



ISSN: 2230-9926

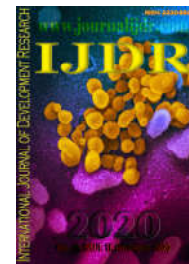
Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 11, pp. 42167-42171, November, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.20489.11.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

PRODUÇÃO DE FRUTOS, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE TOMATEIRO 'MICRO-TOM' TRANSFORMADO PARA EXPRESSÃO DO GENE MT SHSP23.6 MITOCONDRIAL EM CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO

Leticia W. Dias, Carolina G. Scienza*¹, Carolina Z. Bonotto¹, Júlio Antonioli¹, Diógenes C. Silveira¹, André P. Brunet¹, Júlia Longhi¹, Roberto L. Weiler¹ and Francisco A. Villela²

¹Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Porto Alegre 91540-000, Brasil

²Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Capão do Leão 96160-000, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 02nd August, 2020

Received in revised form

27th September, 2020

Accepted 29th October, 2020

Published online 30th November, 2020

Key Words:

Solanum lycopersicum L. Tetrazolium test. Germination test. Seed vigor.

*Corresponding author:

Leticia W. Dias, Carolina G. Scienza

ABSTRACT

The flooding of hydromorphic soils results in significant losses of crop productivity every year, especially in tomato. It is believed that the expression of heat shock proteins, especially sHSPs, play an important role in tolerance to multiple environmental stresses, and may alleviate the damages resulting from the low concentration of oxygen from flooding. Therefore, the presented study aimed to verify the intensity of the high expression of MT sHSP23.6 in the fruits and seeds production of tomato cv Micro-Tom cultivated under flood conditions, as well as in the quality of the seeds produced. Plants of three varieties of tomatoes Micro-Tom were cultivated and submitted to normal irrigation and 72 hours of flooding. The fruits were collected at physiological maturity, and the seeds were extracted manually separating the seeds from the pulp. The following analyzes were performed: Fruit number and yield, seed number and yield, first germination count, germination and tetrazolium test. It is concluded that the high expression of the MT sHSP23.6 mitochondrial gene in tomato cv Micro-Tom increases the production of fruit and seeds per plant, and assists in the maintenance of fruit and seed production, viability and vigor of the seeds produced under flood stress conditions.

Copyright © 2020, Leticia W. Dias, Carolina G. Scienza et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Leticia W. Dias, Carolina G. Scienza, Carolina Z. Bonotto, Júlio Antonioli, Diógenes C. Silveira, André P. Brunet, Júlia Longhi, Roberto L. Weiler and Francisco A. Villela, 2020. "Produção de frutos, produção e qualidade de sementes de tomateiro 'micro-tom' transformado para expressão do gene mt shsp23.6 mitocondrial em condições de alagamento", *International Journal of Development Research*, 10, (11), 42167-42171.

INTRODUCTION

A produção de tomate representa 23% da produção de hortaliças no país, sendo destinada para o consumo direto a mesa do consumidor e para matéria prima da indústria (IBGE, 2015). Além disso, o consumo de produtos *in natura* e processados cresce 3% em média ao ano, apresentando um balanço comercial de importação e exportação de mais de US\$ 40 milhões nos últimos cinco anos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2017). Demonstrando, dessa forma, a importância econômica que o tomate representa na economia brasileira tanto para empresas de grande porte como para agricultura familiar. Sua produção está distribuída por toda extensão do território brasileiro, onde cerca de 28 milhões de hectares apresentam solos com condições de hidromorfismo (MAGALHÃES *et al.*, 2005).

Essa característica faz com que ocorra uma drenagem natural deficiente, ocasionando alagamento temporário do solo, decorrente de fortes chuvas durante o período de cultivo. Segundo revisão de 74 PDNAs (Post-disaster needs assessments), conduzidos em 53 países em desenvolvimento durante uma década (2006-2016), a agricultura absorveu 23% das perdas causadas por desastres de média e larga escala, tais como alagamentos, secas e tempestades tropicais (FAO, 2018). Nesse sentido, justifica-se o desenvolvimento de tecnologias que possam amenizar perdas decorrentes de intempéries climáticas, tais como sementes que carregam em sua genética características que possibilitem a manutenção de produtividade mesmo em condições de estresse abiótico. Este é o caso de plantas que apresentam proteínas de choque térmico (heat shock proteins - HSPs) em seus genes.

Estes, por sua vez, desempenham um importante papel em diversos processos celulares, podendo apresentar função generalizada na tolerância a múltiplos estresses ambientais, tais como arsenito, etanol, metais pesados, estresse hídrico, luminosidade, hormônios, ácido abscísico, ferimentos, salinidade, alta e baixa temperatura e condições de anoxia (FEDER e HOFMANN, 1999; SÜE *et al.*, 2004). Diante dos resultados positivos obtidos em estudos recentes com variedades de tomateiro transformados para alta expressão de proteínas do choque térmico e expostos a estresses abióticos (HUTHER *et al.*, 2013; REISSIG *et al.*, 2018) o presente estudo objetivou verificar a influência da expressão de MT sHSP23.6 na produção de frutos e sementes de tomateiro cv. Micro-Tom cultivado em condições de alagamento, bem como na qualidade das sementes produzidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPel, localizada no Capão do Leão (RS) (Latitude 31°48'02.69 "S). Utilizaram-se sementes de três variedades de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Micro-Tom: variedade selvagem e variedades transformadas para alta e baixa expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, descrito em Huther *et al.* (2013). A semeadura foi efetuada no mês de março de 2017 e conduzida até a colheita dos frutos, em outubro de 2017. Realizado em bandejas de poliestireno expandido com 72 células, onde as mudas foram cultivadas até que se encontrassem no estágio de quatro folhas completamente expandidas, quando se procedeu o transplante para bandejas de polietileno preto com capacidade de 20 litros de volume. Como substrato, foi utilizado solo coletado de um horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico (STRECK *et al.*, 2008), previamente corrigido, de acordo com análise de solo e baseado no Manual de Adubação e Calagem para os Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação, sendo irrigadas até a capacidade de campo quando necessário. Para facilitar a drenagem do excesso de água e a manutenção da capacidade de campo do solo, as bandejas foram perfuradas na parte inferior, sendo inseridas em bandejas não perfuradas para aplicar o tratamento de alagamento. A capacidade de campo foi determinada a partir da metodologia da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997) e a partir desta, foi definido o volume de água necessário para o estabelecimento do alagamento no período de 72 horas, sendo mantida uma lâmina de 20 mm de água sobre a superfície do solo.

Para avaliação da produtividade de frutos e sementes das plantas de tomate foram mantidas 10 plantas por bandeja e no período de colheita, do qual foi considerado o período de maturidade fisiológica, foram contabilizados por planta o número de frutos, o peso dos frutos, o número total de sementes e o peso das sementes. Quando os frutos de ambos os tratamentos (com e sem alagamento) se encontravam em estágio de maturidade fisiológica, foram coletados e as sementes extraídas manualmente separando as sementes da polpa. Em seguida, a mucilagem foi removida com adição de ácido clorídrico comercial a 36%, diluído em água (1:2), utilizando-se a proporção de 30 ml da solução para 400 mL de suco de tomate, durante 30 minutos. Por fim, realizou-se a lavagem em água corrente e secagem até umidade de 6% para condução dos testes posteriores. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos seguintes testes no laboratório:

Germinação (G) - conduzida com 200 sementes, com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas em caixas plásticas tipo gerbox (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) sobre duas folhas de papel (tipo mata-borrão) umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, a 25 °C. As contagens foram realizadas aos quatorze dias após a semeadura, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas normais para cada tratamento.

Primeira contagem da germinação (PCG) – foi realizada aos cinco dias por ocasião do teste de germinação (BRASIL, 2009).

Teste de Tetrazólio (TZ) – realizado com 100 sementes, com duas repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram hidratadas sobre duas folhas de papel (tipo mata-borrão) pré-umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa de papel seco por um período de 18 horas a 20 °C. Decorridos esse período, realizou-se o preparo para a coloração, através de um corte longitudinal de quase todo o embrião, desde o centro da parte curva posterior, até os extremos da radícula e dos cotilédones. Posteriormente, foi adicionada sobre o embrião exposto das sementes de tomate a solução de trabalho na concentração de 0,5% do 2,3,5 trifênil cloreto de tetrazólio, pelo período de 6 horas, a 30 °C, em local de escuro absoluto (BRASIL, 2009). Para a avaliação da viabilidade, as sementes foram lavadas com água com auxílio de uma pisseta de laboratório, avaliadas individualmente, através da análise de todo o embrião e endosperma que devem estar completamente coloridos, com o auxílio de uma lupa com aumento de seis vezes. As sementes foram classificadas em viáveis e não viáveis de acordo com a coloração apresentada no embrião, computando-se a porcentagem de sementes viáveis. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo com e sem o tratamento de alagamento alocado na parcela e a variedade de tomateiro foi alocado na subparcela, com dez repetições. Os dados foram analisados quanto à sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) e submetidos a análise de variância pelo teste de Anova ($p \leq 0,05$). Havendo significância, realizou-se comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Utilizou-se o programa estatístico R Software®, version 3.1.1 e o pacote de dados "ExpDes.pt" (BANZATO e KRONKA, 2006; R Core Team, 2014).

RESULTADOS

Houve interação entre os tratamentos alagamento e variedade para as variáveis número de frutos por planta, número de sementes por planta, produção de sementes por planta, primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G) e teste de tetrazólio (viabilidade). Na produção de frutos por planta houve efeito simples de variedade. Em ambas as condições de irrigação, mantidos a capacidade de campo e alagamento de 72 horas no estágio de quatro folhas completamente expandidas, a variedade de tomateiro transformada para alta expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial produziu mais frutos por planta do que as variedades selvagem e de baixa expressão (Figura 1). Houve redução significativa no número de frutos por planta ocasionada pelo estresse por alagamento apenas na variedade de alta expressão.

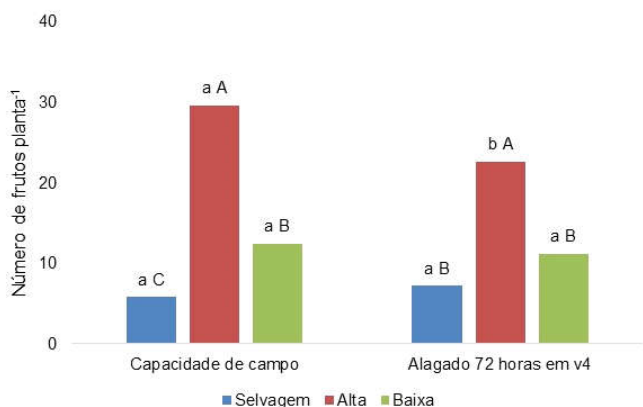


Figura 1. Número de frutos por planta em tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

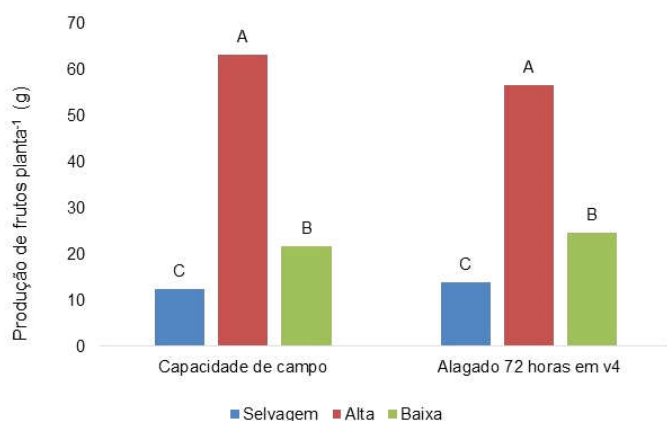


Figura 2. Produção de frutos por planta (g) em tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

A produção de frutos foi maior na variedade de alta expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, seguida da de baixa expressão e da variedade selvagem (Figura 2). Maior número de sementes por planta foi observado na variedade transformada para alta expressão, em ambas as condições de cultivo, com regime de irrigação normal e com o tratamento de alagamento (Figura 3). A variedade de baixa expressão produziu número semelhante de sementes por planta do que a variedade selvagem quando em condições normais de irrigação, e superior quando aplicado o tratamento de alagamento. Apenas a variedade de alta expressão apresentou redução significativa no número de sementes produzidas quando sujeitas a condição de estresse por alagamento. Da

mesma forma, a produção de sementes foi superior na variedade de alta expressão em ambas as condições de cultivo (Figura 4), embora o seu rendimento tenha reduzido significativamente quando aplicado o tratamento de alagamento.

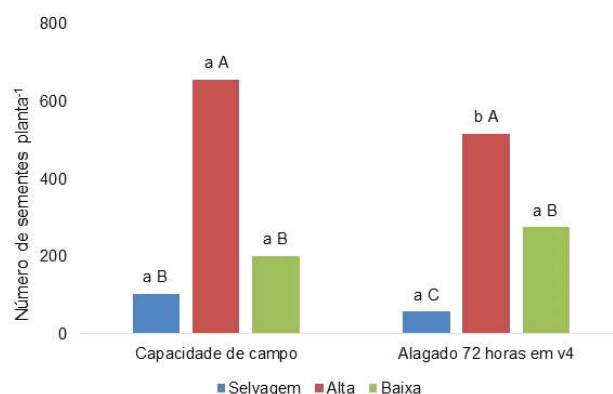


Figura 3. Número de sementes por planta em tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

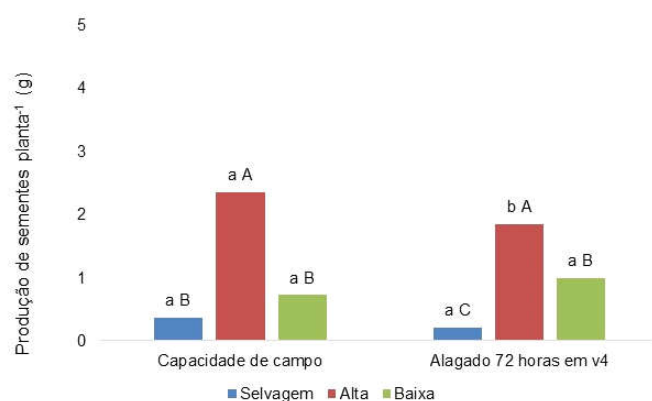


Figura 4. Produção de sementes por planta (g) em tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

No que tange à avaliação do vigor das sementes produzidas pelo teste de primeira contagem da germinação, ambas as variedades transformadas para alta e baixa expressão do gene

MT sHSP23.6 mitocondrial foram superiores a variedade selvagem em condições normais de irrigação (Figura 5). Ainda, no teste de germinação, constatou-se manutenção da viabilidade das sementes na variedade com alta expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial ao serem submetidas ao estresse por alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (Figura 6).

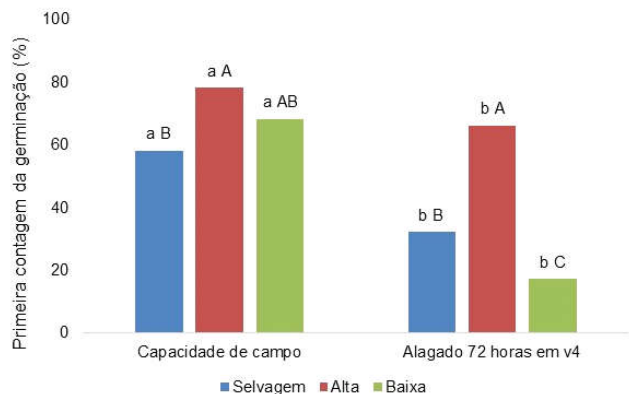


Figura 5. Primeira contagem da germinação (%) em sementes de tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

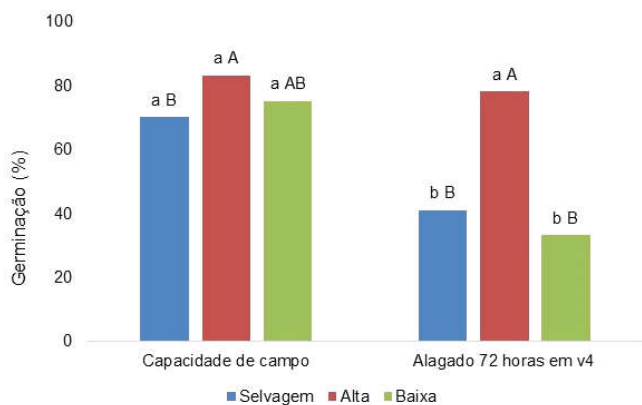


Figura 6. Germinação (%) em sementes de tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4)

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

Nestas condições, a variedade selvagem não diferiu em relação à baixa expressão, tendo a germinação passado de 70% em condições normais para 41% sob alagamento para a primeira, e de 75% para 33% para a segunda. O teste de

tetrazólio apresentou resultados superiores de viabilidade em relação ao teste de germinação, e permitiu observar menor percentual de sementes viáveis na variedade de baixa expressão, quando em cultivo sob condições normais de irrigação, enquanto a variedade de alta expressão e a selvagem não diferiram (Figura 7).

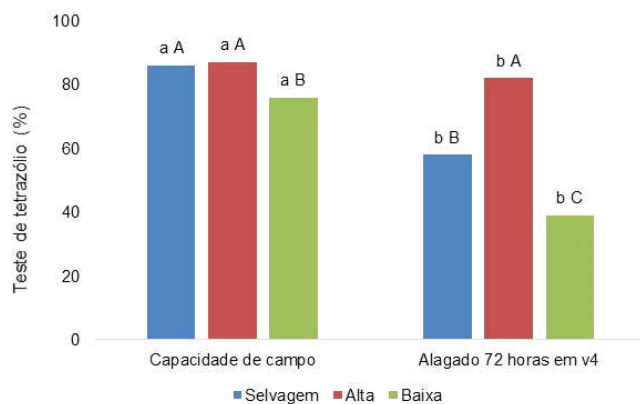


Figura 7. Viabilidade (%), estimada pelo teste de tetrazólio, em sementes de tomateiro cv Micro-Tom selvagem, e transformadas para alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial, cultivadas em condições normais de irrigação (capacidade de campo) e submetidas a 72 horas de alagamento no estágio de quatro folhas completamente expandidas (V4).

Barras seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os materiais selvagem (WT) e de alta (Alta) e baixa (Baixa) expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial.

Barras seguidas da mesma letra minúscula não diferem para condição de alagamento e recuperação dentro de cada material.

Permitiu constatar também uma significativa, embora pequena, redução da viabilidade das sementes da variedade transformada para alta expressão, quando sujeitas ao alagamento. Nestas condições, a variedade de baixa expressão apresentou resultado inferior as demais.

DISCUSSÃO

O tratamento de alagamento aplicado quando as plantas estavam com quatro folhas completamente expandidas não afetou a produção de frutos, no entanto afetou o número de frutos produzidos, permitindo inferir que a condição de baixa disponibilidade de oxigênio ainda na fase vegetativa resultou na redução de gemas florais ou no abortamento de flores, contudo, os frutos formados receberam mais fotoassimilados, compensando a produção final. Aplicando tratamentos de dois, quatro e oito dias de alagamento em plantas de tomateiro com 45 dias de cultivo, Ezin, Pena e Ahanchede (2010) verificaram que até o quarto dia de alagamento contínuo houve redução na massa dos frutos e no rendimento final apenas em duas de quatro variedades estudadas, corroborando com os dados encontrados neste trabalho. Yasumoto *et al.* (2011) também verificaram que, em plantas de girassol, o estresse ocasionado por quatro dias de alagamento durante o estabelecimento das plantas reduziu severamente o rendimento de sementes. A maior produção de sementes na variedade de alta expressão da MT sHSP23.6 mitocondrial condiz com as observações realizadas por Sun, Motangu e Verbruggen (2002) os quais verificaram que a expressão de genes para sHSPs (small heat shock proteins) é limitada na ausência de estresse ambiental,

ocorrendo em alguns estágios de crescimento e desenvolvimento de plantas, como embriogênese, germinação, desenvolvimento de grãos de pólen e amadurecimento de frutos. Ao serem submetidas à condição de alagamento, houve redução do vigor nas sementes produzidas em todas as variedades, sendo mais expressiva na variedade de baixa expressão que reduziu de cerca de 70% em condições normais para menos de 20% no teste de primeira contagem, quando sob estresse. Mesmo tendo sido significativa a redução do vigor nas sementes da variedade de alta expressão, seu percentual caiu de 80% para 70%, permitindo inferir relação positiva da proteína expressada com manutenção do vigor de sementes em condições adversas. Associação positiva de proteínas do choque térmico com a qualidade fisiológica de sementes foi observada também por Kaur *et al.* (2015) que, através de análise proteômica, descobriram que a OsHSP18.2 é uma proteína responsiva ao envelhecimento, e que, possivelmente protege e estabiliza as proteínas celulares de sementes de arroz contra danos irreversíveis, particularmente durante a redução de água na maturação e no envelhecimento artificial, restringindo o acúmulo de espécies reativas de oxigênio e, assim, melhorando o vigor das sementes. Além disso, Nakamoto e Vigh (2007) concluíram haver indícios de que sHSPs desempenham importante papel no controle da qualidade de membrana, portanto, podem contribuir para a manutenção da integridade das membranas, especialmente sob condições de estresse. Tal característica está intimamente relacionada ao vigor em sementes e, dessa forma, pode se inferir que MT sHSP23.6 mitocondrial contribuiu na manutenção da qualidade fisiológica das sementes de tomateiro, quando em condições de estresse.

Conclusão

A alta expressão do gene MT sHSP23.6 mitocondrial em tomateiro cv. Micro-Tom aumenta a produção de frutos e sementes por planta, e auxilia na manutenção da produção de frutos e sementes, viabilidade e vigor das sementes produzidas em condição de estresse por alagamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. (2017) Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul, Brasil.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N (2006) Experimentação Agrícola. 4 ed. Jaboticabal, Brasil.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC - CQFS-RS/SC (2004) Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Brasil.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA (1997) Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Brasil.
- EZIN, V.; DE LA PENA, R.; AHANCHEDE, A. (2010) Flooding tolerance of tomato genotypes during vegetative and reproductive stages. Brazilian Journal of Plant Physiology, v.22, p.131-142, 2010.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2018) The impacts of disasters and crises on agriculture and food security, Roma, Itália.
- FEDER, E. M., HOFMAN, G. E. (1999) Heat-shock proteins, molecular chaperons, and the stress response. Annu. Rev. Physiol. v.61, p.243-282.
- HUTHER, C. M.; RAMM, A.; ROMBALDI, C.V.; BACARIN, M. A. (2013) Physiological response to heat stress of tomato 'Micro-Tom' plants expressing high and low levels of mitochondrial sHSP23.6 protein. Plant Growth Regulation. v.70, p. 175–185.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2015). Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/2015/lspa_201511.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2015/lspa_201511.pdf).
- KAUR, H.; PETLA, B.P.; KAMBLE, N.U.; SINGH, A.; RAO, V.; SALVI, P.; GHOSH, S.; MAJEE, M. (2015) Differentially expressed seed aging responsive heat shock protein OsHSP18.2 implicates in seed vigor, longevity and improves germination and seedling establishment unde abiotic stress. Frontiers in Plant Science, v.6, p.1-13.
- MAGALHÃES, P. C.; COELHO, C. H. M.; GAMA, E. E. G.; BORÉM, A. (2005) Avaliação dos ciclos de seleção da variedade BRS 4154 – Saracura para tolerância ao encharcamento do solo. Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, p. 67.
- NAKAMOTO, H.; VIGH, L. (2007) The small heat shock proteins and their clients. Cellular and Molecular Life Sciences, v.64, p.294-306.
- R CORE TEAM. (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- REISSIG, G.N.; POSSO, D.A.; BORELLA, J.; SILVEIRA, R.V.D.; BACARIN, M. (2018) High MT-sHSP23.6 expression increases antioxidant system in 'Micro-Tom' tomato fruits during post-harvest hypoxia. Scientia Horticulturae, v.242, p.127-136.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DAMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. (2008) Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre, Brasil.
- SÜLE A, VANROBAEYS F, HAJÓS G, VAN BEEUMEN J, DEVREESE B. (2004) Proteomic analysis of small heat shock protein iso forms in barley shoots. Phytochemistry. v. 65, p.1853-1863.
- SUN, W.; MOTANGU, M.V.; VERBRUGGEN, N. (2002) Small heat shock proteins and stress tolerance in plants. Biochimica et Biophysica Acta - Gene Structure and Expression, v.1577, p.1-9.
- YASUMOTO, S.; TERAKADO, Y.; MATSUZAKI, M.; OKADA, K. (2011) Effects of high water table and short-term flooding on growth, yield, and seed quality of sunflower. Plant Production Science, v.14, p.233-248.