

Mitigación de NaCl por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L.

Mitigation of NaCl by effect of a biostimulant in the germination of *Ocimum basilicum* L.

Daulemys Batista Sánchez¹, Bernardo Murillo Amador^{1‡}, Alejandra Nieto Garibay¹,
Lilia Alcaráz Meléndez¹, Enrique Troyo Diéguez¹,
Luis Hernández Montiel¹ y Carlos Michel Ojeda Silvera¹

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195. Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur. 23096 La Paz, Baja California Sur, México.

[‡] Autor responsable (bmurillo04@cibnor.mx)

RESUMEN

Los bioestimulantes vegetales activan el proceso de germinación de las semillas; accionan funciones fisiológicas en las plantas, contienen sustancias propias del metabolismo vegetal, que mejoran el uso de nutrientes y son una opción para mitigar estrés por salinidad. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de un bioestimulante de origen natural (FitoMas-E[®]), como atenuante de la salinidad en la germinación de las variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) Emily, Napoletano y Nufar. Las semillas se sometieron a concentraciones de NaCl (0, 50, 100 y 150 mM) y dosis de FitoMas-E[®] (0, 0.5, 1 y 1.5 mL L⁻¹), en un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones, en condiciones controladas. Se evaluó porcentaje y tasa de germinación, altura de la plántula, longitud de radícula, biomasa fresca y seca de la radícula, biomasa fresca y seca de la parte aérea. Los resultados mostraron que la altura de la planta, longitud de la radícula, biomasa fresca de parte aérea y biomasa seca de la radícula con 150 mM de NaCl fueron las más dañadas. Napoletano y Nufar mostraron longitud de radícula mayor en 0 mM y conforme la concentración de NaCl incrementó, la longitud de radícula disminuyó significativamente para las tres variedades. Las plántulas de semillas tratadas con FitoMas-E[®], incrementaron longitud de radícula, destacando Napoletano en 1 mL L⁻¹ y Nufar con 0.5 mL L⁻¹. Napoletano mostró biomasa fresca de parte aérea mayor en 0 mM con 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®]. Las plántulas de Napoletano de semillas tratadas con 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®] incrementaron la biomasa

seca de radícula en 0 y 50 mM de NaCl. Se concluye que el FitoMas-E[®] con dosis de 0.5 y 1 mL L⁻¹ mitiga el efecto del estrés salino de moderado a severo en semillas de albahaca.

Palabras clave: salinidad, variables morfológicas, tasa de germinación, FitoMas-E[®].

SUMMARY

Biostimulants activate the process of seed germination and act in physiological functions. They contain substances of plant metabolism, which allow better use of nutrients and they can mitigate stress caused by salinity. The objective of this study was to evaluate the effect of a natural biostimulant (FitoMas-E[®]) to mitigate salinity in the stage of germination of the basil varieties (*Ocimum basilicum* L.) Emily, Napoletano and Nufar. The seeds were subjected to concentrations of NaCl (0, 50, 100 and 150 mM) and doses of FitoMas-E[®] (0, 0.5, 1 and 1.5 mL L⁻¹) under controlled conditions. The experimental design was completely randomized with factorial arrangement and four replications. The variables evaluated were germination percentage and rate, seedling height, radicle length, fresh and dry radicle biomass, fresh and dry shoot biomass. The results showed that seedling height, radicle length, fresh shoot biomass and dry radicle biomass in 150 mM were the most damaged. Napoletano and Nufar showed greater radicle length in 0 mM. As NaCl concentration increased, radicle length decreased significantly in the three varieties. Seedlings from seeds treated with FitoMas-E[®] increased radicle length; Napoletano in

Cita recomendada:

Batista Sánchez, D., B. Murillo Amador, A. Nieto Garibay, L. Alcaraz Meléndez, E. Troyo Diéguez, L. Hernández Montiel y C. M. Ojeda Silvera. 2017. Mitigación de NaCl por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L. Terra Latinoamericana 35: 309-320.

Recibido: julio de 2017. Aceptado: septiembre de 2017.
Publicado en Terra Latinoamericana 35: 309-320.

1 mL L⁻¹ and Nufar in 0.5 mL L⁻¹ were the varieties that showed higher values. Napoletano showed greater fresh shoot biomass in 0 mM with 0.5 mL L⁻¹ of FitoMas-E®. Napoletano seedlings from seeds treated with 0.5 mL L⁻¹ of FitoMas-E® increased dry radicle biomass in 0 and 50 mM of NaCl. It is concluded that FitoMas-E® at doses of 0.5 and 1 mL L⁻¹ mitigates the effect of moderate to severe saline stress on basil seeds.

Index words: *salinity, morphometric variables, germination rate, FitoMas-E®.*

INTRODUCCIÓN

En la agricultura mundial alcanzar rendimientos altos, así como cultivar diferentes especies, cada vez presenta más limitaciones debido a la salinización de los suelos, lo que limita la productividad de los cultivos (Sarwat *et al.*, 2016). La imbibición es el paso número uno para que se lleve a cabo la germinación; sin embargo, las sales disminuyen la velocidad de dicho proceso, afectando el rompimiento de las glumelas y en algunos casos, aunque las semillas alcancen el grado de humedad suficiente, las semillas no germinan (Souza-Lemes *et al.*, 2016). La acumulación de iones salinos en el embrión de la semilla durante el proceso de germinación y luego en el crecimiento de la plántula, es una de las causas fundamentales de las afectaciones del crecimiento vegetativo (Kandil *et al.*, 2017). El crecimiento y la acumulación de biomasa de los órganos vegetativos depende de la intensidad de los procesos de división y diferenciación celular, por lo que en condiciones de estrés salino, el crecimiento de las estructuras vegetativas disminuye significativamente (Kamel-Hessini *et al.*, 2015). La causa fundamental de las afectaciones del crecimiento de las plántulas en condiciones salinas, es la inhibición marcada de los procesos de síntesis que se producen en las plantas, por la acumulación de iones salinos en las células que afectan el metabolismo (Kamel-Hessini *et al.*, 2015; Ghulam-Abbas *et al.*, 2015).

En Baja California Sur, México, se han incrementado las áreas con tendencia a la salinidad debido a las condiciones climáticas de esta zona semiárida; donde el cultivo de albahaca tiene gran importancia para el mercado de exportación y representa una fuente de ingresos para muchos productores. El valor comercial de esta especie se debe a las características de sus aceites esenciales, utilizados en la industria cosmética,

farmacéutica y alimenticia. Su producción se limita por la presencia de niveles altos de sales en algunas de las áreas donde se cultiva (Heidari y Golpayegani, 2012; Tarchoune *et al.*, 2013).

Atendiendo a esta situación, es necesario proponer alternativas para lograr la germinación de las semillas en condiciones adversas ya que son la unidad de reproducción sexual de las plantas, tienen la función de aumentar y perpetuar la especie a la que pertenecen. Entre los métodos más comunes introducidos en la agricultura se reporta el uso de bioestimulantes del crecimiento vegetal, que funcionan como activadores de mecanismos fisiológicos de las plantas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y mayor crecimiento de la planta (Ojeda-Silvera *et al.*, 2015). Entre estos productos se encuentra el bioestimulante comercial denominado FitoMas-E®, derivado de la industria azucarera de Cuba con evidente influencia antiestrés; es una mezcla de sustancias orgánicas como aminoácidos, péptidos de peso molecular bajo, bases nitrogenadas e hidratos de carbono bioactivos. Estas sustancias naturales son propias del metabolismo vegetal y al estar disponibles, las plantas reducen el consumo de energía adicional para sintetizarlas, respondiendo más rápido ante condiciones estresantes (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2015). Acorde a lo planteado anteriormente, el uso de este bioestimulante es una alternativa viable para vigorizar las plantas comenzando por la germinación e incrementando la producción en áreas afectadas por salinidad. Por tal razón el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del FitoMas-E® como mitigador del estrés salino (NaCl) en la germinación de semillas de tres variedades de albahaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El experimento se realizó en condiciones controladas en el Laboratorio de Fisiotécnica Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) localizado al noroeste de la Ciudad de La Paz, B.C.S., México, a los 24° 08' 10.03" N y 110° 25' 35.31" O, a 7 m de altura sobre el nivel del mar. Se utilizaron semillas de las variedades Napoletano, Emily y Nufar (Seed Company®, USA), previo al experimento se realizó una prueba de germinación para cada variedad, utilizando la metodología ISTA (2010).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo trifactorial de $3A \times 4B \times 4C$, donde las variedades de albahaca (Napoletano, Emily y Nufar) fueron el Factor A; el Factor B fueron cuatro concentraciones de NaCl (0, 50, 100 y 150 mM) y el Factor C fueron cuatro dosis del bioestimulante natural FitoMas-E[®] (0, 0.5, 1 y 1.5 mL L⁻¹). Se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento de 30 semillas cada una. Las semillas se desinfectaron previamente mediante la inmersión en una solución de hipoclorito de calcio con 5% de cloro activo durante 5 min. Las semillas, posteriormente se lavaron con agua destilada y se colocaron en cajas Petri (150 × 15 mm) esterilizadas, cubiertas con una lámina de papel de filtro Whatman[®] No. 1, que se utilizó como sustrato. Las cajas Petri se humedecieron con las combinaciones de soluciones de FitoMas-E[®] y las concentraciones salinas (NaCl) correspondientes y posteriormente se incubaron en una cámara de germinación (Lumistell[®], modelo IES-OS, serie 1408-88-01) a una temperatura de 25 ± 1 °C, 80% de humedad y 12 h luz continua durante 14 días.

Composición del FitoMas-E[®]

Es un fitoestimulante derivado de la industria azucarera obtenido y desarrollado en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía, seleccionadas del conjunto más representado en los vegetales superiores, con un contenido de 6.94% de aminoácidos totales (16 aminoácidos) de los cuales, 50% son alifáticos y 30% aromáticos y heterocíclicos, 2.5% de sacáridos, 20% de materia orgánica, 3% de polisacáridos biológicamente activos, 1.5% de lípidos y bases nitrogenadas, 6.5% de nitrógeno total, 5.24% de potasio y 2.7% de fósforo (Montano *et al.*, 2007).

Porcentaje de Germinación

La germinación se registró diariamente hasta los 14 días, considerando como semilla germinada cuando la radícula presentó alrededor de 2 mm de longitud. El porcentaje de germinación se determinó a los 14 días. La tasa de germinación se calculó usando la ecuación de Maguire (1962): $M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{30}/t_{14}$; donde

n_1, n_2, \dots, n_{30} son el número de semillas germinadas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{14} (hasta los 14 días).

Variables Morfométricas

Para determinar la longitud de la radícula (cm) y parte aérea (cm) se seleccionaron 10 plántulas al azar por cada tratamiento y ambas variables se calcularon con un analizador de imágenes (WinRhizo[®] Regent Instruments Inc.). El peso fresco (mg) y seco de la radícula (mg) y la parte aérea (mg), se determinaron mediante una balanza analítica (Mettler Toledo[®], modelo AG204). Los tejidos vegetales divididos en parte aérea y radícula se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab[®], modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 70 °C durante 72 h hasta que se obtuvo la deshidratación completa y se determinó el peso seco.

Análisis Estadísticos

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD, $P \leq 0.05$). En todas las variables, los valores promedio se consideraron significativamente diferentes cuando $P \leq 0.05$. Los datos de porcentaje de germinación se transformaron mediante arcoseno (Steel y Torrie, 1995). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows[®] (StatSoft[®] Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de Germinación

El porcentaje de germinación (PG) mostró diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E[®], las interacciones variedades × NaCl y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E[®]. El análisis de la interacción variedades × NaCl mostró que las tres variedades lograron el valor mayor de PG en 0 mM de NaCl (Cuadro 1) y conforme aumentó el nivel de NaCl de moderado a severo, disminuyó el PG, siendo más notable en concentraciones de 100 y 150 mM. En la triple interacción, los resultados mostraron que las tres variedades incrementaron el PG en aquellas semillas a las que se les aplicó FitoMas-E[®], aún con los efectos de concentraciones salinas de moderadas a severas el incremento registrado fue significativo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Efecto de la interacción de variedades × NaCl en el porcentaje de germinación y variables morfológicas de plántulas de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades de albahaca | NaCl | PG | LR | AP | BFPA | BSR |
|------------------------|------|---------------------------|----------------|--------------|------------------|--------------|
| | mM | % | ----- cm ----- | | ----- mg ----- | |
| Napoletano | 0 | 99.79±0.83 a [†] | 5.21±0.15 a | 1.41±0.66 a | 328.27±72.48 a | 7.52±1.44 a |
| | 50 | 98.12±3.65 a | 3.02±0.23 e | 1.21±0.8 b | 285.06±56.88 b | 7.44±1.42 a |
| | 100 | 92.28±6.86 cd | 1.93±0.24 f | 0.79±0.45 d | 220.26±54.83 efg | 5.26±1.58 c |
| | 150 | 90.41±5.82 d | 1.16±0.12 g | 0.45±0.38 ef | 190.76±49.07 h | 2.92±1.48 e |
| Emily | 0 | 100.00±0.00 a | 4.18±0.19 c | 1.13±0.74 b | 277.48±55.09 bc | 6.51±0.94 b |
| | 50 | 95.00±6.32 b | 3.09±0.20 e | 0.89±0.86 c | 227.69±80.52 def | 6.13±0.78 b |
| | 100 | 91.25±5.15 cd | 1.60±0.14 f | 0.50±0.45 e | 245.80±49.80 def | 4.65±1.36 cd |
| | 150 | 91.04±8.05 cd | 0.73±0.03 h | 0.24±0.16 g | 191.23±78.05 gh | 1.63±0.78 f |
| Nufar | 0 | 100.00±0.00 a | 5.68±0.17 a | 1.18±1.14 b | 248.88±61.73 cde | 6.61±2.16 b |
| | 50 | 97.91±3.42 a | 3.55±0.19 d | 0.92±0.82 c | 256.22±83.33 c | 6.10±1.86 b |
| | 100 | 92.91±5.29 bcd | 1.85±0.14 f | 0.51±0.17 e | 242.44±80.82 def | 3.99±1.56 d |
| | 150 | 93.33±8.07 bc | 0.80±0.07 h | 0.35±0.15 f | 175.49±70.66 h | 2.92±0.81 e |
| Nivel de significancia | | 0.00001 | 0.00001 | 0.0024 | 0.00001 | 0.0001 |

PG = porcentaje de germinación; LR = longitud de radícula; AP = altura de la plántula; BSR = biomasa seca de radícula. [†]Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

Para la interacción variedades × dosis de FitoMas-E[®] no se encontró diferencia significativa; sin embargo, el análisis mostró una tendencia de incremento del PG cuando a las semillas que se les aplicó FitoMas-E[®] en dosis de 0.5, 1 y 1.5 mL L⁻¹ (Cuadro 3).

Efecto de la Interacción del Estrés Salino y FitoMas-E[®] en la Tasa y Porcentaje de Germinación

El FitoMas-E[®] presentó actividad antiestrés al NaCl en las tres variedades de albahaca, esta respuesta se debe a que contiene ácido glutámico, el cual actúa como agente osmótico del citoplasma de las células protectoras (Viñals-Verde *et al.*, 2011). Los resultados observados en el PG se deben a que al aumentar los niveles de NaCl, impiden una imbibición correcta y ocurre una inhibición del crecimiento del eje embrionario por un retraso de la movilización de reservas y a los disturbios de la membrana causado por la salinidad (Lamz-Piedra y González-Cepero, 2013, 2015). El fenómeno inhibitorio que se presentó en la germinación de las variedades de albahaca Emily, Napoletano y Nufar, se atribuyó a la toxicidad provocada por el exceso de NaCl, al estrés osmótico o a ambos, como lo han demostrado otros estudio (Khan y Rizvi, 1994; Khan y Ungar, 1998; Song *et al.*, 2005).

La salinidad pospone la iniciación de los procesos de germinación y reduce el número total de semillas germinadas, además influye de manera letal en la germinación, principalmente al disminuir el potencial osmótico de la solución del suelo para retardar la absorción de agua por las semillas y también por la toxicidad al embrión (Agüero-Fernández *et al.*, 2016). Estudios de estrés salino en otras especies apoyan lo que se ha comentado anteriormente. En hortalizas se incrementó la presión osmótica desde -0.33 hasta -0.86 Mpa y la germinación se redujo en 50% (Colla *et al.*, 2010). También se reportan diferencias en la germinación entre cultivares de garbanzo por efecto de soluciones salinas donde se obtuvo un porcentaje de germinación mayor en ILC-482 y Barkla y un potencial de agua de -0.03 MPa (Esechie *et al.*, 2002). En otras variedades de garbanzo se encontró que la germinación de Gokce y AKN-97 fue similar, pero fueron superiores a Uzunlu-99 (Kaya *et al.*, 2008). Las sales alteran el funcionamiento correcto de la membrana y de la pared celular, porque el NaCl afecta la permeabilidad de las membranas plasmáticas e incrementa el influjo de iones externos y el flujo de solutos citosólicos en las células de las plantas. El NaCl también causa un aumento en la conductividad hídrica de la membrana plasmática, lo que afecta el potencial del citosol,

Cuadro 2. Efecto de la interacción de variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E® en el porcentaje de germinación de tres variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades | NaCl | FitoMas-E® | Porcentaje de germinación |
|------------|------|--------------------|---------------------------|
| | mM | mL L ⁻¹ | % |
| Napoletano | 0 | 0 | 99.16±1.67 a [†] |
| | 0 | 0.5 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.0 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.5 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 0 | 92.50±3.19 cdef |
| | 50 | 0.5 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 1.0 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 1.5 | 100.00±0.00 a |
| | 100 | 0 | 81.65±1.91 ij |
| | 100 | 0.5 | 96.66±2.72 abcde |
| | 100 | 1.0 | 94.16±3.19 abcdef |
| | 100 | 1.5 | 96.66±2.72 abcde |
| | 150 | 0 | 81.6±61.92 ij |
| | 150 | 0.5 | 95.83±1.67 abcde |
| | 150 | 1.0 | 91.66±3.33 def |
| | 150 | 1.5 | 92.50±1.67 cdef |
| Emily | 0 | 0 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 0.5 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.0 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.5 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 0 | 85.00±1.92 ghi |
| | 50 | 0.5 | 96.66±2.72 abcde |
| | 50 | 1.0 | 99.16±1.67 ab |
| | 50 | 1.5 | 99.16±1.67 ab |
| | 100 | 0 | 84.16±3.19 hij |
| | 100 | 0.5 | 94.16±1.67 abcdef |
| | 100 | 1.0 | 93.33±2.72bcdef |
| | 100 | 1.5 | 93.33±4.71 bcdef |
| | 150 | 0 | 78.33±4.30 j |
| | 150 | 0.5 | 95.83±3.19 abcde |
| | 150 | 1.0 | 94.16±1.67 abcdef |
| | 150 | 1.5 | 95.83±1.67 abcde |

[†] Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

Cuadro 2 (continuación). Efecto de la interacción de variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E® en el porcentaje de germinación de tres variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades | NaCl | FitoMas-E® | Porcentaje de germinación |
|------------------------|------|--------------------|----------------------------|
| | mM | mL L ⁻¹ | % |
| Nufar | 0 | 0 | 100.00±0.00 a [†] |
| | 0 | 0.5 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.0 | 100.00±0.00 a |
| | 0 | 1.5 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 0 | 92.50±1.67 cdef |
| | 50 | 0.5 | 99.16±1.67 ab |
| | 50 | 1.0 | 100.00±0.00 a |
| | 50 | 1.5 | 100.00±0.00 a |
| | 100 | 0 | 88.33±6.94 fgh |
| | 100 | 0.5 | 95.00±4.30 abcde |
| | 100 | 1.0 | 90.83±1.67 efg |
| | 100 | 1.5 | 97.50±1.67 abcd |
| | 150 | 0 | 80.00±1.67 ij |
| | 150 | 0.5 | 97.50±1.92 abcd |
| | 150 | 1.0 | 98.33±1.67 abc |
| 150 | 1.5 | 97.50±1.67 abcd | |
| Nivel de significancia | | | 0.0001 |

[†] Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

la extensibilidad celular, endurecimiento de la pared celular, repercutiendo negativamente en la germinación de las semillas (Katembe *et al.*, 1998). La reducción de la germinación en condición salina se debe al hecho de que la latencia se incrementa en las semillas por estrés salino. El fenómeno inhibitorio ocurrido en el proceso de germinación para todas las variedades de albahaca estudiadas, se atribuye al estrés osmótico o a la toxicidad provocada por exceso de Na⁺. Resultados similares encontró Reyes-Pérez *et al.* (2013) al observar que el porcentaje de germinación de las variedades de albahaca Napoletano y Emily, disminuyó en 50 y 100 mM de NaCl. Cuando las semillas de las tres variedades se trataron con FitoMas-E®, se incrementó el porcentaje de germinación, lo cual se explica por el efecto mitigador del bioestimulante, relacionado con la presencia en su composición química de aminoácidos, entre los que destacan como mayoritarios, alanina, glicina, triptófano, valina, leucina y lisina, algunos de ellos con comprobado efecto en la actividad metabólica de las plantas, además contiene péptidos, carbohidratos y macroelementos (N, P, K), que favorecen el desarrollo

rápido de tejidos y órganos en las plantas, forman parte de proteínas y enzimas (Viñals-Verde *et al.*, 2011). Otro aminoácido que contiene este bioestimulante es el L-triptófano, que es importante como precursor de la síntesis de las auxinas, fitohormonas que realizan funciones primordiales en el crecimiento y división celular; además contiene ácido glutámico que actúa como metabolito fundamental en la formación de tejidos vegetales (Castillo *et al.*, 2011).

Variables Morfométricas

Para longitud de radícula (LR) se observaron diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E®, las interacciones variedades × NaCl, variedades × dosis de FitoMas-E® y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®. El análisis de la interacción variedades × NaCl mostró a Napoletano y Nufar con LR mayor en 0 mM de NaCl y conforme la concentración de NaCl fue mayor, la LR disminuyó significativamente para las tres variedades, siendo más acentuado en las variedades Emily y Nufar en

Cuadro 3. Efecto de la interacción variedades × dosis de FitoMas-E® en el porcentaje de germinación y variables morfológicas de plántulas de tres variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades | FitoMas-E® | PG | LR | BFR | BFPA | BSR |
|------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|-----------------|------------------|---------------|
| | mL L ⁻¹ | % | cm | ----- mg ----- | | |
| Napoletano | 0 | 88.7±7.97 a [†] | 2.19±1.59 e | 83.41±41.54 de | 214.53±100.93 cd | 4.45±2.72 ef |
| | 0.5 | 98.1±2.42 a | 3.20±1.50 b | 120.36±40.85 a | 321.28±81.53 a | 7.55±2.21 a |
| | 1.0 | 96.4±4.30 a | 3.29±1.84 a | 105.73±43.37 ab | 257.11±45.25 b | 6.10±1.79 b |
| | 1.5 | 97.2±3.49 a | 2.62±1.54 d | 81.42±28.99 de | 211.43±45.86 d | 5.04±1.58 cde |
| Emily | 0 | 86.8±8.65 a | 1.65±1.19 f | 58.65±32.65 f | 167.18±72.54 e | 3.92±2.13 f |
| | 0.5 | 96.6±2.98 a | 3.07±1.67 bc | 104.66±44.57 ab | 306.68±52.95 a | 5.55±2.10 bcd |
| | 1.0 | 96.6±3.44 a | 2.69±1.46cd | 91.96±37.09 bcd | 244.68±20.11 bc | 4.92±1.94 de |
| | 1.5 | 97.0±3.63 a | 2.19±1.32 e | 73.26±35.67 ef | 223.65±56.09 cd | 4.54±2.33 ef |
| Nufar | 0 | 90.2±8.12 a | 1.90±1.47 ef | 59.65±25.13 f | 145.20±49.09 e | 2.79±0.88 g |
| | 0.5 | 97.9±2.95 a | 3.65±1.97 a | 100.36±33.93 bc | 312.51±39.36 a | 6.23±1.83 b |
| | 1.0 | 97.2±4.08 a | 3.28±2.06 ab | 92.16±40.29 bcd | 265.14±47.46 b | 5.77±2.17 bc |
| | 1.5 | 98.7±1.67 a | 3.05±2.28 bc | 84.25±44.03 cde | 240.18±34.81 bcd | 4.83±2.14 de |
| Nivel de significancia | | 0.135 | 0.00004 | 0.010 | 0.00001 | 0.00001 |

PG = porcentaje de germinación; LR = largo de radícula; AP = biomasa fresca de radícula; BFPA = biomasa fresca parte aérea. BSR = biomasa seca de radícula. [†] Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

150 mM de NaCl (Cuadro 1). Para la interacción variedades × dosis de FitoMas-E®, el análisis mostró que las tres variedades incrementaron la LR cuando se aplicó FitoMas-E®, siendo Napoletano con dosis de 1 mL L⁻¹ y Nufar con dosis de 0.5 mL L⁻¹ las que alcanzaron mayor LR (Cuadro 3).

La interacción variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®, mostró que Napoletano en 0 mM, con dosis de FitoMas-E® de 1 mL L⁻¹ y Nufar en 0 mM de NaCl con las tres dosis de FitoMas-E® lograron LR mayores. Los resultados mostraron que las tres variedades en estudio incrementaron la LR en aquellas plántulas cuyas semillas se trataron con FitoMas-E® aún y cuando estas se encontraban sometidas al estrés por NaCl, siendo 0.5 mL L⁻¹ la dosis más efectiva (Cuadro 4).

Para altura de la plántula (AP) se encontraron diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E®, las interacciones variedades × NaCl y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®, mientras que la interacción variedades × dosis de FitoMas-E® no mostró diferencia significativa para esta variable. Al analizar las interacciones se encontró que para variedades × NaCl, la variedad Napoletano en 0 mM mostró altura mayor y conforme las concentraciones salinas fueron de moderadas a severas, disminuyó

la AP en las tres variedades, siendo Emily en 150 mM la más afectada (Cuadro 1). En la triple interacción variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E® se observó AP mayor en Napoletano con 0 mM y 1 mL L⁻¹ de FitoMas-E®. Para las tres variedades la AP fue mayor en las plántulas tratadas con el bioestimulante, aún y cuando estas se encontraban en estrés salino de moderado a severo (Cuadro 4).

La biomasa fresca de radícula (BFR) mostró diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E®, las interacciones variedades × dosis de FitoMas-E® y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®. Para la interacción variedades × NaCl no se encontró diferencia significativa. En el análisis de las interacciones, los resultados revelaron que para variedades × dosis de FitoMas-E®, la BFR mayor correspondió a las plántulas procedentes de semillas tratadas con la dosis de 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E® en las tres variedades (Cuadro 4), por lo que se considera una dosis estimulante para el desarrollo de esta variable. En la triple interacción, los resultados revelaron que las tres variedades incrementaron la BFR en las plántulas procedentes de semillas tratadas con FitoMas-E®, aún con los efectos del estrés por NaCl de moderado a severo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la interacción variedades × niveles salinidad × dosis de FitoMas-E® en variables morfológicas de plántulas de tres variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades | NaCl | FitoMas® | LR | AP | BFPA | BFR | BSR |
|------------|------|--------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | mM | mL L ⁻¹ | cm | | | mg | |
| Napoletano | 0 | 0 | 4.63±0.64 cde [†] | 1.36±0.18 abc | 362.50±8.62 ab | 106.87±9.73 defghi | 6.40±0.54 cdefghijk |
| | 0 | 0.5 | 5.17±0.16 b | 1.33±0.11 abc | 423.15±34.26 a | 110.77±6.65 cdefgh | 9.67±0.53 a |
| | 0 | 1.0 | 6.04±0.38 a | 1.42±0.10 abc | 270.65±11.70 defghij | 116.30±35.30 bcdef | 7.25±0.62 cdefg |
| | 0 | 1.5 | 5.00±0.41 c | 1.54±0.13 a | 256.80±8.96 efghijk | 116.72±6.55 bcdef | 6.77±0.84 cdefghi |
| | 50 | 0 | 2.13±0.34 jklmn | 0.90±0.16 h | 230.80±19.75 hijkl | 105.25±17.71 defghi | 7.40±0.41 bcdef |
| | 50 | 0.5 | 3.89±0.17 efg | 1.26±0.13 bcde | 355.47±25.87 abc | 126.00±15.25 bcde | 9.32±0.46 a |
| | 50 | 1.0 | 3.56±0.24 gh | 1.48±0.07 ab | 315.82±3.07 bcde | 154.95±14.18 a | 7.47±0.46 bcde |
| | 50 | 1.5 | 2.48±0.40 ijk | 1.21±0.05 cdef | 238.15±19.33 fghijk | 178.25±3.92 a | 5.57±0.22 efghijklm |
| | 100 | 0 | 1.35±0.17 mnñop | 0.46±0.01 klmnño | 158.47±33.17 lmnñ | 72.15±5.20 hijklm | 3.20±0.49 qrstu |
| | 100 | 0.5 | 2.35±0.14 jkl | 0.91±0.17 h | 287.10±22.31 cdefghi | 72.45±26.98 hijklm | 6.67±0.75 cdefghi |
| | 100 | 1.0 | 2.07±0.30 jklmn | 0.89±0.19 h | 236.05±27.27 ghijk | 99.12±23.96 defghij | 6.12±1.42 defghijk |
| | 100 | 1.5 | 1.94±0.38 jklmnñ | 0.89±0.14 hi | 199.42±27.05 klmn | 111.40±13.92 cdefgh | 5.07±0.58 ijklmnñopq |
| | 150 | 0 | 0.67±0.12 pqr | 0.30±0.04 nñopq | 106.35±5.60 ññ | 24.72±4.07 ño | 0.82±0.34 w |
| | 150 | 0.5 | 1.40±0.30 mnñop | 0.44±0.10 klmnñop | 219.42±10.55 jklm | 41.12±3.44 lmnño | 4.55±0.41 klmnñopq |
| | 150 | 1.0 | 1.49±0.23 lmnñop | 0.55±0.09 klmn | 205.92±20.59 klmn | 52.57±13.41 klmnño | 3.57±0.74 ñopqrstu |
| 150 | 1.5 | 1.07±0.14 ñopqr | 0.50±0.05 klmnñop | 151.37±25.19 mnñ | 75.07±7.60 ghijklm | 2.75±0.26 rstuvw | |
| Emily | 0 | 0 | 3.36±0.36 ghi | 0.87±0.08 hij | 236.75±7.81 fghijk | 78.50±7.34 fghijkl | 6.00±1.36 efghijkl |
| | 0 | 0.5 | 4.98±0.28 cd | 1.19±0.08 cdef | 358.80±9.04 abc | 126.55±15.93 bcde | 6.50±1.01 cdefghijk |
| | 0 | 1.0 | 4.56±0.57 cdef | 1.30±0.12abcd | 268.50±14.45 defghijk | 109.22±21.28 cdefgh | 6.77±0.45 cdefghi |
| | 0 | 1.5 | 3.84±0.29 efg | 1.18±0.10 cdefg | 245.90±48.56 efghijk | 103.35±5.06 defghij | 6.77±0.90 cdefghi |
| | 50 | 0 | 1.99±0.21 jklmnñ | 0.58±0.06 klm | 101.42±5.59 ñ | 97.20±10.94 defghij | 5.35±0.50 ghijklmnñ |
| | 50 | 0.5 | 4.16±0.44 defg | 0.97±0.10 fgh | 306.12±4.19 bcdefg | 149.42±18.40 ab | 6.87±0.63 cdefghi |
| | 50 | 1.0 | 3.37±0.43 ghi | 0.98±0.09 fgh | 232.95±16.72 hijk | 131.35±31.78 bcd | 6.52±0.46 cdefghij |
| | 50 | 1.5 | 2.84±0.50 hij | 1.05±0.06 defgh | 270.27±13.17 defghijk | 102.52±7.79 defghij | 5.80±0.54 efghijkl |
| | 100 | 0 | 0.83±0.08 pqr | 0.28±0.04 nñopq | 236.55±20.81 fghijk | 40.87±4.52 lmnño | 3.37±0.41 pqrstu |
| | 100 | 0.5 | 2.20±0.28 jklm | 0.53±0.07 klmnño | 288.47±87.88 bcdefghi | 103.02±18.19 defghij | 6.50±1.28 cdefghij |
| | 100 | 1.0 | 1.88±0.15 klmnño | 0.60±0.05 kl | 227.92±8.68 ijkl | 80.62±2.67 fghijkl | 4.12±0.36 lmnñopqr |
| | 100 | 1.5 | 1.48±0.12 lmnñop | 0.58±0.09 klm | 230.2729.67 hijkl | 63.12±21.60 jklmnñ | 4.62±0.44 jklmnñop |
| | 150 | 0 | 0.43±0.03 qr | 0.23±0.03 q | 94.02±3.47 ñ | 18.02±2.48 o | 0.97±0.22 vw |
| | 150 | 0.5 | 0.93±0.08 pqr | 0.27±0.03 opq | 273.35±25.56 defghijk | 39.65±7.63 mnño | 2.32±0.69 stuvw |
| | 150 | 1.0 | 0.96±0.15 opqr | 0.25±0.02 pq | 249.37±10.72 efghijk | 46.67±6.11 lmnño | 2.27±0.22 stuvw |
| 150 | 1.5 | 0.59±0.17 pqr | 0.22±0.02 q | 148.17±33.27 mnñ | 24.07±9.89 ño | 0.97±0.33 vw | |

LR = largo de radícula; AP = altura de la plántula; BFPA = biomasa fresca parte aérea; BFR = biomasa fresca de radícula; BSR = biomasa seca de radícula. † Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

Cuadro 4 (continuación). Efecto de la interacción variedades × niveles salinidad × dosis de FitoMas-E® en variables morfológicas de plántulas de tres variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl y un bioestimulante.

| Variedades | NaCl | FitoMas® | LR | AP | BFPA | BFR | BSR |
|------------------------|------|--------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | mM | mL L ⁻¹ | cm | | | mg | |
| Nufar | 0 | 0 | 4.06±0.18 defg [†] | 0.95±0.11 gh | 218.00±31.96 jklm | 75.10±8.60 ghijklm | 3.57±0.17 ñopqrstu |
| | 0 | 0.5 | 6.18±0.57 a | 1.17±0.07 cdfg | 338.85±27.16 bcd | 113.92±10.01 cdefg | 8.35±0.47 ab |
| | 0 | 1.0 | 6.28±0.38 a | 1.27±0.11 bcde | 200.32±9.08 klmn | 104.52±13.93 defghi | 7.05±1.01 cdefgh |
| | 0 | 1.5 | 6.20±1.14 a | 1.34±0.02 abc | 238.35±43.08 fghijk | 123.85±31.17 bcde | 7.47±2.10 bcde |
| | 50 | 0 | 2.21±0.25 jklm | 0.63±0.16 ijk | 139.10±27.71 ñ | 87.40±8.38 efghijk | 3.60±0.29 ñopqrs |
| | 50 | 0.5 | 4.59±0.30 cde | 1.04±0.05 efgh | 338.22±38.71 bcd | 135.20±18.45 bc | 7.37±0.51 bcdef |
| | 50 | 1.0 | 3.62±0.17 fgh | 1.01±0.01 fgh | 310.52±7.73 bcdef | 133.15±12.80 bcd | 7.87±1.16 abcd |
| | 50 | 1.5 | 3.77±0.31 efgh | 1.02±0.02 efgh | 237.05±26.82 fghijk | 118.60±8.99 bcdef | 5.55±0.64 efghijklm |
| | 100 | 0 | 0.97±0.20 opqr | 0.31±0.06 ñop | 119.39±1.50 ñ | 49.10±8.93 klmnño | 1.85±0.51 uvw |
| | 100 | 0.5 | 2.57±0.17 ijk | 0.58±0.06 klmn | 303.27±1.32 bcdefgh | 101.87±7.95 defghij | 5.25±0.19 hijklmnño |
| | 100 | 1.0 | 2.36±0.25 jkl | 0.63±0.06 jk | 300.17±23.38 bcdefgh | 100.07±14.85 defghij | 5.47±0.39 fghijklmnño |
| | 100 | 1.5 | 1.49±0.33 lmño | 0.53±0.08 klmn | 246.95±50.13 efghijk | 67.42±12.76 ijklmn | 3.40±0.24 opqrstu |
| | 150 | 0 | 0.38±0.04 r | 0.27±0.04 opq | 104.31± ñ | 27.00±4.45 ño | 2.15±0.31 tuvw |
| | 150 | 0.5 | 1.24±0.14 ñopqr | 0.41±0.06 klmnño | 269.70±33.85 defghijk | 50.45±7.95 klmnño | 3.95±0.54 mnñoqrs |
| | 150 | 1.0 | 0.88±0.07 pqr | 0.36±0.05 lmño | 249.55±16.27 efghijk | 30.92±3.07 ño | 2.70±0.54 rstuvw |
| | 150 | 1.5 | 0.72±0.28 pqr | 0.34±0.07 mlño | 238.40±29.80 fghijk | 27.12±9.33 ño | 2.90±0.58 rstuv |
| Nivel de significancia | | | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.014 | 0.0000 |

LR = largo de radícula; AP = altura de la plántula; BFPA = biomasa fresca parte aérea; BFR = biomasa fresca de radícula; BSR = biomasa seca de radícula. † Valores promedio con literales distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $P \leq 0.05$).

En la biomasa fresca de la parte aérea (BFPA) los resultados revelaron diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E®, las interacciones variedades × NaCl, variedades × dosis de FitoMas-E® y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®. El análisis de la interacción variedades × NaCl mostró mayor BFPA en Napoletano en 0 mM y conforme la concentración de NaCl incrementó, se apreció una disminución significativa de la BFPA siendo la variedad Nufar en 150 mM la más afectada (Cuadro 1). En la triple interacción, las plántulas de Napoletano en 0 mM con 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E® presentaron valor superior de BFPA, mientras que el análisis de la interacción variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E® mostró que las tres variedades incrementaron la BFPA aún en condiciones de estrés por NaCl (Cuadro 4).

La biomasa seca de radícula (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades, NaCl, dosis de FitoMas-E®, las interacciones variedades × NaCl, variedades × dosis de FitoMas-E® y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E®. El análisis de la interacción variedades × NaCl, mostró que Napoletano en 0 y 50 mM presentó una BSR mayor; sin embargo, al incrementar la concentración de NaCl, la BSR disminuyó significativamente hasta llegar a su valor menor en la variedad Emily en 150 mM de NaCl (Cuadro 1); para la interacción variedades × dosis de FitoMas-E®, los resultados mostraron un incremento significativo de esta variable en las plántulas procedentes de semillas a las que se les aplicó bioestimulante y con la dosis de 0.5 mL L⁻¹ (Cuadro 3). Al analizar la interacción variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E® se observó

que las plántulas cuya semilla se trató con FitoMas-E[®], mostraron un incremento en la BSR aún con el estrés por NaCl y fue Napoletano con la dosis de 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®] en 0 y 50 mM de NaCl la variedad que logró una BSR mayor (Cuadro 4).

Para la biomasa seca de la parte aérea (BSPA) se encontraron diferencias significativas entre variedades y NaCl. Para dosis de FitoMas-E[®] no se encontró diferencias significativas. Las interacciones variedades × NaCl, variedades × dosis de FitoMas-E[®] y variedades × NaCl × dosis de FitoMas-E[®], no mostraron diferencias significativas.

Efecto de la Interacción del Estrés Salino y el FitoMas-E[®] en las Variables Morfométricas

El análisis de la interacción variedades × NaCl mostró que la longitud de radícula disminuyó significativamente en las tres variedades conforme se incrementó la concentración de NaCl (Cuadro 1). La reducción en el crecimiento de la raíz en estrés por NaCl, se debe a varios factores, entre ellos a un potencial de agua reducido del medio externo, a la interferencia de los iones salinos con la nutrición de las plantas o a la toxicidad de iones acumulados que conducen a la muerte celular en algunos casos (Lamz-Piedra y González-Cepero, 2015). Los resultados en este estudio coinciden con lo planteado por Batista-Sánchez *et al.* (2015) quienes afirman que a nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua por lo que afectan el crecimiento de estos órganos, disminuye considerablemente la cantidad de raicillas adsorbentes, afectando la absorción de agua y nutrientes. La reducción en el desarrollo de la raíz, puede ser por un efecto osmótico, por el NaCl o porque las plántulas no tienen absorción de nutrientes balanceada (Bor *et al.*, 2003).

El incremento de la mayoría de las variables morfométricas evaluadas procedentes de semillas tratadas con FitoMas-E[®], se debe a que este bioestimulante contiene quelatos de aminoácidos y de carbohidratos que son de absorción rápida, tienen una movilidad mayor dentro de la planta una vez que se absorben y poseen propiedades estimulantes del crecimiento radicular (Ruisánchez *et al.*, 2013; Batista-Sánchez *et al.*, 2015). En este estudio, fue evidente la influencia que el FitoMas-E[®] ejerció en la longitud de la radícula, lo que confirma la capacidad de estimular

los procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas, tal como lo señalaron Castillo *et al.* (2011) quienes atribuyen este efecto a los mecanismos de acción bioestimulante, con aminoácidos de acción auxínica, hormonas que intervienen en el crecimiento de las diferentes partes de las plantas. La altura de las plántulas también se incrementó en las tres variedades respecto al control, en aquellas plántulas procedentes de semillas que se trataron con el bioestimulante. Resultados similares obtuvo Viñals-Verde *et al.* (2011) con el uso de FitoMas-E[®] en plantas de tomate, en las cuales se incrementó la altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro del fruto, número de frutos y peso del fruto. Acorde con Castillo *et al.* (2011) el bioestimulante contiene serina, aminoácido que interviene en los mecanismos de resistencia de las plantas a condiciones de estrés, ayudando a mantenerla en condiciones vigorosas. La aplicación exógena de FitoMas-E[®], estimula la elongación y la división celular en segmentos de tallos favoreciendo la altura de las plantas, por lo que promueve el crecimiento en general (Curbelo *et al.*, 2007). Se ha demostrado que las afectaciones en el crecimiento y la acumulación de biomasa en las plantas sometidas a condiciones salinas, se mantienen a través de todo su ciclo vegetativo, incluyendo las primeras etapas como la germinación y la emergencia (Murillo-Amador *et al.*, 2001), por lo que es importante realizar estudios de tolerancia a estrés por NaCl en etapas posteriores del crecimiento en *Ocimum basilicum*. La acumulación de iones salinos en el embrión de la semilla en germinación y luego en la plántula, es una de las causas fundamentales de las afectaciones del crecimiento y acumulación de biomasa, por lo que requiere atención especial durante el período inicial de crecimiento de las plántulas y se caracteriza por las variaciones que ocurren en los procesos del metabolismo de las plantas (Khaliq *et al.*, 2014).

La acumulación de biomasa de los órganos vegetativos, al igual que el crecimiento de las plántulas, dependen de la asimilación de nutrientes, así como de la intensidad de los procesos de división y elongación celular, por lo que en condiciones de estrés salino, el crecimiento de las estructuras vegetativas disminuye significativamente y con mayor intensidad, a medida que aumenta la concentración de sales en el sustrato (Kamel-Hessini *et al.*, 2015). En este estudio fue evidente que las plántulas de semillas tratadas

con el bioestimulante FitoMas-E[®], incrementaron significativamente su biomasa, aún en condiciones de estrés por NaCl. Estos resultados se deben a que la planta recibe aminoácidos biológicamente activos de rápida absorción y traslación, lo cual reduce el gasto de energía metabólica para la síntesis de proteínas, favoreciendo un incremento en la síntesis de solutos orgánicos, lo cual beneficia su crecimiento, desarrollo y acumulación de biomasa. También se relaciona con la presencia de ácido glutámico en el FitoMas-E[®], el cual actúa como agente osmótico del citoplasma y en el reajuste del potencial hídrico intracelular. Resultados similares obtuvo Batista-Sánchez *et al.* (2015) en la etapa de emergencia de las plantas de albahaca, variedades Emily, Nufar y Napoletano aplicando diferentes dosis de este bioestimulante.

Al parecer FitoMas-E[®] promueve la defensa antiestrés, involucra la síntesis de sustancias de estructuras químicas que las plantas elaboran como respuesta a situaciones estresantes, resultado de alteraciones bióticas y abióticas, que de acuerdo con Harborne (1993), como respuesta a la salinidad, las plantas o partes de éstas, acumulan polioles, compuestos cuaternarios de amonio y otros compuestos osmóticos en respuesta a este estrés abiótico. Para lograr esto, las plantas movilizan sustancias las cuales desvían de su metabolismo principal con un costo energético elevado. El FitoMas-E[®] está compuesto de sustancias complejas como aminoácidos, péptidos, bases nitrogenadas y oligosacáridos, las cuales son estructuras básicas que funcionan como unidades para construir desde el RNA celular, sustancias más complejas tales como vitaminas, enzimas y otras estructuras químicas esenciales en la adaptación y la defensa antiestrés que le permiten a las plantas sometidas a niveles de estrés lograr atenuar los efectos negativos del estrés en el crecimiento y desarrollo (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

- Se presentó una respuesta diferencial entre las variedades de albahaca estudiadas en el porcentaje de germinación y variables morfológicas en condiciones de estrés por NaCl y la aplicación del bioestimulante. La variedad Napoletano fue la más tolerante, mostrando los valores mayores en todas las variables evaluadas con la aplicación del FitoMas-E[®] en concentraciones de 0 y 50 mM de NaCl, con dosis de 0.5 y 1 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®].

- La dosis de 1 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®] logró un efecto estimulante para la variedad Napoletano en las concentraciones de 0, 50, 100 y 150 mM de NaCl, en el porcentaje de germinación, longitud de radícula y altura de la planta mientras que la de 0.5 mL L⁻¹ de FitoMas-E[®] mostró un cambio en la variedad Emily en concentraciones desde 0 a 100 mM de NaCl. Se evidenció el incremento de las variables morfológicas evaluadas con la aplicación del bioestimulante en las variedades de albahaca sometidas a estrés salino de moderado a severo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se desarrolló con los proyectos AGROT1 y AO1 del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR); SAGARPA-CONACYT No. 126183 y ciencia básica SEP-CONACYT No. 236240. Se agradece el apoyo técnico de Carmen Mercado-Guido, Pedro Luna-García, Lidia Hirales-Lucero y Manuel Salvador Trasviña-Castro del CIBNOR. El autor responsable agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo otorgado para realizar estancia sabática en el extranjero mediante el programa “Apoyos para estancias sabáticas vinculadas a la consolidación de grupos de investigación y el fortalecimiento del posgrado nacional (2017-I).

LITERATURA CITADA

- Agüero-Fernández, Y. M., L. G. Hernández-Montiel, A. Nieto-Garibay, E. Troyo-Diéguez, R. Zulueta-Rodríguez y B. Murillo-Amador. 2016. Hongos micorrizicos arbusculares como agentes mitigadores del estrés salino por NaCl en plántulas de albahaca. *Nova Scientia* 17: 60-86.
- Álvarez-Rodríguez, A., A. Campo-Costa, E. Batista-Ricardo y A. Morales-Miranda. 2015. Evaluación del efecto del bionutriente Fitomas-E como alternativa ecológica en el cultivo del tomate. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 49: 3-9.
- Batista-Sánchez, D., A. Nieto-Garibay, L. Alcaraz-Meléndez, E. Troyo-Diéguez, L. G. Hernández-Montiel, C. M. Ojeda Silvera y B. Murillo-Amador. 2015. Uso del FitoMas-E[®] como atenuante del estrés salino (NaCl) durante la emergencia y crecimiento inicial de *Ocimum basilicum* L. *Nova Scientia* 15: 01-10.
- Bor, M., F. Ozdemir, and I. Turkan. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Sci.* 164: 77-84.
- Castillo P., G., J. Villar D., R. Montano M., C. Martínez, F. Pérez A., A. Albacete, J. Sánchez B. y M. Acosta E. 2011. Cuantificación por HPLC del contenido de aminoácidos presentes en el FitoMas-E. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 45: 64-67.

- Colla, G., Y. Rouphael, Ch. Leonardi, and Z. Bie. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Sci. Hortic.* 127:147-155.
- Curbelo, A., A. Mancebo, M. Arteaga, C. González, Y. Rivero, and Y. Torres. 2007. Genotoxic assessment of FitoMas-E and FitoMas-H by means of the bone marrow micronucleus test. *Toxicol. Lett.* 172: S166. doi:10.1016/j.toxlet.2007.05.425.
- Esechie, H. A., A. Al-Saidi, and S. Al-Khanjari. 2002. Effect of sodium chloride salinity on seedling emergence in chickpea. *J. Agron. Crop Sci.* 188: 155-160.
- Ghulam A., M. Saqib, J. Akhtar, and M. Anwar ul Haq. 2015. Interactive effects of salinity and iron deficiency on different rice genotypes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 178: 306-311.
- Harborne, J. B. 1993. Introduction to ecological biochemistry. Academic Press. London.
- Heidari, M. and A. Golpayegani. 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 11: 57-61.
- ISTA (International Rules for Seed Testing). 2010. Rules proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition, OM Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. Approved by ECOM Decision. No. 498. Bassersdorf, Switzerland.
- Kamel, H., S. Ferchichi, S. Ben Youssef, K. Hans Werner, C. Cruz, and M. Gandour. 2015. How does salinity duration affect growth and productivity of cultivated barley? *Agron. J.* 107: 174-180.
- Kandil, A. A., A. E. Shareif, and M. A. Gad. 2017. Effect of salinity on germination and seeding parameters of forage cowpea seed. *Res. J. Seed Sci.* 10: 17-26.
- Katembe, W. J., I. A. Ungar, and J. P. Mitchell. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). *Ann. Bot.* 82: 167-175.
- Kaya, M., G. Kaya, M. D. Kaya, M. Atak, S. Saglam, K. M. Khawar, and C. Y. Ciftci. 2008. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 9: 371-377.
- Khaliq, S., Z. Ullah, H. Rehman, and R. Khaliq. 2014. Physiological and biochemical basis of salt tolerance in *Ocimum basilicum* L. *J. Med. Plants Stud.* 2: 18-27.
- Khan, M. A. and Y. Rizvi. 1994. The effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii* Moq. var. stocksii Boiss. *Can. J. Bot.* 72: 475-479.
- Khan, M. A. and I. A. Ungar. 1998. Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. *Seed Sci. Technol.* 26: 107-117.
- Song, J., G. Feng, C. Tian, and F. Zhang. 2005. Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to asaline environment during seed germination stage. *Ann. Bot.* 96: 399-405.
- Lamz-Piedra, A. y M. C. González-Cepero. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. *Cult. Trop.* 34: 31-42.
- Lamz-Piedra, A. y M. C. González-Cepero. 2015. Indicadores del crecimiento inicial y del estado nutricional para la selección temprana de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) tolerantes a la salinidad. *Cult. Trop.* 36: 41-48.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- Montano, R., R. Zuaznabar, A. García, M. Viñals y J. Villar. 2007. Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera. ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 41: 14-21.
- Murillo-Amador, B., E. Troyo-Diéguez, A. López-Cortes, H. G. Jones, F. Ayala-Chairez, and C. L. Tinoco-Ojanguren. 2001. Salt-tolerance of cowpea genotypes in the emergence stage. *Aust. J. Exp. Agric.* 41: 81-88.
- Ojeda-Silvera, C. M., B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, E. Troyo-Diéguez, I. M. Reynaldo-Escobar, F. H. Ruíz-Espinoza y J. L. García-Hernández. 2015. Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Ecosist. Recur. Agropec.* 2: 151-160.
- Reyes-Pérez, J. J., B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, E. Troyo-Diéguez, I. M. Reynaldo-Escobar, and E. O. Rueda-Puente. 2013. Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 6: 869-880.
- Ruisánchez, Y., M. I. Hernández y Y. Rodríguez. 2013. Evaluación de los bioproductos Dimabac y FitoMas E en el cultivo del tomate. *Temas Agrarios* 18: 49-56.
- Sarwat, M., A. Hashem, M. A. Ahanger, E. F. Abd_Allah, A. A. Alqarawi, M. N. Alyemeni, P. Ahmad, and S. Gucl. 2016. Mitigation of NaCl stress by arbuscular mycorrhizal fungi through the modulation of osmolytes, antioxidants and secondary metabolites in mustard (*Brassica juncea* L.) plants. *Front. Plant Sci.* 7: 869-883.
- Souza-Lemes, E., S. Oliveira, L. Ciciliano Tavares, A. Oliveira de Mendonça, I. Dias Leitzke, G. Eduardo Meneghello, and A. C. Souza Albuquerque Barros. 2016. Productivity and physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization. *Agrociencia* 50: 307-321.
- StatSoft Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1995. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw Hill. México.
- Tarchoune, I., C. Sgherri, B. Baâtour, R. Izzo, M. Lachaâl, F. Navari-Izzo, and Z. Ouerghi. 2013. Effects of oxidative stress caused by NaCl or Na₂SO₄ excess on lipoic acid and tocopherols in Genovese and Fine basil (*Ocimum basilicum* L.) *Annal. Appl. Biol.* 163: 23-32.
- Viñals-Verde, M., A. García-García, R. L. Montano-Martínez, J. C. Villar-Delgado, T. García-Martínez y M. Ramil-Mesa. 2011. Estimulante de crecimiento agrícola FITOMAS®; resultados de producción del año 2010 y su impacto en cultivos seleccionados de alimentos. ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 45: 1-23.