

EFECTO DE LA SEQUÍA SIMULADA CON PEG-4000 SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS DE DOS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Effect of simulated drought using PEG-4000 on germination and seedling growth of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

Elizabeth Cristo^{1✉}, María C. González¹ y Elsa Ventura²

ABSTRACT. This work was made at Genetics lab from Technological Scientific Basic Unit "Los Palacios" (UCTB), belonging to the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), located in Los Palacios, Pinar del Río province. The aim was to evaluate the effect of simulated drought with PEG-4000 on germination and seedling growth of two rice cultivars seeds. Selected cultivars were Guillemar LP-19 and Perla de Cuba (as tolerant control). They were treated at different concentrations of osmotic agent (PEG 15, 20, 25, 30 g L⁻¹) and a control treatment with distilled water was also put. It was evaluated the germination percentage, plant height, the root system length and their dry mass. It was shown differential behaviours among cultivars under drought levels caused by different PEG concentrations. The cultivar "Guillemar LP-19" showed the better behaviour for the four analyzed parameters than tolerant control cultivar. First stages of plant growth presented affectations with the increasing of the PEG-4000 concentrations, as osmotic agent to simulate the stress for drought.

Key words: low water supplies, cultivars, abiotic stress

INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz, (*Oryza sativa* L), comenzó a cultivarse hace casi 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Actualmente, este cereal es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Ocupa el segundo lugar después del trigo con respecto a superficie cosechada (1).

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta postal No.1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700

² Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, carretera Yauatepec-Jojutla km 8, Calle CEPROBI, No. 8, Col. San Isidro, Yauatepec, Morelos, México. CP 62731

✉ ecristo@inca.edu.cu

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en el laboratorio de genética de la Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios" (UCTB), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en el municipio Los Palacios, provincia Pinar del Río. El objetivo fue evaluar el efecto de la sequía simulada con PEG-4000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de arroz. Se seleccionaron semillas de dos cultivares Guillemar LP-19, y Perla de Cuba (control tolerante a la sequía) a diferentes concentraciones del agente osmótico (PEG 15, 20, 25, 30 g L⁻¹) y un control con agua destilada. Se evaluó el porcentaje de germinación, altura de las plantas, la longitud del sistema radical y la masa seca, mostrándose un comportamiento diferenciado en los cultivares bajo diferentes concentraciones de PEG. El cultivar Guillemar LP-19 mostró el mejor comportamiento, en los cuatro indicadores analizados para este tipo de estrés abiótico, en comparación al testigo tolerante. Con el aumento de las concentraciones de PEG-4000 como agente osmótico para simular el estrés por sequía, los primeros estadios de crecimiento de las plantas presentaron afectaciones.

Palabras clave: bajos suministros de agua, cultivar, estrés abiótico

El arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados (1).

En Cuba constituye el principal alimento para la población con un consumo anual cercano a los 60 kg per cápita. Se ubica entre los primeros lugares de América Latina; pero hasta el momento, la producción nacional solo satisface un poco más del 50 % de las necesidades, por lo que el país se ve obligado a completarlas con importaciones (2,3).

En el país los cultivares comerciales actuales han demostrado tener un potencial de rendimiento que supera las 7 t ha⁻¹; a pesar de ello, las condiciones productivas en los últimos 20 años no supera las 3,5 t ha⁻¹ como promedio (3,4), ocasionado por diferentes causas,

destacándose la poca disponibilidad de agua. La sequía conjuntamente con la salinidad de los suelos es un grave problema, que afecta el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de la agricultura; cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada y unos 10 millones de hectáreas se abandonan debido a eso (5). En Cuba, la sequía ha perjudicado cerca del 76 % de las áreas de cultivo, fundamentalmente en las provincias orientales y se plantea que es el estrés abiótico de mayor incidencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas (4) y, específicamente, uno de los factores limitantes de la productividad del arroz (6-9). Las plantas, en respuesta a la sequía han desarrollado mecanismos para mantener una concentración de agua favorable, ya sea conservando el agua o por su habilidad para proporcionarla hacia la parte aérea, aún en condiciones de déficit (6,10).

Tal situación ha motivado que los trabajos encaminados a la recuperación y el manejo de estos suelos se hayan intensificado en los últimos años (8), y se desarrollen programas de mejoramiento genético encaminados a la obtención de cultivares tolerantes a la sequía, con el propósito de elevar los rendimientos y recuperar, además, áreas con poca disponibilidad de agua (4,5,8).

Para el desarrollo del programa de mejoramiento, resulta indispensable la detección de marcadores que puedan ser utilizados para identificar los genotipos tolerantes en estadios de desarrollo tempranos. Estudios realizados con el cultivo del arroz han sugerido la posibilidad de utilizar algunos indicadores simples, como el porcentaje de germinación y crecimiento temprano para la tolerancia de los materiales obtenidos para el estrés ambiental (5,11).

Por lo expresado anteriormente, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sequía simulada con PEG-4000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas en dos cultivares de arroz, utilizando marcadores morfo agronómicos para la selección temprana de genotipos promisorios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el mes de marzo del año 2013, en condiciones controladas, en el Laboratorio de Genética de la Unidad Científica Tecnológica de Base "Los Palacios". Se seleccionaron 100 semillas de dos cultivares de arroz Guillemar LP-19 y Perla de Cuba (Tabla I), este último como control de tolerancia a la sequía, las cuales se colocaron a germinar en placas Petri con papel de filtro, y se humedecieron con 15 mL de solución de Polietilenglicol (PEG-4000), a 15, 20, 25, 30 g L⁻¹ para simular el estrés de sequía. Como control se usó agua destilada. Las placas se colocaron en una cámara de crecimiento, a una temperatura de 28±2 °C. 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 seca en diez plántulas por réplica. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y los datos se analizaron estadísticamente mediante intervalo de confianza para $\alpha \leq 0,05$.

Tabla I. Genotipos evaluados en el estudio y su procedencia

No	Genotipos	Progenitores	Procedencia
1	Guillemar LP-19	Amistad-82/INCA LP-7	Cuba
2	Perla de Cuba	Desconocida	Cuba

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se constata que a pesar de que se observaron diferencias entre los tratamientos estudiados, hay una reducción en los porcentajes de germinación en los dos genotipos evaluados (Figura 1), a medida que aumentaron las concentraciones de PEG, siendo estadísticamente superior a partir de la concentración de 15 g L⁻¹. Esta disminución en la germinación puede estar atribuida a que las altas concentraciones de PEG-4000 impiden la absorción de agua por las semillas, debido al bajo potencial osmótico que se crea en la solución y a que reduce la disponibilidad de oxígeno, al limitar su solubilidad y difusión, dada su alta viscosidad (8,9). En estudios realizados por otros autores en cultivos como el trigo, frijol y maíz, obtuvieron el mismo comportamiento (9,12).

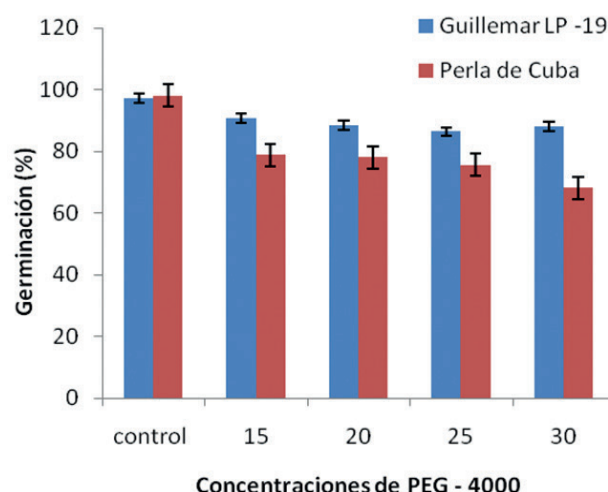


Figura 1. Influencia de las concentraciones de PEG-4000 sobre la germinación de la semilla de dos cultivares de arroz

Al valorar el crecimiento se detectaron inhibiciones diferenciales en la altura final, longitud de la raíz y la masa seca de las plántulas en el cultivar Perla de Cuba, en comparación con el control (Figura 2 y 3), pero los daños fueron inferiores en el cultivar Guillemar LP-19 en la concentración de 15 g L⁻¹. Tales afectaciones en el crecimiento coinciden con lo observado en este cultivo (4,13-16). Al respecto señala que el efecto detrimental del PEG-4000 pudiera ser explicado por el déficit hídrico que produce en los tejidos foliares en crecimiento, al disminuir el turgor de las células y a cambios en la permeabilidad de las membranas. Otros investigadores encontraron que la longitud de la raíz principal se incrementa en condiciones de estrés hídrico, debido a que la planta necesita tomar agua en la zona donde tenga mayor humedad y continuar sus procesos fisiológicos.

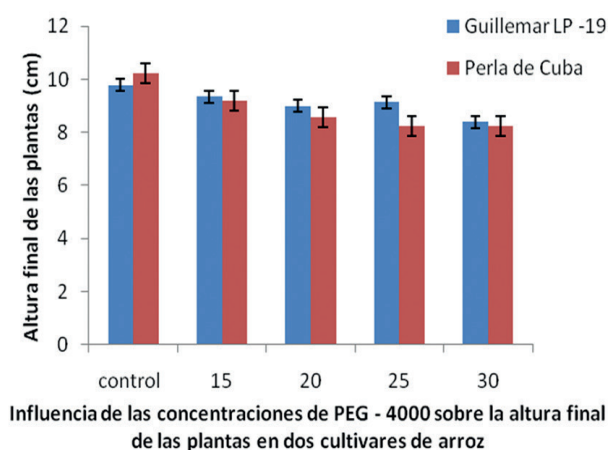


Figura 2. Influencia de las concentraciones de PEG-4000 sobre la altura final de las plantas en dos cultivares de arroz

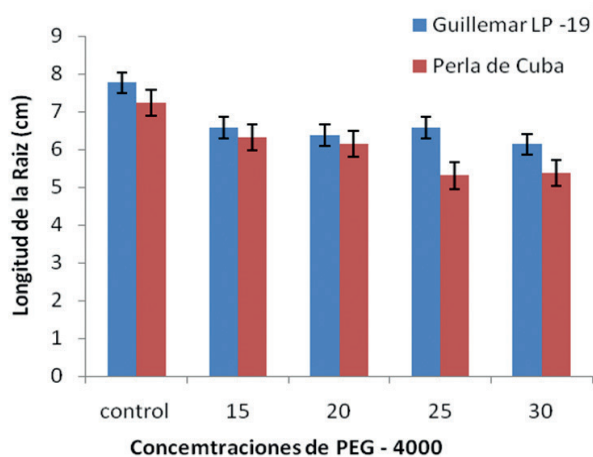


Figura 3. Influencia de las concentraciones de PEG-4000 sobre la longitud de la raíz en dos cultivares de arroz

Las diferencias encontradas en los cultivares en cuanto a la germinación y el crecimiento de las plántulas, indican la utilidad que pueden tener estos indicadores morfo agronómicos en la selección temprana de genotipos tolerantes a la sequía. Por otro lado, algunos investigadores señalan que la varianza aditiva para el porcentaje de germinación, altura y longitud de la raíz de las plántulas cultivadas en soluciones de PEG-4000 fue mucho mayor que la varianza dominante, mostrando la eficiencia de su empleo en las generaciones segregantes (13).

Este aspecto es de gran importancia, pues los éxitos de la evaluación de la tolerancia a la sequía en campo son bajos, laboriosos y proveen de resultados muy variables (12), por lo que los métodos de laboratorios constituyen una opción válida para discriminar genotipos en etapas tempranas de los programas de mejoramiento. Al respecto, se ha indicado que uno de los métodos más empleados para determinar la tolerancia de las plantas al estrés hídrico es la evaluación de la capacidad germinativa de las semillas en esas condiciones estresantes (4,6-8). Por otro lado, se ha señalado que para ser simuladas las condiciones de sequía en condiciones de laboratorio y estudiar los procesos de germinación y crecimiento de las plantas, se han utilizado soluciones acuosas de manitol y PEG, por ser compuestos inertes y no tóxicos a las plantas (7,9-11).

En cuanto a la masa seca de las plántulas (Figura 4), se encontraron diferencias comparadas con el control, a partir de concentraciones de 20 g L⁻¹ en los dos cultivares, mostrándose una disminución en el cultivar Perla de Cuba, mientras el cultivar Guillemar LP-19 presentó la menor afectación, mostrando un aceptable comportamiento de la masa seca de la planta ya que presenta un crecimiento más acelerado que la Perla de Cuba que es un cultivar tolerante a la sequía. La Guillemar LP-19 difiere del testigo tolerante en las concentraciones de 25 y 30 de PEG, lo que pudo ser atribuido entre otras causas que a medida que aumenta las concentraciones de PEG se ve afectada la altura de las plantas, esto corrobora los resultados presentados por diversos autores quienes indicaron que a medida que se incrementan las concentraciones de PEG-4000, disminuye el crecimiento de las plántulas provocado, tanto por el efecto del estrés osmótico como por el desbalance de iones específicos y efectos tóxicos ocasionados por la excesiva acumulación de iones (4).

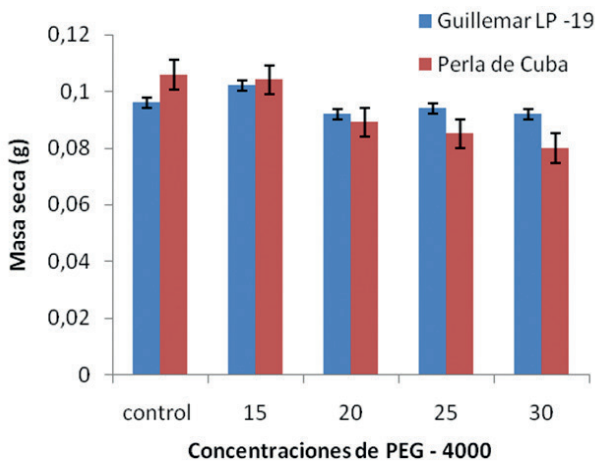


Figura 4. Influencia de las concentraciones de PEG-4000 sobre la masa seca en dos cultivares de arroz

CONCLUSIONES

- ◆ Podemos concluir que el déficit hídrico constituye uno de los factores abióticos limitante de la productividad del arroz. La poca disponibilidad de agua provoca diferentes efectos sobre los procesos fisiológicos en las plantas, que varían entre especies y cultivares de la misma especie y depende del nivel de severidad del déficit y el estado fisiológico de la planta, que se logra con el incremento de las concentraciones de PEG.
- ◆ Es una temática de gran importancia, teniendo en cuenta que en la actualidad existe un porcentaje alto de áreas que se dedican a este cereal que no pueden ser sembrada por falta de suministro estable de agua de riego y de cultivares adecuados para ello.
- ◆ Consideramos que se debe de diseñar otro experimento y evaluar estos mismos cultivares con PEG-6000 con concentraciones de potencial osmóticos más altos, para evaluar si la diferencia es más marcada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez O, Silva R, Cruz J. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento en el arroz (*Oryza sativa* L.) en el Municipio Santa Rosalia, Estado de Portuguesa, Venezuela. *Revista Unell Cienc Tec.* 2009;27:32-41.
2. Polón R, Castro R, Ruiz M, Maqueira LLA. Prácticas de diferentes alturas de corte a cultivo de 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.
3. Instituto de Investigaciones del Arroz. *Instructivo Técnico del Arroz.* La Habana, Cuba; 2014. 73 p.

4. García A, Dorado M, Pérez I, Montilla E. Efecto del déficit hídrico en la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Interciencia.* 2010;35(1):46-54.
5. Cristo VE, González MC, Pérez NJ. LP - 20 Nuevo cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) tolerante a los bajos suministros de agua y fertilizantes. *Cultivos Tropicales.* 2015;36(2):95.
6. Pandey V, Shukla A. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Science.* 2015;22(4):147-61.
7. Silmara CF, Juliano SC. Processo germinativo de sementes de Paneira sob estresses hídrico e salino. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* 2004;39(9):24-31.
8. Swain P, Anumalla M, Prusty M, Marndi BC, Rao GJN. Characterization of some Indian native land race rice accessions for drought tolerance at seedling stage. *Journal Crop Sci.* 2014;8(3):324-31.
9. Heidary RY, Heidary M. Evaluation of resistance for salinity drought cold an pH change in four Iranian wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources.* 2002;9(1):32-8.
10. Ojeda S, Michel C, Amador MB, Escobar IM, Diéguez T, Ruiz EE, Higinio F, Nieto GA. Estrés hídrico en la germinación y crecimiento de plántulas de genotipos de albahaca *Ocimum basilicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 2013;4(2):229-41.
11. Ogbonnaya CI, Sarr B, Brou C, Diouf O, Diop NN, roy-Macauley H. Selection of cowpea genotypes in hydroponics pots and field for drought tolerance. *Crop Science.* 2003;43:1114-20.
12. Domínguez SA. Efecto del estrés hídrico sobre la germinación de genotipos de frijol común en condiciones experimentales de sequía. *Revista Avanzada Científica.* 2014;17(1):1-15.
13. Bunnag S, Pongthai P. Selection of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars tolerant to drought stress at the vegetative stage under field conditions. *American Journal of Plant Sciences.* 2013;4(9):1701-8.
14. Sokoto MB, Muhammad A. Response of rice varieties to water stress in Sokoto, Sudan Savannah, Nigeria. *J Biosciences Medicines.* 2014;2(1):68-74.
15. García MS, Gómez M, Libia IF, Téllez T, Herrera CÉ. Factores de transcripción involucrados en respuestas moleculares de las plantas al estrés osmótico. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 2013;36(2):105-15.
16. Dalpat LHE, Shashidhar PH, Ramanjini G, Ashok TH. Department Callus Induction and Regeneration from in vitro anther Culture of Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture Environment & Biotechnology.* 2014;7(2):213-8.

Recibido: 29 de junio de 2016

Aceptado: 26 de diciembre de 2016