

La salinidad afecta diferencialmente crecimiento y rendimiento de cuatro genotipos de tomate nativos de México

LADEWIG, Peter, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, SERVÍN-JUÁREZ, Roselia y TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris

P. Ladewig´, F. Gómez´, R. Servín´ y L. Trejo´´

´Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
C. P. 94961

´´Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México.
C. P. 56230

fernandg@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is moderately sensitive to salinity, and there may be differential responses between genotypes. We evaluated the effect of four salinity levels (0, 30, 60 and 90 mM NaCl) applied to the nutrient solution on plant height, number of clusters, number of leaves and yield per plant of four tomato genotypes native to Mexico, from Campeche, Oaxaca, Puebla and Veracruz. The highest salinity level negatively affected growth in all genotypes, and the number of clusters per plant, except for the Veracruz genotype. The number of leaves and yield decreased as the NaCl level in the nutrient solution increased. Campeche showed the highest yield decline and Veracruz the lowest.

7 Introducción

La salinidad es una de las causas más comunes de degradación de los suelos y una fuerte limitante de la productividad de cultivos (Ladeira, 2012; Munns y Tester, 2008). Se estima que alrededor de 780 millones de hectáreas son afectadas por la salinidad en el mundo, lo que representa alrededor del 6% de la superficie terrestre global, siendo el cloruro de sodio (NaCl) la sal soluble más común (Munns y Tester, 2008).

En México, para 2014 se habían identificado 46 acuíferos con problemas de salinidad, que representan el 7% del total (CONAGUA, 2015). Acuíferos con presencia de suelos salinos y agua salobre predominan en las cuencas centrales del norte y espacialmente en la del Río Bravo, por baja precipitación pluvial y alta evaporación en combinación con aguas congénitas y minerales evaporíticos de fácil disolución. En la Península de Baja California y en la región noroeste los acuíferos presentan intrusiones marinas en la zona costera (CONAGUA, 2014). Los suelos enfrentan procesos de salinización cuando el manejo de éstos y del agua no es adecuado, lo cual ha ocasionado que el 13% de la tierra irrigada en México esté afectada por este factor (Flowers, 1999; SEMARNAT *et al.*, 2010).

Una parte importante de la producción de hortalizas de exportación como el tomate se lleva a cabo precisamente en varias zonas del norte del país. El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los productos agrícolas mexicanos más importante y el 85% de su producción tiene origen en sistemas con irrigación (SIAP, 2016). El tomate es considerado como planta moderadamente sensible a salinidad y sus rendimientos disminuyen a valores de CE altos (Maas y Hoffman, 1977). Lara *et al.* (2015) reporta que la salinidad (CE 6 a 12 dS m⁻¹) afecta de manera negativa el crecimiento de plántulas de líneas de tomate nativas en Puebla, aunque se distinguieron respuestas diferenciales entre genotipos.

Los ancestros de la tomate están ubicados en la región Andina y su domesticación ocurrió en México (Blanca *et al.*, 2012). Por eso México tiene una gran diversidad de recursos genéticos del tomate, criollo y silvestre, que permite la posibilidad de encontrar caracteres que ofrecen resistencia a factores abióticos como la salinidad (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar indicadores de crecimiento en genotipos nativos de tomate colectados en cuatro estados de México en respuesta a la salinidad ocasionada por NaCl.

7.1 Materiales y métodos

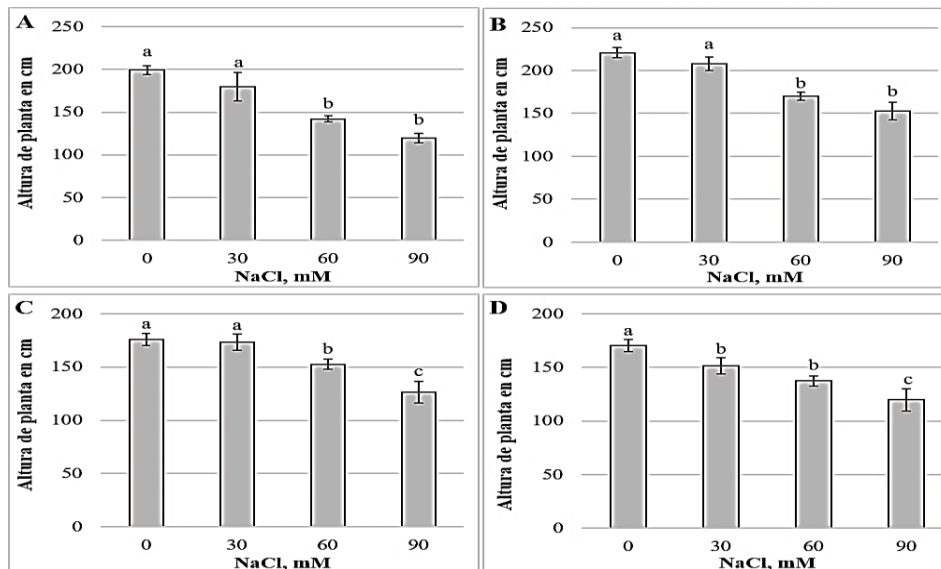
Esta investigación se desarrolló bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México, con cuatro genotipos nativos de tomate colectado en los estados de Oaxaca, Puebla, Veracruz y Campeche (México), clasificados por sus frutas según Lobato-Ortiz *et al.* (2012) en tipos arriñonado/acostillado, chino criollo, citlale y riñón, respectivamente. Las plantas de éstos fueron obtenidas a partir de la germinación de las semillas en almácigo con turba como sustrato.

Se evaluaron cuatro concentraciones de NaCl en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984): 0, 30, 60 y 90 mM, mismas que fueron suministradas mediante riego por goteo. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones y fueron distribuidas en un diseño completamente al azar bajo condiciones de invernadero. Cada unidad experimental consistió en una planta de aproximadamente 40 días de edad trasplantada en una bolsa de polietileno negro de 10 L de capacidad, y como sustrato se utilizó tezontle con un tamaño de partícula entre 1 y 20 mm. Después de 17 semanas de cultivo, se determinó la altura de planta, el número de racimos por planta, el número de hojas por planta y el rendimiento de frutos. Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante Tukey ($\alpha=0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2009).

7.2 Resultados

En ausencia de NaCl en la solución nutritiva se observa la mayor altura de la planta en todos los genotipos evaluados (Gráfico 7). En el tratamiento testigo, los genotipos Oaxaca y Veracruz (Gráficos 7 A y 7 B) mostraron el mayor crecimiento, con alturas medias de 200 y 220 cm, respectivamente. Por el contrario los genotipos de Campeche y Puebla (Gráficos 7 C y 7 D), también en el tratamiento testigo, mostraron menor crecimiento con alturas promedio de 176 y 170 cm, respectivamente. Se registraron disminuciones en la altura de planta en todos los genotipos evaluados, con niveles crecientes de NaCl. Los genotipos Oaxaca, Veracruz y Campeche mostraron reducción de altura significativa con niveles de NaCl de 60 y 90 mM. Por su parte, el genotipo Puebla mostró una reducción significativa en la altura de planta a partir de 30 mM NaCl (Gráfico 7). Con el nivel más alto de NaCl adicionado a la solución nutritiva (90 mM) se observaron reducciones en la altura del orden de 28, 30, 31 y 40% en los genotipos Campeche, Puebla, Veracruz y Oaxaca, respectivamente, en comparación con el tratamiento sin NaCl en cada genotipo (Gráfico 7). Los genotipos Campeche y Puebla mostraron mayor susceptibilidad a la presencia de NaCl en la solución nutritiva, dado que con la concentración de NaCl de 90 mM, el crecimiento fue afectado significativamente en forma negativa comparado con el resto de los tratamientos (Gráficos 7C y 7D).

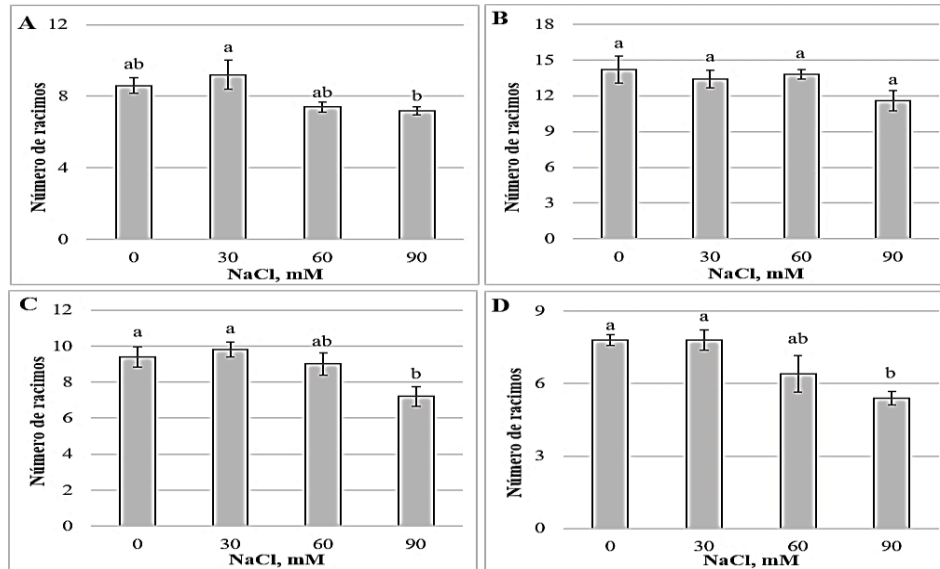
Gráfico 7 Altura de planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva



Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

El número de racimos es la variable que de manera general fue afectada en menor magnitud por los niveles de salinidad. En el genotipo Veracruz, los niveles de salinidad no mostraron efecto significativo en el número de hojas, con reducciones en esta variable del orden de 8%, 11% y 19%, en los tratamientos de 30, 60 y 90 mM de NaCl, respectivamente, en comparación con el testigo. Los genotipos Oaxaca, Campeche y Puebla mostraron un número de hojas significativamente menor con concentraciones de 90 mM de NaCl (Gráficos 7.1 A, 7.1 C y 7.1 D).

Gráfico 7.1 Número de racimos por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva

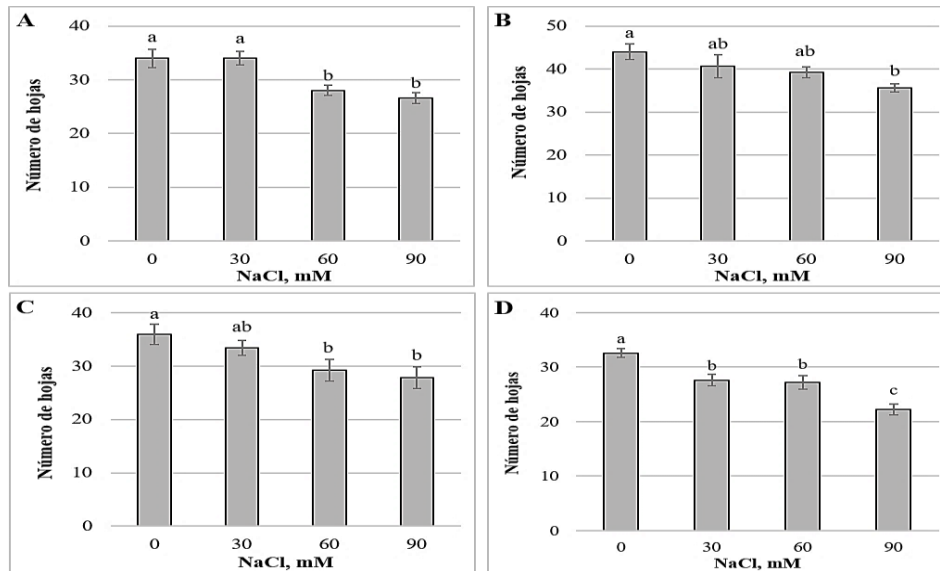


Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

En lo que respecta al número de hojas por planta, se observa que en dos de los cuatro genotipos evaluados (Oaxaca y Campeche), se registraron reducciones significativas en esta variable con niveles de NaCl de 60 y 90 mM (Gráficos 7.2 A y 7.2 C), respecto al testigo.

Por otra parte, el genotipo Veracruz solo redujo de manera significativa el número de hojas por planta, con la dosis más alta de NaCl ensayada (90 mM), como se observa en el Gráfico 7.2 B. Por el contrario, el genotipo Puebla fue afectado de manera negativa con todos los niveles de salinidad en esta variable (Gráfico 7.2 D).

Gráfico 7.2 Número de hojas por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva

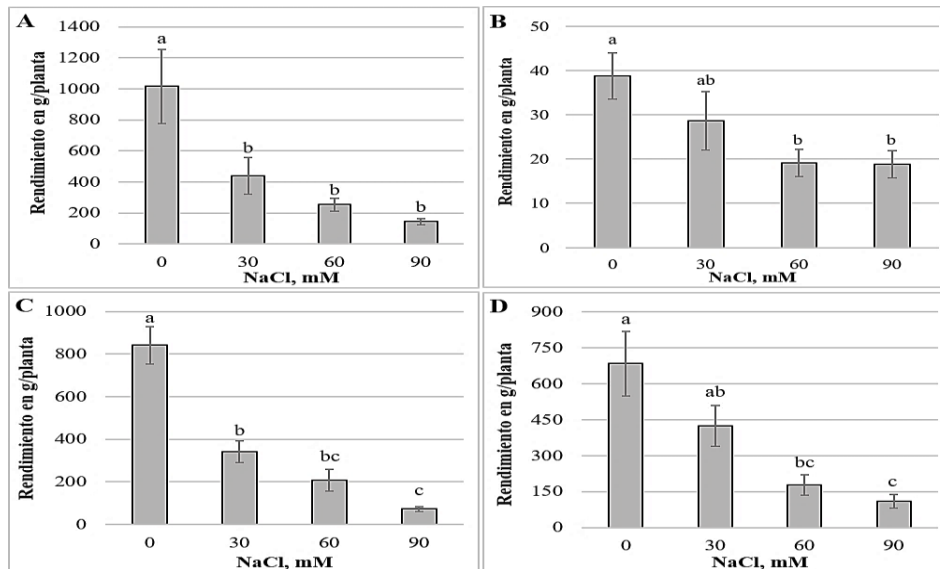


Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

El genotipo Oaxaca (Gráfico 7.3 A) mostró el mayor rendimiento para los cuatro niveles de NaCl evaluados en este estudio; mientras que, el genotipo Veracruz (Gráfico 7.3 B) el más bajo, debido al tamaño pequeño del tipo citlale. Asimismo, los genotipos Oaxaca y Campeche (Gráficos 7.3 A y 7.3 C) son afectados significativamente en su rendimiento de manera negativa con niveles de NaCl de 30 mM y mayores. Niveles de salinidad iguales o superiores a 60 mM redujeron significativamente el rendimiento de los genotipos Veracruz y Puebla (Gráficos 7.3 B y 7.3 D).

El genotipo Veracruz mostró el rendimiento más bajo en todos los tratamientos, incluso en el tratamiento testigo; sin embargo, tuvo la menor disminución del rendimiento bajo condiciones de salinidad, con reducciones de 26% con 30 mM, 51% con 60 mM y 52% con 90 mM de NaCl, en comparación con el testigo; lo que indica una mayor tolerancia a la salinidad. Si se considera el rendimiento como variable respuesta, el genotipo Campeche fue el más sensible a la salinidad, con niveles de disminución de 59%, 75% y 91% en el rendimiento, para los tratamientos con 30, 60 y 90 mM, respectivamente, en comparación con el testigo.

Gráfico 7.3 Rendimiento por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva



Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

7.3 Conclusiones

Los genotipos muestran tolerancia variable a los variables evaluadas en esta investigación. Sobre todas la variables evaluadas, el genotipo Veracruz mostró la tolerancia más alta, y los genotipos Puebla y Campeche fueron los más sensibles. El nivel de salinidad más elevado probado en este estudio, que fue de 90 mM, afectó de manera negativa la formación de racimos en los genotipos Puebla, Campeche y Oaxaca; por el contrario, en el genotipo Veracruz no se observa efecto negativo de la adición de NaCl en el número de racimos. El genotipo Campeche mostró la disminución más alta de rendimiento en los tratamientos con NaCl respecto al testigo; por el contrario, el genotipo Veracruz mostró reducciones porcentuales en comparación con el testigo, en el rendimiento.

7.4 Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por los apoyos otorgados a Peter Ladewig a través de la beca para estudios de postgrado y a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba, por los apoyos para la realización de esta investigación.

7.5 Referencias

Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L., Diez, M. J., & Nuez, F. (2012). Variation Revealed by SNP Genotyping and Morphology Provides Insight into the Origin of the Tomato. *PloS One*, 7(10), e48198. doi:10.1371/journal.pone.0048198

CONAGUA. (2014). *Estadísticas del agua en México-Edición 2014*. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, D. F. 47 pp. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONAGUA. (2015). *Atlas del Agua en México 2015*. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, D. F. 52 pp. México. Recuperado el 25 de julio de 2016, de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/ATLAS_ALTA.pdf

Flowers, T. J. (1999). Salinisation and horticultural production. *Scientia Horticulturae*, 78, 1-4.

Ladeiro, B. (2012). Saline Agriculture in the 21st Century: Using Salt Contaminated Resources to Cope Food Requirements. *Journal of Botany*, 2012, Article ID 310705. doi:10.1155/2012/310705.

Lara, F. S., Ramírez Vallejo, P., Sánchez García, P., Sandoval Villa, M., Livera Munoz, M., & Carrillo Rodríguez, J. C. (2015). Tolerance of native tomato (*Solanum lycopersicum* L.) lines to NaCl salinity. *Interciencia*, 40(10), 704-708.

Lobato-Ortiz, R., Rodríguez Guzmán, E., Carillo Rodríguez, J. C., Chávez Servia, J. L., Sánchez Peña, P., & Aguilar Meléndez, A. (2012). *Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances en la Red de Jitomate*. SINAREFI, SAGARPA y COLPOS. Texcoco, México.

Maas, E. V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance – current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103, 115-134.

Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.

SAS Institute Inc. (2009). *SAS/STAT 9.2 User's guide*. (2nd ed.) Cary, N. C: SAS Institute Inc.

SEMARNAT, SAGARPA, Fundación Produce Nayarit, A.C., Subsecretaría de Desarrollo Rural, & Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2010). *Salinidad del Suelo*. 9 p. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidadelsuelo.pdf>

SIAP. (2016). *Cierre de la producción agrícola por cultivo - Tomate*. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Steiner, A. (1984). The universal nutrient solution. En *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. (pp. 633-649). The Netherlands.