

## **Diversidad de poblaciones nativas de jitomate para germinación en condiciones salinas\***

### **Diversity of native populations for germination of tomato under saline conditions**

**Victoria Estrada-Trejo<sup>1</sup>, Ricardo Lobato-Ortiz<sup>1§</sup>, Gabino García-de los Santos<sup>1</sup>, Guillermo Carrillo-Castañeda<sup>1</sup>, Fernando Castillo-González<sup>1</sup>, Efraín Contreras-Magaña<sup>2</sup>, Oscar Javier Ayala-Garay<sup>1</sup>, Micaela De la O Olan<sup>1</sup> y Alberto Artola Mercadal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Producción de Semillas-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. Tel: 01 (595) 9520200. Ext. 1534, 1560, 1541, 1535, 1594. (trejovic@hotmail.com; garciag@colpos.mx; carrillo@colpos.mx; fcastill@colpos.mx; oayala@colpos.mx). <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. 56230, Chapingo, Estado de México. Tel: 01 (595) 9521500. Ext. 6265. (cmefrain@yahoo.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: rlobato@colpos.mx.

#### **Resumen**

En México algunas regiones productoras de jitomate a campo abierto como el noroeste presentan problemas de salinidad. Este problema también se presenta en condiciones de invernadero cuando la nutrición y el manejo del riego se hacen de manera inapropiada, esto se agrava cuando se usan aguas pesadas para riego. La salinidad afecta al cultivo del jitomate, por lo que tener materiales tolerantes a esas condiciones sería de gran beneficio. México es rico en diversidad genética de esta especie, misma que puede ser utilizada para buscar fuentes de tolerancia a la salinidad. Los objetivos del trabajo fueron evaluar el comportamiento fisiológico de 34 poblaciones de jitomate nativas de Puebla y Veracruz y dos testigos comerciales bajo condiciones salinas usando cinco concentraciones de cloruro de sodio (0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0 %), con la finalidad de identificar germoplasma sobresaliente que tolere la salinidad en la etapa de germinación. El experimento se realizó en el Laboratorio de semillas del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas en 2013. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, velocidad de germinación, materia seca aérea y materia seca de raíz. Los resultados indican que el vigor de las semillas fue afectado de manera negativa en 100% de las colectas, la germinación en 78% y el desarrollo de las

#### **Abstract**

In Mexico some tomato growing regions like northwest have salinity problems. This problem also occurs under greenhouse conditions when nutrition and irrigation management are done improperly, this is exacerbated when heavy water is used for irrigation. Salinity affects tomato crops, so having tolerant materials to such conditions would be of great benefit. Mexico is rich in genetic diversity of this species, same that can be used to search for sources tolerant to salinity. The objectives of the study were to evaluate the physiological behavior of 34 populations of native tomatoes from Puebla and Veracruz and two commercial controls under saline conditions using five concentrations of sodium chloride (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1%), in order to identify outstanding germplasm tolerant to salinity in the germination stage. The experiment was performed at the Laboratory of seeds from the Postgraduate College in Agricultural Sciences in 2013. The evaluated variables were: germination percentage, germination rate, aerial dry matter and root dry matter. The results indicate that the seed vigor was negatively affected in 100% of the collections, germination in 78% and development of morphological structures of seedling as root, hypocotyl and cotyledons, the negative effect was

\* Recibido: octubre de 2013  
Aceptado: julio de 2014

estructuras morfológicas de plántula como raíz, hipocotilo y cotiledones, el efecto negativo fue de un 33 %. De los 36 genotipos probados, ocho colectas presentaron diferentes grados de tolerancia. Estas poblaciones pueden ser utilizadas como fuentes potenciales para el mejoramiento genético.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum* L., cloruro de sodio, salinidad, germinación.

## Introducción

La superficie de la república mexicana es de aproximadamente 200 millones de hectáreas y se destina a la agricultura aproximadamente 21 millones de hectáreas (10.5% del territorio nacional), de toda esta superficie 6.5 millones de hectáreas son de riego y 14.5 de temporal (CONAGUA, 2008). Del total de esta superficie irrigada se estima que entre 15% (970,000 ha) y 21% (1 300 000 ha) del área está afectada por exceso de sales (De la Peña, 1993; Feuchter, 2000), lo cual es un problema serio en varias zonas de riego del país que afecta a cultivos diversos, dentro de los cuales se encuentra el cultivo del jitomate. La probabilidad de encontrar variación genética para tolerancia a salinidad en esta especie es alta, ya que México es considerado centro de domesticación y de diversidad secundaria de la especie (Jenkins, 1948) y se encuentra distribuido en casi todo el territorio la variedad *cerasiforme* en su forma silvestre (Chávez-Servia *et al.*, 2011).

El jitomate en México es cultivado en zonas de riego, donde hay problemas de salinidad, por lo que tener materiales tolerantes a este estrés abiótico es fundamental para poderlo cultivar en estas zonas. Los principales estados productores de la especie son Sinaloa, Baja California, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Baja California Sur, Querétaro y Estado de México (SAGARPA, 2010). En algunas regiones productoras de jitomate como Sinaloa, Baja California, Michoacán y San Luis Potosí presentan problemas de salinidad (Ortega, 1991).

La mayoría de los cultivares comerciales de jitomate presentan una sensibilidad moderada a este problema, en todas las etapas de desarrollo de la planta incluida la germinación, el desarrollo vegetativo y la reproducción. Esto trae como consecuencia una reducción significativa del rendimiento cuando es cultivado bajo estrés salino (Bolarín *et al.*, 1993). Se han logrado avances en el desarrollo de

33%. Of the 36 genotypes tested, eight collections showed different degrees of tolerance. These populations can be used as potential sources for breeding.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., sodium chloride, salinity, germination.

## Introduction

The area of the Republic of Mexico is about 200 million hectares and for agriculture about 21 million hectares are used (10.5% of the country), from this area 6.5 million hectares are irrigated and 14.5 rainfed (CONAGUA, 2008). Of all of the irrigated area is estimated that 15% (970 000 ha) and 21% (1.3 million ha) of the area is affected by an excess of salts (De la Peña, 1993; Feuchter, 2000), which is a serious problem in many irrigated areas of the country affecting various crops, among which is tomato. The probability of finding genetic variation for salt tolerance in this species is high, since Mexico is considered the center of domestication and secondary diversity of the species (Jenkins, 1948) and the native variety *cerasiforme* is distributed throughout the country (Chávez-Servia *et al.*, 2011).

The tomato in Mexico is grown under irrigated areas, where salinity problems, so it is fundamental to have materials tolerant to this abiotic stress, in order to grow it in these areas. The main producing states of the species are Sinaloa, Baja California, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Baja California Sur, Querétaro and State of Mexico (SAGARPA, 2010). In some tomato growing regions like Sinaloa, Baja California, Michoacán and San Luis Potosí, have salinity problems (Ortega, 1991).

Most commercial cultivars of tomato possess moderate sensitivity to this problem, in all stages of plant development, including germination, vegetative growth and reproduction. As consequence of this there is a significant reduction in yield when grown under salt stress (Bolarín *et al.*, 1993). Progress has been made in developing tomato cultivars tolerant to salinity through conventional breeding using native relatives as sources of genes to confer tolerance to the problem (Ashraf, 1994).

Tolerance at any stage of plant development, is generally not related to the tolerance of the other, specific ontogenetic stages like germination, emergence, vegetative growth

cultivares de jitomate tolerantes a la salinidad mediante el mejoramiento convencional, con el uso de parientes silvestres como fuentes de genes para conferir tolerancia al problema (Ashraf, 1994).

La tolerancia en alguna etapa del desarrollo de las plantas, generalmente no está relacionada con la tolerancia de las otras, las etapas ontogénicas específicas como la germinación, emergencia, desarrollo vegetativo y reproductivo deben ser evaluadas de manera separada, para identificar, caracterizar y utilizar los recursos genéticos con tolerancia a dicho estrés (Foolad, 1999). En la germinación de la semilla participan diferentes factores ambientales y el potencial genético de la misma de todo esto en conjunto dependerá su sobrevivencia.

Anatómicamente la semilla de jitomate está cubierta por una testa, que encierra un embrión curvo filiforme y un endospermo que prácticamente llena el lumen (Esau, 1953). Para que se lleve a cabo la germinación, la fuerza de la extensión hidráulica del embrión debe superar la fuerza de oposición de la cubierta de la semilla y los tejidos vivos del endospermo (Groot y Karsen, 1987). Liptay y Schopfer (1983) plantearon que el genotipo del embrión, desempeña un papel importante en la determinación del tiempo de germinación del jitomate bajo condiciones de estrés y óptimas. Las diferencias que muestran las semillas de jitomate en su sensibilidad a las sales durante la germinación reside en el potencial osmótico o potencial de presión del embrión germinando. Sin embargo, el estrés osmótico puede afectar negativamente la imbibición de la semilla; por lo tanto, retarda o debilita las fuerzas restrictivas del endospermo y la cubierta de la semilla y como resultado se reduce o inhibe la germinación (Dahal *et al.*, 1990). Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el comportamiento fisiológico de 34 poblaciones nativas y dos testigos comerciales en cinco concentraciones salinas mediante la prueba de germinación e identificar germoplasma mexicano tolerante a la salinidad.

## Material y métodos

### Material genético

El material genético estuvo constituido por 34 poblaciones provenientes de los estados de Puebla y Veracruz más dos testigos comerciales (Sun-7705 y Super Sweet-100).

and reproduction should be evaluated separately to identify, characterize and use genetic resources with tolerance to such stress (Foolad, 1999). In seed germination are involved different environmental factors and genetic potential of the same and from all this depends its survival.

Anatomically tomato seed is covered by testa, which contains a filiform curved embryo and an endosperm that practically is filled with lumen (Esau, 1953). To carry out the germination, the strength of the hydraulic extension of the embryo must overcome the opposing force of seed coat and endosperm living tissue (Karsen Groot, 1987). Liptay and Schopfer (1983) stated that the genotype of the embryo plays an important role in determining the time of germination of tomato under stress and optimal conditions; differences that seed tomato show in their sensitivity to salts during germination resides in the osmotic potential or pressure potential from the germinating embryo. However, osmotic stress can negatively affect seed imbibition; therefore, delays or weakens the restraining forces of the endosperm and seed coat and as a result germination is reduced or inhibited (Dahal *et al.*, 1990). The objectives of this study were to evaluate the physiological behavior of 34 native populations and two commercial controls in five salt concentrations by the germination test and to identify Mexican germplasm tolerant to salinity.

## Materials and methods

### Genetic Material

The genetic material consisted of 34 populations from the states of Puebla and Veracruz and two commercial controls (Sun-7705 and Super Sweet-100).

To evaluate tolerance to salinity of populations was used the germination test with saline solution of NaCl at different concentrations in 2013. The experiment was conducted in the laboratory of Seed Analysis from the Postgraduate College in Agricultural Sciences. Salt concentrations used in the germination test were 0%, 0.25% (42 mM), 0.5% (86 mM), 0.75% (128 mM) and 1% (171 mM) of NaCl. The experiment consisted of a factorial arrangement of 36 \* 5 treatments with a completely randomized experimental design with three replications. Each experimental unit consisted of 50 seeds.

Para evaluar la tolerancia a la salinidad de las poblaciones se usó la prueba de germinación con una solución salina de NaCl a diferentes concentraciones en 2013. El experimento se desarrolló en el laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Las concentraciones salinas empleadas en la prueba de germinación fueron: 0%, 0.25% (42 mM), 0.5% (86 mM), 0.75% (128 mM) y 1% (171 mM) de NaCl. El experimento consistió en un arreglo factorial de 36 \* 5 tratamientos, con un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo compuesta de 50 semillas.

Las semillas fueron germinadas en cajas Petri con sanitas, a cada caja se le añadió cuatro mL de solución; posteriormente las cajas fueron colocadas en una cámara artificial con humedad relativa de 87% y temperatura de 25 °C. Las cámaras artificiales fueron colocadas en una cámara de germinación a 26 °C y 50% de humedad relativa con luz fluorescente. A cada una de las soluciones, en una muestra de 30 mL, se les midió la conductividad eléctrica (CE) con un puente de conductividad MODEL 31 CONDUTIVITY BRIDGE.

### Variables evaluadas

Se evaluó la germinación diaria, materia seca aérea y materia seca de raíz. La germinación se contabilizó cada 24 h durante 14 días. Se consideró a una semilla germinada cuando había ocurrido la protusión de la radícula y ésta tuviera una longitud mayor o igual de 3 mm. Para las variables materia seca aérea y de raíz se tomaron 10 plántulas al azar de cada repetición, se separó la raíz de la parte aérea y se dejaron a secar en una estufa a una temperatura de 70 °C hasta peso constante, luego su peso fue tomado en una báscula y registrado. Con los datos de las variables porcentaje de germinación (G), materia seca aérea (MSA) y materia seca de la raíz (MSR) se hicieron análisis de varianza y de regresión lineal con el paquete estadístico SAS (SAS; 2002). La variable velocidad de germinación (VG) se obtuvo mediante la fórmula ( $VG = \sum_i^n \frac{X_i}{N_i}$ ).

Donde: VG= velocidad de germinación;  $X_i$ = número de semillas por día; y  $N_i$ = número de días después de la siembra.

La velocidad de germinación (VG) es una manera de evaluar el vigor de la semilla (Maguire, 1962).

The seeds were germinated in Petri dishes with paper towels, to each plate were added four mL of solution; subsequently the plates were placed in an artificial chamber with relative humidity 87% and temperature of 25 °C. Artificial chambers were placed in a germination chamber at 26 °C and 50% relative humidity under fluorescent light. To each of the solutions in a sample of 30 mL, were measured the electrical conductivity (EC) with a conductivity bridge MODEL 31 CONDUTIVITY BRIDGE.

### Evaluated variables

Germination, aerial dry matter and root dry matter were evaluated daily. Germination was recorded every 24 h for 14 days. A seed was considered germinated when protrusion of the radicle happened and this had a length greater than or equal to 3 mm. For aerial and root dry matter variables 10 seedlings were taken randomly from each replicate, the root was separated from the aerial part and left to dry in an oven at a temperature of 70 °C, to constant weight, then weighted on a scale. With data from germination percentage (G), aerial dry matter (MSA) and root dry matter (MSR) analysis of variance and linear regression with SAS statistical package were made (SAS;2002). The variable germination rate (VG) was obtained by the formula ( $VG = \sum_i^n \frac{X_i}{N_i}$ ).

Where: VG= germination rate;  $X_i$ = number of seeds per day; and  $N_i$ = the number of days after sowing.

Germination rate (VG) is a way to evaluate seed vigor (Maguire, 1962).

## Results and discussion

### Response to concentrations of sodium chloride

The results of the analysis of variance of linear regression showed that there was an effect of the concentrations of sodium chloride in germination highly significant for 14% of the evaluated germplasm (five genotypes) and significant for 64% (22 collections and Sun-7705) (Table 1). This indicates that 22% of the genetic material under study showed salinity tolerance during the germination test. For germination rate, the effect was highly significant

## Resultados y discusión

### Respuesta a las concentraciones de cloruro de sodio

Los resultados del análisis de varianzas de la regresión lineal mostraron que hubo un efecto de las concentraciones de cloruro de sodio en la germinación altamente significativo para 14% del germoplasma evaluado (cinco genotipos) y significativo para 64% (22 colectas y Sun-7705) (Cuadro 1). Lo anterior indica que 22% del material genético en estudio mostró tolerancia a la salinidad durante la prueba de germinación. Para la velocidad de germinación, el efecto fue altamente significativo en 83% de las poblaciones que equivale a 28 genotipos nativos y los dos híbridos testigos, y significativo 17% (siete genotipos) (Cuadro 2).

in 83% of the populations, equivalent to 28 native genotypes and two hybrids (control) and significant 17% (seven genotypes) (Table 2).

The above indicates that while vigor was affected 100% of the genetic material under study, germination was 78%. This result is due to that seed vigor is a very complex trait compared with standard germination that is a single measurable characteristic. Vigor is a concept describing various traits associated with the operation of batch or population of seeds. Furthermore, vigor may reflect direct changes in relation to the rate and completeness of germination as well as tolerance to environmental stress or the capacity of seedlings to exceed it. Also vigor provides additional information on the rate and uniformity of seedling growth and their ability to establish themselves in a wide range of environmental conditions (Tekrony, 2003).

**Cuadro 1. Ecuaciones de regresión lineal ( $Y = \beta_0 + \beta_1(X)$ ) para la variable germinación de 36 poblaciones de jitomate de Puebla y Veracruz.**

**Table 1. Linear regression equations ( $Y = \beta_0 + \beta_1(X)$ ) for germination of 36 populations of tomato from Puebla and Veracruz.**

Pob	G (%)	Pob	G (%)
1-V	$G = 118.67 + (-113.33) (\text{Trat})$ *	40-P	$G = 110.8 + (-91.47) (\text{Trat})$ *
14-P	$G = 116.13 + (-98.7) (\text{Trat})$ ns	41-P	$G = 113.33 + (-82.13) (\text{Trat})$ ns
15-P	$G = 108.4 + (-106.76) (\text{Trat})$ *	50-P	$G = 105.2 + (-103.73) (\text{Trat})$ *
16-V	$G = 111.6 + (-98.93) (\text{Trat})$ *	52-V	$G = 97.87 + (-113.6) (\text{Trat})$ *
17-V	$G = 102.67 + (-111.73) (\text{Trat})$ **	53-V	$G = 107.07 + (-112) (\text{Trat})$ **
18-V	$G = 116.13 + (-109.07) (\text{Trat})$ *	55-V	$G = 102.53 + (-114.13) (\text{Trat})$ *
19-V	$G = 97.733 + (-97.6) (\text{Trat})$ *	60-V	$G = 111.6 + (-93.6) (\text{Trat})$ *
20-P	$G = 105.73 + (-116.8) (\text{Trat})$ **	61-V	$G = 93.6 + (-92.53) (\text{Trat})$ *
22-P	$G = 92.93 + (-34.93) (\text{Trat})$ ns	62-V	$G = 106 + (-89.07) (\text{Trat})$ *
23-P	$G = 102.27 + (-77.87) (\text{Trat})$ *	63-V	$G = 75.73 + (-66.13) (\text{Trat})$ *
24-P	$G = 113.07 + (-101.33) (\text{Trat})$ *	64-V	$G = 62.27 + (-57.87) (\text{Trat})$ *
25-P	$G = 95.87 + (-90.93) (\text{Trat})$ ns	70-P	$G = 89.33 + (-65.6) (\text{Trat})$ *
27-P	$G = 119.2 + (-102.13) (\text{Trat})$ *	72-P	$G = 113.47 + (-101.33) (\text{Trat})$ *
32-P	$G = 76.53 + (-58.4) (\text{Trat})$ ns	86-P	$G = 104.93 + (-76) (\text{Trat})$ *
33-P	$G = 108.67 + (-111.25) (\text{Trat})$ *	9-P	$G = 104 + (-101.87) (\text{Trat})$ *
36-P	$G = 96 + (-105.60) (\text{Trat})$ **	92-P	$G = 104.4 + (-58.67) (\text{Trat})$ ns
37-P	$G = 110.93 + (-106.7) (\text{Trat})$ **	Cherry	$G = 109.47 + (-53.33) (\text{Trat})$ ns
38-P	$G = 100.8 + (-64.8) (\text{Trat})$ ns	Saladette	$G = 115.07 + (-96.53) (\text{Trat})$ *

\*=  $p \leq 0.05$  significativo, \*\*=  $p \leq 0.01$  altamente significativo; ns= no significativo. †= ordenada al origen, ††= pendiente de la recta; ††= trat= concentraciones de NaCl; G= germinación (%); P= Puebla; V= Veracruz.

**Cuadro 2. Ecuaciones de regresión lineal ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger}(X)^\S$ ) para la variable velocidad de germinación de 36 poblaciones de jitomate de Puebla y Veracruz.****Table 2. Linear regression equations ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger}(X)^\S$ ) for germination rate of 36 populations of tomato from Puebla and Veracruz.**

Pob	VG		Pob	VG	
1-V	VG = 8.3 + (-19.66)(Trat)	**	40-P	VG = 18.37 + (-18.8)(Trat)	**
14-P	VG = 19.53 + (-20.38)(Trat)	**	41-P	VG = 16.67 + (-16.53)(Trat)	**
15-P	VG = 17.2 + (-19.07)(Trat)	**	50-P	VG = 13.63 + (-14.74)(Trat)	**
16-V	VG = 16.62 + (-17.19)(Trat)	**	52-V	VG = 12.25 + (-14.67)(Trat)	*
17-V	VG = 12.2 + (-14.32)(Trat)	*	53-V	VG = 13.12 + (-14.9)(Trat)	**
18-V	VG = 15.52 + (-16.68)(Trat)	**	55-V	VG = 11.27 + (-12.9)(Trat)	*
19-V	VG = 11.89 + (-13.10)(Trat)	**	60-V	VG = 15.32 + (-15.78)(Trat)	**
20-P	VG = 16.13 + (-18.93)(Trat)	*	61-V	VG = 12.34 + (-13.74)(Trat)	**
22-P	VG = 19.35 + (-17.39)(Trat)	**	62-V	VG = 16.35 + (-16.68)(Trat)	**
23-P	VG = 16.33 + (-16.38)(Trat)	**	63-V	VG = 12.85 + (-13.45)(Trat)	**
24-P	VG = 18.89 + (-20.08)(Trat)	**	64-V	VG = 10.71 + (-11.48)(Trat)	**
25-P	VG = 13.43 + (-14.04)(Trat)	**	70-V	VG = 16.47 + (-16.61)(Trat)	*
27-P	VG = 17.95 + (-18.39)(Trat)	**	72-P	VG = 16.72 + (-17.73)(Trat)	**
32-P	VG = 12.46 + (-12.22)(Trat)	**	86-P	VG = 21.73 + (-21.16)(Trat)	**
33-P	VG = 14.47 + (-16.42)(Trat)	**	9-P	VG = 13.35 + (-14.51)(Trat)	**
36-P	VG = 12.67 + (-14.89)(Trat)	*	92-P	VG = 22.23 + (-20.09)(Trat)	**
37-P	VG = 17.97 + (-19.55)(Trat)	**	Cherry	VG = 17.4 + (-14.78)(Trat)	**
38-P	VG = 19.19 + (-18.43)(Trat)	**	Saladette	VG = 16.03 + (-16.98)(Trat)	**

\*=  $p \leq 0.05$  significativo, \*\*=  $p \leq 0.01$  altamente significativo; ns= no significativo.  $\dagger$ = ordenada al origen,  $\ddagger$ = pendiente de la recta;  $\S$ = trat= concentraciones de NaCl; G= germinación (%); P= Puebla; V= Veracruz.

Lo anterior indica que mientras el vigor fue afectado 100% del material genético en estudio, la germinación lo fue 78%. Este resultado se debe que el vigor de la semilla es un rasgo muy complejo en comparación con la germinación estándar que es una sola característica medible. El vigor es un concepto que describe varias características asociadas con el funcionamiento de los lotes o poblaciones de semillas. Además, el vigor puede reflejar cambios directos con relación a la velocidad y totalidad de la germinación, así como la tolerancia al estrés ambiental o la capacidad de las plántulas de superarlo. También el vigor proporciona información adicional sobre la velocidad y uniformidad del crecimiento de las plántulas y su capacidad de establecerse en un rango amplio de condiciones ambientales (Tekrony, 2003).

En lo referente al desarrollo de las estructuras morfológicas, el efecto en la materia seca aérea fue altamente significativo para 2% de las poblaciones (genotipo 17); significativo para 31% (10 genotipos y el Super Sweet-100) y no significativo

Regarding the development of morphological structures, the effect on the aerial dry matter was highly significant for 2% of the population (genotype 17); Significant to 31% (10 genotypes and Super Sweet-100) and not significant in 67% of the genetic material under study (23 genotypes and Sun, 7705) (Table 3). In the case of root dry matter, this effect was highly significant in 2% (population 52); significant in 31% (11 genotypes), and not significant in 67% of evaluated germplasm (Table 4). Globally it is observed that 33% of populations were negatively affected in the development of structures such as hypocotyl, cotyledons and roots with different concentrations of sodium chloride, while 67% of the 36 genotypes were not affected by salinity, indicating that there was enough genetic variability in tolerance to this abiotic stress in these traits in the evaluated germplasm.

Of the 36 genetic materials studied under salinity, genotypes 14, 38, 41 and 92 were not significantly affected in germination, neither on the development of morphological

en 67% del material genético en estudio (23 genotipos y Sun-7705) (Cuadro 3). En el caso de materia seca de raíz, dicho efecto fue altamente significativo en 2% (población 52); significativo en 31% (11 genotipos) y no significativo 67% del germoplasma evaluado (Cuadro 4). De manera global se observa que 33% de las poblaciones se afectó negativamente el desarrollo de las estructuras como hipocótilo, cotiledones y raíz con las diferentes concentraciones de cloruro de sodio, mientras 67% de los 36 genotipos no fueron afectados por salinidad, lo cual indica que existió suficiente variabilidad genética en tolerancia a este estrés abiótico en estas características en el germoplasma evaluado.

structures, but it affected germination rate (Table 2). Salinity tolerance of seeds in the germination process is a measure of the ability of these to withstand the effects of high concentrations of soluble salts in the environment. The presence of salts in the medium decreases the water potential, leading to a decrease in water availability for seed, so it must generate sufficient osmotic potential to improve water status of embryos and allow its growth (Jones, 1986). It is also notable that most populations were affected in different levels; this may be due to the maximum limits of tolerance to salinity in germination of diverse germplasm used, since tolerance to salinity is in function of the genotypes and variability in their response (Cuartero and Fernández-Muñoz, 1999).

**Cuadro 3. Ecuaciones de regresión lineal simple ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger\dagger} (X)^\ddagger$ ) para la variable materia seca aérea de 36 poblaciones de jitomate de Puebla y Veracruz.**

**Table 3. Single linear regression equations ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger\dagger} (X)^\ddagger$ ) for aerial dry matter of 36 populations of tomato from Puebla and Veracruz.**

Pob	MSA		Pob	MSA	
1-V	MSA = 6.57 + (-6.6) (Trat)	ns	40-P	MSA = 10.07 + (-9.51) (Trat)	ns
14-P	MSA = 6.05 + (-5.77) (Trat)	ns	41-P	MSA = 10.19 + (-9.99) (Trat)	ns
15-P	MSA = 9.29 + (-9.48) (Trat)	*	50-P	MSA = 9.99 + (-9.75) (Trat)	ns
16-V	MSA = 12.41 + (-12.04) (Trat)	ns	52-V	MSA = 4.47 + (-5.32) (Trat)	ns
17-V	MSA = 6.79 + (-7.33) (Trat)	**	53-V	MSA = 3.72 + (-3.83) (Trat)	*
18-V	MSA = 5.97 + (-5.83) (Trat)	ns	55-V	MSA = 5.17 + (-5.85) (Trat)	*
19-V	MSA = 5.67 + (-5.16) (Trat)	ns	60-V	MSA = 9.61 + (-9.68) (Trat)	ns
20-P	MSA = 5.34 + (-5.61) (Trat)	*	61-V	MSA = 7.37 + (-7.12) (Trat)	ns
22-P	MSA = 16.24 + (-15.73) (Trat)	ns	62-V	MSA = 8.45 + (-8.76) (Trat)	*
23-P	MSA = 15.96 + (-15.19) (Trat)	ns	63-V	MSA = 13.83 + (-13.39) (Trat)	*
24-P	MSA = 6.43 + (-6.25) (Trat)	ns	64-V	MSA = 11.7 + (-11.33) (Trat)	ns
25-P	MSA = 10.52 + (-11.11) (Trat)	*	70-V	MSA = 12.64 + (-12.03) (Trat)	ns
27-P	MSA = 7.55 + (-7.43) (Trat)	ns	72-P	MSA = 7.89 + (-8.13) (Trat)	*
32-P	MSA = 14.24 + (-14.6) (Trat)	*	86-P	MSA = 14.23 + (-13.09) (Trat)	ns
33-P	MSA = 9.82 + (-10.33) (Trat)	*	9-P	MSA = 6.37 + (-5.99) (Trat)	ns
36-P	MSA = 5.11 + (-4.95) (Trat)	ns	92-P	MSA = 10.6 + (-9.84) (Trat)	ns
37-P	MSA = 6.67 + (-7.33) (Trat)	*	Cherry	MSA = 8.09 + (-8.61) (Trat)	*
38-P	MSA = 8.93 + (-7.69) (Trat)	ns	Saladette	MSA = 20.28 + (-20.23) (Trat)	ns

\*=  $p \leq 0.05$  Significativo; \*\*=  $p \leq 0.01$ . Altamente significativo; ns= no significativo; †= ordenada al origen; ††= pendiente de la recta; ‡= trat= concentraciones de NaCl; MSA= materia seca aérea (mg); P= Puebla; V= Veracruz.

**Cuadro 4. Ecuaciones de regresión lineal simple ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger} (X)^\natural$ ) para la variable materia seca de raíz de 36 poblaciones de jitomate de Puebla y Veracruz.**

**Table 4. Single linear regression equations ( $Y = \beta_0^\dagger + \beta_1^{\ddagger} (X)^\natural$ ) for root dry matter of 36 populations of tomato from Puebla and Veracruz.**

Pob	MSR		Pob	MSR	
1-V	MSR = 2.107 + (-2.07) (Trat)	ns	40-P	MSR = 2.53 + (-2.29) (Trat)	*
14-P	MSR = 2.41 + (-1.99) (Trat)	ns	41-P	MSR = 3.29 + (-1.65) (Trat)	ns
15-P	MSR = 2.45 + (-2.45) (Trat)	ns	50-P	MSR = 2.89 + (-2.75) (Trat)	ns
16-V	MSR = 3.33 + (-3.04) (Trat)	ns	52-V	MSR = 1.5 + (-1.63) (Trat)	**
17-V	MSR = 2.37 + (-2.43) (Trat)	*	53-V	MSR = 1.42 + (-1.16) (Trat)	*
18-V	MSR = 2.27 + (-2.04) (Trat)	*	55-V	MSR = 1.96 + (-2.03) (Trat)	*
19-V	MSR = 2.10 + (-1.60) (Trat)	ns	60-V	MSR = 2.97 + (-2.36) (Trat)	ns
20-P	MSR = 1.60 + (-1.44) (Trat)	ns	61-V	MSR = 2.14 + (-1.83) (Trat)	*
22-P	MSR = 3.97 + (-2.12) (Trat)	*	62-V	MSR = 2.53 + (-2.11) (Trat)	*
23-P	MSR = 3.68 + (-2.99) (Trat)	ns	63-V	MSR = 3.27 + (-3.33) (Trat)	*
24-P	MSR = 2.39 + (-2.08) (Trat)	*	64-V	MSR = 3.04 + (-3.15) (Trat)	*
25-P	MSR = 3.05 + (-3.01) (Trat)	ns	70-V	MSR = 3.27 + (-3.05) (Trat)	ns
27-P	MSR = 2.23 + (-1.24) (Trat)	ns	72-P	MSR = 2.61 + (-2.16) (Trat)	ns
32-P	MSR = 3.62 + (-3.37) (Trat)	ns	86-P	MSR = 3.36 + (-2.40) (Trat)	ns
33-P	MSR = 3.27 + (-3.21) (Trat)	ns	9-P	MSR = 2.25 + (-2.09) (Trat)	ns
36-P	MSR = 1.59 + (-1.49) (Trat)	ns	92-P	MSR = 2.55 + (-0.81) (Trat)	ns
37-P	MSR = 2.37 + (-2.40) (Trat)	ns	Cherry	MSR = 3.22 + (-2.36) (Trat)	ns
38-P	MSR = 2.99 + (-1.72) (Trat)	ns	Saladette	MSR = 4.94 + (-3.49) (Trat)	ns

\*=  $p \leq 0.05$  Significativo; \*\*=  $p \leq 0.01$ . Altamente significativo; ns= no significativo; †= ordenada al origen; ‡= pendiente de la recta; †= trat= concentraciones de NaCl; MSA= materia seca aérea (mg); P= Puebla; V= Veracruz.

De los 36 materiales genéticos estudiados bajo salinidad, los genotipos 14, 38, 41 y 92 no fueron afectados de manera significativa en la germinación, así como tampoco en el desarrollo de las estructuras morfológicas, pero si se afectó su velocidad de germinación (Cuadro 2). La tolerancia a la salinidad de las semillas en el proceso de germinación es una medida de la habilidad de éstas para soportar los efectos de altas concentraciones de sales solubles en el medio. La presencia de sales en el medio disminuye el potencial hídrico, provocando una menor disponibilidad de agua para las semillas, de manera que éstas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento (Jones, 1986). También es notorio que la mayoría de las poblaciones fueron afectadas en diferentes niveles, esto puede deberse a los límites máximos de tolerancia a la salinidad en la germinación del germoplasma diverso utilizado, ya que la tolerancia a la salinidad está en función de los genotipos y la variabilidad en su respuesta (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

**Estimating linear regression parameters for 36 populations of tomato under saline conditions**

The linear regression equations  $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$  for germination (G), germination rate (VG), aerial dry matter (MSA) and root dry matter (MSR), allow to estimate the effect produced by different concentrations (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1%) of sodium chloride in the germplasm under study. Overall in the five variables, the slope of the straight line ( $\beta_1$ ) is negative for each of the variables in each of the 36 genotypes (Tables 1, 2, 3 and 4); i.e., that the different concentrations of sodium chloride negatively affect germination, seed vigor and the development of seedling structures evaluated through aerial and root dry matter.

However, the negative effect was different in each of the 36 genotypes, since the intervals in each of the variables was as follows: the value of  $\beta_1$  for germination percentage varied



### Estimación de parámetros de regresión lineal simple para 36 poblaciones de jitomate bajo condiciones salinas

Las ecuaciones de regresión lineal  $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$  para las variables germinación (G), velocidad de germinación (VG), materia seca aérea (MSA) y materia seca de raíz (MSR), permiten estimar el efecto que producen las diferentes concentraciones (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1%) del cloruro de sodio en el germoplasma en estudio. En general en las cinco variables, la pendiente de la línea recta ( $\beta_1$ ) es negativa para cada una de las variables en cada una de los 36 genotipos (Cuadros 1, 2, 3 y 4); es decir, que las diferentes concentraciones de cloruro de sodio afectan de manera negativa la germinación, el vigor de semilla así como el desarrollo de las estructuras de la plántula evaluadas a través de materia seca aérea y de raíz.

Sin embargo, el efecto negativo fue diferente en cada una de los 36 genotipos, ya que los intervalos en cada una de las variables fue de la siguiente manera: el valor de  $\beta_1$  para porcentaje de germinación varió de -34.9 a -116.8 (Pob. 22 y Pob. 20, respectivamente), para la velocidad de germinación fue de -11.48 a -21.16 (Pob. 64 y Pob. 86, respectivamente), para la materia seca aérea el rango fue de -3.86 a -20.23 (Pob. 53 y el híbrido Sun 7705, respectivamente) y para materia seca de raíz fue de -0.81 a -3.49 (Pob. 92 y Sun 7705, respectivamente) (Cuadro 4). En este sentido, Fageria *et al.* (2012) indican que los efectos negativos de la salinidad en la agricultura influyen en el desarrollo, crecimiento y el rendimiento de los cultivos y típicamente, la disminución del desarrollo de las plantas se produce de manera lineal, una vez que ha alcanzado el valor del umbral de la salinidad.

Los tratamientos de las diferentes concentraciones de cloruro de sodio afectaron de manera significativa las variables evaluadas en las 36 poblaciones. Para las variables porcentaje de germinación y materia seca de raíz, la concentración 0% no presentó diferencias significativas comparada con la concentración al 0.25%, mientras que con respecto a las otras tres concentraciones, sí mostraron diferencias significativas y un efecto negativo para estos caracteres (Cuadro 5). Para velocidad de germinación hubo diferencias significativas en los cinco tratamientos. Para la materia seca aérea hubo diferencias significativas para las concentraciones de 0 y 0.25% y ambas fueron similares con la concentración de 0.5%. La concentración de 0.25% desarrolló mayor cantidad de materia seca aérea. En el caso de los otros dos tratamientos (0.75 y 1%), el efecto negativo de las sales fue tan drástico que no se desarrollaron los hipocótilos, ni los cotiledones, por lo que no se contabilizó la variable.

from -34.9 to -116.8 (Pop. 22 and Pop. 20, respectively) for germination rate was -11.48 to -21.16 (Pop. 64 and Pop. 86, respectively), for aerial dry matter the range was -3.86 to -20.23 (Pop. 53 and hybrid Sun 7705, respectively) and root dry matter was from -0.81 to -3.49 (Pop. 92 and Sun 7705, respectively) (Table 4). In this regard, Fageria *et al.* (2012) indicate that the negative effects of salinity in agriculture influence the development, growth and yield of crops and typically, the decrease of plant growth occurs linearly, once it has reached the value of salinity threshold.

The treatments of different concentrations of sodium chloride significantly affected the variables evaluated in 36 populations. For germination percentage and root dry matter, concentration 0% was not significantly different compared with the concentration 0.25%, while for the other three concentrations, showed significant differences and a negative effect for these traits (Table 5). Germination rate did not show significant differences in the five treatments. Aerial dry matter showed significant differences for the concentrations of 0 and 0.25%, and both were similar to the concentration of 0.5%. The concentration 0.25% developed higher amount of aerial dry matter. In the case of the other two treatments (0.75 and 1%), the negative effect of the salt was so dramatic that the hypocotyls, and the cotyledons were not developed, so that variable was not recognized.

The variable root dry matter showed no significant differences for concentrations of 0, 0.25 and 0.5%, but concentrations of 0.75 and 1% were significantly different. These results could be due to salinity stress conditions, causing a water deficit on the plant and sacrificing the accumulation of biomass of the aerial parts and deposited in the root, in order for this organ to increase its size, to explore the soil and find favorable conditions (Casierra-Posada and Rodríguez, 2006). Plants under saline conditions establish an energy balance consisting of an osmotic adaptation of its cells to keep absorbing water continuously and this process requires higher consumption of energy which does it at the expense of lower growth (Bernstein, 1961), affecting growth irreversibly, since salts affect cell division and this leads to a premature thickening of cell wall (Aceves, 1971).

In general it was observed that the 36 genotypes are affected negatively on the physiological quality (germination and vigor), as well as in the development of seedling structures. In fact, the negative effect of salts on the growth of tomato

**Cuadro 5. Comparación de medias de las variables porcentaje de germinación, velocidad de germinación, materia seca aérea y materia seca de raíz en las diferentes concentraciones de cloruro de sodio.**

**Table 5. Comparison of means of germination percentage, germination rate, aerial dry matter and root dry matter in different concentrations of sodium chloride.**

Concentración (NaCl) (%)	Germinación (%)		Velocidad de germinación		Materia seca aérea (mg)		Materia seca raíz (mg)	
0	91.296	a <sup>†</sup>	16.25	a	7.46	b	2.221	a
0.25	88.5	a	11.65	b	8.13	a	2.326	a
0.5	72.204	b	7.053	c	7.78	ab	2.339	a
0.75	30.63	c	2.256	d	0.074	c	0.904	b
1	6.426	d	0.372	e	0	c	0.108	c
DMS	4.05		0.5912		0.4879		0.162	

<sup>†</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa.

La variable materia seca de raíz no mostró diferencias significativas para las concentraciones de 0, 0.25 y 0.5%, pero las concentraciones de 0.75 y 1% si fueron significativamente diferentes. Estos resultados podrían deberse a que condiciones de estrés por salinidad, originan un déficit hídrico en la planta y obligan a que se sacrifique la acumulación de biomasa de la parte aérea y se deposite en la raíz, con el fin de que este órgano aumente su tamaño y pueda explorar el suelo para hallar condiciones favorables (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006). Las plantas en condiciones salinas establecen un balance energético que consiste en una adaptación osmótica de sus células para seguir absorbiendo agua y este proceso requiere de mayor consumo de energía lo cual se hace a costa de un menor crecimiento (Berstein, 1961), afectando el crecimiento de forma irreversible, ya que las sales afectan la división celular y esto conlleva a un engrosamiento prematuro de la paredes celulares (Aceves, 1971).

De manera general se observó que los 36 genotipos evaluados son afectados de forma negativa en la calidad fisiológica (germinación y vigor), así como en el desarrollo de las estructuras de la plántula. De hecho, el efecto negativo de las sales en el crecimiento de las raíces en jitomate parece ser menos afectado en comparación con el tallo (hipócotilo) (Cuadro 2). Hamed *et al.* (2011), encontraron que el incremento del peso seco de raíz/vástago en jitomate en condiciones de salinidad va acompañada por cambios en la distribución de asimilados entre la raíz y el vástago y que hay mayor proporción de asimilados en la raíz en comparación con el vástago.

Los resultados de las comparaciones de medias permiten diferenciar a los genotipos más sobresalientes o tolerantes al efecto negativo de las condiciones estresantes de las soluciones con diferentes concentraciones de cloruro de sodio (Cuadro 6). Para la variable porcentaje de germinación,

roots seems less affected compared to stem (hypocotyl) (Table 2). Hamed *et al.* (2011), found that increase on dry weight of root / stem in tomato under salinity conditions is accompanied by changes in the distribution of assimilate between the root and the stem and that there is a higher proportion of assimilates in the root compared to the stem.

The results of the comparison of means allow to differentiate outstanding or tolerant genotypes to the negative effect of stressful conditions of the solutions with different concentrations of sodium chloride (Table 6). For germination percentage, six populations from the state of Puebla plus the control Super Sweet-100 (19.4%) had a higher average response to different concentrations of sodium chloride regarding to the other 29 genotypes.

For germination rate, a way to measure vigor, four genotypes from the state of Puebla and the hybrid Sun-7705 (13.9%) were higher compared to the other genotypes. regarding the production of aerial dry matter, the hybrid Sun-7705 was the one that best developed its structures, none of the native population was similar to or greater than this hybrid, although there were four outstanding native populations from the state of Puebla and two from Veracruz (16.7%). In the production of root dry matter, two populations stand out from the state of Puebla and the hybrid Sun-7705. These results show that there are more tolerant population to saline conditions in germination compared to the number of genotypes for vigor and development of morphological structures.

A large proportion of the populations from Veracruz showed lower results and possibly by the climatic characteristics of their origin during their evolution have not been exposed to

seis poblaciones del estado Puebla más el testigo Super Sweet-100 (19.4%) tuvieron una respuesta superior en promedio a las diferentes concentraciones de cloruro de sodio con respecto a los otros 29 genotipos.

salt stress. According to the results of comparison of means (Table 6), the most outstanding populations in germination, vigor and production of aerial and root dry matter were genotype 22 and the hybrid Sun 7 705; for germination,

**Cuadro 6. Comparación de medias de las poblaciones sobresalientes de jitomate en las variables porcentaje de germinación, velocidad de germinación, materia seca aérea y materia seca de la raíz.**

**Table 6. Comparison of means of the outstanding populations of tomato in germination percentage, germination rate, aerial dry matter and root dry matter.**

Pob	Germinación (%)		Pob	Velocidad germinación		Pob	Materia seca aérea (mg)		Pob	Materia seca raíz (mg)	
CHE	82.8	a <sup>†</sup>	92	12.19	a	SAL	10.17	a	SAL	3.19	a
22	75.5	a	86	11.15	a	22	8.37	b	22	2.91	a
92	75.1	a	22	10.66	a	23	8.37	b	41	2.46	a
41	72.3	a	SAL	10.01	a	86	7.69	b	23	2.19	b
38	68.4	a	38	9.98	a	63	7.14	b	86	2.16	b
27	68.1	a	14	9.34	b	32	6.94	b	92	2.15	b
86	66.9	a	40	8.97	b	70	6.63	b	38	2.13	b
DMS	15.34			2.24			1.85			0.615	

<sup>†</sup>Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). CHE= Cherry (testigo 1), SAL= Saladette (testigo 2).

Para velocidad de germinación, una manera de medir el vigor, fueron cuatro genotipos del estado de Puebla y el híbrido Sun-7705 (13.9%) superiores con respecto al resto de los genotipos. En lo que se refiere a la producción de materia seca aérea, el híbrido Sun-7705 fue el que desarrolló mejor sus estructuras, ninguna población nativa fue similar o superior a este híbrido, aunque las poblaciones nativas sobresalientes fueron cuatro del estado de Puebla y dos de Veracruz (16.7%). En la producción de materia seca de raíz sobresalieron dos poblaciones del estado de Puebla y el híbrido Sun-7705. Éstos resultados muestran que hay mayor número de poblaciones tolerantes a las condiciones salinas en la germinación comparada con el número de genotipos para vigor y desarrollo de estructuras morfológicas.

Una gran proporción de las poblaciones de Veracruz presentaron los resultados inferiores y que posiblemente por las características climáticas de su lugar de origen durante su evolución no han estado expuestas a estrés por salinidad. De acuerdo a los resultados de las comparaciones de medias (Cuadro 6), las poblaciones más sobresalientes en germinación, vigor y producción de materia seca aérea y de raíz fueron el genotipo 22 y el híbrido Sun 7705; para germinación, vigor y materia seca aérea el genotipo 86; para germinación y vigor los genotipos 92 y 38; para germinación

vigor and aerial dry matter genotype 86; for germination and vigor genotypes 92 and 38; for germination and root dry matter genotype 41; for germination genotypes 27, 14 and the hybrid Super Sweet-100 and for aerial dry matter genotype 23 from the state of Puebla. The genotypes that showed some degree of tolerance to salinity can be used as potential sources for genetic improvement of tomato (Amir *et al.*, 2011; Hamed *et al.*, 2011).

En total se identificaron ocho poblaciones de Puebla con cierto grado de tolerancia a la salinidad, seis de ellos, las poblaciones 22, 41, 38, 27, 14, 23 son originarias de la región norte con un intervalo de altitud de 210 a 1 538 m, mientras que las poblaciones 86 y 92 son de la región sur, colectadas a altitudes de 1 100 a 1 620 m (INEGI, 2004).

A total of eight populations from Puebla with a degree of tolerance to salinity were identified, six of them, populations 22, 41, 38, 27, 14, 23 are originally from the northern region with an altitude range from 210 to 1538 m, while populations 86 and 92 are from the southern region, collected at altitudes from 1 100 to 1 620 m (INEGI, 2004).

y materia seca de raíz el genotipo 41; para germinación los genotipos 27, 14 y el híbrido Super Sweet-100 y para materia seca aérea el genotipo 23 del estado de Puebla. Los genotipos que mostraron cierto grado de tolerancia a la salinidad pueden ser usados como fuentes potenciales para el mejoramiento genético del jitomate (Amir *et al.*, 2011; Hamed *et al.*, 2011).

En total se identificaron ocho poblaciones de Puebla con cierto grado de tolerancia a la salinidad, seis de ellos, las poblaciones 22, 41, 38, 27, 14, 23 son originarias de la región norte con un intervalo de altitud de 210 a 1 538 m, mientras que las poblaciones 86 y 92 son de la región sur, colectadas a altitudes de 1 100 a 1 620 m (INEGI, 2004).

## Conclusiones

Las diferentes concentraciones de cloruro de sodio afectaron de manera negativa y diferencial a cada uno de los 36 materiales genéticos en germinación, vigor de semilla, así como en el desarrollo de las estructuras de la plántula evaluadas a través de materia seca aérea y de raíz. Esto demuestra que existió variabilidad genética en el germoplasma estudiado; ya que el efecto negativo ( $\beta_1$ ) fue diferente para cada una de los genotipos en estudio. Para (%) de germinación el intervalo fue de -34.9 a -116.8, para velocidad de germinación fue de -11.48 a -21.1, para materia seca aérea fue de -3.86 a -20.2 y para materia seca de raíz fue de -0.81 a -3.49.

El vigor de las semillas fue afectado por la salinidad de manera negativa en 100% del germoplasma estudiado. El 22% del mismo presentó tolerancia en la prueba de germinación. Mientras 67% del material genético en estudio mostró tolerancia a la salinidad durante el desarrollo de las estructuras morfológicas de plántula como raíz, hipocótilo y cotiledones.

Ocho colectas (22, 86, 92, 38, 41, 27, 14 y 23) se destacaron por su tolerancia a salinidad. La colecta 22 fue la mejor en germinación, vigor y desarrollo de materia seca aérea y de raíz; la 86 se destacó en la prueba de germinación, vigor y materia seca aérea; las colectas 92 y 38 tuvieron mejor respuesta en germinación y vigor; la 41 en germinación y materia seca de raíz; las colectas 27 y 14 solo en germinación y finalmente la colecta 23 destacó en materia seca aérea.

Las poblaciones nativas de jitomate tolerantes a salinidad identificadas en este estudio pueden ser utilizadas como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de variedades e híbridos tolerantes a salinidad en la etapa de germinación.

## Conclusions

The different concentrations of sodium chloride negatively affected each of the 36 genetic materials in germination, seed vigor, as well as the development of seedling structures, evaluated through aerial and root dry matter. This shows that there was a genetic variability in the germplasm studied; since the negative effect ( $\beta_1$ ) was different for each of the genotypes studied. To (%) of germination the interval was -34.9 to -116.8, for germination rate was -11.48 to -21.1, aerial dry matter was -3.86 to -20.2 and root dry matter was -0.81 to -3.49.

Seed vigor was affected by salinity in a negative way on 100% of the germplasm studied. 22% of the same showed tolerance in the germination test; while 67% of the genetic material under study showed tolerance to salinity during the development of morphological structures of seedling like root, hypocotyl and cotyledons.

Eight collections (22, 86, 92, 38, 41, 27, 14 and 23) were outstanding for their tolerance to salinity. Collection 22 was the best in germination, vigor and development of aerial and root dry matter; collection 86 was outstanding in the germination test, vigor and aerial dry matter; collections 92 and 38 had a better response in germination and vigor; collection 41 on germination and root dry matter; collections 27 and 14 only in germination and finally collection 23 stand out in aerial dry matter.

Native populations of tomato tolerant to salinity identified in this study can be used as a source of germplasm for breeding varieties and hybrids tolerant to salinity at the germination stage.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Aceves, N. E. 1979. Ensalitramiento de suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 382 p.
- Amir, N.; Muhammad, A.; Muhammad, A. P. and Irfan, A. 2011. Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. *Afr. J. Agr. Res.* 6(15):3551-3559.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13:17-42.

- Bernstein, L. 1961. Osmotic adjustment of plants to saline media I. Steady state. *Amer. J. Bot.* 48:909-918.
- Bolarín, M. C.; Pérez-Alfocea, F.; Cano, E. A.; Estaño, M. T. and Caro, M. 1993. Growth, fruit yield, and ion concentration in tomato eco-types after pre-emergence salt treatments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118:655-660.
- Casierra-Posada, F. y Rodríguez, S. 2006. Tolerancia de plantas de feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret) a la salinidad por NaCl. *Agron. Colomb.* 24(2):258-265.
- Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). 2008. Programa nacional hídrico 2007-2012. SEMARNAT. Gobierno Federal. 163 p.
- Cuartero, J. and Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hortic.* 78:83-125.
- Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Vera-Guzmán, A. M.; Rodríguez-Guzmán, E. y Lobato-Ortiz, R. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano. Subsistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). CIIDIR-Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 72 p.
- Dahal, P.; Bradford, K. J. and Jones, R. A. 1990. Effects of priming and endosperm and endosperm integrity on seed tomato genotypes: I. Germination at suboptimal temperature. *J. Expt. Bot.* 41:1431-1440.
- Fageria, N. K.; Stone, L. F. and Baeta, dos S. A. 2012. Breeding for salinity tolerance. *In: plant breeding for abiotic stress tolerance.* Fritsche-Neto, R.; Borem, A. (Eds.). Springer. Verlag Berlin Heidelberg. 103-122 pp.
- Feuchter, A. F. R. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo cultivos alternativos. Diez acciones propuestas de Bioingeniería sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Centro regional Universitario del Noroeste. Cd. Obregón, Sonora: (<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/01.htm>).
- Foolad, M. R. 1999. Comparison of salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato by QTL mapping. *Genome* 42:727-734.
- Groot, S. P. C. and Karsen, C. M. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutant. *Planta* 171:525-531.
- Hamed, K.; Hossein, N.; Mohammad, F. and Safieh, V. J. 2011. How salinity affect germination and emergence of tomato lines. *J. Biol. Environ. Sci.* 5(15):159-163.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2004: sistema fisiográfico DGGTENAL. Escrito de la Subdirección de Actualización de Recursos Naturales: las provincias fisiográficas de México y sus subdivisiones. 56 p.
- Jenkins, J. A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Econ. Bot.* 2:379-392.
- Jones, R. A. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica*; 35:575-582.
- Liptay, A. and Schopfer, P. 1983. Effect of water stress, seed coat restraint, and abscisic acid upon different germination capabilities of two tomato lines at low temperatura. *Plant Physiol.* 73:935-938.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation of seedling emergence vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- Ortega, E. M. 1991. Manejo y uso de las aguas salinas bicarbonatadas y sulfáticas para riego (Memoria). Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 1-20 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Monografía de cultivos-jitomate. Subsecretaría de Fomento a los agronegocios: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documentos>.
- Statistical Analysis System Institute (SAS Institute). 2002. SAS Guide for Personal Computers, 9<sup>th</sup>, Cary, NC, USA.
- TeKrony, D. M. 2003. Precision is an essential component in seed vigour testing. *Seed Sci. Technol.* 31:435-447.