

TOLERANCIA DE PLANTINES DE DISTINTOS GENOTIPOS DE LECHUGA

TOLERANCE OF SEEDLINGS FROM DIFFERENT LETTUCE GENOTYPES TO IRRIGATION WITH WATER OF HIGH SALT CONTENT

Siliquini Oscar Alberto ^{1,*}, María Pereyra Cardozo ¹, Juan Carlos Lobartini ²
Gustavo Adolfo Orioli ², Adriana Elizabet Quiriban ¹, Juan Pablo Ponce ¹
& Diego Rene Riestra ¹

Recibido 23/05/2017
Aceptado 24/11/2017

RESUMEN

La producción hortícola en la zona de Santa Rosa, La Pampa, se realiza bajo riego, el agua disponible para tal fin tiene un alto contenido de sales. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta del crecimiento, la actividad de la SOD y la concentración de malondialdehído, al riego con agua salina en 11 genotipos de lechuga. Se trabajó en invernáculo, y los plantines durante 54 días fueron regados con dos calidades de agua, de lluvia y con alta salinidad. Los genotipos Grand Rapid, Bermella y Boltar mostraron una reducción del peso seco del 12, 11 y 87% respectivamente y en Grand Rapid e Ice 15975 la reducción del vigor fue del 3 y 2% respectivamente. En Ice 15975, Gran Rapid y Bermella hubo un incremento de la concentración de malondialdehído del 98, 138 y 56% respectivamente ante el riego con agua salada. En Ice 15975 y Grand Rapid esta respuesta se asocia a una disminución de la actividad de la SOD. El resto de los genotipos no expresó cambios en la concentración de malondialdehído. Estos resultados evidencian una respuesta diferencial de los genotipos en estudio, y la concentración de malondialdehído puede usarse para seleccionar genotipos de lechuga tolerantes al riego con agua con alto contenido de sales al estado de plantines.

PALABRAS CLAVE: antioxidantes, genotipos, salinidad, plantines

ABSTRACT

Horticultural production is carried out under irrigation in the area of Santa Rosa, La Pampa province, where available water sources are highly concentrated in salts. The aim of this study was to evaluate the effect of irrigation with high salt content water on growth, superoxide dismutase (SOD) activity and malondialdehyde concentration, in seedlings of 11 lettuce genotypes. The experiment was performed in a greenhouse, where the seedlings were irrigated for 54 days with two different kinds of water, one from rain as a control and another one of high salinity. Irrigation with high salinity water caused a decrease of 11, 12 and 87% in dry weight yield for Bermella, Grand Rapid and Boltar genotypes, respectively, and a vigor reduction of 2% for Ice 15975 and 3% for Grand Rapid. At the same time, irrigation treatment with high salinity resulted in plant malondialdehyde concentration increases of 56, 98 and 138% for Bermella, Ice 15975 and Grand Rapid, respectively. In the case of the last two genotypes, their response was associated with a SOD activity decrease. The rest of the genotypes did not show changes in malondialdehyde concentration. These results evidenced a differential response among the assayed lettuce varieties, and that malondialdehyde concentration can

be used to select genotypes tolerant to irrigation with water of high salt content at seedling stage.

KEY WORDS: antioxidants, genotypes, salinity, seedlings

Cómo citar este trabajo:

Siliquini O.A., M. Pereyra Cardozo, J.C. Lobartini, G.A. Orioli, A.E. Quiriban, J.P. Ponce, D.R. Riestra. 2017. Tolerancia de plantines de distintos genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) al riego con agua de alto contenido en sales. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 27(2): 59-66

¹ Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Agronomía. Santa Rosa, Argentina.
² Universidad Nacional del Sur. Departamento de Agronomía. Buenos Aires, Argentina
* siliquini@agro.unlpam.edu.ar



Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es uno de los vegetales de hojas que más se consumen frescos y en ensaladas. Alguno de los indicadores de su calidad son: el color, la textura y otros atributos entre los cuales cabe destacar su capacidad antioxidante ya que hoy en día hay un marcado interés por mejorar no solo la productividad sino las cualidades nutricionales y beneficiosas para la salud de las frutas y vegetales que se consumen (Kang & Saltveit, 2002).

Se sabe que muchas sustancias antioxidantes juegan un rol muy importante en la adaptación de las plantas a estreses tanto abióticos como bióticos (Dixon & Paiva, 1995; Burritt & MacKenzie, 2003). Diversos grupos de agentes antioxidantes son producidos por las plantas como mecanismos de protección contra compuestos oxidantes generados en respuesta a varios tipos de estrés. Estos compuestos oxidantes causan daño a las membranas, organelas y macromoléculas (Mittler, 2002). Condiciones extremas de estrés salino, sequía, altos regímenes de iluminación, altas temperaturas, si bien estimulan la producción de agentes antioxidantes producen como es de esperar una reducción de la biomasa.

La disponibilidad de agua en algunas zonas es un factor limitante en muchas zonas productoras de lechuga. Esto es especialmente cierto en zonas con clima semiárido. Sin embargo un exceso o restricción en la aplicación de agua puede ser un factor importante al afectar negativamente la calidad del producto y la performance de la lechuga recién cortada puesta en la verdulería. Una irrigación apropiada puede impactar positivamente en el rendimiento y uniformidad del producto así como el contenido de fitoquímicos.

Las dietas que contienen frutas y vegetales son ricas en una gran variedad de fitoquímicos con propiedades antioxidantes lo que los hace beneficiosos como promotores de la salud. Los vegetales de hoja verde, constituyen componentes importantes de los alimentos funcionales por su aporte en vitaminas, minerales y compuestos biológicamente activos asociados a los requerimientos de la dieta (Kimura & Rodríguez-Amaya, 2003).

La producción hortícola en la zona de Santa Rosa, La Pampa, se realiza bajo riego. Como el agua disponible tiene un alto contenido salino,

su concentración debe ser disminuida mediante su dilución con agua desionizada obtenida por osmosis inversa por lo que los costos de producción se elevan. Esta dilución se realiza hasta valores de salinidad soportados por el cultivo, aunque no se cuenta con valores provenientes de ensayos específicos realizados tanto con distintos cultivares como con distintos tipos de agua de riego.

Por otro lado se ha encontrado que cuando las plantas de lechuga son sometidas a estrés salino (Kohler *et al.*, 2009) o sequía (Koyama *et al.*, 2012) se observan variaciones en el contenido de sustancias antioxidantes. Así una variedad de lechuga tolerante al NaCl muestra un mejor comportamiento en su crecimiento y en su capacidad antioxidante que una variedad sensible. La salinidad, para el caso de la lechuga, ocasiona otros problemas como la dificultad para el crecimiento inicial de la plántula, la reducción de la tasa transpiratoria, con un consecuente aumento de la temperatura de la planta y un incremento de riesgo de floración anticipada (Marotto *et al.*, 2000). Por lo tanto evaluar los genotipos de lechuga disponibles por su tolerancia al riego con agua con alto contenido de sales es importante cuando la alternativa de irrigación está condicionada por la cantidad y calidad del recurso agua.

El estrés salino causa efectos adversos en las plantas, entre ellos el estrés oxidativo. Las especies reactivas de oxígeno (ROS), tales como el superóxido (O_2^-), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), y el radical hidroxilo (OH^\cdot) son extremadamente reactivos y pueden actuar sobre moléculas como el ADN, pigmentos, proteínas y lípidos (Ashraf, 2009). Las membranas son los sitios primarios de daño de las células debido a que los ROS pueden interactuar con los ácidos grasos insaturados provocando la peroxidación de los lípidos de membrana (Borzouei *et al.*, 2012).

Las plantas poseen mecanismos específicos para detoxificar los ROS, los cuales incluyen enzimas antioxidantes tales como la superóxido dismutasa (SOD), catalasa, peroxidasa y otras del ciclo ascorbato-glutatión, así como antioxidantes no enzimáticos tales como tales como flavonoides, tocoferoles, antocianinas, carotenos y ácido ascórbico.

Las enzimas antioxidantes reducen sustancialmente el nivel de superóxido y peróxido de hidrógeno en las plantas. La inducción de la SOD en respuesta a diferentes estreses ambientales refleja su importante rol en el mecanismo de defensa de las plantas.

El riego con agua con alto contenido de sales puede generar la acumulación celular de ROS, y estos promover la peroxidación de lípidos. La cuantificación de la acumulación celular de los productos de esta peroxidación, en la forma de malondialdehído (MDA), es un indicador de esta actividad. El nivel de MDA, un producto de la descomposición de los ácidos grasos poliinsaturados, producido durante la peroxidación de los lípidos de membrana, es frecuentemente usado como indicador de daño oxidativo (Mittler, 2002; Lanza Castelli *et al.*, 2010; Tommasino *et al.*, 2012). Se espera que los cultivares tolerantes acumulen menor cantidad de MDA que los susceptibles ante el riego con agua con alto contenido de sales.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta al riego con agua con alto contenido de sales de 11 genotipos de lechuga sobre el crecimiento, la actividad de la SOD y la peroxidación de lípidos estimada por el contenido de malondialdehído (MDA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el invernáculo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Once genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.), fueron seleccionados para la realización de este trabajo: Grand Rapid TBR, Bermella 65510, Boltar, Brisa, Lores, Regina 2000, Tizona, Forest, Puglia, Ice 15975 y Crimor.

La variedad Grand Rapid TBR, Bermella, Boltar y Brisa son del tipo crespa, lechugas con plantas más livianas y con buena aceptación comercial localmente, mientras que la variedad Bermella es crespa morada. La variedad Lores, Regina, Tizona, Forest y Puglia son del tipo mantecosa, lechugas con plantas más pesadas, de buena calidad, y la variedad Crimor del tipo criolla, con buen comportamiento, plantas livianas, y la ICE 15975 del tipo capuchinas, arrepolladas, plantas más pesadas, y también con buen comportamiento para la zona. En la

provincia de La Pampa se cultivan principalmente las lechugas del tipo crespa. Anteriormente, se cultivaban mantecosas y crespas, pero ha prevalecido en la producción en los macrotuneles las de tipo crespa, realizándose siete cosechas al año, en forma continua.

La siembra se realizó en forma manual, el 14 de Abril de 2016, en bandejas de germinación de 200 alveolos (15 cc de 54,5 cm x 28 cm), utilizando sustrato comercial Grow Mix (multipropósito), compuesto por turba de musgo *Sphagnum* de fibras medias, compost de corteza, cal calcita, cal dolomita y agentes humectantes. El sustrato estuvo compuesto por 70-80% de materia orgánica, con una conductividad eléctrica (CE) de 0,25-0,35 mmhos.cm⁻¹ (2:1), un pH de 5,3-5,8 Corregido (2:1) y una densidad aparente de 0,16 g.ml⁻¹. En cuanto a las características físicas tuvo 20-25% de porosidad de aire, 60 % de porosidad de agua, 30-35% de agua disponible y una porosidad total de 80-85%. La concentración de nutrientes fue de 100-200 ppm de nitrógeno de nitratos, 80-110 ppm de fósforo y 120 ppm de potasio.

Se colocaron 2 semillas por alveolo y posterior raleo. Se regó con dos tipos de agua, agua de lluvia con una CE de 0,1259 dS.m⁻¹ y un pH de 7,36 y agua de perforación con CE de 3,74 dS.m⁻¹, un pH de 8,0 y 2,39 g.sales.l⁻¹.

Los riegos se efectuaron en función de los requerimientos hídricos de los plantines, y dadas las condiciones ambientales del otoño e inicio del invierno, las frecuencias fueron espaciadas, con condiciones de humedad elevadas debido a las precipitaciones ocurridas durante el desarrollo y crecimiento de los plantines, y limitadas condiciones de luminosidad (varios días nublados) (Tabla 1).

La cosecha manual se realizó el 6 de Junio de 2016, con un ciclo de plantines a trasplante de 54 días. Para cada tratamiento de riego se seleccionaron 10 plantines por genotipo y se determinó: altura, número de hojas, longitud de las raíces, peso fresco, peso seco y vigor. Posteriormente las hojas fueron cosechadas para determinar la actividad de la superóxido dismutasa según la técnica de Beyer & Fridovich (1987) y el contenido de malondialdehído

Tabla 1. Datos climáticos de los meses en que se desarrolló el experimento

Table 1. Climatic data for the months in which the assay was carried out

Año 2016	Abril	Mayo	Junio
Temperatura (°C)			
Promedio	17	13.4	9.6
Máxima Media	23.2	19.2	16.6
Minima Media	11.5	7.6	2.6
Máxima Absoluta	31.1	26	23
Minima Absoluta	4	0.2	-8.5
Precipitaciones (mm)	112.8	25.2	1.4
Heliofania efectiva	3.4	1.8	4.8

Fuente: Cátedra de Agrometeorología. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Source: Agrometeorology Area, Agronomy Faculty. UNLPam.

según Hodges *et al.* (1999).

Se trabajó con un diseño completamente aleatorizado. El experimento fue un factorial de 11 genotipos y 2 niveles de calidad de agua. Los datos fueron analizados mediante ANOVA con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

Resultados y Discusión

En la tabla 2 se expresan los parámetros medidos sobre el crecimiento y desarrollo en la etapa de plantines de los genotipos de lechuga regados con distintas calidades de agua, donde se pueden observar diferencias considerando los tipos de lechugas.

Beauchamp *et al.* (2017) expresaron que concentraciones superiores a 200 mg.l⁻¹ de sales afecta negativamente el crecimiento de lechuga. En nuestro experimento la concentración de sales en el agua salina era de 2390 mg.l⁻¹ y afectó diferencialmente a los genotipos en estudio dado que los genotipos Ice 15975 y Grand Rapid TBR manifestaron una reducción del 2 y 3% del vigor respectivamente, mientras que en los genotipos Grand Rapid TBR, Bermella y Boltar se produjo una reducción del 12, 11 y 87% del peso seco ante el riego con agua

salada y en el resto de los genotipos no hubo efecto del riego con agua con alto contenido de sales sobre los parámetros de crecimiento evaluados (Tabla 2).

El riego utilizando agua con alto contenido de sales puede generar la acumulación celular de ROS, y estos promover la peroxidación de lípidos. La cuantificación de la acumulación celular de los productos de esta peroxidación, en la forma de malondialdehído (MDA), es un indicador de esta actividad. El nivel de MDA, un producto de la descomposición de los ácidos grasos poliinsaturados, producido durante la peroxidación de los lípidos de membrana, es frecuentemente usado como indicador de daño oxidativo (Mittler, 2002). Se espera que los cultivares tolerantes acumulen menor cantidad de MDA que los susceptibles ante el riego con agua con alto contenido de sales.

La respuesta en la concentración de malondialdehído en las hojas de plantas regadas con agua de alto contenido de sales, fue diferente entre los cultivares en estudio dado que en seis genotipos no se modificó, en tres aumentó significativamente ($p < 0,05$) y en dos se redujo respecto de las plantas que recibieron agua de lluvia (Fig. 1). En los cultivares Ice 15975, Grand Rapid y Bermella, el aumento del contenido de MDA fue del 98, 138 y 56% respectivamente. Estos cultivares son los que mostraron reducción en el crecimiento y/o vigor. La concentración de MDA foliar ha sido sugerido como un indicador potencial para la evaluación de la tolerancia al estrés salino (Lanza Castelli *et al.*, 2010; Tommasino *et al.*, 2012). Teniendo en cuenta la reducción del crecimiento de los cultivares Ice 15975, Grand Rapid y Bermella, este indicador muestra un comportamiento que se corresponde con la respuesta de los cultivares mencionados.

Para prevenir el daño en los componentes celulares producido por las ROS, las plantas han desarrollado un complejo sistema de antioxidantes (enzimático y no enzimático). Varios autores (Joseph & Jini, 2010; Lamz Piedra *et al.*, 2013; Lamz Piedra & González Cepero, 2013) sugieren que el aumento de la actividad de enzimas involucradas en la eliminación de ROS,

Tolerancia de plantines de distintos genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) al riego con agua de alto contenido en sales confiere una mayor protección ante el estrés oxidativo en una gran gama de cultivos tolerantes al estrés salino. Varias enzimas antioxidantes participan en la detoxificación de ROS. La SOD reacciona con el radical superóxido para producir H₂O₂ (Bowler *et al.*, 1992). El incremento de la actividad de SOD está involucrado como parte de las defensas contra el estrés oxidativo en lechuga (Eraslan *et al.*, 2007).

El patrón de respuesta de la actividad de la SOD en las hojas de las plantas regadas con agua salina fue diferente en los genotipos en estudio. En la variedad Brisa, la actividad SOD aumentó significativamente ($p>0,05$), en cinco cultivares no se modificó y se redujo significativamente en cinco genotipos respecto de las hojas de plantas regadas con agua de lluvia (Fig. 2). Por otra parte, el incremento en el contenido de MDA en los genotipos

Tabla 2. Efecto de la calidad del agua sobre el crecimiento de plantines de once genotipos de lechuga. Las plántulas fueron cultivadas durante 54 días en invernáculo y regadas con agua de lluvia (LL) o con agua con alto contenido de sales (S)
Table 2. Effect of water quality on seedlings growth for eleven lettuce genotypes. Seedlings were grown in a greenhouse for 54 days and irrigated with rain (LL) or high-salt content water (S)

Genotipos (Tipo de lechuga)	Altura de plantines (cm)		Número de Hojas		Longitud de raíces (cm)		Peso fresco (g)		Peso seco (g)		Vigor (%)	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
	Calidad de agua											
Grand Rapid TBR (Crespa)	4,0	3,5	5	4	4,5	4,0	0,75	0,63	0,09	0,10	90	93
Lores (Mantecosa)	5,0	4,0	6	5	6,5	6,0	1,55	1,32	0,21	0,19	98	90
Bermella (Crespa morada)	3,5	2,5	5	4	5,5	4,2	0,67	0,58	0,08	0,09	95	93
Regina (Mantecosa)	5,5	5,1	6	5	6,4	5,6	1,42	1,27	0,23	0,17	97	95
Tizona (Mantecosa)	5,5	5,0	6	5	6,7	6,0	1,65	1,37	0,24	0,19	94	90
Boltar (Crespa)	4,4	3,8	5	5	5,2	4,7	0,89	0,78	0,13	0,09	95	92
Forest (Mantecosa)	6,0	5,0	6	5	6,3	5,4	1,77	1,45	0,23	0,20	97	95
Ice 15975	6,0	5,3	6	5	6,7	6,2	1,58	1,33	0,23	0,19	92	94
Puglia (Mantecosa)	6,0	5,7	6	5	6,8	5,8	1,81	1,45	0,26	0,22	97	96
Crimor (Criolla)	4,8	3,6	5	4	5,3	4,6	0,99	0,79	0,15	0,13	99	93
Brisa (Crespa)	5,7	5,2	5	4	6,6	6,0	1,22	1,09	0,20	0,154	98	94

de la actividad de la SOD, indicando una menor capacidad antioxidante ante el riego con agua salina. Aquellos genotipos, que no manifiestan daño oxidativo bajo estas condiciones de crecimiento, estimado por la variación en la concentración de MDA, no es necesario un aumento de la actividad de las enzimas antioxidantes, ya que con los valores constitutivos pueden remediar el daño oxidativo ocasionado. En este sentido se puede expresar que en el resto de los genotipos la actividad basal de la SOD es suficiente para prevenir el daño oxidativo. Sin embargo, entre ellos la actividad de SOD es diferente, presentando los cultivares Boltar y Puglia los mayores valores de actividad bajo riego con agua de lluvia. Esto podría explicar que el genotipo Boltar aunque expresó una reducción del 87% del peso seco, no hubo daño oxidativo, pudiéndose inferir que otro tipo de daño limitó el crecimiento. Informes sobre la actividad de SOD bajo estrés salino, sugieren que diferentes mecanismos operan en el daño del estrés

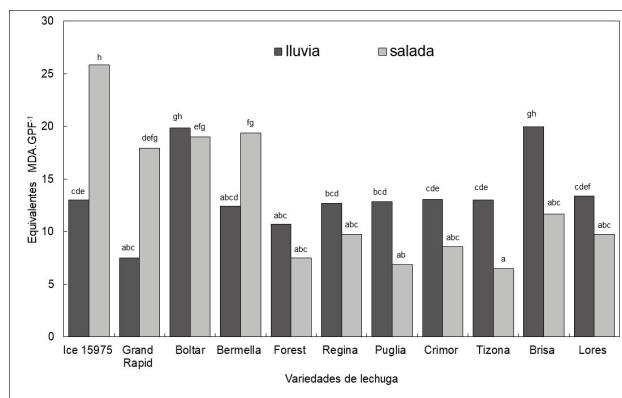


Figura 1. Peroxidación de lípidos (Equivalentes MDA.gPF⁻¹) en plantines de once genotipos de lechuga. Las plántulas crecieron bajo riego con agua de lluvia o con agua con alto contenido de sales. Letras diferentes al lado de la barra indican diferencias significativas (p<0,05)

Figure 1. Lipid peroxidation (Equivalent MDA.gPF⁻¹) in seedlings of eleven lettuce genotypes. Seedlings were grown under irrigation with rain or high-salt content water. Different letters beside bars indicate significant differences at p< 0,05

oxidativo. La activación del oxígeno podría provenir de diferentes mecanismos no necesariamente generando un sustrato para la SOD (Ashraf, 2009) lo cual puede asociarse a la diferente respuesta observada entre los genotipos

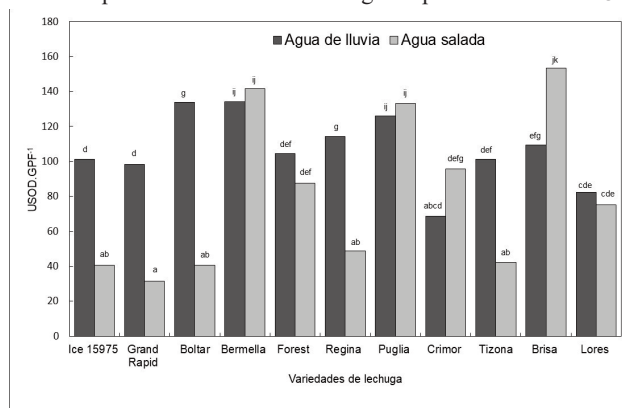


Figura 2. Actividad de la superóxido dismutasa (USOD.gPF⁻¹) en plantines de once genotipos de lechuga. Las plántulas crecieron bajo riego con agua de lluvia o con agua con alto contenido de sales. Letras diferentes al lado de la barra indican diferencias significativas (p<0,05)

Figure 2. Superoxide dismutase activity (USOD.gPF⁻¹) in seedlings of eleven lettuce genotypes. Seedlings were grown under irrigation with rain or high-salt content water. Different letters beside bars indicate significant differences at p< 0,05

en estudio.

Estos resultados evidencian una respuesta diferencial de los genotipos en estudio, ante el riego con agua con alto contenido de sales. El indicador evaluado, la peroxidación lipídica estimada por la concentración de MDA, puede usarse para seleccionar genotipos de lechuga tolerantes al riego con agua con alto contenido de sales al estado de plantines.

Los antioxidantes tienen una función de protección similar en plantas y animales, incluyendo los humanos contra el estrés oxidativo (Rajashekar *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos son los principales antioxidantes en lechuga y bajo condiciones de crecimiento

con limitaciones, puede modificarse la cantidad y composición de éstos (Ouhibi *et al.*, 2014). En situaciones de crecimiento como el riego con agua con alto contenido de

sales, cuyo efecto sobre el crecimiento en varios genotipos no es importante, puede implicar una mejora en la capacidad antioxidante, y ser utilizada como una estrategia o práctica de cultivo para aumentar el contenido de fitoquímicos en lechuga mejorando el valor funcional de este alimento (Oh *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Estos resultados evidencian una tolerancia diferente ante el riego con agua con alto contenido de sales entre los genotipos en estudio. La tolerancia podría estar relacionada con la capacidad de regular la peroxidación de lí-

Esta respuesta cuantificada por el contenido de MDA foliar permitiría discriminar genotipos de plantines de lechuga que difieren en su grado de tolerancia a la salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashraf M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnol. adv.* 27: 84-93.
- Beauchamp W.R., J.M. Pickens, J.L. Sibley, J.A. Chappell, N.R. Martin & A. F. Newby. 2017. Salt level in a simulated aquaponics system and effects on bibb lettuce. *Intl J. Veg. Sci.* 23: 1-15.
- Beyer W.F. & I. Fridovich. 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Anal. Biochem.* 161: 559-566.
- Borzouei A., M. Kafi, E. Akbari-Ghogdi & M.A. Mousavi-Shalmani. 2012. Long term salinity stress in relation to lipid peroxidation, superoxide dismutase activity and proline content of salt sensitive and salt tolerant wheat cultivars. *Chilean J. A. R.* 72: 476-482.
- Bowler C., M.V. Montagu & D. Inze. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 43: 83-116.
- Burritt D.J. & S. MacKenzie. 2003. Antioxidant metabolism during acclimation of *Begonia x erythrophylla* to high light levels. *Ann. Bot.* 91: 783-794.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dixon R.A. & N.L. Paiva. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell.* 7: 1085-1097.
- Eraslan F., A. Inal, O. Savasturk & A. Gunes. 2007. Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Sci. Hortic.* 114: 5-10.
- Hodges D.M., J.M. De Long, C.F. Forney & R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta* 207: 604-611.
- Joseph B. & D. Jini. 2010. Insight into the role of antioxidant enzymes for salt tolerance in plants. *Int. J. Bot.* 6: 456-464.
- Kang H.M. & M E. Saltveit. 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *J. Agric. Food Chem.* 50: 7536-7541.
- Kohler J., J.A., Hernández & AR. Fuensanta Caravaca. 2009. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 65: 245-252.
- Koyama R, H. Itoh S. Kimura, A. Morioka & Y. Uno. 2012. Augmentation of antioxidant constituents by drought stress to roots in leafy vegetables. *Hort Tech.* 22: 121-125.
- Kimura M. & D.B. Rodríguez-Amaya 2003. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2603-2607.
- Lamz Piedra A., M.C. González Cepero & Y. Reyes Guerrero. 2013. Indicadores bioquímicos para la selección temprana de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) con tolerancia a la salinidad. *Cultivos Tropicales* 34: 11-17.
- Lamz Piedra, A. & M.C. González Cepero. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales* 34: 31-42.
- Lanza Castelli S., K. Grunberg, N. Muñoz, S. Griffa, S. López Colomba, E. Ribotta, A. Biderbost and C. M. Luna. 2010. Oxidative damage and antioxidant defenses as potential indicators of salt-tolerant *Cenchrus ciliaris* L. genotypes. *Flora* 205, 622-626.
- Maroto Borrego J., A. Miguel Gómez & C Baixauli Soria. 2000. La lechuga y la escarola. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. España. pp 208-214.
- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci* 7: 405-410.
- Oh M.M., E.E. Carey & C.B. Rajashekar. 2009. Environmental stresses induce health promoting phytochemicals in lettuce. *Plant Physiol. Bioch.* 47: 578-583.
- Ouhibi C., H. Attia, F. Rebah, N. Msilini, M. Chebbi, J. Aarouf, L. Urban & M. Lachaal. 2014. Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants; growth, antioxidant activity and phenolic compounds. *Plant Physiol. Biochem.* 83: 126-133.

- Silquini O.A., M. Pereyra Cardozo, J.C. Lobartini, G.A. Orioli, A.E. Quiriban, J.P. Ponce & D.R. Riestra
- Rajashakar C.B., E.E. Carey, X. Zhao & M.M Oh. 2009. Health-promoting phytochemicals in fruits and vegetables: impact of abiotic stresses and crop production practices. *Funct. Plant Sci. Biotech.* 3. 30-38.
- Tommasino E., S. Griffa, K. Grunberg, A. Ribotta, E. López Colomba, E. Carloni, M. Quiroga & C.M. Luna. 2012. Malondialdehyde content as a potential biochemical indicator of tolerant *Cenchrus ciliaris* L. genotypes under heat stress treatment. *Grass Forage Sci.* 67: 456-459.