

AFECTACIONES EN EL RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) PROVOCADO POR SALINIDAD

Affectations in the yield in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties caused by salinity

Raúl C. López-Sánchez^{1✉}, Ernesto Gómez-Padilla¹, Raúl Campos-Posada², Bettina Eichler-Löbermann³, Luis A. Rodríguez Larramendi⁴, Francisco Guevara-Hernández⁵ y Gisbert Gongora Mora¹

ABSTRACT. The effect of soil salinity was studied in four varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from variables related to yield and its components. The varieties were planted simultaneously on two different soils, one saline and other non-saline and distributed in a design in random blocks with four replicates. At 60 days after sowing, the measurement of plant height and the number of folioles at the moment of the harvest was determined: the number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and yield. The salt inhibition index was also determined in the variables analyzed. The results showed that bean varieties evaluated showed significant affectations in growth and yield and components variables evaluated for the presence of salinity in the soil. The VAM-13 and VAM-14 varieties can be classified as tolerant and VAM-17 and VAM-43 varieties as susceptible considering inhibition rates shown for the indicators evaluated. The salt inhibition index used allows us classifying the lines according to salt tolerance level under field conditions can complement the studies performed to optimize the performance of this crop under conditions of salt stress.

RESUMEN. Se estudió el efecto de la salinidad del suelo en cuatro líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a partir del rendimiento y sus componentes. Las líneas fueron sembradas de manera simultánea en dos suelos diferentes, uno afectado por sales y otro sin afectación, siguiendo un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas. A los 60 días después de la siembra, se realizó la medición de la altura de la planta y el número de folíolos y en el momento de la cosecha se determinaron los indicadores del rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina, masa de 100 granos y rendimiento. Se determinó, además, el índice de inhibición por la salinidad, en las variables analizadas. Los resultados obtenidos mostraron que las líneas de frijol evaluadas presentaron afectaciones significativas en las variables del crecimiento y del rendimiento por la presencia de salinidad en el suelo. Las líneas VAM-13 y VAM-14 pueden ser clasificadas como tolerantes y las líneas VAM-17 y VAM-43 como susceptibles, teniendo en cuenta los índices de inhibición mostrados para los indicadores evaluados. El índice de inhibición por la salinidad utilizado, permitió clasificar las líneas de acuerdo a su nivel de tolerancia a la salinidad en condiciones de campo, lo que puede complementar los estudios que se realizan para incrementar el rendimiento de este cultivo bajo condiciones de estrés salino.

Key words: inhibition, legumes, salinity, tolerance

Palabras clave: inhibición, leguminosas, salinidad, tolerancia

¹ Universidad de Granma. Carretera Manzanillo, km 17, Bayamo 85100, Granma, Cuba

² Universidad Autónoma de Coahuila, Barranquilla sin número, Colonia Guadalupe, Monclova, Coahuila, C. P. 25730, México

³ Departamento de Ciencias de las Plantas, Facultad de Agricultura, Universidad de Rostock. Justus-von Liebig-Weg 6 18059 Rostock, Alemania

⁴ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Facultad de Ingeniería, Sede Villa Corzo. Km. 3.0 Carretera Villa Corzo-Monterrey, Villa Corzo, C. P. 30520, Chiapas. México

⁵ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carretera Ocozocoautla-Villaflores Km. 84.5, Apdo. Postal 78, C.P.30470 Villaflores, Chiapas, México, Chiapas, México

✉ rlopezs@udg.co.cu

INTRODUCCIÓN

La salinización de los suelos puede producirse de manera natural en las zonas áridas y semiáridas del planeta, caracterizadas por escasas precipitaciones y elevadas tasas de evaporación (1). Por otra parte, el uso de agua de riego con alto contenido de sales, prácticas inapropiadas de cultivos, el uso excesivo de químicos, entre las fundamentales, marcan al hombre como principal responsable de la salinización de muchas áreas agrícolas (1,2).

Alrededor del 7 % de las tierras cultivables en el mundo están afectadas por sales y para los próximos años se estima su incremento en más de un 20 %, por lo cual se considera la salinidad uno de los problemas más importantes para la agricultura a nivel internacional (3).

Cuba, tiene una superficie agrícola alrededor de 7,08 millones de ha, presenta cerca de 1 millón de hectáreas afectadas por la salinidad y cerca de 1,5 millones presentan problemas potenciales de salinización (4). Siendo utilizadas la mayoría en la producción de cultivos importantes para la alimentación humana y animal. A esto, se le puede agregar las variaciones que están ocurriendo en los factores del clima durante los últimos años, donde las temperaturas cada vez son más altas y las sequías han sido las más prolongadas e intensas de los últimos 103 años, con incidencia directa en los cultivos (5).

En la región oriental del país se concentra más del 65 % de las áreas afectadas, de ellas existen suelos plásticos salinizados, que en total ocupan el 55 % de los suelos de la región, siendo las provincias de Santiago y Granma las más significativas con alrededor de 380 mil hectáreas, de ellas cerca del 28 y 11 %, fuertemente y muy fuertemente salinizadas, respectivamente; sin embargo, el 61 % están clasificadas como medianamente salinas, lo cual expresa el potencial crecimiento de este fenómeno en los próximos años (5).

La salinidad afecta principalmente al metabolismo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), reduciendo su crecimiento y productividad por efecto de potenciales hídricos reducidos, toxicidad iónica y desbalance nutrimental (1, 2, 6). El frijol común es una especie sensible a la salinidad, pues reduce su rendimiento en más de un 50 % a una conductividad eléctrica de saturación del extracto del suelo (CE) \geq a 2 dSm⁻¹, equivalente a 20 mM NaCl. Su tolerancia a la salinidad es muy limitada y se encuentra asociada con una tasa reducida de absorción y transporte de Na⁺ al vástago (7-9).

Aunque el frijol se ha informado como una especie sensible a la salinidad son pocos los trabajos científicos sobre el efecto del estrés salino en condiciones de campo (10). Por lo que esta investigación estuvo encaminada a evaluar el efecto de la salinidad del suelo en líneas de frijol común sobre variables de

crecimiento, rendimiento y sus componentes en condiciones de campo, además de seleccionar las de mayor tolerancia a la salinidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento, ubicado en el municipio Jiguaní, provincia Granma a 20° 22' 12" latitud Norte y 76° 27' 56" longitud Oeste, se desarrolló simultáneamente en dos áreas separadas entre sí por una distancia aproximada de 256 m. Sus suelos clasificaron dentro del Agrupamiento Fluvisol (11), el cual presentó las características químicas que se muestran en la Tabla I.

En la primera de ellas (suelo no salino), el Fluvisol perteneció al Subtipo Diferenciado y presentó un contenido de sales de 614 ppm y valores medios de CE en el extracto de saturación de 0,96 dS m⁻¹, por lo que clasifica como no salinizado, (Tabla I).

En la segunda área (suelo salino), el Fluvisol clasificó dentro del Subtipo Diferenciado, Género Salinizado, con un contenido de sales solubles totales promedio de 3 712 ppm y valores medios de conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación de 5,8 dS m⁻¹, por lo cual clasifica como suelo salinizado. Entre las sales solubles del suelo afectado se destacan por sus altas concentraciones las de cloro, sodio y los sulfatos, (Tabla I).

El análisis químico del suelo se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelos de la provincia Granma. La extracción de los cationes se realizó con solución extractora de NH₄Ac 1N a pH 7. Para la determinación del Ca²⁺ y el Mg²⁺ se utilizó el método volumétrico con EDTA, mientras que Na⁺ y K⁺ se determinaron por fotometría de llama. Los resultados se expresaron en cmol kg⁻¹ (12).

La extracción de fósforo y potasio, se realizó con solución 0,1 N de H₂SO₄ con relación suelo - solución 1:25 con tiempo de agitación de 3 min y determinación por fotometría de llama. Los aniones CO₃⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ y SO₄²⁻ se determinaron por los Métodos Unificados de la Dirección General de Suelos y Fertilizantes (13). La conductividad eléctrica (CE 25 °C) se determinó por el método de la Pasta Saturada, esta se utilizó para calcular las sales solubles totales (SST) (12). El pH (H₂O) relación suelo: solución de 1:2,5; por el método potenciométrico. La materia orgánica se determinó por el método de combustión húmeda de Walkley-Black (12).

Se utilizaron cuatro líneas de frijol común (VAM-13, VAM-14, VAM-17 y VAM-43), cuyas características y procedencia se muestran en la Tabla II. Estas líneas fueron escogidas para esta investigación por proceder de un programa de mejoramiento genético para tolerancia a la salinidad. Las semillas fueron sembradas a una distancia de 0,80 x 0,07 m. Las labores agrotécnicas del cultivo se realizaron de acuerdo con lo recomendado por la tecnología (14).

Tabla I. Características química de las dos áreas donde se desarrollaron los experimentos (0-30 cm de profundidad)

| Suelos | Cationes y aniones solubles (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | | | | | | | | Otras características | | | |
|-----------|---|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|---------|
| | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | K ⁺ | CO ₃ ⁻² | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻² | C.E (dS m ⁻¹) | SST (ppm) | pH (H ₂ O) | M.O (%) |
| No salino | 1,2 | 0,2 | 0,1 | 0,08 | 0,00 | 0,2 | 0,52 | 0,31 | 0,96 | 614 | 7 | 3 |
| Salino | 1,25 | 1,22 | 7,2 | 0,08 | 0,1 | 0,32 | 7,9 | 1,6 | 5,8 | 3712 | 8,3 | 3,3 |

Nota: CE, conductividad eléctrica; SST, sales solubles totales; MO, materia orgánica

Tabla II. Características y procedencia de las líneas de frijol utilizadas en la investigación

| Líneas | Origen | Características y procedencia | | |
|--------|---|-------------------------------|------------------|-----------------------|
| | | Color | Color de la flor | Hábito de crecimiento |
| VAM-13 | Estación de Granos Velasco, Holguín, Cuba | Negro | Moradas | I-Determinado |
| VAM-14 | | Negro | Moradas | |
| VAM-17 | | Negro | Moradas | |
| VAM-43 | | Blanco | Blancas | |

Los experimentos, fueron establecidos sobre un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas en cada variante en parcelas de 2,80 x 4,00 m (11,2 m²). Para definir el diseño empleado, se tomó en cuenta que la variabilidad espacial de la salinidad presentó una tendencia al aumento en la dirección sureste-noroeste para el suelo salinizado y, nort-sur para el no salinizado. Para su determinación se tomaron cinco muestras en cada una de las parcelas de manera aleatoria para conformar una muestra homogénea que permitió asegurar el criterio anterior sobre la salinidad presente en los suelos.

Para la evaluación de los indicadores de crecimiento se utilizaron diez plantas seleccionadas al azar por variedad y por réplicas, así como tre surcos por cada réplica.

A los 60 días, se realizó la medición de la altura de la planta y el número de folíolos, en tanto al momento de la cosecha se determinaron los componentes del rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina, masa de 100 granos y rendimiento estimado, para lo cual se tomaron todas las plantas del área de cálculo de cada una de las parcelas.

Con la finalidad de determinar las líneas de mejor comportamiento en cuanto a tolerancia a la salinidad, se determinó el índice de inhibición por la salinidad en las siguientes variables analizadas: altura de la planta, número de folíolos, el rendimiento y sus componentes, teniendo en cuenta la siguiente ecuación (15):

$$I.I = (TC - TS / TC) * 100$$

donde: I.I es el índice de inhibición, TS es el tratamiento salino, TC el tratamiento control

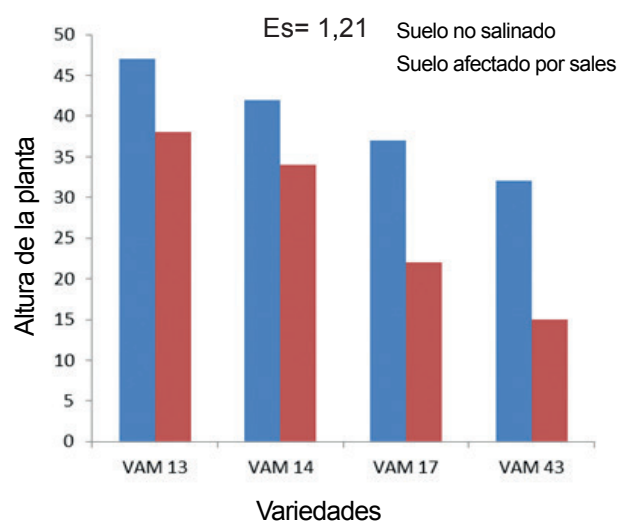
Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron analizados mediante un análisis de varianza de clasificación doble y para la comparación múltiple de medias fue utilizada la Prueba de Tukey, con un nivel de significación del 95 %.

A los índices de inhibición de los indicadores evaluados por la salinidad, se les realizó un análisis de varianza de clasificación simple y la comparación múltiple de medias fue utilizada la Prueba de Tukey, con un nivel de significación del 95 %. Todos los datos fueron procesados con el paquete *Statistic* para *Windows*, versión 10 (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las líneas mostraron disminución significativa del crecimiento y desarrollo de la planta, así como en el rendimiento y sus componentes en el suelo salinizado. El análisis de varianza para la altura de la planta, mostró diferencias significativas tanto en las líneas de frijol en condiciones normales, como en presencia de salinidad (Figura 1). Estos cultivares mostraron comportamiento diferenciado en ambas condiciones y se observó la disminución significativa de este indicador en condiciones de salinidad para los cultivares estudiados. Resulta interesante, el comportamiento de las variedades VAM-13 y VAM-14 al mostrar los mayores valores de altura de la planta, tanto en condiciones normales como en el suelo salino. En tanto la variedad VAM-43 fue la que presentó los valores menores en ambos tipos de suelos (Figura 1).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros informes, los cuales demostraron que se producen afectaciones por sales en la elongación de raíces y longitud del hipocótilo en cultivares de frijol común y señalan que, el efecto perjudicial de la salinidad pudiera ser explicado por el déficit hídrico que se produce en los tejidos foliares en crecimiento, al disminuir el turgencia celular y a cambios en la permeabilidad de las membranas (10,17,18).



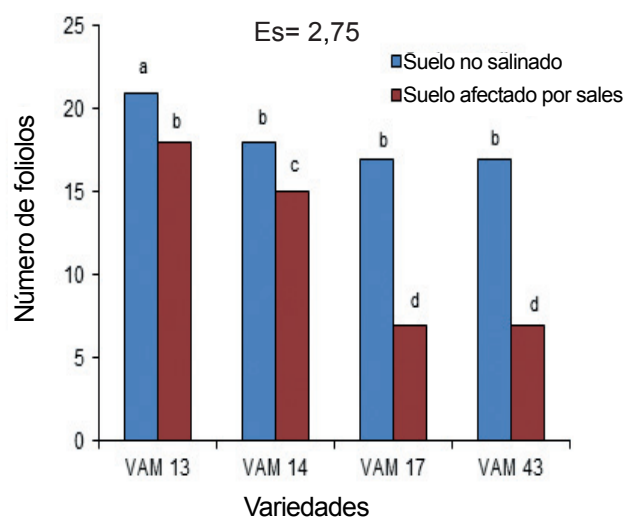
Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes al aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Altura de diferentes líneas de frijol cultivados en un suelo salino y en otro no salino, evaluadas a los 60 días después de la emergencia

Según otros autores, la salinidad afecta el crecimiento del frijol debido a la reducción del potencial hídrico de la planta, a la creación de un desequilibrio nutritivo, debido a la elevada concentración de iones Na^+ y Cl^- que pueden interferir en la nutrición mineral y el metabolismo celular (1,2,17).

Al evaluar el número de folíolos, se observó la influencia negativa de la salinidad en las líneas de frijol estudiadas al comparar este indicador para cada variedad en el suelo salino y el no salino (Figura 2). Para este indicador, la variedad VAM 13 fue la que evidenció mejor comportamiento en ambas condiciones. El resto de las líneas no mostraron diferencias significativas en suelo normal, pero sí en condiciones de suelo salino, donde las líneas VAM 17 y VAM 43, mostraron los menores valores, significativamente inferiores al resto de las líneas en ambos tipos de suelo.

La reducción del desarrollo de las plantas y el número de folíolos en suelos altamente salinizados y por ende la disminución del área fotosintéticamente activa de la planta, se puede atribuir principalmente al efecto negativo del desajuste que ocurre en el potencial osmótico en la parte aérea, el cual tiende a disminuir la toma de agua y elementos nutritivos, además de provocar toxicidad en el organismo por la absorción de iones tóxicos (19-22). El estrés salino, es uno de los factores ambientales adversos que influyen en aspectos de la fisiología de las plantas, lo que, a su vez, limita la productividad de los cultivos de interés económico. La salinidad, reduce la capacidad de las plantas para absorber agua, ocasionando una reducción en el crecimiento y número de folíolos (1,21).



Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes al aplicar la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 2. Número de folíolos de diferentes líneas de frijol cultivados en un suelo salino y en otro no salino, evaluadas a los 60 días después de la emergencia

Al evaluar indicadores del rendimiento y sus componentes bajo condiciones de un suelo no salino y el otro afectado por sales se muestra que, los componentes vainas por planta y granos por planta, evidenciaron reducciones en todas las líneas por la presencia de sales en el suelo, al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos en los suelos normales y los salinos.

En condiciones normales de suelo, no se evidenciaron diferencias entre las líneas para el indicador vainas por planta, pero si cuando fueron cultivadas en el suelo salino. Las líneas VAM 13 y VAM 14 mostraron los mejores resultados en estas condiciones, en tanto VAM 17 y VAM 43 fueron las más afectadas.

Para el indicador granos por planta las líneas VAM 13 y VAM 14 mostraron la mejor respuesta en condiciones normales y en condiciones salinas, de igual manera, la masa de 100 granos no mostró variaciones entre líneas de frijol en cada tipo de suelo pero si mostró variaciones significativas entre el suelo no salino y en el salino, por lo que se evidenció que este indicador también es afectado cuando se encuentran presentes sales en el suelo (Tabla III).

En cuanto al rendimiento en campo, se encontraron diferencias significativas entre las líneas sembradas en los dos tipos de suelo estudiados, siendo VAM 13, la que mostró mayor potencial de rendimiento en ambas condiciones, aunque resultó significativa su reducción en el suelo afectado por sales. En tanto, la variedad VAM 43, resultó la de menor rendimiento en ambas condiciones experimentales (Tabla IV).

Tabla III. Cantidad de vainas y granos por planta de diferentes líneas de frijol cultivados en un suelo salino y en otro no salino

| Líneas | Vainas por planta | | Granos por planta | |
|--------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Control | Salino | Control | Salino |
| VAM 13 | 12 ^a ± 0,85 | 8 ^b ± 0,57 | 54 ^a ± 0,67 | 40 ^c ± 1,35 |
| VAM 14 | 11 ^a ± 0,43 | 7 ^b ± 0,80 | 52 ^a ± 0,99 | 38 ^c ± 0,95 |
| VAM 17 | 10 ^a ± 0,46 | 3 ^c ± 0,97 | 49 ^b ± 1,14 | 20 ^d ± 0,55 |
| VAM 43 | 9 ^{ab} ± 0,99 | 5 ^c ± 0,39 | 46 ^b ± 1,53 | 20 ^d ± 0,78 |
| ESx | 0,11 | 0,17 | 0,31 | 0,57 |

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes al aplicar la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Tabla IV. Masa de 100 granos y el rendimiento de diferentes líneas de frijol cultivados en un suelo salino y en otro no salino

| Líneas | Masa 100 granos (g) | | Rendimiento (t ha ⁻¹) | |
|--------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | Control | Salino | Control | Salino |
| VAM 13 | 25 ^a ±0,32 | 17 ^b ±0,72 | 1,60 ^a ±0,02 | 1,40 ^b ±0,08 |
| VAM 14 | 24 ^a ±0,99 | 16,6 ^b ±0,71 | 1,44 ^b ±0,04 | 1,18 ^d ±0,05 |
| VAM 17 | 22 ^a ±1,21 | 16,3 ^b ±1,52 | 1,25 ^c ±0,08 | 0,88 ^e ±0,05 |
| VAM 43 | 22 ^a ±1,06 | 17 ^b ±0,87 | 1,10 ^d ±0,06 | 0,76 ^e ±0,04 |
| ESx | 0,21 | 0,84 | 0,11 | 0,08 |

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes al aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

El cálculo del índice de inhibición por la salinidad sobre los indicadores evaluados en las cuatro líneas de frijol estudiadas, permitió definir las líneas de mejor comportamiento. Las líneas VAM 13 y VAM 14 fueron las de menores valores de inhibición de los indicadores evaluados, en tanto que, VAM 17 y VAM 43, fueron las más susceptibles mostrando valores de inhibición significativamente superiores al resto de las líneas de frijol estudiadas (Tabla V).

Tabla V. Índice de inhibición de altura de la planta, vainas por plantas, granos por planta, peso de 100 semillas y rendimiento de diferentes líneas de frijol cultivados en un suelo salino y en otro no salino

| Líneas | Altura de la planta | Número de foliolos | Índice de inhibición | | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | Vainas plantas ⁻¹ | Granos planta ⁻¹ | Peso de 100 semillas | Rendimiento (t ha ⁻¹) |
| VAM 13 | 20 ^c ±0,45 | 14 ^c ±0,27 | 33,3 ^c ±0,61 | 25,9 ^c ±0,41 | 27,2 ^c ±0,54 | 12,5 ^c ±0,36 |
| VAM 14 | 16 ^d ±0,22 | 16,6 ^b ±0,59 | 36,3 ^c ±0,7 | 26,9 ^c ±0,13 | 33 ^a ±0,87 | 18,05 ^b ±0,2 |
| VAM 17 | 43,6 ^b ±0,52 | 58,2 ^a ±0,38 | 70 ^a ±0,85 | 59,1 ^a ±0,82 | 31,7 ^b ±0,13 | 29,6 ^a ±0,58 |
| VAM 43 | 53,6 ^a ±0,65 | 58,2 ^a ±0,61 | 44,4 ^b ±0,65 | 56,52 ^b ±0,79 | 28,5 ^c ±0,56 | 30,9 ^a ±0,9 |

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes al aplicar la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Las afectaciones que se manifiestan en condiciones de salinidad en el rendimiento de los cultivos y sus componentes son consecuencia de una serie de perjuicios químicos, fisiológicos y bioquímicos y a su vez una serie de respuestas metabólicas, enzimáticas y hormonales que experimentan desde que las plantas comienzan su proceso germinativo, hasta que concluye su ciclo biológico (18,23,24).

Sobre el efecto de la salinidad en el rendimiento y sus componentes, se han desarrollado numerosas investigaciones en diversos cultivos y los resultados coinciden en que tales afectaciones en las plantas cultivadas bajo condiciones de estrés, son debidas a las variaciones bioquímicas de los procesos fisiológicos y muy importante, la concentración y relación de las hormonas endógenas estimuladoras e inhibitoras del crecimiento y desarrollo que se reflejan en el rendimiento agrícola (25-28).

En los suelos salinos, al predominar sales de cloruro y sulfato de sodio se produce un efecto osmótico por el alto contenido de sales; sin embargo, otros tipos de daños como la toxicidad específica producida por la sobre acumulación de iones tóxicos también está presente (18). Por otro lado, se comienzan a observar interferencias en el metabolismo y daños que, como consecuencia, tienen lugar en orgánulos y membranas, alteraciones en la funcionalidad de la membrana, inhibición de la fotosíntesis, repercusión en los mecanismos de transporte y selectividad y derivación de parte de la energía metabólica de la planta, todo lo cual pudo haber inducido una disminución del crecimiento, desarrollo y del rendimiento y sus componentes en las líneas estudiadas (29,30).

En varios trabajos de evaluación de tolerancia a la salinidad, se concluyó que el rendimiento agrícola disminuye de forma significativa con el aumento de los niveles salinos y depende en gran medida del grado de tolerancia de la variedad y la especie, por ello su evaluación en condiciones de campo es importante, así como su complementación con los estudios de relaciones hídricas en la etapa vegetativa (31-33).

CONCLUSIONES

Las líneas de frijol evaluadas presentaron afectaciones significativas en los indicadores del crecimiento y del rendimiento y sus componentes evaluados por la presencia de salinidad en el suelo. Las líneas VAM 13 y VAM 14 mostraron la mejor respuesta frente al estrés salino por tener los menores valores de inhibición en los indicadores evaluados. Estos resultados permiten complementar los estudios que se realizan para lograr incrementar la supervivencia de este cultivo bajo condiciones de estrés salino.

BIBLIOGRAFÍA

- Parihar P, Singh S, Singh R, Singh VP, Prasad, SM. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015;22:4056-75.
- Agarwal PK, Shukla PS, Gupta K, Jha B. Bioengineering for salinity tolerance in plants: state of the art. *Molecular biotechnology*. 2013;54:102–123. doi:10.3390
- Kosová K, Prášil IT, Vítámvás P. Protein contribution to plant salinity response and tolerance acquisition. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14(4):6757-89.
- González LM, González MC, Ramírez R. Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas. *Cultivos Tropicales*. 2002;23(2):27-37.
- González LM, Zaldívar N, Ramírez R. Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo. *Cultivos Tropicales*. 2005;26(4):49-52.
- Shrivastava P, Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2015;22(2):123-31. doi:10.1016/j.sjbs.2014.12.001
- Keshavarz H, Sanavy S. Biochemical and morphological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to salinity stress and vitamin B12. *Int J Farm Alli Sci*. 2015;4(7):585-93.
- Calvo-Polanco M, Sánchez-Romera B, Aroca R. Mild salt stress conditions induce different responses in root hydraulic conductivity of *Phaseolus vulgaris* over-time. *PLoS One*. 2014;9(3):e90631
- Taibi K, Taibi F, Ait Abderrahim L, Ennajah A, Belkhdja M, Mulet JM. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*. 2016;105:306-12. doi:10.1016/j.sajb.2016.03.011
- Zahedi AM, Fazeli I, Zavareh M, Dorry H, Gerayeli N. Evaluation of the sensitive components in seedling growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by salinity. *Asian Journal of Crop Science*. 2012;4(4):159.
- Hernández A, Pérez J, Castro N, Bosch D. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA; 2015. 91 p.
- Paneque PVM, Calaña NJM, Calderón VM, Borges Y, Hernández, GTC, Caruncho MC. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 2010.
- MINAG. Norma Ramal Agrícola no. 279. Suelos, Análisis Químicos. Reglas generales. 1981. 63 p.
- Faure Á, Benítez R, León N, Chaveco O, Rodríguez O. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales; 2013.
- Ávila Moreno J, González LM, Obiol T, Peña L. Mejoramiento genético del arroz en la región oriental de Cuba. *Alimentaria*. 2005;42(360):107-11.
- StatSoft. Statistica (data Analysis Software System) [Internet]. Version 10. US: StatSoft, Inc.; 2011. Disponible en: <http://www.statsoft.com>
- Talaat, N., Ghoniem, AE, Abdelhamid, MT, Shawky, B. Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. *Plant Growth Regulation*. 2015;75(1):281–295.
- Adda A, Regagba Z, Latigui A, Merah O. Effect of salt stress on [Alpha]-amylase activity, sugars mobilization and osmotic potential of *Phaseolus vulgaris* L. Seeds Var.'Cocorose'and'Djadida'during germination. *Journal of Biological Sciences*. 2014;14:370.
- Sprent J, Odee DW, Dakora FD. African legumes: a vital but under-utilized resource. *Journal of Experimental Botany*. 2009;61(5). doi:10.1093/jxb/erp342
- Thiam M, Champion A, Diouf D, Ourèye SY M. NaCl Effects on *in vitro* Germination and growth of some senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Cultivars. *ISRN Biotechnology*. 2013;2013:1-11. doi:10.5402/2013/382417
- Gogile A, Andargie M, Muthuswamy M. Screening selected genotypes of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] for salt tolerance during seedling growth stage. *Pakistan journal of biological sciences*. 2013;16(14):671-9.
- de Abreu CEB, dos Santos Araújo G, de Oliveira Monteiro-Moreira AC, Costa JH, de Brito Leite H, Moreno FBMB, et al. Proteomic analysis of salt stress and recovery in leaves of *Vigna unguiculata* cultivars differing in salt tolerance. *Plant cell reports*. 2014;33(8):1289-306. doi:10.1007/s00299-014-1616-5
- Perales L, Arbona V, Gómez-Cadenas A, Cornejo M-J, Sanz A. A relationship between tolerance to dehydration of rice cell lines and ability for ABA synthesis under stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2005;43(8):786-92. doi:10.1016/j.plaphy.2005.07.002
- Pirasteh-Anosheh H, Kazemini SA, Emam Y. The differences in response of *Vigna sinensis* and *Phaseolus vulgaris* to varied salt stress levels. *WALIA journal*. 2014;30(1): 95-101.
- de Ollas C, Hernando B, Arbona V, Gómez-Cadenas A. Jasmonic acid transient accumulation is needed for abscisic acid increase in citrus roots under drought stress conditions. *Physiologia Plantarum*. 2013;147(3):296–306.
- Arnao MB, Hernández-Ruiz J. Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress. *Trends in plant science*. 2014;19(12):789–797.
- Iqbal N, Umar S, Khan NA, Khan MIR. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. *Environmental and Experimental Botany*. 2014;100:34-42. doi:10.1016/j.envepbot.2013.12.006

28. Shao T, Li L, Wu Y, Chen M, Long X, Shao H, et al. Balance between salt stress and endogenous hormones influence dry matter accumulation in Jerusalem artichoke. *Science of The Total Environment*. 2016;568:891-8. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.076
29. Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful Conditions. *Journal of Botany*. 2012;2012:1-26. doi:10.1155/2012/217037
30. Hasanuzzaman M, Nahar K, Fujita M. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. En: *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*. Springer; 2013. p. 25-87.
31. Huberty AF, Denno RF. Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. *Ecology*. 2004;85(5):1383–1398. doi:10.1890/03-0352
32. Abideen Z, Koyro H-W, Huchzermeyer B, Ahmed MZ, Gul B, Khan MA. Moderate salinity stimulates growth and photosynthesis of *Phragmites karka* by water relations and tissue specific ion regulation. *Environmental and Experimental Botany*. 2014;105:70-6. doi:10.1016/j.envexpbot.2014.04.009
33. Osakabe Y, Osakabe K, Shinozaki K, Tran L-SP. Response of plants to water stress. *Frontiers in plant science*. 2014;5:86. doi:10.3389/fpls.2014.00086

Recibido: 25 de octubre de 2016

Aceptado: 21 de agosto de 2017

