

EFECTO DE LA SALINIDAD EN ESTADIOS INICIALES DEL DESARROLLO DE TRES CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Effect of salinity in the initial stages of the development of three rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

Elizabeth Cristo Valdés^{1✉}, María C. González², Elsa Ventura³ y Aida T. Rodríguez¹

ABSTRACT. The work was carried out in the biotechnology laboratory at the Scientific Technological Base Unit “Los Palacios” (UCTB), which belongs to the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) in Los Palacios municipality, in province of Pinar del Río in the March to May period. One hundred (100) seeds of three rice cultivars obtained by different methods of improvement, INCA LP-10, J-104 and INCA LP-7, this last salinity tolerant control were selected and were germinated in petri dishes with paper of Filter and wetted with 15 mL the different saline concentrations of sodium chloride (NaCl) (4000, 7000 and 10000 ppm), distilled water was used as the control. The number of germinated seeds was evaluated at 7 days, determining the germination percentage and at 15 days the height of the seedlings, root length and accumulation of fresh and dry biomass were evaluated in 10 seedlings per replicate, being determined the index of Tolerance to salinity. Varietal differences were observed regarding the live response of the cultivars under study with saline concentrations, where the cultivar INCA LP-7 and INCA LP-10 showed the best tolerance indices for these abiotic stress conditions.

Key words: NaCl, abiotic stress, plant breeding

RESUMEN. La salinización de los suelos es uno de los procesos que provoca el cambio climático que provoca serias afectaciones en los rendimientos agrícolas de los cultivos. El trabajo se desarrolló en el laboratorio de biotecnología de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios” (UCTB), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en el municipio Los Palacios, provincia Pinar del Río en los meses de marzo hasta mayo. Se seleccionaron 100 semillas de tres cultivares de arroz obtenidos por diferentes métodos de mejora, INCA LP-10, J-104 e INCA LP-7, este último cultivar es el control tolerante a la salinidad, las cuales se colocaron a germinar en placas de Petri con papel de filtro y se humedecieron con 15 mL de concentraciones salinas de cloruro de sodio (NaCl) (4000, 7000 y 10000 ppm), como control se usó agua destilada. Se evaluó a los siete días el número de semillas germinadas, determinándose el porcentaje de germinación y a los 15 días se evaluaron la altura de las plántulas, longitud de la raíz y acumulado de biomasa fresca y seca en diez plántulas por réplica, así como el índice de tolerancia a la salinidad. Se observaron diferencias varietales en cuanto a la respuesta en vivo de los cultivares en estudio con las concentraciones salinas, donde el cultivar INCA LP-7 e INCA LP-10 mostraron los mejores índices de tolerancia para estas condiciones de estrés abiótico.

Palabras clave: NaCl, estrés abiótico, mejoramiento genético

INTRODUCCIÓN

El arroz es el segundo alimento en importancia para el hombre, después del trigo, constituye el 80 % de la dieta y proporciona el 20 % de las calorías a más de la mitad de la población mundial. Si se tiene en cuenta el ritmo actual de crecimiento poblacional se puede estimar que la demanda global de arroz aumente a más de 170 millones de toneladas en un periodo de 25 años (1).

¹Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32700

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

³Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, carretera Yautepec-Jojutla km 8, Calle CEPROBI, No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, México. C.P. 62731

✉ ecristo@inca.edu.cu

En Cuba, el arroz constituye uno de los principales alimentos para la población, debido al gran hábito de consumo del mismo, reportándose un per cápita anual de 60 kg, muy por encima de casi todos los países del continente americano y cercano a los patrones de consumo de algunos países asiáticos, pero hasta el momento, la producción nacional satisface un poco más del 50 % de las necesidades, por lo que el país se ve obligado a completarlas con importaciones (2–4).

A pesar de que la política varietal cubana la integran más de 10 cultivares de arroz, estas han presentado dificultades para expresar su máximo potencial productivo y el rendimiento agrícola promedio se encuentra en 3,2 t ha⁻¹, inferior a la media mundial (5), motivado por diferentes causas, afectaciones por el clima, las indisciplinas tecnológicas, afectaciones por plagas, poca disponibilidad de agua y problemas con salinización, siendo esta última una de las más importantes, pues más de un millón de hectáreas se encuentran afectadas por la salinidad y un millón cien mil con tendencia a salinizarse (6).

La salinidad es uno de los estrés más perjudiciales en la actualidad. La inadecuada irrigación de los suelos, así como el cambio climático hacen que este fenómeno alcance un nivel global. Existen informes que demuestran que el área del planeta afectada por la salinización oscila entre un 40–50 % (7).

Esta situación hace necesario el estudio de la incidencia de la salinidad a fin de incrementar la producción; por ello, se realizan investigaciones encaminadas a la obtención y evaluación de cultivares con adaptabilidad a estas condiciones (6)

Dentro de este contexto, resulta de particular interés para el mejorador, contar con métodos de selección rápidos y tempranos e indicadores del grado de tolerancia, que permitan incrementar la eficiencia en la selección de germoplasma con tolerancia a la salinidad (8).

Sin embargo, es preciso incrementar el número de indicadores en el arroz que puedan ser de utilidad en la discriminación de genotipos tolerantes a dicho estrés abiótico. En función de esa meta, en los últimos años los investigadores cubanos han liberado un grupo de variedades de arroz, lo que ha posibilitado mayores rendimientos por hectárea (6).

En este trabajo el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones salinas (NaCl) en la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de tres cultivares de arroz obtenidos genéticamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el laboratorio de Biotecnología de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en el mes de

febrero del año 2017, en condiciones controladas, se seleccionaron 100 semillas de tres cultivares de arroz obtenidos por diferentes métodos de mejora, INCA LP-10, J-104 y INCA LP-7, este último cultivar es el control tolerante a la salinidad (Tabla), las cuales se colocaron a germinar en placas de Petri con papel de filtro y se humedecieron con 15 mL de solución salina, empleando como agente estresante el cloruro de sodio (NaCl) a (4000, 7000 y 10 000 ppm), para simular el estrés de salinidad. Como control se usó agua destilada. Las placas se colocaron en una cámara de crecimiento, a una temperatura de 28 ± 2 °C.

Tabla. Procedencia de los cultivares evaluados en el estudio

Cultivares	Progenitores	Obtendor
INCA LP - 10	Somaclón Amistad - 82	INCA
INCA LP -7	Somaclón Amistad - 82	INCA
J- 104	IR 480-5-2/ IR30-16-1	Perú

EVALUACIONES

Se evaluó a los siete días el número de semillas germinadas, determinándose el porcentaje de germinación y a los 15 días se evaluaron la altura de las plántulas, la longitud de la raíz y el acumulado de biomasa fresca y seca en 10 plántulas por réplica.

A partir de estos datos se calculó la tolerancia a la salinidad (TS), según la fórmula descrita (9).

$$TS = 100 (IE/IC)$$

donde

TS: tolerancia a la salinidad

IE e IC: representan la media de los indicadores evaluados en la solución estresante y control, respectivamente

PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y los datos fueron procesados mediante el programa estadístico STAGRAPHS Plus v 5.0, donde se realizó un análisis de varianza bifactorial; las medias obtenidas se docimaron por el test de rangos múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados de la germinación (Figura 1), se pudo constatar que existen diferencias en todos los cultivares evaluados, a medida que aumentan las concentraciones salinas, destacándose los cultivares INCA LP-7 e INCA LP-10 con el mayor índice de tolerancia en la germinación en las concentraciones de 7 000 ppm de sal; sin embargo, el cultivar J-104

presentó en esta concentración los valores más bajos de índice de tolerancia. Además, se evidenció, en las concentraciones de 10 000 ppm de sal, que el cultivar J-104 presentó susceptibilidad a este factor abiótico. Esto pudo atribuirse, entre otras causas, a la pérdida de la capacidad de absorber agua o por un efecto tóxico de los iones, lo que se manifiesta con la disminución del índice de tolerancia de la germinación. En estudios realizados por otros autores en otros cultivares se ha demostrado que a medida que aumenta las concentraciones salinas, existe una disminución de los índices de tolerancia a la salinidad en la germinación, lo cual puede deberse a dificultades en los procesos de imbibición de la semilla y los daños a esta se les atribuyen a desajustes metabólicos (8,10).

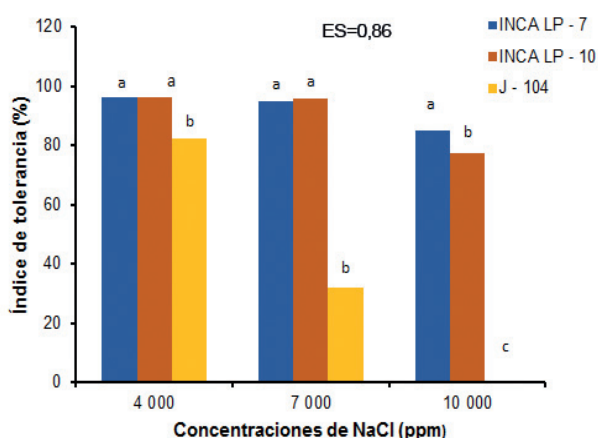


Figura 1. Comportamiento del índice de tolerancia a la salinidad en la germinación en tres cultivares de arroz

En cuanto a la altura de las plantas (Figura 2 y Foto 1), se pudo apreciar que existen diferencias entre todos los cultivares en estudio. A medida que se incrementan las concentraciones de sal, se aprecia una reducción de la altura de las plantas, destacando el cultivar INCA LP-7 con el mayor índice de tolerancia a la salinidad, clasificándola como tolerante en la concentración de 10 000 ppm de sal y para el cultivar J-104 fue tan drástica la afectación que no hubo germinación de las semillas.

Resultados similares se obtuvieron por otros investigadores en otros cultivares, donde se plantea que las altas concentraciones de sal inducen una reducción sustancial del crecimiento, provocado por el desbalance de iones específicos y efectos tóxicos ocasionados por la acumulación de iones (6,11,12). Es válido señalar que las plantas germinadas en la concentración de sal (4000 ppm) presentaba una mayor textura foliar y una coloración verde intensa.

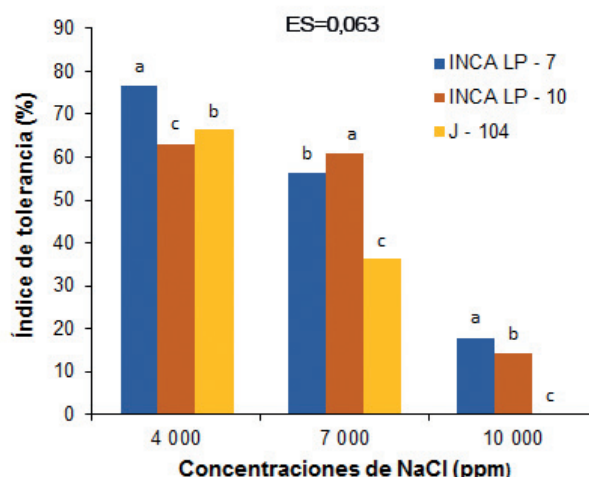


Figura 2. Comportamiento del índice de tolerancia a la salinidad en la altura de las plántulas en tres cultivares de arroz

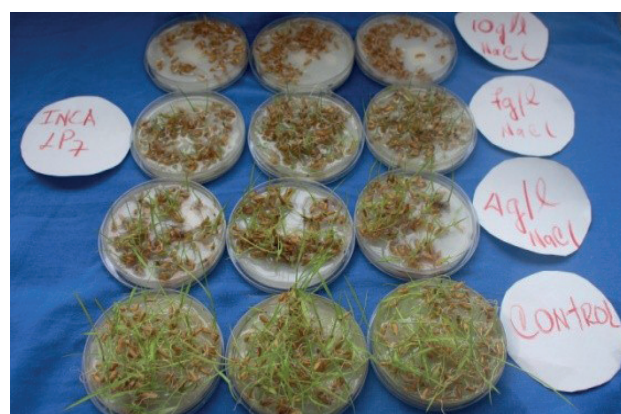


Foto 1. Evaluación del cultivar INCA LP-7 en diferentes concentraciones salinas

Al valorar la longitud del sistema radicular (Figura 3, Fotos 2 y 3), se pudo constatar que hubo diferencias, a medida que se incrementaban las concentraciones salinas en todos los cultivares evaluados, destacándose el cultivar INCA LP-10 con el mayor índice de tolerancia en la concentración de 7 000 ppm de sal. En la concentración de 10 000 ppm de sal, sobresalieron los cultivares INCA LP-7 e INCA LP-10 como los de mejor comportamiento en cuanto al índice de tolerancia, mientras que el cultivar J-104 mostró susceptibilidad general, provocando la muerte a estas concentraciones tan elevadas de sales.

Estudios realizados en diferentes cultivares de arroz han señalado, que el sistema radicular de las plantas se afecta severamente a medida que se incrementan las concentraciones salinas, siendo uno de los indicadores que más aporta a la tolerancia a este factor abiótico.

La capacidad de las plantas de crecer en soluciones salinas refleja todo un complejo de particularidades fisiobioquímicas, especialmente a nivel general en los procesos metabólicos, que constituyen la base para su posterior desarrollo y la formación de un fuerte sistema radicular; que a su vez, repercute en una mayor tolerancia a las plantas adultas (10–14).

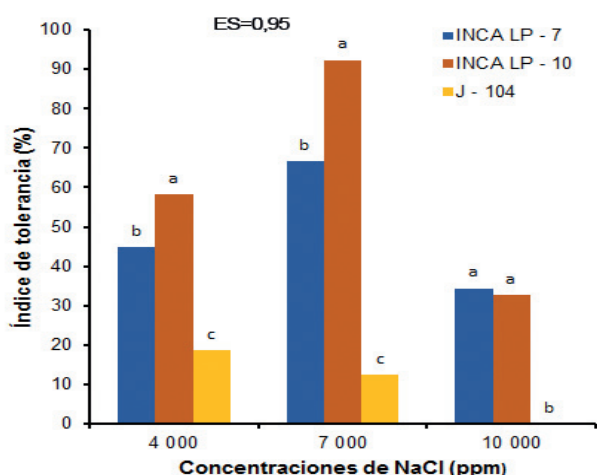
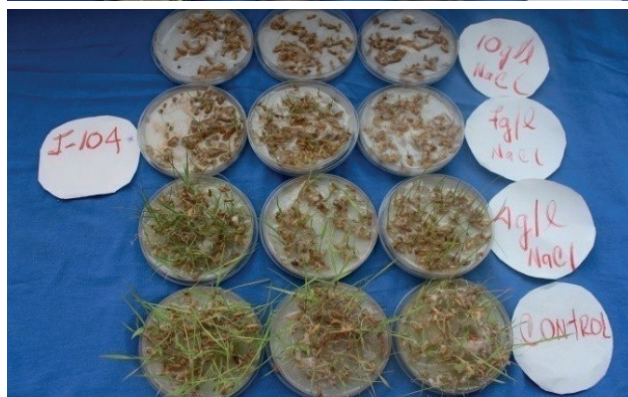


Figura 3. Comportamiento del índice de tolerancia a la salinidad en la longitud de la raíz en tres cultivares de arroz



Fotos 2 y 3. Evaluación de los cultivares INCA LP-10 y J-104 en diferentes concentraciones salinas

La producción de materia fresca (Figura 4), también se mostró afectada por la salinidad del medio, observándose un comportamiento diferenciado en el índice de tolerancia en los diferentes cultivares, exhibiendo los mejores resultados los cultivares INCALP-10, seguido por el INCALP-7, este último fue liberado a la producción por su tolerancia a la salinidad y el peor comportamiento lo obtuvo J-104, siendo muy susceptible a la concentración salina de 10 000 ppm.

Esto pudiera deberse, entre otras causas, a los daños ocasionados por el estrés de salinidad al producir una fuerte reducción del potencial osmótico celular y a la toxicidad de los iones sodio y cloruro. En estudios realizados por otros investigadores (11), donde se evaluó el crecimiento de las plántulas de arroz a diferentes concentraciones de NaCl, se comprobó las grandes afectaciones que provoca el estrés salino en la masa fresca, donde influyen directamente los factores osmóticos, así como la toxicidad de los iones en toda la etapa de desarrollo.

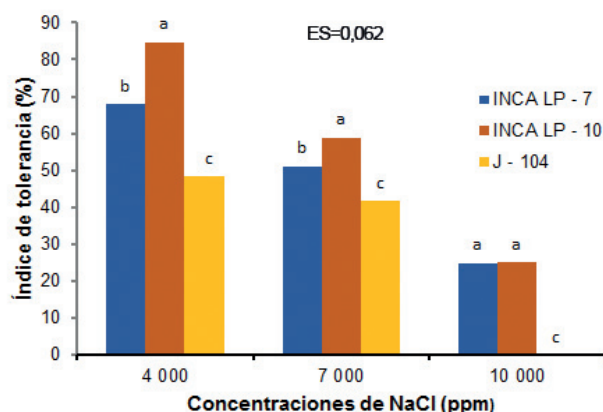


Figura 4. Comportamiento del índice de tolerancia a la salinidad en la masa fresca en tres cultivares de arroz

En la producción de materia seca (Figura 5), se constataron diferencias en los índices de tolerancia de todos los cultivares estudiados, a medida que se incrementaron las concentraciones salinas, destacándose en las concentraciones de 4000 y 7000 ppm de sal el cultivar INCA LP-10, seguido del INCA LP-7, lo cual evidencia la tolerancia que presentan estos cultivares, obtenidos por cultivo somático, al fuerte estrés abiótico; sin embargo, en la concentración de 10 000 ppm de sal, el cultivar INCA LP-7 acumuló la mayor cantidad de biomasa seca, lo que está estrechamente relacionado con el rendimiento agrícola. También se observó una reducción en el cultivar J-104 en todas las concentraciones y llegó a ser drástica en la de (10 000) ppm de sal.

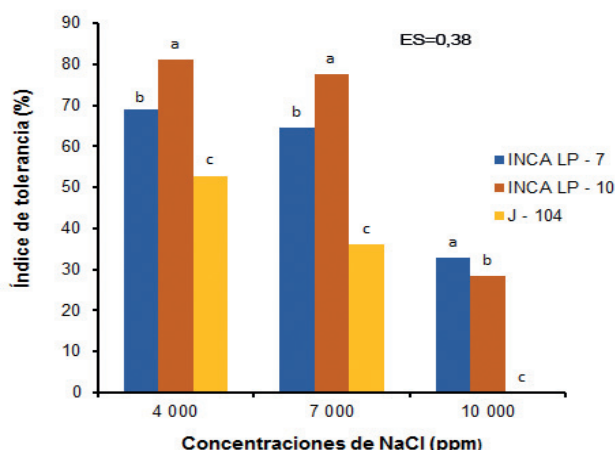


Figura 5. Comportamiento del índice de tolerancia a la salinidad en la masa seca en tres cultivares de arroz

Este incremento del cultivar INCA LP-7 en los valores de masa seca en las concentraciones de 10 000 ppm de sal, pueden justificarse, entre otras causas, por un aumento en la producción de solutos orgánicos (azúcares, prolina, aminoácidos), para contrarrestar los efectos osmóticos de la salinidad y la retención de los iones en las vacuolas de las raíces en el crecimiento de los diferentes órganos, que permiten que las plantas toleren concentraciones celulares o extracelulares muy elevadas de sal (8,10–12).

Diferentes autores han señalado que las plantas sometidas a condiciones de salinidad, se ajustan osmóticamente y reducen su potencial osmótico interno, para lo cual utilizan una parte de sus fotosintatos. Además, se ha encontrado que la salinidad afecta la masa seca de las plántulas de arroz (8,10,13,14).

Según investigaciones realizadas por algunos autores (2,13,15), la masa seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud de la capacidad del sistema de asimilación de la planta; el rendimiento del grano de arroz depende ampliamente de la producción total de masa seca y su distribución hacia los mismos.

En estudios realizados por otros autores, donde se evaluó el comportamiento de estos cultivares en suelos afectados por sales, se encontraron resultados similares en los que se relaciona el incremento del acumulado de masa seca con el rendimiento agrícola (3,15).

CONCLUSIONES

Se observaron diferencias varietales en los estadios iniciales del desarrollo, en cuanto a la respuesta in vivo de los cultivares en estudio, con las concentraciones salinas de cloruro de sodio, donde el cultivar INCA LP-7 e INCA LP-10 mostraron los mejores índices de tolerancia para estas condiciones de estrés abiótico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Khush GS. Strategies for increasing the yield potential of cereals: case of rice as an example. Gupta P, editor. *Plant Breeding*. 2013;132(5):433–6. doi:10.1111/pbr.1991
2. González T. Informe anual, Arroz. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones del Arroz, MINAG; 2011.
3. Polón R, Castro R, Ruiz M, Maqueira L. Práctica de diferentes alturas de corte en el rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio. *Cultivos Tropicales*. 2012;33(4):59–62.
4. Rivero LLE, Suárez CE. Instructivo Técnico Cultivo de Arroz. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales; 2015. 77 p.
5. ONEI. Oficina Nacional de Estadísticas. Cuba [Internet]. 2014 [cited 2018 Jul 4]. (Anuarios Estadísticos Agropecuarios.). Available from: <http://www.one.cu/aec2016.htm>
6. Cristo E, Pérez N, González M. Comportamiento de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) promisorios para suelo salino. *Cultivos Tropicales*. 2012;33(3):42–6.
7. Planos E, Rivero R, Guevara V. Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología; Proyecto GEF/PNUD de la República de Cuba, La Habana; 2013. 427 p.
8. García A, Dorado M, Pérez I, Montilla E. Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Interciencia*. 2010;35(1):46–54.
9. González LM, Prieto F, Aguilera RM, Guardia L, Pérez A. Desarrollo de metodología de evaluación para resistencia a la salinidad en arroz. In: Memoria del Coloquio Cubano-Francés sobre mejoramiento y manejo de vertisuelos. In Montpellier: Editorial EMSAMLINRA; 1991. p. 329–36.
10. Suárez RS, Reyes RR, Bodes OG. Evaluación de ocho variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Manatí, provincia Las Tunas. *Innovación Tecnológica*. 2013;19(4):49.
11. Martínez L, Reyes Y, Falcón A, Núñez M. Efecto del tratamiento a las semillas con quitosana en el crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCALP-5 en medio salino. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(1):143–50.
12. Alam MM, Tanaka T, Nakamura H, Ichikawa H, Kobayashi K, Yaeno T, et al. Overexpression of a rice gene (OsHAP2E) confers resistance to pathogens, salinity and drought, and increases photosynthesis and tiller number. *Plant Biotechnology Journal*. 2015;13(1):85–96. doi:10.1111/pbi.12239

13. Nounjan N, Theerakulpisut P. Effects of exogenous proline and trehalose on physiological responses in rice seedlings during salt-stress and after recovery. *Plant, Soil and Environment*. 2012;58(7):309–15. doi:10.17221/762/2011-PSE
14. Longping Y, Xiaojin W, Fuming L, Guogui M, Qiusheng X. *Hybrid Rice Technology*. Philippines, China: Sponsored by the Romon Magsaysay Foundation; 2014. 131 p.
15. Campo S, Baldrich P, Messeguer J, Lalanne E, Coca M, San Segundo B. Overexpression of a Calcium-Dependent Protein Kinase Confers Salt and Drought Tolerance in Rice by Preventing Membrane Lipid Peroxidation. *Plant Physiology*. 2014;165(2):688–704. doi:10.1104/pp.113.230268

Recibido: 12 de octubre de 2017
Aceptado: 20 de junio de 2018

