

Permeabilidad de las membranas radicales de maíz de alta calidad proteica (QPM) en sustrato deshidratado

Membrane permeability of quality protein maize (QPM) root in dehydrated substrate

N. Tsougkrianis¹, C.B. Peña-Valdivia², L.C. Trejo²,
G.J. Molina¹ y A.B. Sánchez-Urdaneta³

¹Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco Montecillo, México. 56230

²Botánica, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco Montecillo, México. 56230

³Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Botánica, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Resumen

Se realizó una evaluación sobre la permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de maíz de alta calidad proteica QPM H519. Las semillas germinaron en vermiculita hidratada o con 6% de humedad (Ψ_A de -0,03 y -2,05 MPa). Se cosecharon las raíces de 50 mm de longitud registrándose la tasa de liberación de electrolitos, mediante la conductividad eléctrica del medio acuoso en el que se resuspendieron. Se calculó el índice de daño de las raíces crecidas en el sustrato deshidratado respecto al hidratado. El diseño experimental fue completamente al azar, con ocho repeticiones. Mediante el índice de daño (10%) se mostró que las membranas radicales de las plántulas del cv. QPM H-519 son poco afectadas por el sustrato deshidratado.

Palabras clave: Déficit de humedad, índice de daño, liberación de electrolitos, potencial de agua, *Zea mays* L.

Abstract

Root membrane permeability of quality protein maize QPM H519 seedlings growing in substrate partially hydrated was evaluated. Seeds were germinated in well hydrated vermiculite or with 6% of humidity (Ψ_w of -0,03 and -2,05 MPa). Roots of 50 mm length were harvested and electrolyte leakage rate was recorded using the media electric conductivity where they were placed. Damage

Recibido el 9-1-2007 • Aceptado el 30-4-2007

Autor para correspondencia e-mail: cecilia@colpos.mx

index of roots grown in dehydrated substrate, in relation to the roots from hydrated substrate, was calculated. A completely randomized experimental design was used with eight repetitions and an experiment unit including four roots, and the damage index (10%) showed that dehydrated substrate slightly affected the QPM H-519 seedling root membrane.

Key words: Membrane damage, water deficit, damage index, electrolyte liberation, *Zea mays* L.

Introducción

Debido a la dificultad para acceder a las raíces experimentalmente y a la complejidad de su desarrollo, se conoce sólo parcialmente su respuesta fisiológica a la disponibilidad limitada de agua en el suelo (3, 6). Las membranas han sido reconocidas como sitios de reacción a varias condiciones ambientales inductoras de estrés, pues se han comprobado cambios en sus lípidos y en actividades enzimáticas, los cuales dependen de la integridad y propiedades fisicoquímicas de las membranas (4); frecuentemente, esos cambios generan aumento de la liberación de solutos y la muerte eventual de la célula. Las raíces de plántulas de maíz

de 72 h de edad, desarrolladas en condiciones estándar de humedad durante la germinación de la semilla, continúan su crecimiento cuando son transferidas a vermiculita con potencial de agua (Ψ_A) entre -0,03 y -2,35 MPa, pero se afecta la permeabilidad de las membranas radicales (2).

Se desconoce si la permeabilidad de las membranas se modifica cuando la semilla germina en sustrato con humedad restringida. El objetivo de este estudio fue evaluar la hidratación limitada del sustrato de germinación sobre la permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de maíz de alta calidad proteica QPM H519.

Materiales y métodos

Se utilizó el cultivar de maíz de alta calidad proteínica QPM H519. Este maíz fue generado en un programa del Centro de Mejoramiento de Maíz y de Trigo (CIMMYT) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. El híbrido contiene cerca de 100% más lisina y triptofano respecto a los maíces comunes, que contienen 39% (5).

Las semillas se colocaron en con-

tenedores de cloruro de polivinilo (PVC, con 40 mm de diámetro interno y 100 mm de altura) con vermiculita como sustrato, con Ψ_A de -0,03 y -2,05 MPa (equivalentes a saturación y 6% de agua). Cada recipiente se cubrió con polietileno negro, fijado con una banda elástica, para mantener constante el Ψ_A y permaneció en oscuridad a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Cuando las raíces alcanzaron 50 mm, fueron cosechadas, lavadas con agua desti-

lada, un grupo fue colocado en recipientes con agua desionizada (4 raíces en 25 mL de agua), y otro grupo fue previamente congelado. El tiempo para cosechar las raíces fue determinado en evaluaciones preliminares. La permeabilidad de las membranas y el índice de daño se cuantificaron con la metodología descrita previamente (1 y 2). La primera consiste en cuantificar los cambios en la conductividad eléctrica del medio de resuspensión de las raíces, separadas de las plántulas y el segundo, basado en la hipótesis de que la cantidad de electrolitos liberados es directamente proporcional

al daño ocurrido en las membranas de los tejidos, al ser sometidos a una condición inductora de estrés, éste se calculó con la igualdad $I_d (\%) = ((R_t - R_o)/(R_t - R_o)) 100$; donde, I_d es el índice de daño, R_t la conductividad eléctrica de las raíces crecidas en el Ψ_A de 2,05 MPa, R_o la conductividad eléctrica de las raíces generadas en el Ψ_A óptimo, de -0,03 MPa y R_f la conductividad eléctrica de las raíces generadas en el Ψ_A óptimo después de haber sido congeladas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con ocho repeticiones, cada una constituida por cuatro raíces.

Resultados y discusión

El tiempo necesario para que la raíz alcanzara la longitud media de 50 mm fue significativamente diferente entre los tratamientos. En el sustrato con Ψ_A de -0,03 MPa, sin restricción de humedad, las semillas debieron haber germinado en unas horas y el crecimiento de 50 mm de la raíz tomó 84 h; en contraste, en el sustrato con -2,05 MPa (con sólo 6% de agua), la humedad limitada retardó el desarrollo de la raíz y el crecimiento de los primeros 50 mm requirió 170 h. Este resultado indica que los tejidos radicales de las plántulas en el sustrato con -2,05 MPa modificaron su metabolismo para crecer y desarrollarse a tasas significativamente reducidas respecto a las crecidas en el sustrato bien hidratado.

La salida de electrolitos de las raíces mostró dos fases. La primera fase fue acelerada y breve, en los 15

min iniciales, y la segunda fue lenta y prolongada, con 175 min de duración. La máxima liberación de electrolitos en el tratamiento con Ψ_A de -2,05 MPa fue 75% mayor que la correspondiente al tratamiento con -0,03 MPa (figura 1 A). Estos resultados permiten proponer que el crecimiento radical inicial, y la capacidad de las membranas radicales para controlar la liberación de electrolitos del maíz QPM H519 son afectados parcialmente por la humedad limitada del sustrato.

La liberación de electrolitos en dos fases parece común entre los tejidos vegetales, pues se ha descrito en las raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck), hojas de nabo (*Brassica napus* L.) y abeto, y catáfilos de cebolla (*Allium cepa* L.). El incremento de la liberación de electrolitos de las raíces de plántulas de frijol y maguey

crecidas en sustrato hidratado y transferidas a sustrato deshidratado ha sido documentado y en algunos casos, como el frijol domesticado (cv. Bayomex), la liberación de electrolitos incrementó más de 200% (1, 2 y 3).

La conductividad eléctrica del medio de resuspensión de las raíces descongeladas permitió identificar algunas diferencias entre los tratamientos. El tejido radical descongelado libera el contenido celular total de electrolitos al medio de resuspensión, pues con la congelación se genera un daño generalizado en las membranas. Cabría esperar que, como parte de la reacción de las raíces al Ψ_A de -2,05 MPa, el tipo y concentración de electrolitos cambie respecto al Ψ_A de -

0.03 Mpa; ésto fue evidenciado, indirectamente, con los valores de la tasa de liberación y máxima conductividad alcanzados con las raíces del cv. QPM H-519 (figura 1 B). Para comprobar plenamente estos cambios cabe la posibilidad de analizar el medio de resuspensión y determinar su composición.

El I_d de los tejidos radicales del cv. QPM H519 fue 9.6%. El I_d de raíces de plántulas de frijol y maguey crecidas en Ψ_A óptimos por 5 o 6 días y transferidas 24 h a sustratos con Y_A de -2,35 MPa fue variable, menor a 1%, en un frijol silvestre originario de Chihuahua, México, y 60% en el cv. Bayomex (2).

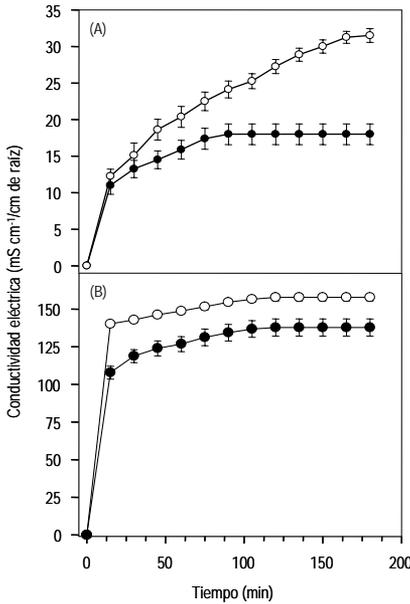


Figura 1. Cambio de la conductividad eléctrica del medio de resuspensión de las raíces, frescas (A) y descongeladas (B), de plántulas de maíz QPM H-519, crecidas en vermiculita con Ψ_A de -0,03 (●) y -2,05 (○) MPa.

Conclusiones

Las plántulas de maíz QPM H519 crecidas en sustrato con Ψ_A de -2.05 MPa (sólo 6% de humedad), dis-

minuyen el crecimiento e incrementan la permeabilidad de las membranas radicales únicamente en 10%.

Literatura citada

1. Prášil, I. and J. Zámečník. 1998. The use of a conductivity measurement method for accessing freezing injury. I. Influence of leakage time, segment number, size and shape in a sample on evaluation of the degree of injury. *Environmental and Experimental Botany* 40: 1-10.
2. Sánchez-Urdaneta, A.B., C.B. Peña-Valdivia, C. Trejo, J. Rogelio Aguirre R., E. Cárdenas y A. B. Galicia J. 2003. Permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado bajo déficit de humedad. *Interciencia* 28: 597-603.
3. Sánchez-Urdaneta, A.B., C.B. Peña-Valdivia, J. Rogelio Aguirre R., C. Trejo y E. Cárdenas. 2004. Efectos del potencial de agua en el crecimiento radical de plántulas de *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck. *Interciencia* 29: 626-631.
4. Shewfelt, R.L. 1992. Response of plant membrane to chilling and freezing. *In: Plant membrane*. Leshem, Y.Y., R. L. Shewfelt, C. M. Wilcomer, and O. Pantoja (Ed.). Kluwer, London. pp: 192- 219.
5. Sierra M., M., A.C. Palafox, O. Cano R., F.A. Rodríguez M., A. Espinosa C., A. F. Turrent, 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. Veracruz. México. 21 p.
6. Tuberosa, R., M.C. Sanguineti, P. Landi, M.M. Giuliani, S. Salvi, and S. Conti. 2002. Identification of QTLs for root characteristics in maize grown in hydroponics and analysis of their overlap with QTLs for grain yield in field trials at two water regimes. *Plant Molecular Biology* 48: 697-712.