

EXTRACTOS VEGETALES Y SU EFECTO EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE DOS SUELOS SALINOS Y DE SOLUCIONES

Plant Extracts and its Effect on the Electric Conductivity of Two Saline Soils and Solutions

Leopoldo Partida-Ruvalcaba^{1†}, Teresa de Jesús Velázquez-Alcaraz¹, Benigno Acosta-Villegas¹ y César Eduardo Angulo-Gaxiola¹

RESUMEN

Esta investigación se hizo con el propósito de determinar el efecto aparente de extractos vegetales en la conductividad eléctrica (CE) de suelos salinos o de soluciones con NaCl. Se tomaron muestras de la parte superficial de dos suelos salinos con CE de 19.8 y 12.1 dS m⁻¹ y se establecieron dos experimentos en macetas de poliestireno con capacidad de 1.0 L, sin orificios para drenado. Los extractos de frijol, maíz y garbanzo se obtuvieron mediante trituración de 1.0 kg de materia fresca de dichas plantas en 3.0 L de agua destilada, y filtrado de solución con lienzo de manta. Se realizaron tres aplicaciones de extracto al suelo, hasta que éste presentó apariencia pastosa; cada aplicación después de que el suelo se secó a temperatura ambiente. En laboratorio, se hicieron dos experimentos en frascos de cristal, en los cuales se depositaron 25, 50, 75 ó 100 mL de extracto de frijol, 1.0 g de NaCl y 75, 50, 25 ó 0 mL de agua destilada, para completar 100 mL en cada frasco. Los resultados indicaron que los extractos de frijol y maíz tuvieron más efecto aparente para disminuir la CE de la solución del suelo. En el primer experimento, la CE disminuyó de 19.8 a 17.7 dS m⁻¹ (10.6%) con el extracto de frijol, mientras que, en el segundo, la disminución fue de 12.1 a 10.0 dS m⁻¹ (17.3%) con el extracto de maíz; no obstante, en ambos experimentos, la CE disminuyó 2.1 dS m⁻¹. Asimismo, cuando se aplicó extracto de frijol a una solución con NaCl, la disminución de la CE fue de 37% después de 22 h y hasta 48% después de 144 h, con 75 y 100 mL de extracto, respectivamente.

Palabras clave: cloruro de sodio, frijol, maíz, garbanzo.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, km 17.5 carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa.

[†] Autor responsable (parpolo@yahoo.com.mx)

Recibido: Septiembre de 2003. Aceptado: Agosto de 2005.
Publicado como nota de investigación en
Terra Latinoamericana 24: 83-89.

SUMMARY

This investigation was conducted to determine the apparent effect of vegetables extracts on electric conductivity (CE) of saline soils and solutions with NaCl. The samples were taken from the upper part of two saline soils with CE of 19.8 or 12.1 dS m⁻¹, and two experiments were set up in 1.0 L polystyrene flowerpots, without drain holes. The extracts of bean, corn, and chickpea were obtained by means of pulverizing 1.0 kg fresh matter of the plants in 3.0 L distilled water, and filtering the solution with canvas. Extracts were applied three times to the soil, until it assumed a doughy appearance; each application was performed after the soil dried at room temperature. In laboratory, two experiments were conducted in glass flasks with 25, 50, 75 or 100 mL bean extract and 1.0 g NaCl; 75, 50, 25 or 0 mL distilled water was added to complete 100 mL in each flask. The results indicated that the bean and corn extracts apparently caused a greater reduction of CE in the soil solution. In the first experiment, CE diminished from 19.8 to 17.7 dS m⁻¹ (10.6%) with the bean extract; while in the second it decreased from 12.1 to 10.0 dS m⁻¹ (17.3%) with the corn extract; nevertheless, in both experiments CE decreased by 2.1 dS m⁻¹. Likewise, when bean extract was applied to a solution with NaCl, decrease in CE was 37% after 22 h and up to 48% after 144 h, with 75 and 100 mL extract, respectively.

Index words: sodium chloride, bean, corn, chickpea.

INTRODUCCIÓN

México posee una extensión territorial de 2.022 millones de kilómetros cuadrados, los cuales representan 202.2 millones de hectáreas; la superficie continental es de 196.7 millones de hectáreas que se utilizan en actividades agrícolas, pecuaria, forestales y acuicultura. De la superficie referida, una importante cantidad (29.3 millones de hectáreas), que representa

aproximadamente 15% en relación con el total, está dedicada a la agricultura de cultivos básicos, como maíz, frijol, trigo, arroz, y de hortalizas, oleaginosas, frutales y forrajes (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005).

Lo anterior indica el potencial que México tiene para producir alimentos, lo cual es una característica importante en la historia de todo país (Evenson y Kisle, 1976). Una cantidad de 500 000 ha, de los 29.3 millones, son improductivas debido a la elevada concentración de sales que poseen (Llerena-Villalpando, 1998), lo cual se hace evidente cuando dicha concentración aumenta después de un límite óptimo y comienzan a producirse los efectos salinos (Rodríguez-Suppo, 1982), toda vez que aumenta la presión osmótica en la solución del suelo en relación con la que existe en las células de las raíces de los cultivos, afectando la entrada de iones nutritivos en los pelos radiculares y, en consecuencia, la nutrición de las plantas (Millar *et al.*, 1980). La presencia de sal en concentraciones elevadas en el suelo es un factor de estrés común e importante en los desiertos (Flowers *et al.*, 1977), pero también limita el crecimiento de plantas en muchas regiones templadas (Greenway y Munns, 1980), ocasionando, incluso, la muerte de éstas.

Los suelos salinos presentan conductividad eléctrica de 4 ó más dS m^{-1} , pH de 7.3 a 8.5 y menos de 15% de sodio intercambiable, que hacen que el crecimiento y desarrollo de plantas no sean remunerativos o que determinan las posibilidades de remoción de sus sales o sodio intercambiable, mediante prácticas correctivas (Cepeda-Dovala, 1999; Plaster, 2000).

Las sales solubles son aquéllas que son tan solubles o más en agua que el yeso (sulfato de calcio, CaSO_4); no obstante, las de mayor interés para los suelos son los sulfatos (SO_4^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-) y los cloruros (Cl^-) de bases de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , y las que más predominan en los suelos salinos son los cloruros y sulfatos (Plaster, 2000).

La sal de cocina es un compuesto binario formado por los elementos sodio y cloro, y puesto que el sodio tiene número de oxidación +1 y el cloro -1, la fórmula es NaCl , cuya disolución en agua siempre va acompañada de un cambio de energía, de tal manera que a partir del NaCl resultan los iones de Na^+ y Cl^- separados (Miller, 1978).

Los suelos salinos, sódicos y salino-sódicos pueden reducir la disponibilidad de humedad directa o

indirectamente, así como ejercer una influencia dañina sobre el crecimiento de los cultivos (Critchley y Siegert, 1997), ya que pueden estar defloculados y ser impermeables al agua y al aire, por lo que las plantas pueden crecer con mucha dificultad y, en casos severos, no crecer en absoluto (Gavande-Sampat, 1979).

El cultivo de plantas tolerantes a la salinidad y sodicidad ha sido otro método utilizado para remover el carbonato de calcio (CaCO_3) presente en un suelo salino-sódico, en lugar de usar un método químico, de manera que, cultivando especies como *Sesbania aculeata*, *Leptochloa fusca*, *Echinochloa colona* y *Eleusine coracana*, todas tolerantes a la salinidad y sodicidad, se ha encontrado que *Sesbania aculeata* es una de las más adecuadas para cultivarse en el tipo de suelo referido, así como para reducir los procesos de salinización y sodificación en estos suelos (Qadir *et al.*, 1996).

La aplicación de yeso al suelo con problemas de sodio cambiante por calcio, seguida por lixiviación de sales, es una práctica correctiva que se ha sugerido para mejorar las propiedades físicas y químicas de suelos con problemas de altas concentraciones de sodio o sales. Asimismo, la aplicación de agua suficiente para lixiviar sales hacia las partes más profundas del suelo, práctica que en la actualidad se observa seriamente limitada por la escasez de agua que ha estado ocurriendo en gran parte del territorio nacional.

Sin embargo, dichas prácticas no se han generalizado en la corrección de suelos con alta concentración de sales o sodio, por lo que, en la actualidad, México posee áreas importantes con este problema y, lo que es peor, éstas siguen aumentando paulatinamente, sobre todo en aquellas regiones que están próximas a las marismas o a las costas del Océano Pacífico, del Golfo de California y del Golfo de México, y en todas aquellas regiones que están utilizando agua del subsuelo para regar los cultivos, como las que se observan en los estados de Sonora, Baja California, Baja California Sur, Michoacán, Guanajuato, Estado de México y Coahuila.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto aparente de extractos vegetales en la conductividad eléctrica de un suelo salino o de soluciones con cloruro de sodio. La hipótesis formulada fue que, por su origen, los extractos vegetales son distintos en el contenido de sustancias, y que éstas pueden tener efecto en la conductividad

eléctrica de un suelo salino o de soluciones con cloruro de sodio, ocasionando cambios en dicha conductividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo dos experimentos en invernadero y dos en laboratorio en Sinaloa, México (24° 37' 29" N, 107° 26' 36" O). En los primeros dos experimentos, se utilizaron muestras de dos suelos salinos arcillosos, tomadas de la parte superficial del suelo (muestras con signos visibles de sal después de un riego por gravedad). Uno con pH de 7.62, CE de 19.8, RAS igual a 4.86, y donde los cationes de calcio, magnesio, sodio y potasio estuvieron en 100, 60, 43.5 y 20 meq L⁻¹, respectivamente, mientras que los aniones carbonatos, sulfatos, cloruros y bicarbonatos alcanzaron los respectivos valores de 0, 60.9, 137.5 y 25 meq L⁻¹. El otro suelo tuvo un pH de 7.74, CE igual a 12.1 y RAS de 4.16; así como cationes de calcio, magnesio, sodio y potasio en concentraciones de 62.5, 48.5, 31 y 16 meq L⁻¹, respectivamente, en tanto que los respectivos valores de los aniones carbonatos, sulfatos, cloruros y bicarbonatos fueron de 0, 15, 82.5 y 25 meq L⁻¹. De cada muestra se tomaron 800 g de suelo para depositarlos en macetas de poliestireno con capacidad de 1.0 L y sin orificios para drenado.

En tres ocasiones se agregó extracto de materia fresca de frijol de la variedad Mayocoba (Azufrado Pimono 78), maíz y garbanzo, hasta que el suelo adquirió la apariencia pastosa, haciendo cada aplicación después de secar el suelo a temperatura ambiente del invernadero. El extracto se obtuvo mediante trituración de 1.0 kg de materia fresca de cada especie en 3 L de agua destilada, el cual sólo se analizó en su CE. Para la obtención del extracto se utilizaron plantas de frijol y garbanzo en estado de inicio de floración y las de maíz en estado juvenil con altura aproximada de 60 cm. El material vegetal se cortó en pequeños trozos, los cuales se trituraron con una batidora de la marca Braun con picador metálico y capacidad de 200 Watt, hasta que dicho material quedara bien licuado; después de triturar la materia, se llevó a cabo la filtración de la sustancia usando lienzo de manta de una capa, para obtener la sustancia líquida o extracto de cada especie.

En otros dos experimentos, se utilizó una solución de agua destilada más cloruro de sodio o sal de cocina y extracto de frijol en cuatro repeticiones, en los cuales el testigo fue una solución constituida con 1.0 g

de cloruro de sodio (NaCl) o sal de cocina diluida en 100 mL de agua destilada, por lo que la concentración de Na⁺ fue de 396.5 mg ó 17.2 meq por 100 mL de agua destilada. Del extracto de frijol se tomaron muestras de 25, 50, 75 y 100 mL, las cuales representaron a los tratamientos, el extracto se depositó en frascos de cristal con capacidad de 150 mL, a lo que se agregó 1.0 g de sal de cocina y se completó a 100 mL con agua destilada, de tal forma que las mezclas fueron: 1.0 g de sal de cocina + 100 mL de agua destilada + 0 mL de extracto (testigo); 1.0 g de sal de cocina + 75 mL de agua destilada + 25 mL de extracto; 1.0 g de sal de cocina + 50 mL de agua destilada + 50 mL de extracto; 1.0 g de sal de cocina + 25 mL de agua destilada + 75 mL de extracto; y 1.0 g de sal de cocina + 0 mL de agua destilada + 100 mL de extracto.

La mezcla se hizo inmediatamente después de obtener el extracto; los frascos se sellaron herméticamente y la mezcla se dejó en reposo a temperatura ambiente de laboratorio durante 22 h, y luego se realizó el análisis de la mezcla para estimar la conductividad eléctrica, a cuyo valor se le restó la cantidad observada en el extracto puro, la cual fue de 2.9 dS m⁻¹.

En el primer experimento, realizado en el laboratorio durante la primera quincena de noviembre de 2002, se continuó con el análisis de conductividad a las 44, 76 y 144 horas, mientras que, en el segundo, llevado a cabo durante la segunda quincena de diciembre del mismo año, el análisis se continuó a las 44 y 264 h, después de que se preparó cada solución, para volver a determinar la cantidad de dS m⁻¹, y observar si continuaba la disminución de la conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica de la solución del suelo, de las soluciones con cloruro de sodio y de los extractos, se determinó mediante un conductímetro de la marca Hanna, Modelo EC-214; sin embargo, para las soluciones salinas y los extractos, el respectivo análisis se hizo después de agitar las sustancias en los frascos de cristal. Los diseños experimentales que se utilizaron fueron los de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en invernadero y el completamente al azar en laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación de medias de dS m⁻¹, observadas en los experimentos con muestras de suelo salino en las que se aplicó extracto vegetal (Cuadro 1), indicó

Cuadro 1. Comparación de medias de $dS\ m^{-1}$ observadas en muestras de suelo salino tratado con extracto vegetal.

Tratamiento	Experimento I	Experimento II
	- - - - $dS\ m^{-1}$ - - - -	
Extracto de garbanzo	19.3 ab [†]	12.9 a
Extracto de maíz	18.5 ab	10.0 b
Extracto de frijol	17.7 b	10.8 ab
Testigo (sin extracto)	19.8 a	12.1 ab

[†]Medias con la misma letra en columna son iguales, según Duncan a 0.05 de probabilidad.

diferencias significativas entre los tipos de extractos utilizados en relación con su efecto, a través de algunas sustancias que contienen, para disminuir la CE de la solución del suelo.

En el primer experimento puede apreciarse que con el extracto de frijol la CE disminuyó significativamente en 10.6% en relación con el promedio del suelo testigo, mientras que, en el segundo, la disminución fue de 10.7%, aunque no significativo con relación al promedio del testigo. No obstante, en el segundo experimento, la mayor disminución significativa fue de 17.3%, la cual se logró con el extracto de maíz.

El conocimiento de genética que refiere las diferencias químicas entre especies vegetales, debidas, en gran parte, a la constitución genética de cada una, permite entender que los extractos vegetales ocasionan un efecto aparente en la conductividad eléctrica de dicho suelo.

La conductividad eléctrica, observada en los extractos que se obtuvo de frijol, maíz o garbanzo, denotó que las plantas poseen sales en sus células y que la concentración de éstas puede variar de una especie a otra. Lo anterior coincide con lo reportado por Salisbury y Ross, en 2000, en el sentido de que de forma natural las plantas contienen sales en el citoplasma de sus células. Esto coincide con lo referido por Plaster, también en 2000, acerca de que una sal es una sustancia química que resulta de la reacción de un ácido con una base, como la reacción del ácido clorhídrico con el hidróxido de sodio para formar sal de mesa común (NaCl), ya que en el citoplasma de las células ocurren reacciones químicas que pueden conllevar a la formación de sales, como sulfatos, bicarbonatos, carbonatos y cloruros. Proceso que sucede cuando un hidrógeno del oxidrilo es reemplazado por un átomo de baja electronegatividad (Milton, 1971), con la consecuente formación de iones positivos o negativos que se pueden atraer por enlaces

iónicos, covalentes, u otro tipo de fuerzas para formar moléculas de sal (Morrison y Boyd, 1973).

La disminución notoria o escasa de la CE en la solución del suelo, después de que a éste se le agregó el extracto proveniente de frijol, maíz o garbanzo, puso en evidencia que las especies referidas varían en su composición química y que, en ellas, se encuentran o sintetizan sustancias que pueden reaccionar con las moléculas de sal o con los iones que resultan de éstas, transformando a las sales o iones en otras sustancias que quizás no ocasionen en el suelo condiciones negativas para el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, también pudo ocurrir la formación de otros compuestos que funcionan como electrólitos fuertes o débiles, los cuales, como dice Miller (1978), influyen en la conductividad eléctrica de las soluciones, de tal forma que altas cantidades de electrólitos fuertes y la ionización de éstos en la solución del suelo, quizás hicieron que la corriente eléctrica fuera conducida más eficazmente en la solución de suelos tratados con extracto de garbanzo y en el testigo en relación con las soluciones de suelos manejados con extracto de frijol o maíz.

Quizás el Ca^{2+} sea una de las sustancias que tiene que ver con la disminución de la CE, ya que éste existe en el citosol pero, de acuerdo con Williamson (1984), en concentraciones bajas, casi micromolar, impide la formación de sales de calcio insolubles, de tal manera que elevadas concentraciones de Ca^{2+} hicieron posible que el Na^+ soluble disminuyera en la solución del suelo, debido a que, como lo reportaron Millar *et al.* (1980), en la fracción coloidal el Ca^{2+} reemplaza al Na^+ y este último se convierte en sulfato de sodio neutro que precipita en la solución y se lixivia del suelo. Esto último, en cierta forma, tiene relación con lo que informaron Qadir *et al.* (2001), quienes reportaron que la mejora de suelos salinosódicos puede lograrse con un aumento del Ca^{2+} en los sitios de intercambio catiónico a expensas de un gasto de sodio.

El potasio (K^+) es otra sustancia que ordinariamente se encuentra en todas las células de las plantas y, en especial, en las células guardas y las que rodean a éstas, y es tan abundante que es uno de los elementos más importantes en la contribución al potencial osmótico de las células (Salisbury y Ross, 2000), por lo que también puede considerarse que con los extractos se aplicaron importantes cantidades de K^+ , lo que, a su vez, quizás también ocasionó cambios en la CE de la solución de los suelos, ya que, según

Benlloch *et al.* (1994), el K^+ puede reaccionar con el Cl^- para formar KCl e inhibir el efecto que producen los iones Na^+ y Cl^- .

En el primer experimento, que se hizo con extracto de frijol y cloruro de sodio o sal de cocina más agua destilada, los análisis de varianza hechos con los valores de $dS\ m^{-1}$ observados, al transcurrir 22, 44, 76 y 144 h, en las unidades experimentales (frascos con solución), indicaron diferencias significativas entre las dosis de extracto (Cuadro 2) en relación con el efecto que tuvieron, a través de algunas sustancias que contienen, para ocasionar cambios en la CE de las soluciones.

Lo anterior se corroboró con la comparación de medias de $dS\ m^{-1}$ (Cuadro 3), la cual indicó que, al término de 22 h, los mayores porcentajes de disminución fueron de 34 y 37% cuando se aplicaron las dosis de 75 y 100 mL de extracto, respectivamente; sin embargo, todas las dosis disminuyeron significativamente la CE con respecto al testigo, aunque con 25 y 50 mL sólo se lograron las respectivas disminuciones de 29 y 17%. En los análisis posteriores, también se observó disminución de la CE en forma significativa con todos los tratamientos en relación con el testigo, pero al cabo de 44 h lo más que se logró bajar la CE fue 34, 35 y 34%, con 25, 75 y 100 mL de extracto, respectivamente; mientras que al completarse 76 h, las mayores

disminuciones fueron de 44, 44 y 43%, con las mismas dosis. Al término de 144 h, también con dichas dosis, se obtuvieron las más fuertes disminuciones con porcentajes de 45, 48 y 44%, en el mismo orden.

En el Cuadro 3, también puede observarse que después de 22 h la CE disminuyó más, a través del tiempo, con 25 y 75 mL de extracto.

En el segundo experimento con sal de cocina diluida en agua destilada más extracto de frijol (Cuadro 4), los análisis de varianza hechos con los datos recabados al transcurrir 22, 44 y 264 h, después de que se elaboró la solución, indicaron diferencias significativas entre las dosis en cuanto a su efecto para disminuir CE, pero la comparación de medias indicó que dichas diferencias sólo se observaron entre el tratamiento de 25 mL de extracto y el testigo, al cabo de 22 y 264 h, tiempos en los que con 25 mL la CE disminuyó 15 y 19%, respectivamente, siendo los porcentajes más altos. Mientras que, al completarse 44 h, las diferencias significativas se dieron entre las dosis de 25 y 75 mL de extracto; no obstante, para este tiempo, la CE bajó 14% con la dosis de 25 mL en relación con el promedio observado en la solución testigo, en tanto que con 75 mL la CE incrementó 7%.

Con las dosis de 50 y 100 mL de extracto, la CE siempre fue inferior a la observada en la solución testigo, aunque no de manera significativa, y

Cuadro 2. Grados de libertad (GL), suma de cuadrados (SC) y cuadrados medios (CM) de los análisis de varianza hechos con los valores de $dS\ m^{-1}$ de las mezclas de sal de cocina con agua destilada y extracto de frijol.

FV	GL	SC	CM	Prob.>F [†]
$dS\ m^{-1}$ a 22 horas				
Dosis de extracto	4	113.04533	28.26133	0.0001
Repeticiones	3	8.29229	2.76410	0.1868
Error	12	17.64443	1.47037	
Total	19	138.98205		
$dS\ m^{-1}$ a 44 horas				
Dosis de extracto	4	95.74164	23.93541	0.0001
Repeticiones	3	1.98803	0.66268	0.6768
Error	12	15.30829	1.27569	
Total	19	113.03796		
$dS\ m^{-1}$ a 76 horas				
Dosis de extracto	4	163.48126	40.87031	0.0001
Repeticiones	3	2.90601	0.96867	0.3181
Error	12	8.91041	0.74253	
Total	19	175.29769		
$dS\ m^{-1}$ a 144 horas				
Dosis de extracto	4	187.47035	46.86759	0.0001
Repeticiones	3	1.11976	0.37325	0.8685
Error	12	18.85933	1.57161	
Total	19	207.44945		

[†] Prob.>F = significancia de la prueba de F.

Cuadro 3. Comparación de medias de dS m⁻¹ observadas en las mezclas de sal de cocina con agua destilada y extracto de frijol.

Tratamiento	dS m ⁻¹			
	22 horas	44 horas	76 horas	144 horas
Testigo (sin extracto de frijol)	17.5 a [†]	16.2 a	16.7 a	17.1 a
25 mL de extracto de frijol	12.4 bc	10.7 b	9.4 b	9.4 b
50 mL de extracto de frijol	14.5 b	12.4 b	10.6 b	11.0 b
75 mL de extracto de frijol	11.5 c	10.5 b	9.3 b	8.8 b
100 mL de extracto de frijol	11.0 c	10.6 b	9.5 b	9.6 b

[†] Medias con la misma letra en columna son iguales (Tukey a 0.05 de probabilidad).

Cuadro 4. Comparación de medias de dS m⁻¹ observadas, conforme transcurrió el tiempo, en las mezclas de sal de cocina, agua destilada y extracto de frijol.

Tratamiento	dS m ⁻¹		
	22 horas	44 horas	264 horas
Testigo (sin extracto de frijol)	19.4 a [†]	19.1 ab	19.6 a
25 mL de extracto de frijol	16.4 b	16.4 b	15.9 b
50 mL de extracto de frijol	18.0 ab	17.7 ab	17.2 ab
75 mL de extracto de frijol	20.3 a	20.4 a	19.6 a
100 mL de extracto de frijol	18.0 ab	18.1 ab	17.2 ab

[†] Medias con la misma letra, en la misma columna, son iguales (Duncan al 0.05 de probabilidad).

los porcentajes de disminución oscilaron entre 7 y 12% con ambas dosis. A diferencia de lo anterior, con 75 mL de extracto la CE aumentó 5 y 7% cuando transcurrieron 22 ó 44 h, respectivamente, pero al término de 264 h disminuyó, para quedar igual a la que se observó en la solución testigo.

En este cuadro también se nota disminución continua de la CE, después de 22 h, en las soluciones en que se aplicaron las dosis de 25 ó 50 mL de extracto.

La realización de reacciones entre sustancias de origen vegetal y los iones, transformando a los últimos en otras sustancias, se observó cuando el extracto de frijol se mezcló con una solución con base en cloruro de sodio o sal de cocina (NaCl). En estas reacciones, a través del tiempo, se registró una disminución paulatina y continua de la CE. Después de 22 h siguieron ocurriendo reacciones que ocasionaron una disminución de la CE, lo que, a su vez, confirma en forma más clara que la planta de frijol elabora y posee sustancias que pueden reaccionar con los iones que resultan de dicha sal, y que, una vez que éstas se incorporan a una solución salina, pueden provocar que la CE disminuya.

Sin duda que con 25 mL de extracto de frijol la aplicación de Ca²⁺ fue más baja en relación con las otras dosis aplicadas, y se limitó la formación de sales de calcio insolubles debido a las bajas concentraciones de Ca²⁺ como lo señaló Williamson

(1984), causando parte de la disminución de la CE observada en las soluciones con NaCl.

Puesto que con los extractos se aplicaron importantes cantidades de K⁺, entonces también este elemento ocasionó cambios en la CE de las soluciones con NaCl, al igual que en la solución de los suelos salinos, ya que de acuerdo con Benlloch *et al.* (1994), cuando el K⁺ reacciona con el Cl⁻ forma KCl e inhibe el efecto que producen el Na⁺ y Cl⁻.

Los electrólitos fuertes o débiles que se hayan formado en las soluciones con NaCl y extracto de frijol, también pudieron ocasionar la variación de la CE en los dos experimentos realizados en condiciones de laboratorio. De tal manera que los electrólitos débiles hicieron que la CE disminuyera a través del tiempo, sobre todo con las dosis de 25 y 75 mL de extracto de frijol, en el primer experimento, y, con las dosis de 25 y 50 mL, en el segundo.

Las diferencias observadas en la disminución de la CE, en términos de porcentajes, del primero al segundo experimento, hechos con soluciones con base en cloruro de sodio, se deben a las temperaturas que ocurrieron en noviembre y diciembre; en el primer mes el promedio fue de 23 °C y, en el segundo, de 18 °C, lo cual pudo afectar la velocidad de reacciones entre las sustancias contenidas en los extractos y los iones Na⁺ y Cl⁻.

La capacidad natural de las plantas de frijol y maíz, a través de los extractos utilizados y de

las sustancias contenidas en ellos, para disminuir significativamente la CE de la solución de un suelo salino, o específicamente la capacidad de las plantas de frijol para hacer decrecer la CE de soluciones con cloruro de sodio, tiene relación con lo reportado por Qadir *et al.* (1996). Estos autores reportaron que de cuatro especies estudiadas en condiciones de cultivo en un suelo salino-sódico, *Sesbania aculeata* fue la más adecuada para reducir los procesos de salinización y sodificación del suelo.

CONCLUSIONES

- Las plantas de frijol y maíz tienen sustancias que pueden reaccionar con las moléculas de sal, por lo que cuando éstas se adicionan al suelo pueden ocasionar que la CE disminuya en la solución del mismo.
- El extracto de frijol tuvo más efecto, a través de algunas sustancias que contiene, que los extractos de maíz y garbanzo en la disminución de la CE del suelo, y, cuando éste se aplicó a una solución con cloruro de sodio, la CE disminuyó significativamente.
- En el primer experimento de laboratorio, todas las dosis del extracto de frijol ocasionaron que la CE disminuyera significativamente con relación al testigo, pero, en el segundo experimento, sólo la dosis de 25 mL de extracto indujo una disminución significativa de la CE.
- En los dos experimentos hechos en laboratorio se observó que la CE tuvo una tendencia a disminuir paulatinamente, aunque, en el primer experimento, la disminución progresiva más prominente fue con las dosis de 25 y 75 mL de extracto, respectivamente, mientras que, en el segundo experimento, la tendencia progresiva en la disminución de la CE se obtuvo con las dosis de 25 y 50 mL de extracto.

LITERATURA CITADA

Benlloch, M., M.A. Ojeda, J. Ramos y A. Rodríguez-Navarro. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between

- potassium and sodium in bean plants. *Plant Soil* 166: 117-123.
- Cepeda-Dovala, J.M. 1999. Química de suelos. Trillas. México, D.F.
- Critchley, W. y K. Siegert. 1997. Manual de captación de agua de lluvia. Versión 1991. Trad. al español por M. Anaya-Garduño. 1997. Publicación Especial 6. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Evenson, E.R. y Y. Kislev. 1976. Investigación agrícola y productividad. Editorial Tecnos. Madrid, España.
- Flowers, T.J., P.F. Troke y A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
- Gavande-Sampat, A. 1979. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Editorial Limusa. México, D.F.
- Greenway, H. y R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.
- Llerena-Villalpando, F.A. 1998. Manual de diseño e instalación de drenaje parcelario en zonas áridas y semiáridas bajo riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados-Comisión Nacional del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1980. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Editorial Continental. México, D.F.
- Miller, A. 1978. Química básica. Harper y Row Latinoamericana, (HARLA). México, D.F.
- Milton, K.S. 1971. Química, estructuras y reacciones. Editorial Continental. México, D.F.
- Morrison, R.T. y R.N. Boyd. 1973. Química orgánica. Fondo Educativo Interamericano. México, D.F.
- Plaster, J.E. 2000. La Ciencia del Suelo y su manejo. Trad. al español por P. Scott. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- Qadir, M., R.H. Qureshi, N. Ahmad y M. Ilyas. 1996. Salt-tolerant forage cultivation on a saline-sodic field for biomass production and soil reclamation. *Land Degradation Dev.* 7: 11-18.
- Qadir, A., S. Schubert, A. Ghafoor y G. Murtaza. 2001. Ameliation strategies for sodic soils. *Land Degradation Dev.* 12: 357-386.
- Rodríguez-Suppo, F. 1982. Fertilizantes-Nutrición Vegetal. Editor S. A. AGT. México, D.F.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Editorial Paraninfo. Madrid, España.
- Turrent-Fernández, A. y J.I. Cortés-Flores. 2005. Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana* 23: 265-272.
- Williamson, R.E. 1984. Calcium and the plant cytoskeleton. *Plant Cell Environ.* 7: 431-440.