

## Efecto del potencial hídrico del suelo en el crecimiento y contenido de polisacáridos estructurales de nopalito (*Opuntia* spp.)

### Effect of soil water potential in nopalito (*Opuntia* spp.) growth and structural polysaccharide content

O. Camacho C.<sup>1</sup>, C.B. Peña-Valdivia<sup>2</sup> y A.B. Sánchez-Urdaneta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Westhill University. Domingo García Ramos 56, Col. Prados de la Montaña. Santa Fe. México, D.F. 05610.

<sup>2</sup>Botánica, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México- Texcoco Montecillo, México. 56230

<sup>3</sup>Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Botánica, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

### Resumen

Los nopalitos son los cladodios jóvenes de la planta de nopal (*Opuntia* spp.) y son fuente natural de polisacáridos estructurales abundantes, principalmente los que conforman la fibra soluble; se ha demostrado que repercuten positivamente en la fisiología de los humanos que los consumen, pero se desconoce el efecto de los cambios de la humedad del suelo en el desarrollo y composición de los nopalitos. Se evaluó el efecto de la disminución del potencial de agua ( $\Psi_A$ ) del suelo durante 63 d (de -0,14 a -3,5 MPa) en el crecimiento y contenido de mucílago de los nopalitos de los cultivares Copena, Moradaza y Solferino y una recolecta silvestre de *O. streptacantha* en condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar, con una planta como unidad experimental y seis repeticiones por tratamiento. En Moradaza se cuantificaron también pectinas, hemicelulosa y celulosa. La disminución de humedad del suelo incrementó la biomasa (5 a 25%), pero disminuyó el espesor y la longitud de los nopalitos tanto de los cultivares como del tipo silvestre, e incrementó (3%) el contenido de mucílago y hemicelulosa (8 a 16% en el tejido seco) en Moradaza, pero las pectinas y celulosa fluctuaron irregularmente. Con humedad limitada en el suelo se incrementa significativamente la proporción de biomasa de los nopalitos, ese incremento no es proporcional a la estabilidad del crecimiento, ni a los cambios en

el contenido de los polisacáridos estructurales; además, estas estructuras vegetativas jóvenes, toleran largos períodos, mayores a los dos meses, con humedad edáfica limitada y sus tejidos continúan vivos.

**Palabras clave:** *Opuntia* spp., crecimiento, polisacáridos.

## Abstract

"Nopalitos" are the young cladodes of cactus pear (*Opuntia* spp.) plant, they are a natural source of abundant structural polysaccharides, mainly that of soluble fiber; it has been demonstrated that they have positive effects on the human physiology; but, it is unknown the effect of the soil humidity change on the nopalito growth and composition. It was evaluated the effect of soil water potential ( $\Psi_w$ ) decrease, for 63 d (from -0,14 to -3,5 MPa) on the nopalito growth and mucilage content in Copena, Moradaza and Solferino cultivars and in a wild accession of *O. streptacantha* under greenhouse condition. A completely randomized design, with one plant as experimental unit and six replications was used. In Moradaza pectin, hemicellulose and cellulose were also quantified. Soil water decrease increased biomass (5 to 25%), but diminished the nopalito length and thickness in both cultivars and wild type, and increased mucilage (3%) and hemicellulose (8 to 16% in dry tissue) content in Moradaza, but pectin and cellulose fluctuated irregularly. Nopalito biomass significantly increase with low soil water, this increase is not proportional with the growth stability, or with structural polysaccharides content; beside, these young plant structures tolerate long periods of time, longer than two months, with low soil water and the tissue continue alive.

**Key words:** *Opuntia* spp., growth, polysaccharides.

## Introducción

Los nopalitos son los tallos modificados, también conocidos como cladodios, jóvenes de las plantas de nopal (*Opuntia* spp.), tienen usos múltiples, entre éstos quizá el más importante es su consumo como alimento desde la época prehispánica. Es sobresaliente la adaptación de las plantas de género *Opuntia* a zonas secas, con lluvia errática y suelos pobres sujetos a erosión. Actualmente, los nopalitos se obtienen de poblaciones silvestres, huertos familiares y plantaciones comerciales (1, 5 y 6).

Se han reconocido y evaluado efectos positivos y variados en la fisiología tanto de humanos como de otros animales que los consumen. Su valor como alimento se debe en gran medida a su elevada proporción de polisacáridos (entre 18 y 45% dependiendo de la variedad) denominados estructurales o no disponibles que forman parte de la fibra de los alimentos. El mucílago de los nopalitos forma parte de la fibra alimenticia y es un factor que afecta la preferencia de los consumidores (1 y 3).

Se desconoce si la proporción del mucílago y otros polisacáridos, como pectinas y hemicelulosa en los nopalitos se modifica con la edad de la planta o en respuesta a las condiciones ambientales extremas del propio hábitat de la especie. El objetivo de esta investigación fue cuantificar

el crecimiento y contenido de polisacáridos de los nopalitos (*Opuntia* spp.) de los cultivares Copena, Moradaza y Solferino y una recolecta silvestre de *O. streptacantha* cultivados en invernadero y mantenidos con riego y suspensión de éste por poco más de dos meses.

## Materiales y métodos

Se utilizaron los cultivares mexicanos de nopal (*Opuntia* spp.) Copena, Moradaza y Solferino y una recolecta silvestre de *O. streptacantha*. Plantas de un año de edad, obtenidas de cladodios plantados en macetas con 25 kg de suelo, se regaron dos veces por semana hasta la brotación de las yemas vegetativas. Después, se formaron dos grupos, uno continuó con riego a capacidad de campo (potencial de agua,  $\Psi_A$ , del suelo de -0,14 MPa) dos veces por semana y al otro se le suspendió el riego (hasta -3,5 MPa) durante 63 d. Los nopalitos se muestrearon al inicio, 18, 43 y 63 d después de la suspensión del riego, se midieron y cuantificó su biomasa y contenido de mucílago con un método gravimétrico descrito previamente (3). Se seleccionó el cultivar Moradaza para cuantificar la proporción de pectina cruda, hemicelulosa cruda y celulosa, según lo descrito previamente (4). La unidad experimental estuvo representada por una planta y se

incluyeron seis repeticiones de cada uno de los ocho tratamientos. En cada muestreo se tomó una muestra de suelo a 10 cm de la superficie de la maceta, para determinar su potencial de agua ( $\Psi_A$ ); para esto, las muestras se incubaron en cámaras psicrométricas (Wescon C-52, Inc, Utha, USA) por 4-6 h. Después de este tiempo, se determinó el  $\Psi_A$ , con un microvoltímetro (Wescon HR-33T, Inc, Utha, USA), conectado a cada cámara, operado en el modo de punto de rocío.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con seis repeticiones y una planta como unidad experimental. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey, con el paquete estadístico SAS, y la representación gráfica de los datos se realizó con el programa SigmaPlot de Jandel Scientific (versión 7,1), para computadora personal.

## Resultados y discusión

El  $\Psi_A$  del suelo durante los 63 días sin riego disminuyó de -0,14 hasta -3,5 MPa. Entre los parámetros del

crecimiento, el grosor de los nopalitos fue el más afectado por la caída del  $\Psi_A$  del suelo, pues disminuyó más de

30%, la anchura se mantuvo constante y la longitud disminuyó 11% sólo cuando el  $\Psi_A$  del suelo era -3,5 MPa (figura 1A). Estos resultados demuestran la elevada tolerancia del nopal a la sequía. La acumulación de biomasa (o porcentaje de materia seca) de los nopalitos de los tres cultivares y la recolecta silvestre con riego mostraron pequeñas fluctuaciones; en general, representó menos del 10%, salvo *O. streptacantha* al final del experimento, que tendió a acumular más biomasa (resultados no mostrados). Pero, la caída del  $\Psi_A$  del suelo incrementó paulatina y significativamente la biomasa de los nopalitos de los cuatro tratamientos sin riego; los incrementos rebasaron el 20% en el cultivar Solferino y el tipo silvestre (figura 1B). Este aumento, puede ser resultado de la acumulación neta de biomasa en respuesta a la sequía, efecto indirecto de la deshidratación de los tejidos, o ambos.

La tolerancia del género *Opuntia* al déficit de humedad es reconocida ampliamente; al respecto, Reyes-Agüero *et al.* (6) señalan que 35% de las 83 especies, y 144 variantes no asignadas a alguna especie de *Opuntia*, crecen en la Altiplanicie Meridional, ubicada en el centro-norte de México, con clima seco estepario, entre valles y laderas donde prevalecen los matorrales xerófilos y algunas, como *O. streptacantha* y *O. leucotricha*, son dominantes fisonómicas del tipo de vegetación natural conocido como matorral crasicaule o nopalera. Sin embargo, la caracterización de los cambios dependientes de la modificación de la humedad del suelo, en períodos relativamente prolongados (más de dos meses), en el crecimiento de los nopalitos es escasa en la literatura especializada. Este aspecto es trascen-

dental, pues los nopalitos se consumen como verdura principalmente en México, donde existen grandes áreas (más de 10 500 ha) de temporal dedicadas a su producción (5); además, la especie es producida con otros fines, como hospedante del insecto cochinita (*Dactylopius coccus*), materia prima para preparaciones antidiabéticas, producción de flores que son usadas para preparar bebidas diuréticas, y frutos, utilizados para preparar jugos, jaleas, miel, mermeladas y pastas, y se extrae aceite de sus semillas (2, 5 y 6).

El contenido de mucílago fluctuó tanto con riego (desde 3,3 hasta 9,0 mg/100 mg tejido seco) como sin él (desde 3,5 hasta 11,6 mg/100 mg tejido seco) y no mostró una tendencia única entre los cultivares y el tipo silvestre, ni entre las condiciones de humedad (figura 1C). Esto indica que la cantidad de mucílago en los nopalitos no es afectada directamente por el  $\Psi_A$  del suelo. Similarmente, la variabilidad del contenido de mucílago (entre 5,3 y 14,2%) en los nopalitos de 13 cultivares comerciales de *Opuntia* spp. fue demostrada por Peña-Valdivia y Sánchez-Urdaneta (3). Las citadas autoras también demostraron la diferencia significativa del contenido medio de mucílago entre los nopalitos y los frutos (tunas) de *Opuntia* (6,4 y 0,91%, respectivamente).

En Moradaza el mucílago, las pectinas y la hemicelulosa incrementaron significativamente con la disminución del  $\Psi_A$  del suelo, mientras que la celulosa se mantuvo con cambios mínimos (figura 2). Este resultado indica que el contenido de algunos de los polisacáridos estructurales de los nopalitos es modificado por la disminución de la humedad del suelo, mientras que otros son relati-

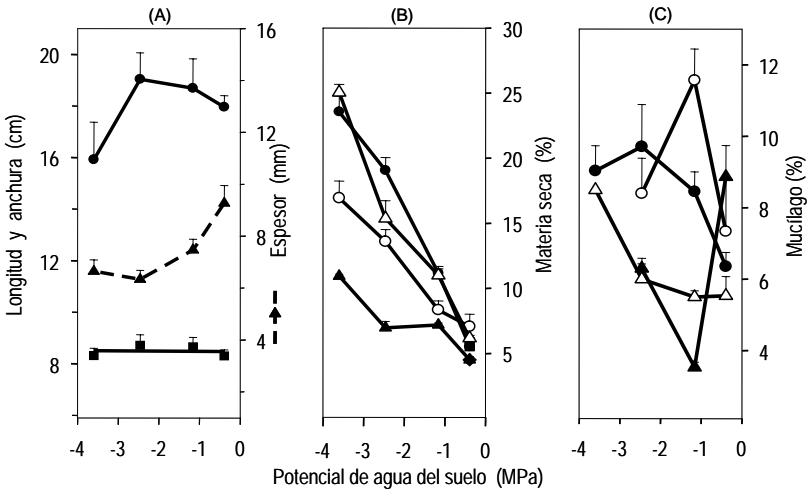


Figura 1. (A) Dimensiones promedio (● longitud, ■ anchura y ▲ espesor) de cuatro variantes de nopalito (*Opuntia* spp.), (B) materia seca acumulada y (C) contenido de mucílago de nopalitos (Copena ○, Moradaza ●, Solferino △ y *O. streptacantha* ▲) de plantas cultivadas en invernadero sin riego por 63 d.

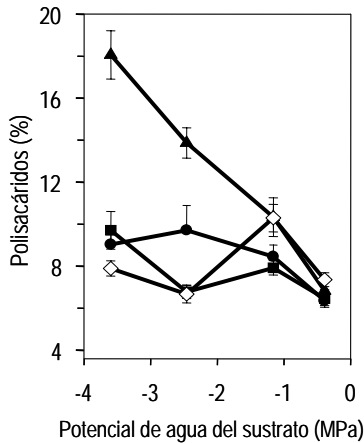


Figura 2. Contenido de mucílago (●), pectinas (▲), hemicelulosa (■) y celulosa (◇) en nopalitos (*Opuntia* sp.) de la variante Moradaza en función del potencial de agua del suelo, cultivadas en invernadero, sin riego durante 63 d.

vamente estables. Lo anterior, podría tener repercusión en la calidad de los nopalitos, pues se ha señalado que el contenido de mucílago afecta la aceptabilidad de los consumidores y

la proporción y tipo de pectina entre los nopales puede determinar su uso en la industria farmacéutica, de alimentos, de cosmetología, etc. (2 y 3).

## Conclusiones

Con humedad limitada en el suelo se incrementa significativamente la proporción de biomasa de los nopalitos, ese incremento no es proporcional a la estabilidad del crecimiento, ni a los cambios en el conte-

nido de los polisacáridos estructurales; además, estas estructuras vegetativas jóvenes, toleran largos períodos, mayores a los dos meses con humedad edáfica limitada y sus tejidos continúan vivos.

## Literatura citada

1. Galati, E.M., M.R. Mondello, M.T. Monforte, M. Galluzzo, N. Miceli y M.M. Tripodo. 2003. Effect of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cladodes in the wound-healing process. Journal of the Professional Association for Cactus Development 5: 1-16.
2. Goycoolea, F.M. y A. Cárdenas. 2003. Pectins from *Opuntia* spp.: a short review. Journal of the Professional Association for Cactus Development 5: 17-29.
3. Peña-Valdivia, C.B. y A.B. Sánchez-Urdaneta. 2006. Nopalito and cactus pear (*Opuntia* spp.) polysaccharides: mucilage and pectin. Acta Horticulturae 728: 241-247.
4. Peña-Valdivia, C.B. y A.B. Sánchez-Urdaneta. 2004. Polisacáridos de nopalito y tuna (*Opuntia* spp.). Memorias del X Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y Otras Cactáceas de Valor Económico ("CD"). Sección de Industrialización y Poscosecha de tuna y nopalito. Chapingo, México. pp. 22-41.
5. Reyes-Agüero, J. A., J.R. Aguirre-Rivera y H.M. Hernández. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). Agrociencia 39: 395-408.
6. Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre-Rivera y J.L. Flores-Flores. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. INTERCIENCIA 30: 476-484.