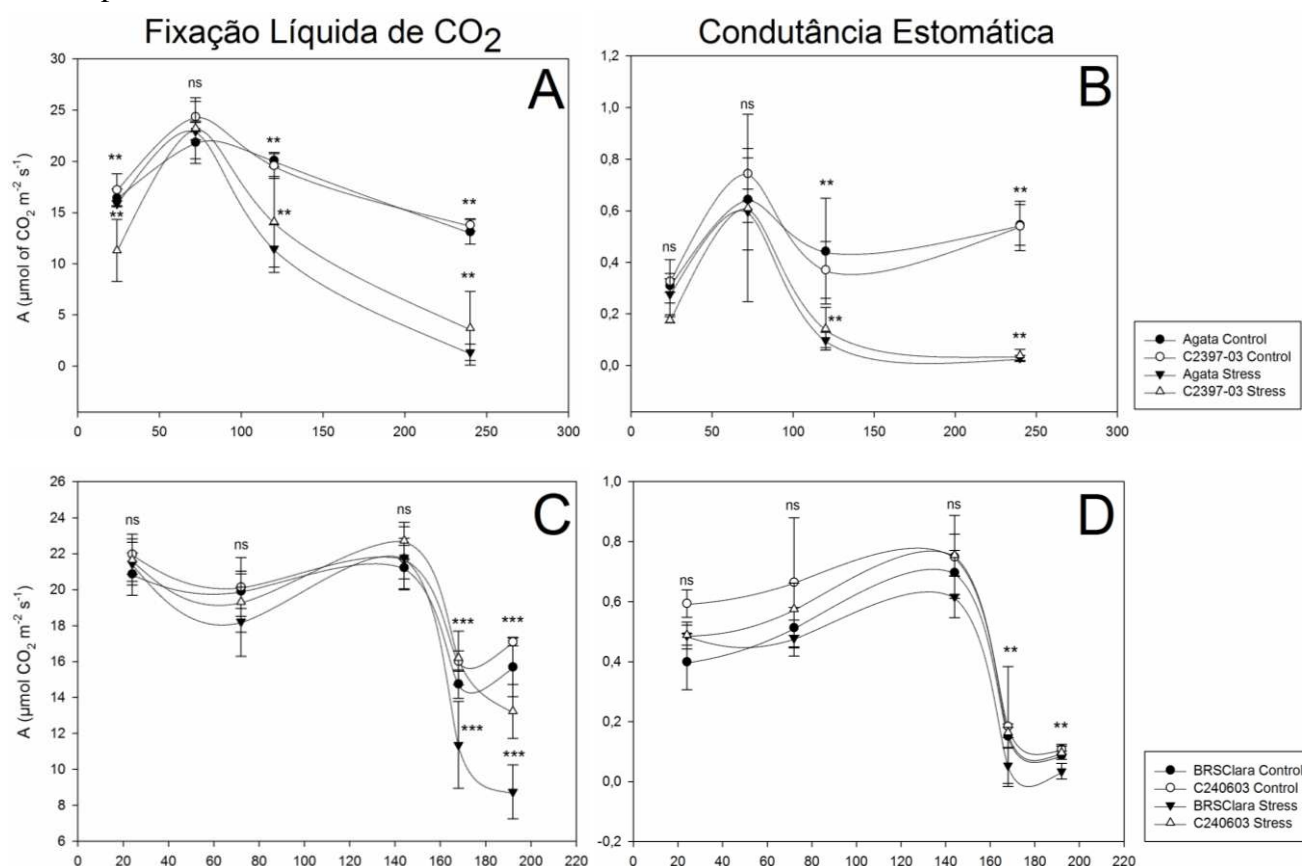
O comportamento observado nos materiais tardios foi similar ao observado nos precoces (Figura 1 E e F). Porém, aos 10 dias de exposição ao PEG (240 horas) a cultivar Cota, estressada, apresentou fixação líquida de CO_2 significativamente menor quando comparada ao genótipo C2364-05-02 também exposto ao estresse (Figura 1 E). No entanto, não houve diferença significativa entre os genótipos tardios para condutância estomática (Figura 1 F).

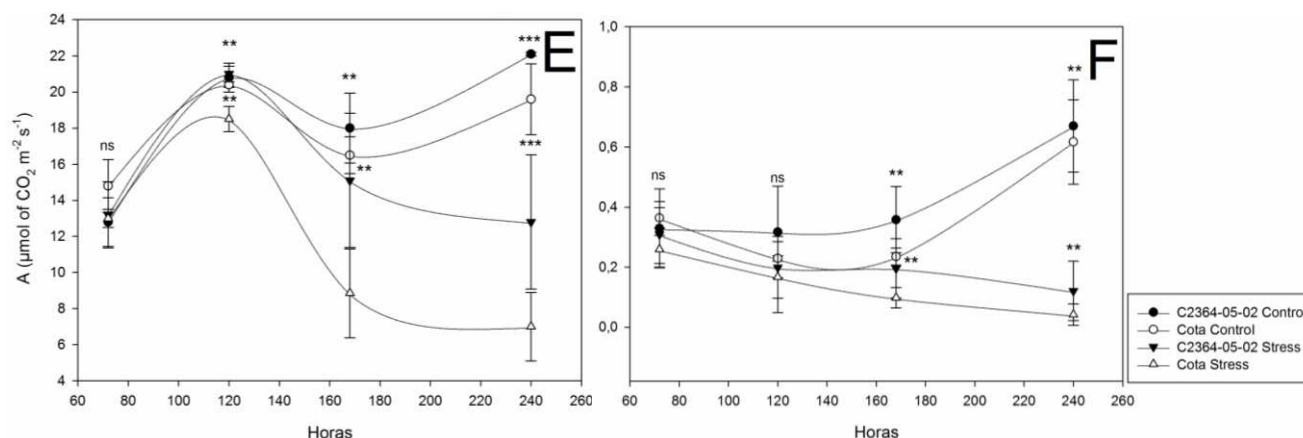
Ao observar as plantas do presente ensaio, é possível notar que os genótipos precoces analisados percebem o estresse em poucas horas de exposição ao PEG e reduzem a sua condutância estomática e consequentemente a fotossíntese. O mesmo ocorre nos genótipos classificados como tardios testados neste ensaio, onde é possível observar um padrão comportamental semelhante entre esses dois tipos de materiais.

Contudo, as plantas de ciclo intermediário mantêm sua condutância estomática e fotossíntese estáveis durante mais tempo. Em geral os experimentos que testam a tolerância ao estresse hídrico voltados para o melhoramento, realizam avaliações apenas ao final do período estipulado para exposição ao estresse (ROHR, 2016; SILVEIRA, 2018). Nestes trabalhos, fica evidente que ao final desse período de exposição, todas as plantas apresentam sintomas de baixa fixação líquida de CO₂ e reduções significativas na condutância estomática e taxa transpiratória.

No entanto, em ensaios que avaliam o estresse hídrico, seja simulado por PEG ou não, ao longo do tempo, mostram diferenças entre plantas na sensibilidade inicial ao estresse (COSTA, et al., 2015; BANIK, et al., 2016). Esse tipo de avaliação mostra como as plantas percebem o estresse e qual estratégia adotam na tentativa de tolerar este. Algumas plantas podem adotar a estratégia de reduzir seu metabolismo e retoma-lo somente após o retorno de condições favoráveis (COSTA, et al., 2015). Com base no último ponto de avaliação, é possível notar que não seria possível identificar os mecanismos e estratégias utilizados pelos diferentes materiais em seus respectivos ciclos de tuberização. Isso mostra a importância de realizar avaliações contínuas para observar a sensibilidade dos materiais testados expostos ao estresse osmótico.

Figura 1 – Fixação líquida de CO₂ (A, C e E) e Condutância Estomática (B, D e F), em genótipos com tuberização precoce (A e B), intermediária (C e D) e tardia (E e F), sob estresse osmótico ao longo do tempo. “ns” indica que não houve diferença significativa entre tratamentos ou genótipos, “**” indicam diferença significativa entre os tratamentos e “***” indicam diferença significativa entre tratamentos e genótipos de acordo com teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.





4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em posse dos dados analisados, é possível afirmar que o estresse osmótico induzido pelo PEG neste trabalho, promove significativa redução na fixação de CO₂ e condutância estomática em todos os materiais testados. Contudo, os diferentes materiais apresentam diferença no tempo de resposta ao estresse osmótico. Além disso, as plantas de ciclo intermediário, observadas neste trabalho levam mais tempo para apresentar sintomas do estresse osmótico em comparação às demais plantas testadas neste ensaio. Assim, o presente trabalho traz uma importante contribuição para estudos voltados para a caracterização de materiais mais tolerantes ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

BANIK, P.; ZENG, W.; TAI, H.; BIZIMUNGU, B.; TANINO, K. Effects of drought acclimation on drought stress resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. **Environmental and experimental botany**, v.126, p.76-89, 2016.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Res**, v.112, p.119–123, 2009.

BÜNDIG, C.; VU, T. H.; MEISE, P.; SEDDIG, S.; SCHUM, A.; WINKELMANN, T. Variability in osmotic stress tolerance of starch potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) as revealed by an in vitro screening: role of proline, osmotic adjustment and drought response in pot trials. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.203, n.3, p.206-218, 2017.

COSTA, A. S.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, I. A.; PEREIRA, F. H. F. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAOSTAT data 2018. **Produção mundial de batata**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 21 de Ago. de 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.35, p.1039-1042, 2011.

GERHARDS, M.; ROCK, G.; SCHLERF, M.; UDELHOVEN, T. Water stress detection in potato plants using leaf temperature, emissivity, and reflectance. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.53, p.27–39, 2016.

MASHILO, J.; ODINDO, A. O.; SHIMELIS, H. A.; MUSENGE, P.; TESFAY, S. Z.; MAGWAZA, L. S. Photosynthetic response of bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] to drought stress: Relationship between cucurbitacins accumulation and drought tolerance. **Scientia Horticulturae**, v.231, p.133–143, 2018.

MEDEIROS, C. A. B.; ZIEMER, A. H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A. S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 110-114, 2002

MONNEVEUX, P.; RAMÍREZA, D.A.; PINOB, M.T. Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.) Can we learn from drought tolerance research in cereals?. **Plant Science**, p.76–86, 2013.

REISSER, J. C.; CASTRO, C. M.; MEDEIROS, C. A. B.; CARVALHO, G. C.; PEREIRA, A. da S. Methods for selection to drought tolerance in potatoes. **Acta Horticulturae**, v. 889, p. 391-396, 2011.

ROHR, A. **Parâmetros genéticos, respostas associadas ao déficit hídrico e estrutura populacional em germoplasma de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2016. p.128. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ROLLI, E.; MARASCO, R.; VIGANI, G.; ETTOUMI, B.; MAPELLI, F.; DEANGELIS, M.L.; GANDOLFI, C.; CASATI, E.; PREVITALI, F.; GERBINO, R.; CEI, F.P.; BORIN, S.; SORLINI, C.; ZOCCHI, G.; DAFFONCHIO, D. Improved plant resistance to drought is promoted by the root-associated microbiome as a water stress-dependent trait. **Environmental Microbiology**, v. 17, n. 2, p. 316-331, 2015.

SILVEIRA, T. **Resposta ao déficit hídrico e caracterização do sistema radicular de genótipos de batata**. Embrapa Clima Temperado-Tese/dissertação, Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, 2018, 60f.

ZHU, M.; MENG, X.; CAI, J.; LI, G.; DONG, T.; LI, Z. Basic leucine zipper transcription factor SlbZIP1 mediates salt and drought stress tolerance in tomato. **Plant Biology**, v.42, p.18-83, 2018.