



Selección de accesiones de tomate tolerantes al estrés hídrico basada en prueba de eflujo de iones

Selection of drought tolerant accessions in tomato based on ion efflux test

 Yanelis Camejo Serrano,  Claudia Cecilia Ruiz Domínguez,  Yaniel Castro Reyes,  René Florido Bacallao,  Marta A Álvarez Gil,  Marilyn Florido Bacallao*

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera a Tapaste, km 3½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
CP 32700. Gavetal Postal 1.

RESUMEN: El estrés por déficit hídrico reduce el rendimiento y la productividad en tomate. El propósito de este estudio fue evaluar la tolerancia al estrés hídrico en 22 genotipos de tres especies de tomate e identificar accesiones tolerantes para su empleo y uso en programas de mejoramiento genético. Para ello, se midió el eflujo de sustancias que absorben radiación UV, en discos de hojas de plántulas de tomate de 21 días tratadas con PEG-6000 a 0 y 2 mPa. La respuesta del comportamiento en los genotipos fue diferenciada frente al estrés hídrico simulado con PEG-6000. Los genotipos pertenecientes a *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* presentaron menores eflujos de fenoles en condiciones de déficit hídrico. Se identificaron genotipos que pueden ser seleccionados y utilizados para incrementar la tolerancia al estrés hídrico en el cultivo y formar parte del programa de mejoramiento de esta especie.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., *S. pimpinellifolium* L., sequía, estrés abiótico.

ABSTRACT: Drought stress reduces the yield and production of tomato. The purpose of this study was to evaluate the tolerance to water stress in 22 genotypes of three tomato species and to identify tolerant accessions for use in breeding programmers. For this objective, the efflux of UV-absorbing substances was measured in leaf discs of 21-day-old tomato seedlings treated with PEG-6000 at 0 and 2 mPa. The results showed a differentiated response in the behavior of the accessions to water stress simulated with PEG-6000. *S. pimpinellifolium* and *S. lycopersicum* variety *cerasiforme* genotypes showed lower phenols efflux under drought stress conditions. These genotypes can be used to increase tomato drought stress tolerance, and include in plant breeding programmers.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., drought, abiotic stress.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye la segunda especie de importancia dentro del género *Solanum* spp., por su papel en los hábitos alimenticios de gran parte de la población mundial (1, 2). Sin embargo, el rendimiento del cultivo se afecta seriamente por condiciones medioambientales adversas, fundamentalmente estrés hídrico y temperaturas extremas (3, 4).

El estrés hídrico afecta los procesos de transpiración, fotosíntesis, apertura de estomas, temperatura de las hojas y metabolismo antioxidante; estos cambios metabólicos alteran el desarrollo de la planta y comprometen su producción y rendimiento (5-7). Diversos estudios señalan que las membranas son el lugar donde se producen la mayoría de las afectaciones por estrés en las plantas. Las pérdidas en la integridad de la membrana por estrés hídrico se han evaluado midiendo mayormente la estabilidad de la

*Autor para la correspondencia: mflorido@inca.edu.cu

Recibido: 24/06/2024

Aceptado: 05/01/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: Ing. Yaniel Castro Reyes: **Ejecutó el plan experimental y escritura del documento.** Ing. Claudia Cecilia Ruiz Domínguez: **Participó en el mantenimiento de los genotipos en cepellón y en las evaluaciones analíticas.** Dr.C. René Florido Bacallao: **Trabajó en el análisis estadístico de datos y revisión del documento.** Dr.C Yanelis Camejo Serrano: **Participó en las evaluaciones analíticas del experimento.** Dr.C Marta A. Álvarez Gil: **Participó en la selección de materiales promisorios y revisión del documento.** Dr.C Marilyn Florido Bacallao: **Diseñó los experimentos, participó en la selección de los materiales promisorios, en la evaluación en el laboratorio y revisión del documento.**

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



membrana, y en menor medida por la fuga de sustancias absorbentes de la radiación UV, incluyendo aminoácidos, nucleósidos y nucleótidos (4, 8-12). La pérdida de sustancias absorbentes de UV se ha utilizado para evaluar la tolerancia relativa al estrés salino de los tejidos vegetales, no así en evaluaciones del estrés hídrico (4, 8).

En estudios de simulación del estrés hídrico en condiciones de laboratorio se utiliza con frecuencia el polietilenglicol (PEG). El PEG es un alcohol polimérico con alta solubilidad en agua y baja toxicidad que actúa como agente osmótico no penetrante al disminuir el potencial hídrico del medio de cultivo; produce una deficiencia hídrica en las células vegetales y un desbalance del metabolismo en general (13).

Con base en lo anterior, y debido a la necesidad de buscar técnicas que puedan utilizarse como pruebas estandarizadas para la tolerancia al déficit hídrico, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la tolerancia a este estrés en tejido foliar de 22 accesiones de tomate mediante la determinación relativa del eflujo de sustancias que absorben la radiación UV, con la finalidad de identificar accesiones tolerantes para la selección y uso en programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el eflujo de iones que absorben en la radiación UV, se colectaron 15 discos al azar de aproximadamente 90 mm de diámetro, de la segunda hoja verdadera de plántulas de 21 días para 22 accesiones de tomate; se realizaron cuatro réplicas por tratamiento (Tabla 1). El tejido vegetal se colocó en viales de 10 mL, se lavaron tres veces con agua destilada para eliminar los iones externos que pudieran ser liberados después del corte. Enseguida, se sumergieron en 2 mL de agua destilada (tratamiento control) y 2 mL de solución de PEG 6000 a 2 mPa (tratamiento de estrés), y se dejaron reposar en total oscuridad a 25 °C durante toda una noche. Posteriormente, se midió la densidad óptica a 280 nm con un espectrofotómetro Genesys 10. El eflujo de fenoles se calculó con la fórmula siguiente (8):

$$EF \text{ (\%)} = \frac{DO_{\text{estrés}} - DO_{\text{control}}}{DO_{\text{control}}} \times 100$$

Donde:

EF: Eflujo de fenoles

DO estrés: valores de densidad óptica de los tratamientos de estrés

DO control: valores de densidad óptica de los tratamientos control

El experimento se realizó por duplicado. Los datos fueron procesados por ANOVA de clasificación simple, modelo efectos fijos y se compararon las medias por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan para un 5 % de significación estadística. El análisis se efectuó mediante el paquete estadístico SPSS versión 22.0, para Windows.

Tabla 1. Accesiones utilizadas en el estudio y su origen

Accesión	Especie	Origen
Amalia	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
AN-104-1	<i>S. lycopersum</i> L.	España
Campbell-28	<i>S. lycopersum</i> L.	USA
CL-1131-00-7-2-0-9	<i>S. lycopersum</i> L.	Taiwan
Claudia	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
CO-7040	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Lignom	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Mara	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Mariela	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Mayle	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Mecy	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Rilia	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Roma	<i>S. lycopersum</i> L.	Italia
Santa Clara	<i>S. lycopersum</i> L.	USA
Yaily	<i>S. lycopersum</i> L.	Cuba
Nagcarlang	<i>S. lycopersum</i> L. var. <i>cerasiforme</i>	Filipinas
LA-2807	<i>S. lycopersum</i> L. var. <i>cerasiforme</i>	Bolivia
LA-2871	<i>S. lycopersum</i> L. var. <i>cerasiforme</i>	Bolivia
P-531	<i>S. lycopersum</i> L. var. <i>cerasiforme</i>	Cuba
Ciapan 31-5	<i>S. pimpinellifolium</i> L.	México
Mex-121-A	<i>S. pimpinellifolium</i> L.	México
Rojo Veracruz	<i>S. pimpinellifolium</i> L.	México

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos del eflujo de iones de los 22 genotipos en estudio se muestran en la Tabla 2, se encontraron diferencias altamente significativas para este carácter, con un rango entre 14,60 a 43,18 % de eflujo. Las accesiones Ciapan 31-5 y Mex-121-A de *S. pimpinellifolium* fueron las de menores eflujos de iones, sin diferencias significativas con LA-2807 y P-531, accesiones pertenecientes a la forma silvestre de la especie cultivada. Los cultivares Mayle, Mercy y Yaily no mostraron diferencias con el genotipo Santa Clara.

Es de destacar que, el eflujo de iones, calculado sobre la base de los compuestos que absorben a 280 nm, es un método útil para determinar daño celular en condiciones de estrés hídrico simulado con PEG. Este método es relativamente simple, rápido y no hay fuga de electrolitos por medición de la estabilidad de la membrana (8). Las diferencias encontradas entre los diferentes genotipos sugieren que esta puede utilizarse como prueba cuantitativa para determinar el efecto del déficit hídrico en tejido foliar en el tomate.

Al respecto, la mayoría de las investigaciones basan la selección para detectar genotipos tolerantes a estreses abióticos, incluido el déficit hídrico en el rendimiento del cultivo y su estabilidad en condiciones de estrés. Sin embargo, este tipo de selección que se realiza mediante pruebas en múltiples localizaciones o en diferentes años presenta baja heredabilidad (3, 14, 15).

Tabla 2. Eflujo de iones (%) en genotipos de tomate

Accesión	Eflujo de iones (%)
Amalia	27,92 cd
AN-104-1	35,69 ef
Campbell-28	33,49 de
CL-1131-00-7-2-0-9	30,74 cde
Claudia	37,27 ef
CO-7040	36,18 ef
Lignom	33,05 de
Mara	29,96 cd
Mariela	32,33 cde
Mayle	43,18 gh
Mecy	40,25 gh
Rilia	30,67 cde
Roma	35,18 def
Santa Clara	39,13 efg
Yaily	42,87 gh
Nagcarlang	24,68 c
LA-2807	16,74 ab
LA-2871	21,47 bc
P-531	17,76 ab
Ciapan 31-5	15,01 a
Mex-121-A	14,60 a
Rajo Veracruz	20,35 b
\bar{x}	29,92

Para cada genotipo letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Además, el tamizaje de la tolerancia en condiciones de campo requiere considerables recursos y condiciones ambientales precisos que puedan utilizarse para distinguir genotipos tolerantes. De ahí que con frecuencia se utilizan pruebas rápidas y menos costosas. La estabilidad de la membrana celular (CMS) es una de las más utilizadas para seleccionar genotipos tolerantes (10-12).

CONCLUSIONES

- Se observó una respuesta diferenciada en los genotipos frente al estrés hídrico, lo que confirma la utilidad de esta metodología en la selección de accesiones tolerantes en las etapas tempranas de los programas de mejora. Se evidencia, asimismo, la utilidad del PEG-6000 para la selección de genotipos tolerantes al estrés hídrico.
- Las accesiones pertenecientes a *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, fundamentalmente Mex-121A, Ciapan 31-5, LA-2807 y P-531, presentaron menores eflujos de estas sustancias en condiciones de déficit hídrico. Estos genotipos pueden ser utilizados para incrementar la tolerancia al estrés hídrico en el cultivo en futuros programas de mejoramiento genético.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bayomi KEM, Abdel-Baset A, Nasar SMA, Al-Kady AEMA. Performance of some tomato genotypes under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Desert Research*. 2020;70(1):1-10. <https://doi.org/10.21608/EJDR.2019.16947.1041>
2. Monge-Pérez JE, Loria-Coto M. Determinación de criterios de selección para el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo invernadero. *AIA Avances en Investigación Agropecuaria*. 2022;25(1):7-19.
3. Jiang X, Zhao Y, Tong L, Wang R, Zhao S. Quantitative analysis of tomato yield and comprehensive fruit quality in response to deficit irrigation at different growth stages. *HortScience*. 2019;54(8):1409-1417. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14180-19>
4. Sousaraei N, Mashayekhi K, Mousavizadeh SJ, Akbarpour V, Medina J, Aliniaiefard S. Screening of tomato landraces for drought tolerance based on growth and chlorophyll fluorescence analyses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2021;62:521-535. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00328-5>
5. Kumar V, Datir S, Khare T, Shriram V. Advances in biotechnological tools: Improving abiotic stress tolerance in rice. In: Hasanuzzaman M, Fujita M, Nahar K, Biswas JK, editors. *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. Sawston, CA, USA: Elsevier Inc. 2019; Chapter 30:615-632. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814332-2.00030-7>
6. Toor MD, Adnan M, Javed MS, Habibah UE, Arshad A, Mughees M, Ahmad R. Foliar application of Zn: Best way to mitigate drought stress in plants; A review. *International Journal of Applied Research*. 2020;6(8):16-20.
7. Méndez-Vázquez JR, Benavides-Mendoza A, Juárez-Maldonado A, Cabrera-De la Fuente M, Robledo-Olivo A, González-Morales S. Efecto del riego deficitario en la acumulación de compuestos antioxidantes en plantas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2021;8(2):e2822. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2822>
8. Redmann RE, Haraldson J, Gusta LV. Leakage of UV-absorbing substances as a measure of salt injury in leaf tissue of woody species. *Physiologia Plantarum*. 1986;67:87-91. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1986.tb01267.x>
9. Hassanein A, Ibrahim E, Ali RA, Hashem H. Differential metabolic responses associated with drought tolerance in Egyptian rice. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. 2021;9(4):37-46. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9405>
10. ElBasyoni I, Saadalla M, Baenziger S, Bockelman H, Morsy S. Cell membrane stability and association mapping for drought and heat tolerance in a worldwide wheat collection. *Sustainability*. 2017;9(9):1606-1621. <https://doi.org/10.3390/su9091606>
11. Swapna S, Shylaraj KS. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition. *Rice Science*. 2017;24(5):253-263. DOI: [10.1016/j.rsci.2017.04.004](https://doi.org/10.1016/j.rsci.2017.04.004)
12. Nijabat A, Bolton A, Mahmood-ur-Rehman M, Shah AI, Hussain R, Naveed RH, Ali A, Simon P. Cell membrane stability and relative cell injury in response to heat stress during early and late seedling stages of diverse carrot (*Daucus carota* L.) germplasm. *HortScience*. 2020;55(9):1446-1452. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15058-20>

13. Pastelín-Solano MC, Castañeda-Castro O. Afectaciones fisiológicas y bioquímicas en vitroplantas de caña de azúcar en respuesta al estrés hídrico y salino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2018;9(7):1483-1493. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1253>
14. Krishna R, Ansari WA, Soumia PS, Yadav A, Jaiswal DK, Kumar S, Singh AK, Singh M, Verma JP. Biotechnological interventions in tomato (*Solanum lycopersicum*) for drought stress tolerance: Achievements and future prospects. *BioTech*. 2022;11(4):48. DOI: [10.3390/biotech11040048](https://doi.org/10.3390/biotech11040048)
15. Villalobos-López MA, Arroyo-Becerra A, Quintero-Jiménez A, Iturriaga G. Biotechnological advances to improve abiotic stress tolerance in crops. *International Journal of Molecular Science*. 2022;23(19):12053. DOI: [10.3390/ijms231912053](https://doi.org/10.3390/ijms231912053)