

**Natrum muriaticum como atenuante de la salinidad (NaCl) en albahaca
(*Ocimum basilicum* L.)**
**Natrum muriaticum as an attenuant of NaCl-salinity in basil (*Ocimum
basilicum* L.)**

José M. Mazón Suástegui¹, Bernardo Murillo Amador¹, Daulemys Batista Sánchez¹, Yuneisy Agüero Fernández¹, Milagro García Bernal² y Carlos M. Ojeda Silvera¹

Palabras clave: especies aromáticas; salinidad; homeopatía agrícola

Keywords: aromatic species; salinity; agricultural homeopathy

Recepción: 22-03-2018 / Aceptación: 22-08-2018

Resumen

La salinización de los suelos es un factor limitante para el desarrollo de la agricultura, particularmente en zonas áridas y semiáridas donde la producción se reduce en las especies aromáticas sensibles al estrés salino. La homeopatía es una rama de la medicina alternativa con aplicación progresiva en humanos, animales y plantas. El objetivo fue utilizar el medicamento homeopático *Natrum muriaticum* (obtenido a partir de sal de mar) como atenuante de los efectos del estrés por NaCl en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en sistema hidropónico. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2A×2B×3C), considerando las variedades *Napoletano* y *Emily* como factor A, la concentración de NaCl (0 y 75 mM) como factor B y el tratamiento homeopático (7CH y 13CH *Natrum muriaticum*) como factor C, con un total de 12 tratamientos con cuatro repeticiones. Se evaluó longitud de tallo y de raíz, área foliar, biomasa fresca y seca de raíz, biomasa fresca y seca de parte aérea. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD $p \leq 0.05$). Los resultados muestran que la aplicación de ambas dinamizaciones homeopáticas (7CH y 13CH) propició un incremento en las variables morfométricas evaluadas, sin embargo, la aplicación de *Natrum muriaticum* 7CH incrementó los valores de las variables evaluadas en *Napoletano*. Se confirma el principio homeopático *Similia Similibus Curentur* y se estima que la homeopatía agrícola incrementará la producción de *Ocimum basilicum* L., aumentando su tolerancia a condiciones de estrés salino, además de ser compatible con la agricultura tradicional, ecológica y orgánica.

Abstract

Soil salinization is a limiting factor for the development of agriculture, particularly in arid and semi-arid areas where production is reduced in aromatic species sensitive to saline stress.

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Instituto Politécnico Nacional. E-mail: cojeda@cibnor.mx

² Universidad de las Villa Martha Abreu. Villa Clara. Cuba

© Universidad De La Salle Bajío (México)

Homeopathy is a branch of alternative medicine with progressive application in humans, animals and plants. The objective was to use the homeopathic medicine *Natrum muriaticum* (obtained from sea salt) as an extenuating of the NaCl-stress effects on the growth and development of hydroponic basil (*Ocimum basilicum* L.). A completely randomized design with factorial arrangement ($2A \times 2B \times 3C$) was used, considering the Napoletano and Emily varieties as factor A, the concentration of NaCl (0 and 75 mM) as factor B and the homeopathic treatment (7CH and 13CH *Natrum muriaticum*) as factor C, with a total of 12 treatments with four replications. Stem and root length, leaf area, fresh and dry root biomass, fresh and dry aerial biomass were evaluated. Analysis of variance and multiple comparisons of means (Tukey HSD $p \leq 0.05$) were done. The results show that the application of both homeopathic dynamics (7CH and 13CH) led to an increase in the morphometric variables evaluated; however, the application of *Natrum muriaticum* 7CH increased the values of the variables evaluated in Napoletano. The Similia Similibus Curentur homeopathic principle is confirmed and it is estimated that agricultural homeopathy will increase the production of *Ocimum basilicum* L., increasing its tolerance to abiotic stress conditions, as well as being compatible with traditional, ecological and organic agriculture.

Introducción

El estrés salino asociado con altas temperaturas e irradiación solar es el proceso ambiental más importante que detiene el crecimiento, desarrollo y la supervivencia de las especies cultivadas, poniendo en riesgo su productividad (Nieto-Garibay *et al.*, 2010, 354; Ojeda-Silvera *et al.*, 2015, 152). A nivel mundial millones de hectáreas presentan grado de aridez alto y presencia de sales (Frahm *et al.*, 2004, 224). En México las regiones áridas y semi-áridas constituyen más del 50% del territorio nacional (Ferreeres y Soriano 2007, 148) y resulta importante el estudio de estos factores debido al impacto negativo que provocan en el sector agrícola. La salinidad tiene consecuencias a nivel ambiental, social y económico debido a que en las áreas afectadas disminuye la sostenibilidad y el rendimiento de las especies cultivadas, porque afecta el metabolismo y el crecimiento de las plantas, provocando una disminución en la producción de biomasa (Dai-Yin *et al.*, 2013, 658; Kandil *et al.*, 2017, 18). Las pérdidas a nivel mundial por estrés salino se calculan en 12 mil millones de dólares anuales y afectan a una quinta parte de las tierras de cultivo (Finkel, 2009, 380 y Khaliq *et al.*, 2014, 18). Entre los efectos nocivos principales se incluyen la disminución de la

absorción de agua, el ingreso de iones que pueden provocar toxicidad, el desbalance nutricional y cambios fisiológicos como la reducción la tasa fotosintética a causa de una menor área foliar, lo que reduce la viabilidad del cultivo (Kamel-Hessini *et al.*, 2015, 174; Ghulam-Abbas *et al.*, 2015, 306).

Baja California Sur, México, es la zona de mayor producción de albahaca orgánica certificada (SIAP, 2016) lo que representa una fuente de ingresos para muchos productores. Sin embargo, se han incrementado de manera gradual las áreas agrícolas con tendencia a la salinización, debido a sus condiciones climáticas semi-áridas (Batista-Sánchez *et al.*, 2017, 310). La importancia comercial de esta especie se debe a las características de sus aceites esenciales, que se utilizan en la industria cosmética, farmacéutica y alimenticia. Sin embargo, su producción se limita por la presencia de niveles altos en el contenido de sales, en algunas de las áreas donde se cultiva (Heidari y Golpayegani, 2012, 57; Tarchoune *et al.*, 2013, 24).

Se han estudiado diversas alternativas para mitigar el efecto de la salinidad en la agricultura, tales como selección de variedades tolerantes, mejoramiento genético, uso de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, sin embargo la aplicación de sustancias ultradiluidas o nanomedicinas una variante ecoamigable y de costo bajo, que puede utilizarse con eficacia en cualquier condición y circunstancia (Ruiz-Espinosa, 2001, 112) ha sido poco estudiada en México. La homeopatía la fundó el médico Alemán Samuel Hahnemann (1755-1843) y su piedra angular es el principio de los semejantes (Similia Similibus Curentur) que significa que una sustancia que en dosis masiva genera una sintomatología patológica, puede a su vez curarla si se aplica en dosis mínimas obtenidas mediante dilución serial y agitación (Mazón-Suástegui *et al.*, 2017, 21). Con la aplicación de la terapia homeopática se han logrado resultados positivos en la prevención y control de organismos-plaga; en el cultivo de Lulo, *Solanum quitoense* Lam (Narváez-Martínez *et al.*, 2014, 122); en la germinación y crecimiento inicial de plantas de Hancornia, (*Hancornia speciosa* Gomes) según Pinto *et al.*, (2014, 245) y en la remediación de suelos afectados por metales pesados (Gonçalves dos Santos *et al.*, 2016, 27). El medicamento homeopático *Natrum muriaticum* ha sido utilizado con éxito para incrementar la resistencia al estrés salino en tomate, *Solanum lycopersicom* (Giardini-Bonfim *et al.*, 2012, 627). Estos resultados demuestran que la homeopatía agrícola en el presente y en un futuro cercano, es una solución viable desde el punto de vista económico, ecológico y social que contribuye de manera ecoamigable a extinguir la huella nociva que ha dejado el uso indiscriminado de diversos productos químicos. Considerando que la terapia homeopática

puede llegar a ser una solución integral para la agricultura orgánica, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de *Natrum muriaticum* como atenuante del estrés salino (NaCl) en el crecimiento y desarrollo de plantas de dos variedades de albahaca *Ocimum basilicum* L. cultivadas en sistema hidropónico.

Método

Sitio de estudio: El experimento se realizó en una estructura construida con tubos de acero galvanizado, la cual se encontraba cubierta con una malla de 1610 PME CR, lo que significa que constaba de hilos de $16 \times 10 \text{ cm}^{-2}$ con orificios de $0.4 \times 0.8 \text{ mm}$, color cristal 40% de sombra, ubicada en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México, localizado al norte de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México, a los $24^{\circ}08'10.03''$ LN y $110^{\circ}25'35.31''$ LO, a 7 metros de altura sobre el nivel del mar (Ojeda-Silvera *et al.*, 2015, 153).

La temperatura media, máxima y mínima dentro de la malla sombra durante el periodo de experimentación fueron, 26.84 ± 5.21 , 44.17 ± 4.92 , 13.40 ± 5.83 °C, respectivamente, con $52.8 \pm 14.95\%$ de humedad relativa. Los datos de las variables climatológicas que se registraron durante el estudio se obtuvieron de una estación climatológica portátil (Vantage Pro2® Davis Instruments, USA) que se colocó dentro del área experimental.

Material genético: Las plántulas se obtuvieron a partir de semillas certificadas orgánicas de dos variedades de albahaca (Emily y Napoletano), provenientes de la empresa Seed Company (Estados Unidos de América), con respuesta diferencial al estrés por NaCl, de acuerdo con Reyes-Pérez *et al.* (2013a, 101; 2013b, 869) y Reyes-Pérez *et al.* (2014, 35).

Diseño experimental y tratamientos: Las semillas se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades con Sogemix PM® como sustrato (inerte). Para mantener la humedad y lograr una emergencia homogénea, se aplicaron riegos diarios hasta lograr la saturación del sustrato. Cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio de 10 cm se trasplantaron en macetas de 150 mL, se utilizó vermiculita como soporte y una fracción de fibra de algodón absorbente para garantizar el contacto de las plántulas con el agua, en un sistema hidropónico durante los primeros días postransplante. Este sistema se acondicionó con cajas de poliuretano expandido de $69 \times 38.5 \times 25 \text{ cm}$ y 38 L de capacidad, aforadas con agua proveniente de la planta potabilizadora del CIBNOR, a la cual se le midió conductividad eléctrica (CE= 0.22 dS/m). Las macetas se fijaron en las cajas mediante orificios de una pulgada (6 por caja), abiertos con una broca en la parte superior.

La nutrición de las plantas se efectuó con la solución nutritiva adaptada para albahaca según Samperio (1997, 176), ajustada a razón de 1L por cada 100L de agua, a la cual se le midió pH para garantizar que se encontrara en el rango óptimo (6.5 ± 0.4). Los tratamientos homeopáticos *Natrum muriaticum* (NM-7CH y NM-13CH) fueron preparados en el CIBNOR, a partir de los medicamentos oficinales respectivos en dinamización alcohólica (*Natrum muriaticum* 6CH y *Natrum muriaticum* 12 CH; que contiene como ingrediente activo sal de Guérande, cuya composición tiene además del cloruro de sodio, oligoelementos como magnesio – biodisponible, cloruro potásico, hierro y calcio, Similia®-México) mediante dilución centesimal (1:99) y dinamización (2 min) con equipo vortex (BenchMixer®, Edison, NJ, USA), se utilizó agua destilada y desionizada como vehículo. Lo anterior se hizo, con la aplicación de procedimientos básicos de homeopatía (Mazón-Suástegui *et al.*, 2017, 20; Ortiz-Cornejo *et al.*, 2017, 21). El uso de los tratamientos se inició después de un periodo de aclimatación de siete días transcurridos luego del trasplante, asperjando la parte aérea de las plantas con 150 mL por planta en días alternos y como tratamiento control se utilizó agua destilada. Cuando ya no se observaron síntomas de estrés postrasplante y el sistema radical de las plantas se encontraba en contacto con el agua (15 días), se inició de manera gradual la aplicación de los tratamientos salinos, para evitar un shock osmótico (Murillo-Amador *et al.*, 2007, 415), iniciando con una concentración 25 mM de NaCl hasta llegar a la concentración de 75 mM. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (2A×2B×3C), donde se consideró a las variedades de albahaca (Napoletano y Emily) como el factor A, a los niveles de NaCl (0 y 75 mM) como factor B y a las diluciones homeopáticas (NM 7CH y 13CH) como factor C, con un total de 12 tratamientos con cuatro repeticiones.

Variables morfométricas: Al concluir el periodo de evaluación experimental (65 días), las plantas se trasladaron al laboratorio donde se procedió a separar raíz, tallo y hojas para las determinaciones biométricas, se midió longitud de tallo y de raíz (cm), biomasa fresca y seca de raíz, tallo y hojas (g) y área foliar (cm²). Para determinar peso fresco y seco de biomasa, se utilizó una balanza analítica (Mettler Toledo®, modelo AG204). Para obtener la biomasa seca en todas las etapas, los tejidos correspondientes a hojas, tallos o raíces, 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 hasta obtener su deshidratación completa (aproximadamente 72 horas). Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo®, AG204) expresando el peso en gramos de materia

vegetal seca. El área foliar se determinó en un equipo integrador de área foliar (Li-Cor[®], modelo-LI-3000A, serie PAM 1701).

Análisis estadístico: Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD, $p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011, 1098).

Resultados y discusión

El análisis de longitud de la raíz (LR) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=112.4$; $p \leq 0.0001$), NaCl ($F_{1,36}=103.2$; $p \leq 0.0001$), NM ($F_{2,36}=79.5$; $p \leq 0.0001$), interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=3.5$; $p \leq 0.05$), variedades \times NM ($F_{2,36}=5.06$; $p \leq 0.01$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=4.8$; $p \leq 0.0001$).

Mediante el análisis interactivo se determinó que los tratamientos con NaCl disminuyeron LR, donde la variedad Emily fue la más afectada con disminución de 26.3% cuando la concentración de NaCl fue de 75 mM (Tabla 1). En este sentido Batista-Sánchez *et al.*, (2015, 273) obtuvieron resultados similares y mencionan que las sales acumuladas en el suelo afectan el crecimiento y el desarrollo de las raíces, al restringir la absorción de agua con la correspondiente disminución del potencial osmótico. Una concentración alta de sodio (Na), no solo inhibe la absorción de nutrientes por la planta, ya sea directamente por interferencia con transportadores en la membrana plasmática de la raíz, tales como los canales de K, sino también por la inhibición del crecimiento de la raíz a causa del efecto osmótico del Na que no permite una división y elongación celular normal (Tester y Langridge 2010, 818; Degl'Innocenti *et al.*, 2012, 607).

En ambas variedades se registró un incremento en LR cuando se trataron con NM siendo significativo en Napoletano de 52.6% con la aplicación de NM-7CH (Tabla 2). Para la interacción variedades \times NaCl \times NM, los resultados mostraron que para las dos variedades, la LR se incrementó cuando fueron tratadas con NM aún y cuando se encontraban en estrés salino de 75 mM de NaCl, siendo Napoletano en 0 mM de NaCl tratada con NM-7CH la que presentó una LR mayor (Tabla 3).

Los resultados indican un incremento en LR mayor al aplicar las sustancias ultradiluidas, que coincide con lo reportado por Giardini-Bonfim *et al.*, (2012, 628) en plántulas de tomate en estrés salino, con la aplicación de diluciones de NM (3CH, 5CH, 7CH, 9CH, 11CH y 13CH). Esto se interpreta como un fortalecimiento de los mecanismos de defensa anti-estrés salino por NaCl en

las plantas de albahaca que tratadas con NM y posteriormente sometidas a estrés salino, con el tratamiento de 75 mM, dicha respuesta puede estar relacionada de manera directa a las sustancias ultradiluidas de NM debido a que el tratamiento de mejor respuesta (7CH) se encuentra por debajo (50%) del límite que establece el número de Avogadro, lo que garantiza la presencia de moléculas y/o nanopartículas del ingrediente activo o solución concentrada original. Resultados similares con un incremento en LR reportaron Ojeda-Silvera *et al.*, (2015, 154) en plantas de albahaca sometidas a estrés abiótico y concluyen que las plantas incrementaron la longitud radicular como mecanismo de defensa ante tal situación de estrés.

En lo que respecta a la variable biomasa fresca de raíz (BFR) está mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=244.4$; $p\leq 0.0001$), NaCl ($F_{1,36}=174.5$; $p\leq 0.0001$), NM ($F_{2,36}=384.3$; $p\leq 0.0001$), interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=149.9$; $p\leq 0.0001$), variedades \times NM ($F_{2,36}=7.6$; $p\leq 0.001$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=17.9$; $p\leq 0.0004$). Aunque Napoletano mostró una BFR mayor para 0 mM de NaCl, esta variable disminuyó en ambas variedades, cuando las plantas recibieron tratamiento con NaCl a una concentración de 75mM (Tabla 1). Lo observado en esta variable puede deberse al efecto inhibitorio que tiene el NaCl a concentraciones tóxicas en el proceso de división celular, debido a los trastornos metabólicos, causados por la toxicidad del Na y el desbalance nutricional originado por estrés osmótico (Robabeh Asghari y Rahim Ahmadvand., 2018, 412; Zahra-Rahnesan., *et al* 2018, 73).

Napoletano también mostró una BFR mayor cuanto se le aplicó NM-7CH, aunque en las dos variedades se observó un incremento de esta variable, cuando se les aplicó el tratamiento homeopático NM-7CH (Tabla 2). Esto puede atribuirse a la presencia de nanopartículas del ingrediente activo de *Natrum muriaticum* en las diluciones aplicadas, el cual contiene oligoelementos como el calcio, cuya función en la planta es vital en las paredes de las células para mantener la integridad de la membrana, además de ser muy importante en el fortalecimiento de las raíces y la regulación en la absorción de nutrientes (Hojjat- Nooghi F. y Mozafari V. 2012, 713). Otra hipótesis posible es la activación de mecanismos a nivel celular que permiten a la planta incrementar su tolerancia al estrés por NaCl, mediante respuestas favorables, aún por estudiar.

Tabla 1. Efecto de la interacción variedades \times NaCl en las variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

| Variedades | NaCl | LR | BFR | BSR | BFPA | BSPA | AF |
|------------|------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| | (mM) | (cm) | (g) | (g) | (g) | (g) | (cm ²) |
| Napoletano | 0 | 71.8 ^a | 154.2 ^a | 19.6 ^a | 176.5 ^a | 32.3 ^a | 4695.5 ^a |
| Napoletano | 75 | 60.9 ^b | 101.4 ^b | 13.8 ^b | 104.4 ^c | 12.8 ^c | 2126.4 ^c |
| Emily | 0 | 60.3 ^b | 98.06 ^b | 13.6 ^b | 145.3 ^b | 27.3 ^b | 3341.4 ^b |
| Emily | 75 | 44.4 ^c | 69.2 ^c | 9.95 ^c | 86.3 ^d | 12.4 ^c | 1631.5 ^d |

LR: longitud de raíz, **BFR:** biomasa fresca de raíz, **BSR:** biomasa seca raíz, **BFPA:** biomasa fresca de parte aérea, **BSPA:** biomasa seca parte aérea, **AF:** área foliar. Valores promedios con literales diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0.05$).

El análisis de la triple interacción de los factores mostró a Napoletano como la variedad con BFR mayor en 0 mM de NaCl y NM-7CH. Sin embargo, es conveniente destacar que ambas variedades incrementaron la BFR con este tratamiento homeopático (Tabla 3) cuando se sometieron a estrés salino de 75 mM de NaCl. Estos resultados pueden ser una consecuencia del incremento compensatorio asociado a la longitud de la raíz mayor ocurrido en respuesta a la presencia de estrés por NaCl y la interacción con los oligoelementos presentes en el ingrediente activo de NM-7CH, dado que al ocurrir mayor división y elongación de las células del sistema radicular se infiere biomasa mayor de este órgano.

Respecto a biomasa seca de raíz (BSR), se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=261.5$; $p \leq 0.000$), NaCl ($F_{1,36}=244.1$; $p \leq 0.000$), NM ($F_{2,36}=381$; $p \leq 0.000$), interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=11.7$; $p \leq 0.001$), variedades \times NM ($F_{2,36}=36.5$; $p \leq 0.000$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=3.65$; $p \leq 0.03$).

El análisis de la interacción de factores mostró un incremento de BSR únicamente en Napoletano el control (0 mM de NaCl), pero en ambas variedades se observó una disminución de esta variable cuando se sometieron a estrés salino de 75 mM de NaCl sin medicamento homeopático (Tabla 1). Lo anterior se atribuye a la presencia de NaCl, ya que en concentración alta, el NaCl causa desbalance nutricional y desorden metabólico por toxicidad, lo que trae como consecuencia un menor crecimiento del tejido vegetal (Reyes-Pérez *et al.*, 2013b, 869). Contrario a lo anterior, para los tratamientos que incluyeron la aplicación del medicamento homeopático NM, los resultados revelaron un incremento de BSR, siendo Napoletano con NM-7CH el de BSR mayor (Tabla 2) lo que sugiere que NM posee propiedades anti-estrés salino que le permite a la planta

crecimiento y elongación celular aún en presencia de concentraciones de NaCl de 75 mM. Esto se confirma al considerar que en la triple interacción se observó un aumento de esta variable en las dos variedades cuando se les aplicó NM-7CH, aún cuando las plantas se encontraban sometidas a estrés por NaCl. Este es un elemento clave que demuestra la activación del mecanismo de defensa de las plantas en respuesta a la medicación homeopática. Otra hipótesis plausible puede ser que debido a la aplicación de estas sustancias ultradiluidas de NM, las plantas desarrollaron la resistencia adquirida (RA), lo que posteriormente les permitió realizar un ajuste osmótico cuando se sometieron a concentraciones de 75 mM NaCl.

Para la variable longitud del tallo (LT), los resultados revelaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=44.5$; $p\leq 0.000$), NaCl ($F_{1,36}=177.4$; $p\leq 0.000$), NM ($F_{2,36}=40.5$; $p\leq 0.000$), la interacción de variedades \times NM ($F_{1,36}=28.4$; $p\leq 0.0005$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=13.6$; $p\leq 0.0003$).

El análisis interactivo de factores mostró que en presencia de los tratamientos homeopáticos anti-estrés salino, LT fue mayor en ambas variedades (Tabla 2). Al analizar el efecto de la interacción variedades \times NaCl, no se encontraron diferencias significativas, pero se observó un incremento de LT cuando se trataron las plantas con las diluciones homeopáticas, aún y cuando estaban sometidas a concentraciones de NaCl de 75 mM, siendo Emily con una dilución de NM-7CH la de LT mayor (Tabla 2). La triple interacción mostró a Napoletano con 0 mM de NaCl y NM-7CH, como el tratamiento con respuesta mejor; sin embargo, ambas variedades experimentaron un incremento en LT cuando recibieron los tratamientos homeopáticos (Tabla 3), incluso en condiciones de estrés salino. Estos incrementos asociados a la aplicación de las diluciones homeopáticas coinciden con lo reportado por Lippert *et al.*, (2007, 85) que estudiaron el crecimiento del cultivo de sorgo especie (*Sorghum bicolor* L. Moench) tratado con dinamizaciones homeopáticas de Azufre y encontraron un incremento en las variables de respuesta investigadas.

Tabla 2. Efecto de la interacción variedades \times *Natrum muriaticum* en las variables morfométricas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino por NaCl.

| Variedades | <i>Natrum</i> | LR | BFR | BSR | LT | BFPA | BSPA | AF |
|------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| | <i>Muriaticum</i> | (cm) | (g) | (g) | (cm) | (g) | (g) | (cm ²) |
| Napoletano | 0 | 56 ^b | 112 ^c | 11 ^c | 26.6 ^d | 118.1 ^d | 22 ^b | 2807.6 ^c |
| Napoletano | 7CH | 80.5 ^a | 148.7 ^a | 24.1 ^a | 32.5 ^{bc} | 165.8 ^a | 24.5 ^a | 4037 ^a |
| Napoletano | 13CH | 62.5 ^b | 122.7 ^b | 15 ^b | 32.6 ^{bc} | 137.3 ^b | 21.1 ^b | 3388.3 ^b |
| Emily | 0 | 46.9 ^c | 70.8 ^f | 8.2 ^d | 31.5 ^c | 100.2 ^e | 17.8 ^c | 2068.4 ^e |
| Emily | 7CH | 61.2 ^b | 99.1 ^d | 15.5 ^b | 35.7 ^a | 129.2 ^c | 24.9 ^a | 2848.7 ^c |
| Emily | 13CH | 49 ^c | 80.9 ² | 11.6 ^c | 34.8 ^{ab} | 117.9 ^d | 16.8 ^c | 2542.2 ^d |

LR: longitud de raíz, **BFR:** biomasa fresca de raíz, **BSR:** biomasa seca raíz, **LT:** longitud del tallo, **BFPA:** biomasa fresca de parte aérea, **BSPA:** biomasa seca parte aérea, **AF:** área foliar. Valores promedios con literales diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0.05$).

La biomasa fresca de parte aérea (BFPA) mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=562$; $p \leq 0.000$), NaCl ($F_{1,36}=398$; $p \leq 0.000$), NM ($F_{2,36}=453$; $p \leq 0.000$), interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=39.8$; $p \leq 0.000$), variedades \times NM ($F_{2,36}=33.3$; $p \leq 0.000$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=11.1$; $p \leq 0.0001$).

Los resultados revelaron que Napoletano en 0 mM mostró mayor BFPA, pero las dos variedades disminuyeron la BFPA cuando se sometieron a estrés por NaCl sin tratamiento homeopático (Tabla 1). Contrario a lo anterior, se observó un incremento de BFPA cuando las plantas de ambas variedades se trataron con NM, siendo mayor en Napoletano con NM-7CH, que se incrementó un 40.3% con respecto al control (Tabla 2). Este resultado se explica en función que esta variedad está clasificada como tolerante al estrés salino por NaCl según Reyes-Pérez *et al.*, (2013a, 101). Estos autores estudiaron el comportamiento de 20 variedades de albahaca en distintas etapas fenológicas sometidas a concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM) y concluyen que Napoletano presentó la respuesta mejor ante tratamientos de estrés salino.

El análisis de la triple interacción para BFPA, mostró que Napoletano no sometida a estrés salino y recibiendo dosis de NM-7CH mostró respuesta mejor. En ambas variedades se registró un aumento de BFPA cuando las plantas se trataron con el medicamento homeopático NM, incluso en condiciones de estrés por NaCl de 75 mM (Tabla 3). Esta respuesta puede estar determinada por la presencia de nanopartículas de magnesio en el ingrediente activo de NM, ya que el Mg es esencial

para la formación de moléculas de clorofila, siendo esta de vital importancia en la fotosíntesis, principal proceso de producción de biomasa vegetal. Además el Mg tiene un rol predominante en la actividad enzimática relacionada con el metabolismo de los carbohidratos (Xiao *et al.*, 2014, 17). Para la biomasa seca de parte aérea (BSPA), los resultados revelaron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=34.05$; $p\leq 0.000$), NaCl ($F_{1,36}=1405$; $p\leq 0.000$), NM ($F_{2,36}=60.1$; $p\leq 0.000$), la interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=24.6$; $p\leq 0.000$), variedades \times NM ($F_{2,36}=11.4$; $p\leq 0.0001$) y en la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=2.74$; $p\leq 0.05$).

En el análisis de las interacciones se observó que la BSPA fue menor cuando las plantas de ambas variedades se sometieron a estrés por NaCl (Tabla 1). La acumulación de biomasa de los órganos vegetativos, al igual que el crecimiento de las plántulas, depende de la intensidad de los procesos de división y diferenciación celular y en condiciones de estrés salino, el crecimiento de las estructuras vegetativas disminuye significativamente y con intensidad mayor, a medida que aumenta la concentración de sales (Batista-Sánchez *et al.*, 2015, 274).

En ambas variedades se registró un incremento en la BSPA cuando las plantas se trataron con NM-7CH (Tabla 2), lo que demuestra un efecto positivo de las sustancias ultradiluidas de NM para activar los mecanismos de defensa de las plantas de albahaca ante el estrés salino por NaCl, ya sea por la presencia de nanopartículas contenidas en las dinamizaciones o por la activación a nivel celular de señales que identifiquen la presencia de estrés y activen mecanismos defensivos y/o adaptativos aún por estudiar. En la triple interacción Napoletano con 0 mM de NaCl y NM-7CH mostró respuesta mejor (9.33%); sin embargo, en lo general, se observó un incremento de la BSPA cuando se trataron las plantas con NM, con incrementos mayores al utilizar la séptima dinamización centesimal del medicamento (NM-7CH), aún y cuando se encontraban en condiciones de estrés salino por NaCl (Tabla 3).

Para el área foliar (AF) se encontraron diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36}=374$; $p\leq 0.000$), NaCl ($F_{1,36}=2005$; $p\leq 0.000$), NM ($F_{2,36}=147.6$; $p\leq 0.000$), interacción de variedades \times NaCl ($F_{1,36}=80.8$; $p\leq 0.000$), variedades \times NM ($F_{2,36}=8.04$; $p\leq 0.001$) y la triple interacción variedades \times NaCl \times NM ($F_{2,36}=2.87$; $p\leq 0.01$).

Al analizar las interacciones se observó que Napoletano sin aplicación de NaCl mostró AF mayor y ambas variedades disminuyeron el AF cuando se trataron con 75 mM de NaCl (Tabla 1). Sin embargo, para las dos variedades se observó un incremento del AF cuando se trataron con las diluciones homeopáticas de NM en la 7CH dinamización (Tabla 2). En la triple interacción

Napoletano con el control y NM-7CH mostró mayor AF y en general se registró un incremento del AF en ambas variedades cuando se trataron con NM, siendo 7CH la dilución mejor, incluso cuando las plantas se sometieron a 75 mM de NaCl (Tabla3).

Tabla 3. Efecto de la interacción variedades × NaCl × *Natrum muriaticum* en las variables morfométricas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

| Variedades | NaCl (mM) | <i>Natrum Muriaticum</i> | LR (cm) | BFR (g) | BSR (g) | LT (cm) | BFPA (g) | BSPA (g) | AF (cm ²) |
|------------|--------------|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Napoletano | 0 | 0 | 62.4 ^{cd} | 152.2 ^b | 15.2 ^{bc} | 30.6 ^{cd} | 174.6 ^b | 33 ^a | 4768.9 ^a |
| Napoletano | 0 | 7CH | 84.8 ^a | 161.3 ^a | 28.2 ^a | 38.8 ^a | 190.9 ^a | 34.1 ^a | 5013.1 ^a |
| Napoletano | 0 | 13CH | 68.1 ^{bc} | 149.1 ^b | 15.3 ^{bc} | 36.7 ^{ab} | 164.0 ^c | 29.8 ^{ab} | 4304.6 ^b |
| Napoletano | 75 | 0 | 49.7 ^{ef} | 71.8 ^f | 6.8 ^f | 22.5 ^e | 61.7 ^h | 11 ^{fg} | 846.3 ^g |
| Napoletano | 75 | 7CH | 76.2 ^{ab} | 136.1 ^c | 19.9 ^b | 26.3 ^{de} | 140.7 ^e | 14.9 ^{ef} | 3060.9 ^d |
| Napoletano | 75 | 13CH | 56.8 ^{de} | 96.3 ^e | 14.6 ^d | 28.5 ^d | 110.7 ^f | 12.5 ^{efg} | 2471.9 ^e |
| Emily | 0 | 0 | 61.3 ^{cd} | 93.8 ^e | 11.4 ^e | 36.1 ^{ab} | 143.2 ^{de} | 27 ^{bc} | 3389.2 ^{cd} |
| Emily | 0 | 7CH | 63.8 ^{cd} | 107.9 ^d | 17.6 ^{bc} | 36 ^{ab} | 150.2 ^d | 33.3 ^a | 3501.9 ^c |
| Emily | 0 | 13CH | 55.8 ^{de} | 92.4 ^e | 11.9 ^e | 36.1 ^{ab} | 142.4 ^{de} | 21.7 ^{cd} | 3133 ^{cd} |
| Emily | 75 | 0 | 32.5 ^g | 47.8 ^g | 5.1 ^f | 26.9 ^{de} | 57.2 ^h | 8.7 ^g | 747.5 ^g |
| Emily | 75 | 7CH | 58.5 ^{cde} | 90.3 ^e | 13.4 ^d | 35.4 ^{ab} | 108.2 ^f | 16.6 ^{de} | 2195.4 ^{ef} |
| Emily | 75 | 13CH | 42.3 ^{fg} | 69.4 ^f | 11.3 ^e | 33.6 ^b | 93.4 ^g | 12 ^{efg} | 1951.5 ^f |

LR: longitud de raíz, **BFR:** biomasa fresca de raíz, **BSR:** biomasa seca raíz, **LT:** longitud del tallo, **BFPA:** biomasa fresca de parte aérea, **BSPA:** biomasa seca parte aérea, **AF:** área foliar. Valores promedios con literales diferentes en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD, $p \leq 0.05$).

Los resultados muestran que las diluciones homeopáticas provocaron una respuesta positiva en las plantas, porque respondieron al estrés salino, tanto a nivel celular como del conjunto de los tejidos, logrando mantener un crecimiento y desarrollo adecuado. Según Zhu (2002, 247) los agentes estresantes diversos constituyen señales ambientales que son percibidas y reconocidas por las plantas, mismas que son transducidas en las células y transmitidas, desencadenando una cascada de respuestas bioquímicas, fisiológicas y genéticas, que le permiten adaptarse al medio cuando el cambio es gradual y esta respuesta depende de la especie. Esto sugiere que la homeopatía agrícola puede incrementar la producción de albahaca *Ocimum basilicum* L., aumentar su tolerancia a

condiciones de estrés salino, mejorar la relación suelo-planta, además de ser compatible con la agricultura tradicional, ecológica y orgánica.

Conclusión

Existe una respuesta diferencial entre las dos variedades (Napoletano y Emily) de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su morfometría al someterlas a estrés por NaCl y esa respuesta es modulada con el medicamento homeopático *Natrum muriaticum* 7-CH, que es un producto de la dinamización centesimal (dilución-agitación sucesiva) de una tintura madre de sal de mar (Sal de Guérande). Esto confirma la hipótesis de una acción directa de las moléculas y/o nanopartículas del ingrediente activo original, que continúan estando presentes en la ultradilución NM 7CH, en el desarrollo de respuestas adaptativas o de tolerancia al estrés por NaCl en plantas de albahaca. Esto coincide además, con el principio básico de la medicina homeopática (“*similia similibus curentur*”) que sostiene que lo semejante se cura con lo semejante en función de la dosis y del principio de hommesis, lo que confirma que la nanomedicina es compatible con la agricultura tradicional, ecológica y orgánica.

Agradecimientos

El estudio lo financió el Fondo Sectorial para la Investigación y Educación de México, proyecto Ciencia Básica SEP-CONACYT No. 258282 “Evaluación experimental de homeopatía y nuevos probióticos en el cultivo de moluscos, crustáceos y peces de interés comercial”, bajo la responsabilidad académica de JMMS. Los autores agradecen el apoyo brindado a los gobiernos de Cuba y México. Se agradece el apoyo técnico de Lidia Hirales-Lucero y Pedro Luna-García. Bernardo Murillo-Amador 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/o el fortalecimiento del posgrado nacional (2017-I).

Referencias

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.
- 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: 266-284.
- Dai-Yin, C., Dilkes, B., Luo, H., Douglas, A., Yakubova, E., Lahner, B. and Salt, D.E. (2013). Polyploids exhibit higher potassium uptake and salinity tolerance in *Arabidopsis*. Science. 341:658-659.
- Degl'Innocenti, E., Kaddour, R., Guidi, L., Lachaa, M., Navari-Izzo, F. and Ouerghi, Z. (2012). Effects of NaCl or Na₂SO₄ salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. Acta Physiol Plant. 34:607-617.
- Fereres, E. and Soriano, Ma. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Exp. Bot. 58:147-159.
- Finkel, E. (2009). With phenomics, plant scientists hope to shift breeding into overdrive. Science. 325:380-381.
- Frahm, M. A., J. C. Rosas, N. Mayek, and E. López. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 136: 223-232.
- Ghulam-Abbas, Muhammad-Saqib, Javaid-Akhtar, and Muhammad Anwar ul Haq (2015). Interactive effects of salinity and iron deficiency on different rice genotypes. J. Plant Nutr. Soil Sci. 178:306-311.
- Giardini-Bonfim, F. P., V. W. Dias-Casali, and E. Ronie-Martins. (2012). Germinação e vigor de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) peletizadas com preparados homeopáticos de Natrum muriaticum, submetidas a estresse salino. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia. 8(14):625-633.
- Gonçalves dos Santos M; A. C. Gonçalves Jr.; D. L. Briesch Junior; D. Schwantes; M. A. Campagnolo; G. Ferreira Coelho; A. A. Parizotto; J. Zimmermann e M. Vargas de Toledo (2016). Utilização de medicamentos homeopáticos para remediação de solos contaminados por metais tóxicos. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama. 5:26-45.

- 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.
- Hojjat- Nooghi F. y Mozafari V. (2012). Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Australian Journal of Crop Science. AJCS.* 6(4): 711-716.
- Kamel-Hessini, 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.
- Khaliq, S., Ullah, Z., Rehman, A., Khaliq, R. (2014). Physiological and biochemical basis of salt tolerance in *Ocimum basilicum* L. *Journal of Medicinal Plants Studies.* 2:18-27.
- Lippert, M.A.M.; Bonato, C.M.; Mizote, A.T. (2007). Efeito do medicamento homeopático Sulphur e de suas dinamizações na germinação e no crescimento de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Arq Mudi.* 1(11):81-91.
- Mazón-Suástegui JM, García-Bernal M, Saucedo PE, Campa-Córdova Á, Abasolo-Pacheco F. (2017) Homeopathy outperforms antibiotics treatment in juvenile scallop *Argopecten ventricosus*: effects on growth, survival, and immune response. *Homeopathy*; 106(1):18-26.
- Murillo-Amador, B., Yamada, S., Yamaguchi, T., Rueda-Puente, E., Ávila-Serrano, N., García-Hernández, J.L, López-Aguilar, R., Troyo-Diéguéz, E. and Nieto-Garibay, A. (2007). Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal Agronomy Crop Science.* 193:413-421.
- Narváez-Martínez E. C., Henry Alfredo Toro P., Jean Alexander León-Guevara, Tito Bacca. (2014). Evaluación de soluciones homeopáticas para controlar *Neoleucinodes elegantalis* guenéé (Lepidoptera: Crambidae) en cultivo de Lulo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 12(1):115-123.
- Nieto-Garibay, A.; Murillo-Amador, B.; Troyo-Diéguéz, E.; García-Hernández, J. L. and Ruíz-Espinoza, F. H. (2010). Water stress in two capsicum species with different domestication grade. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 12:353-360.

- Ojeda-Silvera, C.M., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, M.I., Ruíz-Espinoza, F.H., García-Hernández, J.L. (2015). Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2:151-160.
- Ortiz-Cornejo NL, Tovar-Ramírez D, Abasolo-Pacheco F, Mazón-Suástegui JM. Homeopatía, una alternativa para la acuicultura. *Rev Med Homeopat* 2017; 10(1): 18-24.
- Pinto J. G, Nilbe Carla Mapeli, Cassiano Cremon, Elvis Frazão da Silva (2014). Germinação e crescimento inicial de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em função de preparados homeopáticos Carbo vegetabilis e días após o despoldamento para sementeira. *Revista Agrarian, Dourados*, 7(24):244-250.
- Reyes-Pérez, J.J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, M.I., Rueda-Puente, E.O., García-Hernández, J.L. (2013a). Tolerancia a la salinidad en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en las etapas de germinación, emergencia y crecimiento inicial. *Universidad y Ciencia*. 2:101-112.
- Reyes-Pérez, J.J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, M.I., Rueda-Puente, E.O. (2013b). Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:869-880.
- Reyes-Pérez, J.J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, M.I., Rueda-Puente, E.O. (2014). Crecimiento y desarrollo de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de salinidad. *Revista Terra Latinoamericana*. 1:35-45.
- Robabeh Asghari and Rahim Ahmadvand (2018). Salinity Stress and its impact on Morpho-Physiological Characteristics of *Aloe Vera*. *Pertanika J. Tropical Agricultural Science*. 41 (1): 411 - 422.
- Ruiz Espinosa Felipe (2001). Agrohomeopatía: una opción ecológica para el campo mexicano. *La Homeopatía de México*. 70(613):110-116.
- Samperio, R.G. (1997). *Hidroponía Básica*. Editorial Diana. 176 p.
- StatSoft Inc (2011). *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA.

- Tarchoune, I., C. Sgherri, B. Baâtour, R. Izzo, M. Lachaâl, F. NavariIzzo, and Z. Ouerghi (2013). Effects of oxidative stress caused by NaCl or Na₂ SO₄ excess on lipoic acid and tocopherols in Genovese and Fine basil (*Ocimum basilicum* L.) *Annal. Appl. Biol.* 163:23-32.
- Tester, M., Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science.* 327:818-822.
- Xiao, J. X, Hu, C. Y, Chen, Y. Y, Yang, B, and Hua, J. (2014). Effects of low magnesium and an arbuscular mycorrhizal fungus on the growth, magnesium distribution and photosynthesis of two citrus cultivars. *Scientia Horticulturae*, 177, 14-20.
- Zahra-Rahneshan, Fatemeh-Nasibi and Ahmadi-Moghadam A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Journal of Plant Interactions.* 13 (1): 73-82.
- Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review in Plant Biology*, 53: 247-273.