

Crecimiento e intensidad de necrosis de nueve accesiones de aguacate a condiciones de riego con agua salina*

Growth and intensity of necrosis in nine accessions of avocado under conditions of irrigation with saline water

Rafael Rojas-Rojas¹, Alfredo López-Jiménez^{2§}, José Isabel Cortes-Flores¹, Alejandro F. Barrientos-Priego³ y David Jaen-Contreras²

¹Posgrado en Recursos Naturales-Edafología. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200 ext. 1216 (jicortes@colpos.mx.), (rojas.rafael@colpos.mx). ²Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura. Colegio de Postgraduados ext. 1112 y 1116 (lopezja@colpos.mx.), (djaen@colpos.mx.). ³Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9521642 ext. 6260 (abarrien@gmail.com). [§]Autor para correspondencia: lopezja@colpos.mx.

Resumen

El riego con agua salina es una de las principales formas de salinización de los suelos, al aumentar la concentración de sales en el suelo, se incrementa su absorción lo que reduce el crecimiento vegetativo y necrosis en plantas sensibles como el aguacate. El objetivo del trabajo fue estudiar la respuesta en crecimiento e intensidad de necrosis foliar en segregantes de nueve accesiones de aguacate pertenecientes a las razas antillana (2) y mexicana (5), un híbrido (guatemalteco x mexicano) y de *Persea nubigena* 1/7 (1), este es un híbrido de *P. nubigena* original. Plantas de un año de edad fueron trasplantadas y crecieron en una cama de siembra con suelo franco arenoso, de noviembre de 2009 a junio de 2010 en un invernadero en Chapingo, Estado de México. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 9 tratamientos y 15 repeticiones. El agua de riego fue con solución Steiner 25% más NaCl, la CE de 3 dS m⁻¹ y un pH de 5.5. La intensidad de necrosis en la hoja se usó para determinar el porcentaje de individuos con necrosis foliar. Las plantas de la accesión Navideño presentaron mejor respuesta en incremento acumulado de altura (22.86 cm), número de hojas (27.93), incremento de diámetro en tallo (1.00 mm) y bajo porcentaje de plantas con necrosis severa (37%). Fuerte negro mostró respuesta moderada en incremento de diámetro del tallo (0.5 mm) y acumulado de

Abstract

The irrigation with saline waters is one of the principal forms of salinization of soils; upon increasing the concentration of salts in the soil, the soil absorption also increases, which reduces the vegetative growth and produces necrosis in sensitive plants like the avocado. The objective of this research was to study the response of growth and the intensity of foliar necrosis in nine avocado accessions belonging to the races, antillana (2) and Mexicana (5), a hybrid (Guatemalan x Mexican) and of *Persea nubigena* 1/7 (1), which is a hybrid of *P. nubigena* original. One year old plants were transplanted and grown in a seed bed with sandy loam soil, from November, 2009 to June, 2010 in a greenhouse in Chapingo, Mexico State. A completely random design experiment was implemented using 9 treatments and 15 repetitions. The irrigation was made up of a Steiner Solution, 25% more NaCl, the CE of 3 dS m⁻¹ and a pH of 5.5. The intensity of leaf necrosis was used to determine the percentage of individual leaves with foliar necrosis. The plants from the Navideño accession showed a better response to the accumulated increase of height (22.86 cm), number of leaves (27.93), increase in stem diameter (1.00 mm) and low percentage of plants with severe necrosis (37%). Fuerte negro, showed a moderate response in the increase of stem diameter (0.55 mm) and accumulation of

* Recibido: noviembre de 2011
Aceptado: junio de 2012

altura (12.62 cm), número de hojas (22.66) pero tuvo un alto porcentaje de individuos con necrosis severa (64%); contrario a lo observado en segregantes de Hunucma (35%).

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Cl, estrés por salinidad, Na, toxicidad salina.

Introducción

La salinidad de los suelos es uno de los principales factores abióticos que afectan negativamente el crecimiento, rendimiento y la calidad de las cosechas (Chinnusamy *et al.*, 2005). Este problema es común en regiones de baja precipitación (Salazar-García, 2002) y se agrava por el riego con elevadas cantidades de sales en el agua, suelos con escaso drenaje, mal manejo de estiércol de aves y fertilizantes químicos que contienen KCl (González-Rosas *et al.*, 2003).

En México no se han reportado problemas de salinidad en el suelo en huertos de aguacate bajo riego en los estados de Michoacán y Nayarit; sin embargo, hubo plantaciones comerciales en Comonfort, Guanajuato y Atlixco, Puebla que fueron eliminadas por problemas de salinidad (Solares-Morales *et al.*, 1984). El aguacate (*Persea americana* Mill.) es considerado como una especie sensible a la salinidad causada por Cl y Na (Mickelbart y Arpaia, 2002). Las concentraciones de Cl y Na <15 mM son tolerables para algunos cultivos pero causan daños severos en aguacate (Bernstein *et al.*, 2004); ya que acumula Cl y Na más rápido que otros frutales (Salazar-García, 2002).

Este frutal requiere agua de riego baja en sales (<2 dS m⁻¹) y un contenido de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos menor a 2 meq L⁻¹, mientras que el contenido de Na y Cl debe ser menor de 3 meq L⁻¹ y 107 ppm, respectivamente (Rodríguez 1982). Uno de los primeros efectos negativos en el aguacate es la reducción del crecimiento vegetativo por la alteración de procesos fisiológicos como fotosíntesis, ajuste osmótico, absorción y acumulación de iones, y transporte de agua, lo que ocasiona toxicidad y desbalance nutrimental (Parés *et al.*, 2008) que resulta en daños a las hojas, frutos y raíces, llegando a causar la muerte del árbol. Los síntomas de daños por exceso de Cl y Na, presentan gran variación dependiendo del estado de desarrollo, edad de la hoja y estado nutrimental. El árbol reduce significativamente el crecimiento, debido en parte al menor número de hojas funcionales para llevar a cabo la fotosíntesis (Bingham y Fenn, 1966).

height (12.62 cm), number of leaves (22.66), but with a high percentage of individual leaves with severe necrosis (64%); Contrary to what was observed in the segregated plants of Hunucma (35%).

Key words: *Persea americana* Mill., Cl, stress because of salination, Na, saline toxicity

Introduction

The salinity of the soils is one of the principal abiotic factors that negatively affect the growth, yield and quality of harvests (Chinnusamy *et al.*, 2005). This is a common problem in regions with low precipitation (Salazar-García, 2002) and is aggravated by irrigation with elevated contents of salt in the water, soils with scant drainage, inadequate management of poultry manure, and chemical fertilizers that contain KCl (González-Rosas *et al.*, 2003).

In Mexico there have not been reported problems of the salinity of soil in avocado orchards under irrigation in the states of Michoacán and Nayarit. However, there were commercial plantations in Comonfort, Guanajuato, and Atlixco, Puebla that were eliminated because of salinity problems Solares *et al.* (1984). The avocado (*Persea americana* Mill.) is considered to be a species sensitive to salinity caused by Cl and Na (Mickelbart and Arpaia, 2002). The concentrations of Cl and Na <15 mm are tolerable for some crops but cause severe damage in avocados (Bernstein *et al.*, 2004) since Cl and Na accumulate more rapidly than other fruit trees (Salazar-García, 2002).

Avocado trees require irrigation of water low in salt content (<2 dS m⁻¹) and a content of carbonates, bi-carbonates, and sulfates less than 2 meq L⁻¹; meanwhile the content of Na and Cl should be less than 3 meq L⁻¹ and 107 ppm respectively (Rodríguez, 1982). One of the primary negatives effects in the avocado is the reduction in vegetative growth for the alteration of physiological processes like photosynthesis, osmotic adjustment, absorption and accumulation of ions, and transportation of water which can cause toxicity and nutrient imbalance (Parés *et al.*, 2008). This nutrient imbalance can lead to damage of leafs, fruit, and roots-causing death to the tree. The symptoms of damage due to excess Cl and Na come in great variation and depend on the stage of development, the age of the leaf, and its nutrient

La respuesta a la salinidad también difiere con la raza de aguacate; la raza antillana ha mostrado ser más tolerante, la guatemalteca intermedia y la mexicana más susceptible (Crowley, 2008; Musyimi, *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2009). En Israel, Bernstein *et al.* (2003) mencionan que el cv. Degania de la raza antillana se considera tolerante a la salinidad al igual que 'Schmidt' de la raza mexicana ya que ambos tuvieron un crecimiento vegetativo sobresaliente. En otro estudio Bernstein *et al.* (2004), observaron que a 5 y 15 mM de NaCl el crecimiento de raíces fue más sensible y hubo reducción del crecimiento vegetativo en portainjertos antillanos. A su vez en Chile, Castro *et al.* (2009), encontraron mejor respuesta del cv. Nabal de la raza Guatemalteca, en crecimiento vegetativo, al aplicar riegos con 5.63 mM de Cl y 6.78 mM de Na. Por otra parte, en USA, Mickelbart y Arpaia (2002) al regar con agua de diferente conductividad eléctrica (1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹), encontraron baja concentración de Cl y Na en brotes y hojas de 'Hass' injertado sobre 'Toro Canyon' un híbrido guatemalteco x mexicano.

Al mismo tiempo, ellos observaron que el portainjerto Duke 7 de la raza mexicana confirió tolerancia al cv. Hass. Por otra parte, Bar *et al.* (1997) concluyeron que la tolerancia de la raza antillana al Cl no se debe al bajo contenido de Cl en las hojas, sino a la capacidad de los tejidos para soportar altos contenidos, a perder hojas adultas con elevado contenido de Cl y a una mayor tasa de crecimiento vegetativo. Musyimi *et al.* (2008) observaron un incremento constante en diámetro de tallo de plantas de aguacate en los primeros 16 días al aplicar riegos con 0, 15, 30, 45 mM de NaCl; sin embargo, después de 32 días este disminuyó y no encontraron diferencias significativas en la altura de la planta.

En México, Macías-González y Borys (1983) encontraron que plantas de la raza mexicana fueron menos susceptibles que aquellas de *Persea schiedeana* Ness. Salazar-García *et al.* (1984) aplicaron 4 riegos por mes con agua de salinidad moderada (CE 1.51 - 3.00 dS m⁻¹), que contenía NaCl y CaCl₂ a plantas propagadas por semilla de *Persea americana* Mill. y *Persea schiedeana* Ness. que prosperaban en 1) suelos salinos o 2) regados con agua de salinidad media y seleccionaron 11 plantas por su tolerancia a una salinidad de 1 400 ppm. Salazar-García y Larqué-Saavedra (1985) encontraron que en plántulas de aguacate de la raza mexicana y de la variedad Fuerte, las respuestas a corto plazo, utilizando agua de riego con 0, 233, 700 y 1 400 ppm de Cl fueron: 1) incremento en el potencial hídrico de la hojaja reducción de casi 50% en la conductancia estomática

state. The tree reduces significantly in growth, due in part, and the smaller number of functional leaves that carry out photosynthesis (Bingham and Fenn, 1966).

The response to salinization, then, differs depending on the race of the avocado; the antillana race has shown to be more tolerant; the Guatemalan intermediate, and the Mexican more susceptible (Crowley, 2008); Musyimi *et al.*, 2008 Castro *et al.*, 2009). In Israel, Bernstein *et al.* (2003) mentioned that the cv. Degania, of the antillana race, is considered tolerant in saline conditions, the same as the 'Schmidt', from the Mexican Race, since both had a significant vegetative growth. In another study, Berstein *et al.* (2004), observed that at 5 and 15 mM of NaCl, the growth of these races was more sensitive and there was a vegetative growth reduction in the root stalks of the Antillanos. In turn, in Chile, Castro *et al.* (2009) found a better response in cv. Nabal, the Guatemalan race; in terms of vegetative growth upon apply irrigation with 5.63 mm of Cl and 6.78cm of Na. On the other hand, in the USA, Mickelbart and Arpaia (2002), found that upon irrigating with water of different electrical conduct (1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹), there was a low concentration of Cl and Na in buds and leaves of 'Hass' grafted over 'Toro Canyon'-a hybrid between the Guatemalan and Mexican.

At the same time, they observed that the graft Duke 7, from the Mexican race, conferred tolerance for cv. Hass. On the other hand, Bar *et al.* (1997) concluded that the tolerance of the Antillana race to the Cl is not due to the low Cl content in the leaves, but rather the capacity of the tissue to support high contents upon losing adult leaves with a high Cl content and at a higher vegetative growth rate. Musyimi *et al.* (2008) observed a constant increase in diameter of the stalk of the avocado plant in the first 16 days of apply irrigation with 0, 15, 30, 45 mm of NaCl; however, after 32 days, this decreased and there were no significant differences found in the height of the plant.

In Mexico, Marcías and Borys (1983) found that the plants from the Mexican race were less susceptible than those of *Persea schiedeana* Ness. Salazar-García *et al.* (1984) applied 4 irrigations for one month with water that had a moderate level salinity (CE 1.51 - 3.00 dS m⁻¹), that contained NaCl y CaCl₂ a plants propagated with seeds from *Persea americana* Mill and *Persea schiedeana* Ness that flourished in 1) saline soils or; and 2) soils irrigated with medium salinity; 11 plants were selected for their tolerance to a salinity of 1 400 ppm. Salazar-García y Larqué-Saavedra (1985) found that the

de la misma hoja; y 2) disminución en la fijación de CO₂, comparado con el testigo (solo agua). En España, Rodríguez *et al.* (2008), observaron que las plantas de la raza antillana ‘Canarias 1’ y ‘Canarias 2’ fueron tolerantes a la salinidad y ‘Duke 7’ de la raza mexicana fue la más susceptible.

Por lo tanto, existe cada vez más evidencia que la heterogeneidad genética de los materiales propagados por semilla favorece la adaptación del aguacate a mayor diversidad de suelos y climas (Salazar-García, 2002). En México, existe amplia diversidad de genotipos silvestres de aguacate (Barrientos-Priego y López-López, 2000) que presentan gran variabilidad genética dentro de una misma raza y provenientes de un mismo árbol a condiciones de estrés como el inducido por el riego con agua salina; por lo que es posible encontrar individuos capaces de prosperar en suelos salinos.

La evaluación de germoplasma seleccionado por características de elevada rusticidad es de importancia, como primer paso para identificar individuos con igual o mayor grado de tolerancia al riego con agua salina, los cuales pueden servir como base para encontrar portainjertos, que en combinación con el cultivar presenten tolerancia al exceso de NaCl sin afectar el rendimiento y la calidad de los frutos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y grado de necrosis foliar de nueve accesiones de aguacate, propagadas por semilla, regadas con agua salina.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo de noviembre de 2009 a junio de 2010 en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en la carretera México- Texcoco km 38.5, Estado de México. Geográficamente el invernadero está localizado a una latitud de 19° 29' 57.21" norte, longitud de 98° 52' 42.19" oeste y una altitud de 2 254 metros.

Plantas propagadas por semilla de polinización libre de cinco accesiones de *Persea americana* var. *drymifolia*: 257 PTB, Criollo 38, Tepetl, Tochimilco S2 y Aquila S1; dos de *Persea americana* var. *americana*: Navideño y segregante de Hunucma, un híbrido (guatemalteco x mexicano): Fuerte negro y *Persea nubigena* 1/7, fueron trasplantadas al año de edad y sometidas a estrés con agua salina en una cama de siembra de 5 m largo x 1.5m ancho x 0.7m alto llenada con

seedlings of the avocado from the Mexican race and from the Strong variety, for the short term response and utilizing water with 0, 233, 700 y 1 400 ppm de Cl were: 1) increased in hydric potential of the leaf and reduction of almost 50% in the stomatic conductivity of each leaf and; 2) the decrease of CO₂ fixation compared with the control (only water). In Spain, Rodríguez *et al.* (2008) observed that the plants of the Antillana race, “Canarias 1” and “Canarias 2” were tolerant in salinity and ‘Duke 7’ of the Mexican race was more susceptible.

Hence, there is evidence that the genetic heterogeneity of the materials propagated by the seed, favors and adaptation of the avocado to a great diversity of soils and climates (Salazar-García, 2002). In Mexico, there is a wide diversity of wild genotypes of avocado (Barrientos and López-López, 2000) that presented a great genetic variety inside the same race and even coming from the same tree to stress conditions like inducing saline water into the irrigation; whereby it is possible to find individuals capable of prospering in saline soils.

The evaluation of germoplasm selected for characteristics of rusticity levels, which is important, as the first step in identifying individual plants with an equal or greater tolerance of irrigation with saline water, which could serve as a base to find root stocks, that in combination with the crop, present a tolerance to the excess of NaCl without affecting the yield and the quality of the fruits. Therefore, the objective of this investigation was to evaluate the growth and level of foliar necrosis of the nine accesions of avocado, propagated by seeds and irrigated with saline water.

Materials and methods

The study was carried o from November of 2009 to June of 2010 in greenhouse conditions at the Autonomous University of Chapingo, located on the highway Mexico- Texcoco km 38.5 Mexico State. Geographically, the greenhouse is located at a latitude of 19° 29' 57.21" north, longitude of 98° 52' 42.19" west and an altitude of 2 254 meters.

Plants propagated by seeds of pollination, free from the 5 accesions of *Persea americana* var. *drymifolia*: 257 PTB, Criollo 38, Tepetl, Tochimilco S2 and Aquila S1; two of *Persea americana* var. *americana*: Navideño and segregated from Hunucma, un hybrid (Guatemalan x Mexican): Fuerte

suelo franco arenoso. La temperatura y humedad relativa en el invernadero fueron registradas con un instrumento Data Logger, modelo U12, marca HOBO® (Onset computer corporation, Massachusetts, USA) con un promedio de 22 °C y 45%, respectivamente.

El diseño experimental fue completamente al azar, con nueve tratamientos que fueron las 9 accesiones de aguacate, con 15 repeticiones y una planta como unidad experimental.

Las plantas se regaron por goteo con agua salina utilizando 1.8 g L⁻¹ de NaCl (equivalente a 1.08 g L⁻¹ de Cl) y solución Steiner al 25% (Steiner, 1984) a pH 5.5, ajustado con ácido sulfúrico y conductividad eléctrica (CE) de 3 dS m⁻¹. Al inicio del experimento el riego se aplicó una vez por semana y aumentó a dos riegos a partir del mes de abril, hasta que la mayoría de las plantas presentaron 80% de necrosis en las hojas (junio, 2010). Se usaron goteros con gasto de dos litros por minuto, distribuidos cada 15 cm en cuatro líneas.

Cada mes se registró el incremento de altura de la planta, desde el cuello hasta el ápice del tallo, y el incremento total del diámetro de tallo, restando a la lectura final (registrada en junio de 2010) la lectura inicial (registrada en noviembre de 2009). El diámetro del tallo fue medido 5cm arriba del cuello de la planta con un vernier. También fue contabilizado, una vez por mes, el número de hojas por planta. Al final del experimento, las plantas fueron calificadas de acuerdo a la intensidad de necrosis en la hoja, para lo cual se usó el siguiente índice visual de necrosis: 1= hoja normal, sin necrosis 2= necrosis leve, sólo en el ápice de la hoja 3= necrosis fuerte; 50% de necrosis en el limbo y cambio a color verde pálido, enrollado de la punta 4= necrosis muy fuerte; 75% de necrosis, continua enrollado de la punta 5= necrosis severa, hoja completamente necrosada sólo con tejido verde en la parte cercana a las nervaduras, y la mayoría de las hojas caídas. La CE y el pH del suelo, se registraron periódicamente de diciembre 2010 a mayo 2011, para ello se colocaron tres sondas de extracción a una profundidad de 25 cm, repartidas en los extremos y parte media de la cama.

Los datos fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza y comparación de medias aplicando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), con el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2000). El análisis de la distribución de frecuencias de la intensidad de necrosis entre accesiones se realizó con la prueba de Chi-Cuadrada ($p \leq 0.05$).

negro y *Persea nubigena* 1/7, were planted at one year and submitted to a stress with saline water in a planting bed of 5 m long x 1.5 m wide x 0.7 m high and filled with sandy loam soil. The temperature and relative humidity in the greenhouse were registered with an instrument Data Logger, model U12, brand HOBO® (Onset computer corporation, Massachusetts, USA) with an average of 22 °C y 45%, respectively.

The experiment design was completely random with 9 treatments that were the 9 avocado accessions with 15 repetitions and a plant as the experimental unit.

The plants irrigated with drip irrigation with saline water using 1.8 g L⁻¹ de NaCl (equivalent to 1.08 g L⁻¹ de Cl) and a Steiner solution at 25% (Steiner, 1984) a pH 5.5, adjusting with sulfuric acid and electrical conductivity (CE) of 3 dS m⁻¹. At the beginning of the experiment, the irrigation was applied once a week and increased to 2 irrigations beginning from the month of April until the majority of the plants showed 80% of necrosis in their leaves (June 2010). Droppers were used with an expenditure of 2 liter per minute, distributing each 15cm in four lines.

Each month there was an increase registered of plant height, from the neck until the apex of the stem and the total increase of the stem's diameter, subtracting from the final lecture (registered in June of 2010) to the initial lecture (registered in November of 2009). The diameter of the stem was measured 5 cm above the neck of the plant with a vernier. Once per month, the number of leaves/plant was tabulated to develop the following necrosis index: 1= normal leaf, without necrosis, 2= slight necrosis and only in the apex of the leaf, 3= strong necrosis- 50% necrosis in the limb and a change to a pale green color and rolled up at the point, 4= strong necrosis- 75% of necrosis, the plant is continually rolled up, 5= severe necrosis- the leaves are completely necrotized and only have green tissues and the part close to the veins and with most of the leaves fallen. The CE and the pH of the soil, were periodically registered from December 2010 to May 2011, for which three extraction tubes with a depth of 25cm were placed, distributed on the extreme and middle parts of the bed.

The data was statistically processed by means a variance analysis and mean comparison by applying the Turkey test ($p \leq 0.05$), with the program SAS version 9.0 (SAS Institute, 2000). The analysis of the frequency distribution of the intensity of necrosis between accessions was done with the test, Chi-Cuadrada ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre accesiones en el incremento de altura y de diámetro del tallo, además del número de hojas por planta; el efecto se presenta en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Incremento acumulado mensual de la altura (cm) de la planta de nueve accesiones de aguacate durante el periodo diciembre 2009 a mayo 2010.

Table 1. Accumulated monthly increase in height (cm) of the plant for the 9 avocado accessions during the period from December 2009 to May 2010.

Accesión	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Navideño	11.30 a ^z	15.23 a	19.16 a	21.78 a	22.40 a	22.86 a
Fuerte negro	6.52 ab	8.30 ab	10.57 ab	11.83 b	12.52 b	12.62 b
Criollo 38	5.70 b	6.93 b	8.00 b	8.88 b	9.31 b	10.53 b
Segregante de Hunucma	5.55 b	7.15 b	8.45 b	9.19 b	9.73 b	10.28 b
<i>P.nubigena</i> 1/7	5.40 b	9.73 ab	10.96 ab	11.97 b	12.30 b	13.16 b
Tepetl	4.83 b	6.04 b	7.11 b	7.71 b	8.11 b	8.37 b
Tochimilco S2	4.80 b	5.91 b	7.53 b	9.71 b	10.57 b	11.76 b
257 PTB	4.60 b	5.80 b	7.16 b	8.56 b	9.06 b	9.33 b
Aguila S1	1.82 b	2.42 b	2.99 b	3.66 b	3.80 b	3.92 b
CV (%)	79.74	89.53	82.83	79.08	76.40	71.78
DSH	5.15	7.74	8.69	9.43	9.57	9.45

^zpromedios con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Incremento acumulado de altura de la planta

La población de plantas de las accesiones Navideño y Fuerte negro presentaron el mayor incremento acumulado de altura de la planta en el periodo de noviembre a febrero de 2010, y las plantas de *Persea nubigena* 1/7 en los meses de enero y febrero; sin embargo, en los siguientes tres meses únicamente la progenie de Navideño, incrementó significativamente su altura en comparación a las 8 accesiones restantes. Al final (mes de mayo) la accesión Navideño fue la que alcanzó el máximo incremento que fue de 22.86 cm, mientras que el resto presentó el menor incremento el cual varió de 3.92 cm a 12.62 cm para Aguila S1 y Fuerte negro, respectivamente (Cuadro 1). La diferencia entre estas accesiones indica el grado de variación que tienen las plantas de dichas accesiones para tolerar los efectos provocados por el riego con agua salina (1.8 g de NaCl L⁻¹). Es posible que el escaso incremento de altura de la planta que presentaron las plantas de la accesión Aguila S1 se debió a los efectos negativos de corto plazo causados por el estrés osmótico como lo señalan Lachaâl *et al.* (2002), ya que este proceso fisiológico implica la

Results and discussion

The variance analysis indicated significant differences between accessions in the increase of height and the diameter of the stalk, apart from the number of leaves per plant; the effect is shown in Tables 1 and 2.

Cuadro 2. Efecto del riego con agua salina en el incremento de diámetro del tallo de nueve accesiones de aguacate.

Table 2. The effect of the irrigation with saline water on the increase of the stem diameter of the 9 accessions of the avocado plant. Accumulated Increase in the plant height.

Accesión	Incremento de diámetro de tallo (mm)
Navideño	1.00 a ^z
<i>P. nubigena</i> 1/7	0.39 b
Fuerte negro	0.50 ab
Tochimilco S2	0.31 b
Segregante de Hunucma	0.41 b
Criollo 38	0.41 b
257 PTB	0.17 b
Tepetl	0.23 b
Aguila S1	0.14 b
CV (%)	125
DSH	0.53

^zpromedios con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

restricción en la absorción de agua requerida para mantener la turgencia celular y disminución en la absorción y transporte de nutrimentos (Bybordi y Tabatabael, 2009).

La variación en la respuesta de incremento mensual acumulado en altura también fue influenciada por el origen genético de cada accesión, lo cual se debió a que las plantas provienen de polinización cruzada como lo señalan Kadman y Ben-Ya'acov (1976). Esto se reflejó en el alto coeficiente de variación ($>71.76\%$) (Cuadro 1). Existen antecedentes de que las accesiones de la raza antillana variedad Americana son más vigorosas y tolerantes a suelos salinos, comparadas con la variedad botánica *drymifolia* (Kadman y Ben-Ya'acov, 1976; Bar *et al.*, 1997). En este trabajo se confirma lo anterior con la progenie evaluada de Navideño, no así para la población del segregante de Hunucma ya que ambas accesiones pertenecen a la raza antillana, y por parte de la raza mexicana las accesiones Tepetl, Tochimilco S2, Criollo 38, Aquila S1 y 257 PTB. Labidi *et al.* (2002) mencionan que la reducción del crecimiento vegetativo provocado por la toxicidad de NaCl es un criterio básico para discriminar especies tolerantes a la salinidad.

Incremento del diámetro de tallo

Las plantas de las accesiones Navideño y Fuerte negro tuvieron un incremento mayor en el diámetro del tallo (1 y 0.50 mm, respectivamente) en el periodo de noviembre a mayo, que el resto de las accesiones, entre los cuales no hubo diferencia significativa; sin embargo, el incremento más bajo se presentó en la población de Aquila S1 con sólo 0.14 mm de incremento (Cuadro 2). Por otra parte, se encontró que las plantas de la accesión Segregante de Hunucma tuvieron un crecimiento del tallo semejante al obtenido por las accesiones Criollo 38, Tochimilco S2 de la raza Mexicana y las plantas de *Persea nubigena* 1/7, lo mismo ocurrió con el incremento acumulado de altura de planta. Estos resultados indican que no todas las plantas de la raza Antillana son vigorosas en suelos salinos (Cuadro 1 y Cuadro 2). La expresión de menor crecimiento vegetativo que mostraron las plantas sensibles al riego con agua salina pudo deberse además del estrés osmótico a la reducción de la fotosíntesis al disminuir la conductancia estomática producto del cierre de los estomas para reducir la pérdida de agua (Renault *et al.* 2001). Bajo estas condiciones de estrés salino, el crecimiento de las plantas quizá fue influenciado por la redistribución de los fotosintatos hacia el mecanismo de osmorregulación y provocar un déficit de suministro de estos para los tejidos en activo crecimiento como lo indican Byrt y Munns (2008). Por otro lado, Lachaâl

The population of the plants for the accessions Navideño and Fuerte negro were shown to have a greater accumulated increase of height in the period from November to February, 2010 and the plants *Persea nubigena* 1/7 in the two months of January and February; However, in the following three months only the progeny of Navideño significantly increased in its height in comparison to the 8 remaining accessions. At the end (of May), the accession Navideño was the one that reached the maximum increase of 22.86 cm, while the rest showed a lesser increase, which varied from 3.92 cm to 12.62 cm for Aquila S1 and Fuerte negro, respectively (Table 1). The difference between these accessions indicates the level of variation of how plants tolerate effect provoked by irrigation with saline water (1.8 g of NaCl L.1). It is possible that the limited increase of plant height that was shown in the plants of Aquila S1 accession was due to temporary negative effects caused by the osmotic stress like was found in Lachaâl *et al.* (2002), since this physiological process implies the restriction in the absorption of water required to maintain cellular swelling and diminish the absorption and transportation of nutrients (Bybordi and Tabata *et al.*, 2009).

The variation in the response of the monthly accumulated increase in height was also influenced by the genetic origin of each accession, which is due to the fact that the plants come for cross pollination as note Kadman and Ben-Ya'acov (1976). This was reflected in the variation coefficient ($>71.6\%$) (Table 1). There are precedents that the accessions for the Antillana race, American variety, are more vigorous and tolerant of saline soils, compared to the botanical variety *drymifolia* (Kadman and Ben-Ya'acov, 1976; Bar *et al.*, 1997). This research confirms the previous ideas with the evaluated progeny Navideña, but not for the population of the segregated Hunucma as both accessions belong to the Antillana race and on the other hand, of the Mexican race, the accessions Tepetl, Tochimilco S2, Criollo 38, Aquila S1 y 257 PTB. Labidi *et al.* (2002) mentions the reduction of the vegetative growth provoked by the toxicity of NaCl is a basic criterion used to determine species that are tolerant to the salinity.

Increase in the stem diameter

The plants of the Navideño and Fuerte Negro accessions had a greater increase in the diameter of the stem (1 and 0.50 mm respectively) in the period from November to May, when the rest of the accessions did not have significant differences. However, the lowest increase arose in the Aquila S1 population with only 0.14 mm of increase (Chart 2). On the other hand, it was found that the plants from the segregate

et al. (2002) señalan que el crecimiento vegetativo es un mecanismo de adaptación que permite la dilución de las sales en los tejidos, prolongando el tiempo necesario para que la acumulación de iones alcance un nivel tóxico.

Número de hojas

El número total de hojas que permaneció en la planta fue afectado por la aplicación del riego con agua salina (Cuadro 3) ya que por una parte, disminuyó la emergencia de hojas nuevas y por otra las accesiones más sensibles como 257 PTB, Tepetl y Fuerte negro presentaron defoliación más intensa, mientras que las plantas de la accesión Navideño al tener mayor incremento de altura también presentaron aumento en el número de hojas de diciembre a marzo coincidiendo con el incremento acumulado de altura, para después reducir el número de hojas.

accession Hunucma had a stem growth similar to that obtained by the accessions Criollo 38 accessions. Tochimilco S2 of the Mexican race and Persea nubigena 1/7 plants, it occurred with the accumulated increase of the plant height. These results indicated that not all of the plants belonging to the Antillana race are vigorous in saline soils (Table 1 and Table 2). The expression of less vegetative growth that was shown in plants sensitive to irrigation with saline water could be due to, apart from osmotic stress from the reduction of photosynthesis to diminish estomatic conductivity, a product of the closing of the stomas in order to reduce the loss of water (Renault *et al.*, 2001). Under these conditions of saline stress, the growth of the plants is perhaps influenced by the redistribution of the photosynthesis towards the mechanism of osmoregulation and provoke a deficit of supply of the rest of the tissue in active growth as indicated by Byrt and Munns (2008). On the other hand, Lachaâl *et al.* (2002) pointed out

Cuadro 3. Efecto de la accesión en el número de hojas de nueve accesiones de aguacate, regadas con agua salina.
Table 3. Effect of the accession in the number of leaves of nine avocado accessions, irrigated with saline water.

Accesión	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Navideño	36.93 a ^z	40.66 a	42.46 a	45.46 a	45.46 a	37.26 ab	27.93 ab
Criollo 38	33.86 a	36.66 ab	37.53 ab	37.06 ab	37.46 abc	31.80 abcd	37.20 ab
Tepetl	32.33 ab	36.40 ab	36.00 ab	37.33 ab	37.33 abc	34.40 abc	37.66 ab
Tochimilco S2	32.06 ab	36.86 ab	38.13 ab	38.60 ab	39.33 ab	39.20 a	54.26 a
<i>P. nubigena</i> 1/7	27.4 abc	32.13 abc	31.46 abc	29.13 bc	28.33 bcd	20.40 bcd	21.93 b
Fuerte negro	27.33 abc	29.86 abc	31.53 abc	32.00 abc	30.46 abcd	25.33 abcd	22.66 b
Segregante de Hunucma	27.06 abc	30.33 abc	31.73 abc	31.60 abc	31.86 abcd	29.60 abcd	25.33 b
Aguila S1	21.86 bc	23.86 bc	25.20 bc	24.53 bc	23.20 cd	18.26 cd	16.73 b
257 PTB	17.40 c	19.93 c	20.66 c	19.86 c	20.40 d	15.86 d	12.26 b
CV (%)	33.78	36.42	36.43	37.90	41.68	54.45	80.98
DSH	11.08	13.37	13.75	14.34	15.68	17.58	26.55

^zpromedios con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

A partir del mes de abril, las accesiones de la raza Mexicana (Tochimilco S2, Tepetl y Criollo 38), y *P. nubigena* 1/7 tuvieron una recuperación en el número de hojas. Esto se debió a que después del mes de marzo las altas temperaturas en el invernadero aumentaron la pérdida de agua, la absorción y acumulación de Cl y Na lo que restringió la altura de la altura, por consiguiente las plantas comenzaron a producir brotes laterales y con ello hojas.

La accesión con mayor número de hojas presentes en la planta al final del experimento fue Navideño cuyas plantas presentaron 40 hojas en promedio, mientras la accesión

that the vegetative growth is an adaptation mechanism that allows the dilution of the salts in the tissues, prolonging the necessary time for the accumulation of the ions to reach a toxic level.

Number of leaves

The number of total leaves that belong to the plant was affected by the application of saline water (Table 3) since on the one hand, there is a decrease in the emergence of new leaves, and for the other more sensitive accessions like 257 PTB, Tepetl, and Fuerte negro who presented a more intense

257 PTB sólo tuvo al final 20 hojas. La diferencia en el número de hojas entre accesiones tuvo estrecha relación con la diferencia en el crecimiento de altura de la planta, como fue el caso de Aquila S1 y 257 PTB, las cuales se mantuvieron en el grupo que mostró valores más bajos en incremento acumulado mensual de altura de planta (2.10 y 4.73 cm, respectivamente) (Cuadro 1) y en incremento del diámetro de planta (0.14 y 0.17 mm, respectivamente) (Cuadro 2). Resultados similares han sido reportados por Musyimi *et al.* (2008), quienes señalaron que una de las causas de la reducción del crecimiento en aguacate por la salinidad, se debe a la reducción en la acumulación de biomasa, necrosis foliar y reducción del número de hojas por muerte o senescencia.

Estos resultados confirman que el número de hojas tiene relación con la sensibilidad de la planta al estrés salino así como a la exclusión de iones tóxicos a través de la senescencia de la hoja como fue encontrado en las plantas de las accesiones pertenecientes a la raza Antillana, Navideño y Segregante de Hunucma, como lo mencionan Bar *et al.* (1997). Por lo tanto, la sensibilidad o tolerancia al riego con agua salina, puede cambiar durante la ontogenia de la planta, de acuerdo a la especie, cultivar o factores ambientales (Marschner, 1995).

Intensidad de necrosis

Con relación al porcentaje de plantas según la intensidad de necrosis se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Las accesiones con más de 50% de plantas con necrosis severa (índice 5) fueron: 257 PTB, Fuerte negro, Tepetl y Aquila S1, contrariamente las accesiones de *P. nubigena* 1/7 y Criollo 38 presentaron mayor porcentaje de plantas con hojas normales (índice 1) 27% y 22%, respectivamente (Figura 1).

Se puede observar que las accesiones pertenecientes a la raza Antillana var. americana (segregante de Hunucma y Navideño) y la accesión de la raza mexicana var. *drymifolia* (Tochimilco S2), presentaron el menor porcentaje de individuos con índice 5. Los daños por necrosis de las hojas evidencian el efecto negativo de la absorción y acumulación de altas concentraciones de Cl en las hojas (Kadman y Ben-Ya'acov 1976; Bar *et al.*, 1997; Francois y Mass, 1999), lo cual está de acuerdo con lo mencionado por Salazar-García (2002), quien señaló que la acumulación de cloruros se manifiesta en forma de quemaduras en el ápice y márgenes de las hojas más viejas, defoliación prematura y en ocasiones un moteado amarillento junto a las quemaduras.

defoliation while the plants from the Navideño accession, upon having an increase in height, also showed an increase in the number of leaves from December to March-coincide with the accumulated height increase; afterwards there was a reduction in the number of leaves.

Starting with April, the accessions of the Mexican race (Tochimilco S2, Tepetl y Criollo 38), and Phad a recuperation in the number of leaves. This was due to the fact that after Mach, the high temperatures in the greenhouse increased the loss of water, absorbing and accumulating Cl and Na, which hindered plant height; consequently, the plants began to produce lateral buds and with them, also produce leaves. The accession with the greatest number of leaves that at the end of the experiment was Navideño, whose plants, on average, had 40 leaves while the accession of 257 PTB only had a final of 20 leaves. The difference in the number of leaves between accessions had a close relationship to the difference height growth of the plant, as was the case with Aquila S1 and 357 PTB, which were maintained in the group and showed the lowest values in the accumulated monthly increase of plant height (2.10 and 4.73 cm, respectively) (Table 1) and in the increase of the plant diameter (0.14 and 0.17 mm, respectively) (Table 2). Similar results have been reported by Musyimi *et al.* (2008), who pointed out that one of the causes of growth reduction in avocado is because of salinity, which is due to the reduction in the accumulation of biomass, foliar necrosis and reduction in the number of dead leaves.

The results confirm that the number of leaves have a relation to the sensitivity of the plant to saline stress much like the exclusion of toxic ion through the senescence of the leave like was found in the plants with the accessions that belong to the races Antillana, Navideño, and Segregate Huncma as was mentioned in Bar *et al.* (1997). Hence, the sensitivity or tolerance of the irrigation with saline water can change the ontogeny of the plant, according the specie, crop, or environmental factors (Marschner, 1995).

Intensity of necrosis

With relation to the percentage of plants according to the intensity of necrosis, significant differences were found ($p < 0.05$). The accessions with more than 50% of plants with severe necrosis (Index 5) where: 257 PTB, Fuerte Negro, Tepetl, and Aquila S1. Contrarily, the accessions of *P. nubigena* 1/7 and Criollo 38 showed a greater percentage of plants with normal leaves (Index 1) 27% and 22% respectively (Figure 1).

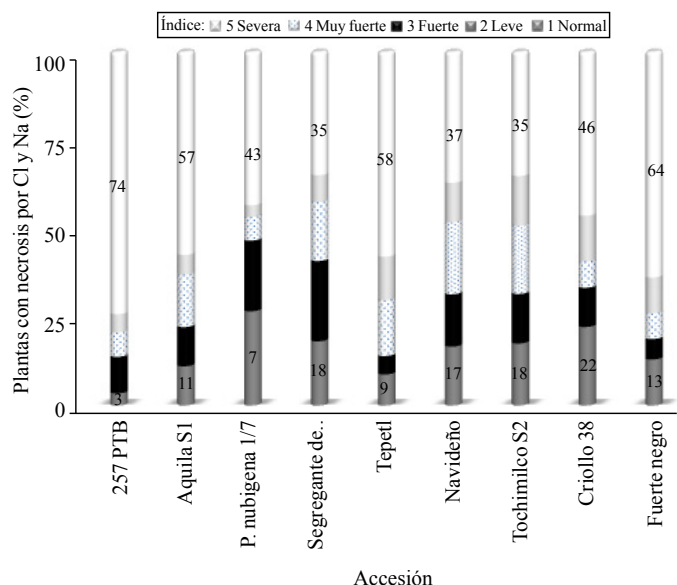


Figura 1. Porcentaje de plantas de aguacate con necrosis en la hoja, debido al estrés inducido por el riego con agua salina.

Figure 1. Percentage of avocado plants with necrosis on the leaf due to the stressed induced by irrigation with saline water.

Las accesiones Tochimilco S2 y Criollo 38, presentaron una respuesta aceptable en términos de porcentaje de individuos con hojas normales, 18 y 22% respectivamente, aun cuando pertenecen a la variedad *drymifolia*, conocida como la más susceptible a la salinidad y más tolerante a bajas temperaturas. Por lo tanto, individuos sobresalientes de estas accesiones, pueden prosperar en regiones donde además de tener problemas de salinidad en el suelo y calidad de agua de riego también se tiene la presencia de bajas temperaturas (Crowley, 2008).

Según Subbarao y Johansen (1999) la necrosis en hojas producto de la acumulación elevada de sales es un síntoma inducido por el desajuste de la regulación iónica que lleva a la identificación de genotipos que poseen mayor eficiencia en regulación iónica y otros mecanismos fisiológicos que contribuyen a un mayor nivel de tolerancia, siendo un parámetro que puede ser utilizado para evaluar el efecto de la salinidad de una especie en particular.

Conductividad eléctrica (CE) y pH del suelo

La aplicación del riego con agua salina modificó gradualmente la CE y el pH del suelo. En el periodo de diciembre-enero ambos se incrementaron, y de ahí hasta el final del

It can be observed that the accessions belonging to the Antillana race, American variety (Segregate of Hunucma and Navideño) and the accessions of the Mexican race variation *drymifolia* (Tochimilco S2) showed the least percentage of individuals with the index 5. The damage that necrosis caused on the leaves is evidenced in the negative effect of absorption and accumulation of high concentrations of Cl in the leaves (Kadman and BenYa'acov 1976; Bar *et al.*, 1997; Francois y Mass, 1999), which is in accordance to what Salazar-García (2002) have mentioned; the pointed out the chloride accumulation which was manifested in the form of burns in the apex and on the margins of the old leaves, premature defoliation, and instances of yellowish speckles on the burns.

The Tochimilco S2 and Criollo 38 accessions, showed an acceptable response in terms of percentage of individuals with normal leaves, 18 and 22% respectively, even when they belonged to the *drymifolia* variety, known as the most susceptible to salinity and most tolerant to lower temperatures. As such, exceptional individuals of these accessions can prosper in regions where apart from having salinity problems in the soil and water quality, it also was home to low temperatures (Crowley, 2008).

According to Subbarao and Johansen (1999) the necrosis in leaves that are a product of the increased accumulation of salts, is a symptom induced by the regulation of ionic balance that leads to the identification of genotypes that may possess a greater efficiency in ionic regulation and other physiological mechanisms that contribute to a higher level of tolerance. Thus this is a parameter that can be utilized to evaluate the effect of salinity of a particular species.

Electrical conductivity (ec) and pH in soil

The application of irrigation with saline water gradually modified the CE and the pH of the soil. In the period from December to January, both were increased and from there until the end of the experiment the maintained almost constant (Figure 2). The values of EC higher than 4 dS m⁻¹ y pH de 8.5 in the soil, and the quality of water utilized to irrigate with an EC of 3 dS m⁻¹ classified as water with moderate salinity (Roades, 1992). This indicates that the critical conditions of salinity, the ones that were exposed to the avocado plants, there were reflected in the plant height, the diameter of the stem, and the number of leaves due to hydro-deficiency (Oster *et al.*, 2007), have apparently already been mentioned.

experimento se mantuvieron casi constantes (Figura 2). Los valores de CE superiores a 4 dS m^{-1} y pH de 8.5 en el suelo, y la calidad del agua utilizada para el riego con una CE de 3 dS m^{-1} clasificada como agua moderadamente salina (Rhoades, 1992), indican las condiciones críticas de salinidad a las que estuvieron expuestas las plantas de aguacate, las cuales se reflejan en el grado de reducción de la altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas por efecto del déficit hídrico (Oster *et al.*, 2007), según se ha mencionado antes.

Las plantas más dañadas fueron de las accesiones 257 PTB, Fuerte negro, Tepetl, Aquila S1, cabe recordar que el aguacate es una especie sensible al agua salina con una CE mayor a 2 dS m^{-1} . La respuesta en crecimiento y grado de necrosis, en la hoja pH y CE en el suelo como sustrato, y las cantidades elevadas de sal (1.8 g L^{-1} de NaCl) usadas en el riego difieren de los resultados obtenidos en experimentos anteriores (Bernstein *et al.*, 2004; Castro *et al.*, 2009), donde solo utilizaron soluciones nutritivas y bajas concentraciones de sales, debido a que elementos como P y K son controlados por la fase sólida del suelo, además que la salinidad varía espacial y temporalmente, mientras por otro lado el crecimiento de la raíz es totalmente diferente en condiciones de solución nutritiva, como lo mencionan Grattan y Grieve (1999).

Conclusiones

La mejor respuesta al riego salino en crecimiento vegetativo se presentó en las plantas de Navideño y Fuerte negro al presentar el mayor incremento acumulado de altura, incremento del diámetro del tallo, número de hojas; sin embargo, Navideño tuvo un moderado porcentaje de individuos con necrosis severa, mientras que la accesión Fuerte negro (híbrido guatemalteco x mexicano) tuvo un alto porcentaje, en cambio las plantas de la accesión *P. nubigena* 1/7 no fueron sobresalientes en crecimiento pero presentaron el mayor porcentaje de plantas con hojas normales.

La población de la accesión segregante de Hunucma perteneciente a la raza antillana, considerada tolerante a la salinidad, presentó una respuesta semejante en vigor a las accesiones de la raza mexicana, aunque no en intensidad de necrosis, lo cual confirma la variabilidad en la respuesta dentro de cada raza a la salinidad.

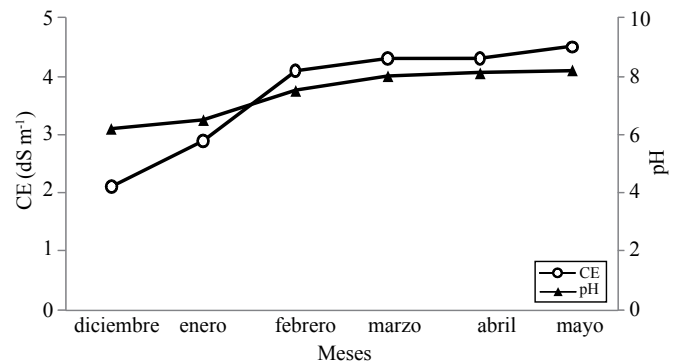


Figura 2. Efecto del riego salino en la conductividad eléctrica (CE) y el pH del suelo durante el periodo diciembre 2009 a mayo 2010.

Figure 2. Effect of saline irrigation on the electrical conductivity (CE) and on the pH of the soil during the period from December 2009 to May 2010.

The most damaged plants were the accessions 257 PTB, Fuerte negro, Tepetl, and Aquila S1. It must be remembered that the avocado is a species very sensitive to saline water with a CE higher than 2 dS m^{-1} . The growth response and level of necrosis in the pH and Ce in the soil as substratum, and in the elevated quantities of salt (1.8 g L^{-1} de NaCl) used in the irrigation differ from the obtained results in previous experiments (Bernstein *et al.*, 2004; Castro *et al.*, 2009), where only nutritive solutions and low concentrations of salts were utilized. This was due to the fact that elements like P and K are controlled by the solid soil phase; furthermore, the salinity varies spatially and temporally while on the other hand, the growth of the root is totally different from conditions of a nutritive solution as mentioned Grattan y Grieve (1999).

Conclusions

The best response to the saline irrigation in vegetative growth was seen in the Navideño and Fuerte negro plants upon showing a higher increase in accumulated height, increase in diameter of the stem, and number of leaves. However, Navideño had a moderate percentage of individuals with severe necrosis, while the accession Fuerte negro (hybrid Guatemalan x Mexican) had a high percentage. The change in the plants of the accession P, nubigena 1/7 was not significant in its growth bud did show a greater percentage of plants with normal leaves.

Con base en los resultados podría considerarse que en una primera instancia las accesiones con mayor número de individuos sobresalientes pueden utilizarse como donadoras de semillas para portainjertos potenciales. Así como la propagación de las plantas sobresalientes para ser injertadas y evaluadas con diferentes variedades.

Literatura citada

- Bar, Y.; Apelbaum, A.; Kafkafi, U. and Goren, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *J. Plant Nutr.* 20:715-731.
- Barrientos-Priego, A. F. y López-López, L. 2000. Historia y genética del aguacate. *In: Téliz, D. y Mora, A. (Comps.). El aguacate y su manejo integrado. 2ª (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa. D. F. México. 22-62.*
- Bernstein, N.; Zilberstaine, M.; Ioffe, M. and Meiri, A. 2003. Effects of salt-stress on root and shoot growth in avocado. *In: Arpaia, M. L. and Hofshi, R. (Eds.). Proceedings of avocado Brainstroming. Sesión II. Salinity management. octubre 31-november 1. Ventura, California, USA. 12 p.*
- Bernstein, N.; Meiri, A. and Zilberstaine, M. 2004. Root growth of avocado is more sensitive to salinity than shoot growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:188-192.
- Bingham, F. T. and Fenn, L. B. 1966. Chloride injury to Hass avocado trees: a sand culture experiment. *Calif. Avoc. Soc. Yrbk.* 50:99-106.
- Bybordí, A. and Tabatabael, J. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 7:71-76.
- Byrt, C. S. and Munns, R. 2008. Living with salinity. *New Phytologist.* 179:903-905.
- Castro, V. M.; Iturrieta, R. E. and Fassio, C. O. 2009. Rootstock effect on the tolerance of avocado plants cv. Hass to NaCl stress. *Chilean J. of Agric. Res.* 69:316-324.
- Chinnusamy, V.; Jagendorf, A. and Zhu, J. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45:437-448.
- Crowley, D. 2008. Salinity management in avocado orchards. *Calif. Avoc. Soc. Yrbk.* 91:83-104.
- Francois, L. E. and Mass, E. V. 1999. Crop response and management of salt-affected soils. *In: Pessarakli, M. (Ed.). Handbook of plant and crop stress. 2ª. (Ed.) Dekker, M. New York, USA. 149-181 pp.*

The population of the accession Segregate Hunucma belongs to the race antillana, considered to be tolerant to salinity. It showed a response similar in vigor to that of the Mexican race, even though not in necrosis intensity. This confirms variability in the response to salinity even between the same races.

Based on the results, it could be considered a first instance the accessions with a greater number of exceptional individuals that can be used as seed donors for potential root-stocks. Likewise, the propagation of the exceptional plants could be grafted and evaluated with different varieties.

End of the English version



- González-Rosas, H.; Salazar-García, S.; Ramírez-Reyes, G.; Rodríguez-Ontiveros, J. L. and Ramos-Villaseñor, A. C. 2003. Preliminary results on *in vitro* selection for tolerance to chloride excess in avocado. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 9:39-43.
- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. *In: Pessarakli, M. (Ed.). Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 203-226 pp.*
- Kadman, A. and Ben-Ya'acov, A. 1976. Selection of avocado rootstocks for saline conditions. *Acta Hortic.* 57:189-197.
- Lachaâl, M.; Grignon, C. and Hajji, M. 2002. Growth rate affects salt sensitivity in two lentil populations. *J. Plant Nutr.* 25:2613-2625.
- Labidi, N.; Lachaâl, M.; Grignon, C. and Hajji, M. 2002. Variability of the response to sodium chloride of eight ecotypes of *Arabidopsis Thaliana*. *J. Plant Nutr.* 25:2627-2638.
- Macías-González, J. L. y Borys, M. W. 1983. Toxicidad de cloro en plántulas de *Persea americana* var. *drymifolia* y *P. schiedeana*. *Rev. Fitotec. Mex.* 4:139-146.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2ª. (Ed.) Academic Press. London, U. K. 889 p.
- Mickelbart, M. V. and Arpaia, M. L. 2002. Rootstock influences changes in ion concentrations, growth, and photosynthesis of 'Hass' avocado trees in response to salinity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127:649-655.
- Musyimi, D. M.; Netondo, G. W. and Ouma, G. 2008. Salinity and temperature effects on CO₂ assimilation in leaves of avocados. *Am. J. Plant Physiol.* 3:40-49.

- Oster, J. D.; Stottlmyer, D. E. and Arpaia, M. L. 2007. Salinity and water effects on 'Hass' avocado yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132:253-261.
- Parés, J.; Arizaleta, M. A.; Sanabria, M. E. y García, G. 2008. Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y el grosor foliar en plantas de *Carica papaya* L. *Acta Bot. Venez.* 31:27-34.
- Renault, S.; Croser, C. A.; Franklin, J. and Zwiazek, J. J. 2001. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) seedlings. *Plant Soil.* 233:261-268.
- Rhoades, J. D. 1992. Water for crop production. U. S. Salinity Laboratory United States Department of Agriculture, Riverside. 1986. California, USA. *UND/FAO.* 48:1-39.
- Rodríguez, S. F. 1982. El aguacate. AGT editor. D.F., México. 167 p.
- Rodríguez, N. A.; Gallo, L. y Marrero, A. 2008. Selección de patrones de aguacate de raza antillana. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Islas Canarias, España. 34 p.
- Salazar-García, S; Borys, M. W. y Enríquez-Reyes, S.A. 1984. Tolerancia de aguacates *Persea americana* Mill. y *P. schiedeana* Ness. a condiciones de salinidad progresiva. I. Selección de plantas. *Rev. Chapingo.* 45-46:9-13.
- Salazar-García, S. and Larqué-Saavedra, A. 1985. Effect of progressive soil salinity on the leaf water potential and stomatal conductance in avocado (*Persea Americana* Mill.). *Calif. Avocado. Soc. Yrbk.* 69:101-104.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e Instituto de la Potasa y el Fósforo. Querétaro, México. 165 p.
- Statistical Analysis System (SAS Institute) 2000. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute, Cary, North Caroline, U.S.A.
- Solares-Morales, R. F. de J; Herrera-Guadarrama, A.; Salazar-García, S. y Borys, M. W. 1984. Tolerancia de aguacates *Persea americana* Mill. y *P. schiedeana* Ness. a condiciones de salinidad progresiva. IV. Relación entre grado de daños al follaje y la concentración de cloro y sodio. *Rev. Chapingo.* 45-46:9-13.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solutions. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture.* I. S. O. S. C. Wageningen, The Netherlands. 633-650 pp.
- Subbarao, G. V. and Johansen, C. 1999. Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. *In: Pessaraki, M. (ed.). Handbook of plant and crop stress.* 2nd. ed. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 1067-1089 pp.