

Reacción del maíz de alta calidad proteica al potencial de agua del sustrato: germinación y crecimiento radical inicial

Reaction of quality protein maize to substrate water potential: germination and initial root growth

C. Peña-Valdivia¹, C. Trejo¹, J. Galicia¹ y A. Sánchez-Urdaneta²

¹Botánica, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México- Texcoco Montecillo, México. 56230

²Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Botánica, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Resumen

El maíz con alta calidad proteica o maíz QPM ("Quality Protein Maize") contiene el doble de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano, respecto al maíz normal; debido a su gran valor alimenticio existe interés por conocer su respuesta a factores inductores de estrés. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de agua (Ψ_A) mínimo del sustrato para la germinación de semillas de maíz QPM y el desarrollo radical inicial. Semillas de los cv. QPM-H519 y QPM-559C se colocaron en vermiculita con Ψ_A entre -0,03 y -2,70 MPa (saturada y con sólo 3% de humedad). La germinación y crecimiento se evaluaron por 7 días, con un diseño factorial 2 (cultivares) x 6 (Ψ_A), 10 semillas o unidades experimentales y dos repeticiones. El Ψ_A mínimo para la germinación fue -2,05 MPa y la longitud radical se redujo de 33 a 50% (40 y 80 mm) respecto al Ψ_A de -0,03 MPa. Las semillas de maíz QPM ajustan exitosamente su metabolismo germinativo cuando el sustrato está parcialmente deshidratado, respecto al sustrato bien hidratado.

Palabras clave: Imbibición, *Zea mays*, potencial de agua, semillas.

Abstract

The high quality protein maize (QPM) has twice of the essential amino acids lysine and tryptophan than the regular maize; because its huge alimentary value the interest for knowing its response to inducer stress factors exists. The aim of this work was to determine the minimal substrate water potential (Ψ_w) for seed QPM maize germination and to start root development. Seeds of cv.

QPM-H519 y QPM-559C were placed in vermiculite at Ψ_w between -0.03 and -2.70 MPa (saturated and only with 3% of humidity). Germination and initial root growth were evaluated during 7 days, under a factorial 2 (cultivars) x 6 (Ψ_w) experiment design, 10 seeds or experimental units and two replicates. The minimal Ψ_w for germination was -2.05 MPa and root length diminished from 33 to 50% (40 and 80 mm) compared with the Ψ_w of -0.03 MPa. Maize QPM successfully adjusts its metabolism during germination when the substrate is partially dehydrated in comparison to well hydrated substrate.

Key words: Imbibition, *Zea mays*, water potential, seeds.

Introducción

Existen factores intrínsecos y ambientales (humedad de la semilla y el ambiente, permeabilidad de la semilla, temperatura ambiente, etc.) que regulan tanto la absorción de agua como la germinación de las semillas. El agua es imprescindible para la germinación y la cinética de la imbibición de las semillas es un proceso muy complejo que involucra dos fenómenos, adsorción (humedecimiento) y flujo hidráulico, con dinámica distinta entre ambos y las variables que los controlan cambian durante cada fases (5).

Las raíces de las plántulas de maíz, crecidas con humedad y temperatura óptimas, continúan su crecimiento al ser transferidas a sustrato con potencial de agua (Ψ_A) entre -0,03 y -2,36 MPa (saturado y con sólo 6% de humedad); pero, la tasa de crecimiento es afectada con Ψ_A menores que estos (2 y 3). Con el crecimiento radical se alcanzan zonas más profundas del suelo, con mayor disponibilidad de agua, y se asegura que el agua continué transportándose al vástago (3).

La reacción de las semillas de maíz al Ψ_A del sustrato es desconocida, y dada la importancia del maíz en la agricultura y alimentación mun-

dial, la disponibilidad de agua limitada para la agricultura de los cultivos básicos, como el maíz, resulta necesario conocer el Ψ_A del sustrato mínimo requerido para la germinación, la relación y contraste de estos factores en las semillas de los cultivares de maíz seleccionados por alguna característica fisiológica o de calidad de la semilla, como los denominados QPM ("quality protein maize") (4). La importancia de este tipo de maíz es relevante en la alimentación, pues aunque contienen cantidades similares de proteína total que el tipo común de maíz, contiene el doble de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano, los que son indispensables para el metabolismo y crecimiento adecuado de humanos y animales (1). Esta información ayudaría a optimizar la selección y mejoramiento de cultivares tolerantes a la sequía, por la reducción del tiempo requerido y cantidad de cultivares que podrían ser evaluados en poco tiempo (3).

El objetivo del estudio fue determinar el Ψ_A mínimo del sustrato con el que las semillas de maíz QPM germinan e inician el desarrollo radical.

Materiales y métodos

Los cultivares de maíz QPM-H519 y QPM-559C del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México, fueron usados (4). Las semillas se pesaron individualmente y colocaron en contenedores de cloruro de polivinilo (PVC, con 40 y 100 mm de diámetro interno y altura, respectivamente) con vermiculita como sustrato, con Ψ_A de -0,03, -1,58, -2,05, -2,13, -2,42 y 2,70 MPa. Cada recipiente se cubrió con polietileno negro, fijado con una banda elástica, para mantener constante el Ψ_A y permaneció en oscuridad a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Se registró la masa de cada semilla, en una balanza analítica. Se calculó el porcentaje de agua embebida por las semillas respecto a su propia masa y se contabilizaron las semillas germinadas (con raíz de 1 cm o más de longitud) durante siete días.

El sustrato con Ψ_A de -0,03, -1,58, -2,05, -2,13, -2,42 y 2,70 MPa se obtuvo al mezclar vermiculita seca con 100, 8, 6, 5, 4 y 3 partes de agua destilada (p:v), respectivamente. Las mezclas se prepararon 48 h antes de usarse y se mantuvieron en bolsas de polietileno selladas, al término de este

período se tomaron muestras de la vermiculita para determinar su Ψ_A , según lo descrito por Sánchez-Urdaneta *et al.* (3). Las muestras fueron incubadas en cámaras psicrométricas (Wescon C-52, Inc, Utha, USA) por 4 a 6 h. Después de este tiempo, se determinó el Ψ_A , con un microvoltímetro (Wescon HR-33T, Inc, Utha, USA), conectado a cada cámara, operado en el modo de punto de rocío. Se evaluaron 12 repeticiones de cada Ψ_A en muestras de vermiculita durante el experimento.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y dos repeticiones. Cada repetición estuvo constituida por 10 semillas, los factores y niveles fueron: 2 (cultivares) x 6 (Ψ_A). Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS para computadora personal. La representación gráfica de los datos se realizó con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific (Versión 9), para computadora personal.

Resultados y discusión

La cantidad de agua embebida por las semillas fue dependiente del Ψ_A del sustrato y significativamente diferente entre los cultivares sólo cuando el Ψ_A era -2,13 y -2,35 MPa; aunque, las diferencias fueron mínimas. Las semillas de ambos cultivares ganaron humedad equivalente a 57-

60% de su masa, en el sustrato saturado de humedad (Ψ_A de -0,03 MPa); en contraste, el Ψ_A de -2,70 MPa deshidrató parcialmente (0,02 a 3,89%) las semillas (figura 1A).

Ambos cultivares alcanzaron 96,20% de germinación en el sustrato con Ψ_A de -0,03 MPa y -1,58 MPa (con

sólo 8% de humedad); pero, con los Ψ_A menores a -2,13 MPa ninguna semilla germinó. El Ψ_A de -2,13 MPa inhibió 40% la germinación del cv. QPM-559 pero el QPM-H519 fue menos afectado (figura 1B). Los resultados demostraron que las semillas de maíz QPM-H519 y QPM-559 para germinar requieren Ψ_A del sustrato cercanos a -2,13 MPa, que embeben más agua cuando hay abundancia de está en el medio, aún cuando el exceso sea innecesario para la germinación, es decir con una imbibición menor a 25% la germinación se lleva a cabo.

El crecimiento de la raíz dependió del Ψ_A del sustrato y tanto la longitud como la materia fresca y

biomasa incrementaron en ambos cultivares con los mayores Ψ_A del sustrato; en la mayoría de los tratamientos, el desarrollo de la raíz de las plántulas del cv. QPM-H519 fue significativamente mayor que en el cv. QPM-559C. En el Ψ_A de -1,58 MPa la longitud, la materia fresca y la biomasa representaron la mitad o menos respecto a los valores alcanzados con el Ψ_A de -0,03 MPa (figura 2). Estos resultados muestran que las semillas de ambos cultivares de maíz utilizaron eficientemente la humedad limitada (6 y 8%) del sustrato, con Ψ_A de -1,58 y -2,05 MPa, para germinar, pero el crecimiento del sistema radical fue afectado parcialmente.

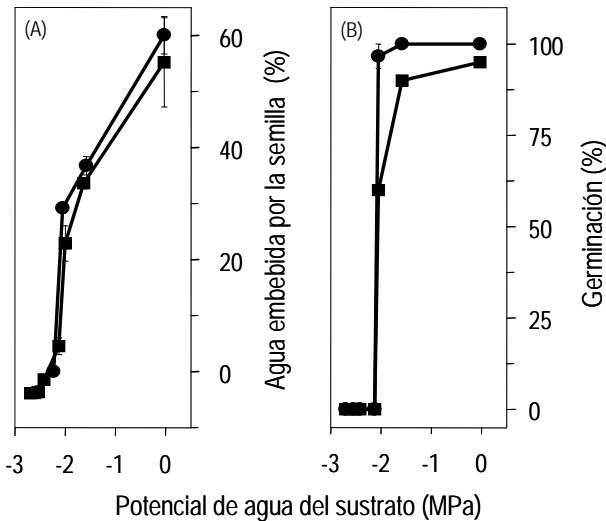


Figura 1. Agua embebida (A) y germinación (B) de las semillas de maíz QPM-H519 (●) y QPM-559C (■) después de siete días en vermiculita con diferentes potenciales de agua (en la oscuridad a 22 ± 2 °C).

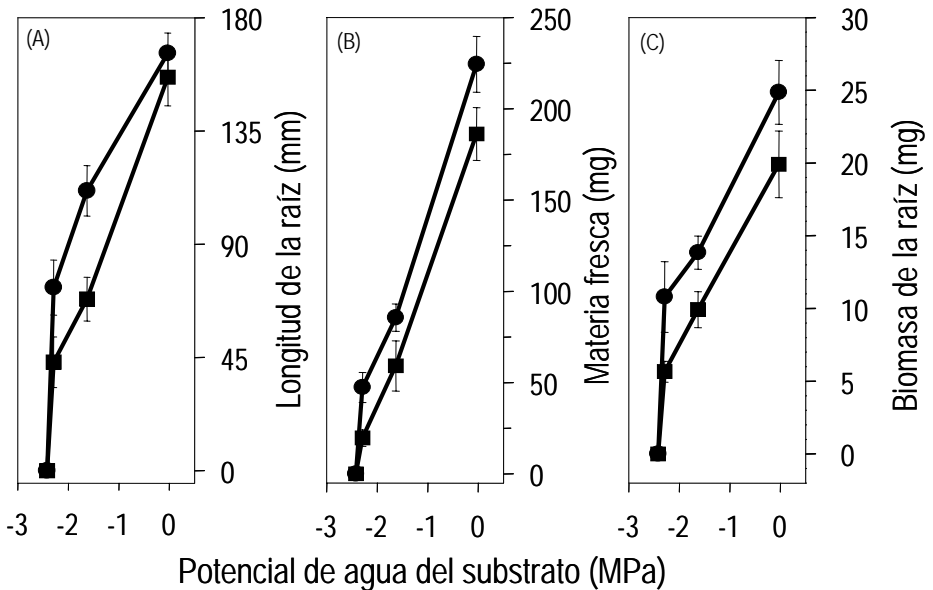


Figura 2. Longitud (A), materia fresca (B) y biomasa seca (C) de la raíz de las plántulas de maíz QPM-H519 (●) y QPM-559C (■) después de siete días en vermiculita con diferentes potenciales de agua (en la oscuridad a $22 \pm 2^\circ\text{C}$).

Conclusiones

Las semillas de maíz QPM (H519 y 559C) germinan en sustrato con Ψ_A mayores a -2,13 MPa. Las plántulas de maíz pueden continuar

su desarrollo parcialmente reducido los primeros 7 d en sustratos parcialmente hidratados, con únicamente 6% de humedad.

Literatura citada

- Mendoza-Elos, M., E. Andrio-Enríquez, J. M. Juárez-Goiz, C. Mosqueda-Villagómez, L. Latournerie-Moreno, G. Castañón-Nájera, A. López-Benítez y E. Moreno-Martínez. 2006. Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo* 22(2):153-161.
- Peña-Valdivia, C.B., A.B. Sánchez-Urdaneta, C. Trejo, J.R. Aguirre R. y E. Cárdenas. 2005. Root anatomy of drought sensitive and tolerant maize (*Zea mays* L.) seedlings under different water potentials. *Cereal Research Communications* 33(4):705-712.
- Sánchez-Urdaneta, A.B., C.B. Peña-Valdivia, C. Trejo, J.R. Aguirre R. y E. Cárdenas. 2005. Root growth and proline content of drought sensitive and tolerant maize (*Zea mays* L.) under different water potential. *Cereal Research Communications* 33(4):697-704.

4. Sierra, M.M., A. Palafox C., O. Cano R., F.A. Rodríguez M., A. Espinosa C., A. Turrent F., N. Gómez M., H. Córdoba O., N. Vergara A., R. Aveldaño S., J.A. Sandoval R., S. Barrón F., J. Romero M., F. Caballero H., M. González C. y E. Betanzos M. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C. Maíces de alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico 30. Veracruz, México. 21p.
5. Vertucci, C.W. 1989. The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. In: Seed moisture. Crop science society of America. CSSA special publication. pp.: 93- 115..