

PRODUCCIÓN FORZADA DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*, cv.) TLACONOPAL MEDIANTE ANILLADO PARCIAL

FORCED PRODUCTION IN PRICKLY PEAR (*Opuntia ficus-indica*, cv.) TLACONOPAL BY PARTIAL GIRDLING

Guillermo Aguilar Becerril

Departamento de Fitotecnía, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Correo electrónico: aguilar_becerril_guillermo@hotmail.com
Autor para correspondencia

RESUMEN

Es de importancia económica obtener fruta y brote tierno de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en épocas fuera de temporada de producción, para aprovechar los altos precios de venta en el mercado. El propósito de este trabajo fue determinar el efecto del anillado parcial en la época de producción del nopal. El anillado realizado a fines de diciembre aumentó en 50 % el número de brotes florales y con adelanto de 55 d respecto al testigo sin anillar, y los frutos fueron cosechados 51 d antes que el testigo. El anillado parcial también provocó disminución de la tasa de transpiración.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, anillado parcial, producción fuera de época.

SUMMARY

It is economically important to harvest fruit and young cladodes of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) out of season to take advantage of the high sale prices. The purpose of this research was to determine the effect of partial girdling in prickly pear harvest season. This girdling, carried out at the end of December, induced an increase of 50 % in floral bud, bursting and an advance of 55 d before the control, so that fruit were harvested 51 d ahead of the control. Partial girdling also caused a decrease in the transpiration rate.

Index words: *Opuntia ficus-indica*, partial girdling, out-of-season fruit production.

INTRODUCCIÓN

En México la superficie cultivada de nopal tunero y de verdura (*Opuntia ficus-indica*) es de 90 000 ha. A nivel mundial existe la tendencia a incrementar la superficie de este cultivo (Nerd *et al.*, 1989). Aunque hay información abundante sobre el establecimiento y manejo de las plan-

taciones (Barbera, 1984; Cruz, 1982; Granados y Castañeda, 1992; Vessel, 1988), los productores están interesados en obtener fruta y brote tierno en épocas fuera de temporada de producción (fuera del mes de agosto para el caso de la tuna y en los meses de otoño-invierno para brote tierno, en el caso de México) debido a los altos precios que adquiere el producto en el mercado (Nerd *et al.*, 1989; Mizrahi y Nerd, 1999). Para lograr lo anterior, es necesario estudiar los efectos de factores externos en la brotación de yemas florales y vegetativas de nopal.

El término producción forzada se refiere a las técnicas tendientes a obtener cosechas fuera de las épocas normales, o a las aplicadas a plantas cultivadas en condiciones climáticas diferentes a las de su lugar de origen.

La producción forzada se puede lograr mediante el adelanto o retraso de la iniciación del crecimiento y desarrollo del frutal, lo cual requiere conocer la fisiología y morfología de la floración, del letargo y del crecimiento vegetativo de la planta. Algunas técnicas para desfasar la producción, son: defoliación, aplicación de promotores del crecimiento, aplicación de retardantes del crecimiento, poda, aplicación de estimuladores de la brotación, manejo de riego y fertilización, el anillado.

Nerd *et al.* (1989 y 1991) demostraron que la fertilización invernal del nopal con nitrógeno, fósforo y potasio, incrementa la producción de yemas florales en la primavera. La modificación de los niveles de clorofila del cladodio mediante el recubrimiento con bolsas de polietileno negro (Aguilar, 1991) y anillado (Aguilar, 1995) promueve la brotación de yemas florales.

Es común retrasar la maduración de los frutos del nopal para desplazar la época de cosecha, y ello se logra mediante aspersiones de ácido giberélico a los frutos, en concentraciones que oscilan entre 50 y 500 mg L⁻¹ (Díaz y Gil, 1978; Gil *et al.*, 1977; Gil y Espinoza, 1980; Hernández y Grajeda, 1979).

Según Mondragón *et al.* (1995), la eliminación de brotes permitió retrasar al menos dos meses la cosecha de tuna en los cultivares 'Cristalina' y 'Amarilla redonda', respuesta que se relaciona positivamente con la fertilización y el riego. Las inyecciones de ácido málico o ethrel 0.1 % ingrediente activo a los cladodios, también modificaron la época de floración de *Opuntia ficus-indica* (Aguilar, 1994).

Por la importancia económica del nopal en México y en otras regiones del mundo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del anillado en el nopal en la

fenología reproductiva y en rendimiento de frutos y brotes vegetativos, así como en el tamaño de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo de diciembre 2000 a marzo 2001 en plantas de nopal del cultivar Tlaconopal, de 4 años 9 meses de edad, establecidas en la localidad de San Diego Texcoco, México.

El anillado parcial consistió en hacer una incisión con segueta a la mitad del cladodio y por una lado de la cara plana, hasta cortar los haces vasculares de esa cara. El anillado se efectuó cuando el cladodio tenía más de 35 cm de largo, 17.5 cm de ancho y 3.1 cm de grosor. A diferencia del anillado antes hecho por Aguilar (1995), la incisión lateral no se hizo en cladodios apicales, sino solamente en cladodios situados después del cladodio basal de la planta, con base en la recomendación de Westwood (1978) para otros frutales, quien sugirió hacer el anillado lo más cercano a la parte basal.

Bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, donde se evaluaron cinco fechas para efectuar el anillado: 31 de diciembre del 2000, 31 de enero del 2001, 28 de febrero del 2001, 31 de marzo del 2001, y el testigo (sin anillar). Cada repetición estuvo formada por una planta, y en cada planta se efectuó el anillado al cladodio colocado inmediatamente después del cladodio basal

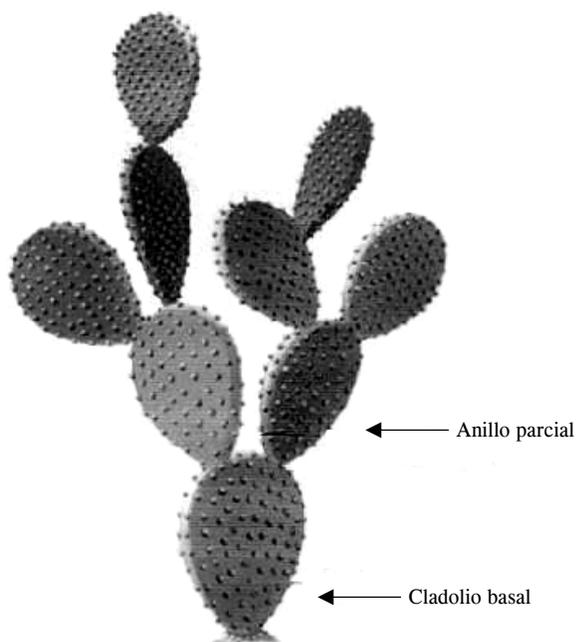


Figura 1. Sitio del anillado parcial efectuado en el cladodio de Opuntia ficus-indica.

Durante el transcurso del experimento, a cada planta se le aplicó una carretilla de estiércol de cerdo bien descompuesto al inicio de primavera, y se hizo deshierbe manual al inicio de la temporada de lluvias.

Las variables evaluadas fueron: número de yemas vegetativas y florales en cladodios terminales; época de brotación de las yemas vegetativas y florales; época de maduración del fruto; rendimiento de fruto y de brotes vegetativos; tamaño del fruto; y contenido de sólidos solubles totales (SST) que se midieron con un refractómetro 'American Optical con escala de 0-50 grados Brix (⁰Bx). Asimismo, se cuantificó la transpiración de cladodios; para ello se separó un cladodio de cada planta tratada, y se colocó dentro de una campana donde se permitió que fluyera una corriente de aire impulsada por una bomba. La humedad se atrapó en cloruro de calcio seco. Con la ganancia de peso en el cloruro de calcio se calculó la cantidad de agua transpirada, en mg H₂O cm⁻² h⁻¹ (Larqué y Trejo, 1990).

Se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey a todas las variables estudiadas, con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El anillado indujo una caída significativa de la tasa transpiratoria, desde 0.39 hasta 0.14 mg H₂O cm⁻² h⁻¹ (Cuadro 1). Tal caída se atribuye al daño ocasionado a los tejidos vasculares, que a su vez pueden estimular la síntesis de etileno y modificar los niveles ácido abscísico, para inducir así el cierre de estomas y, por ende, la disminución de la pérdida de agua (Bryand y Ya'acov, 1994; Taiz y Zeiger, 1998).

Cuadro 1. Modificación de la transpiración por anillado en plantas de nopal.

Fecha de anillado	Transpiración (mg cm ⁻² h ⁻¹)
31-12-2000	0.15 a [†]
31-01-2001	0.14 a
28-02-2001	0.16 a
31-03-2001	0.16 a
Testigo sin anillado	0.39 b

[†] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El anillado efectuado el 31 de diciembre de 2000 adelantó la brotación de yemas florales y vegetativas en 55 d, en relación con el testigo (Cuadro 2), y redujo el número de brotes vegetativos en 75 % (Cuadro 3).

Tal vez la herida causada por el anillado indujo producción de etileno, como establecen Fosket (1994) y Taiz y Zeiger (1998), lo que a su vez indujo la formación de yemas florales e inhibió el crecimiento vegetativo, como sucede en piña (*Anonas comosus*) (Abeles *et al.*, 1992); en

otras especies inhibe la elongación de los tallos (Taiz y Zeiger, 1998).

En nopal, la aplicación de etileno mediante inyección de 10 mL de ethrel 0.1 % a cladodios, aumentó la brotación floral (Aguilar, 1994). Lo anterior podría explicar el hecho de que el anillado del 31 de diciembre se produjeran 50 % más de brotes florales con relación al testigo (Cuadro 3). La disminución de crecimiento vegetativo pudiera deberse a la síntesis de ácido abscísico inducida por el etileno, como indica Fosket (1994); esta hormona gaseosa promovida por el anillado aumentaría la cantidad de hormonas inhibitoras pero no de las promotoras crecimiento (giberelinas y auxinas), lo que ocasionaría la modificación del crecimiento vegetativo, como aconteció en este trabajo donde se presentó un daño de 75 % en la formación de yemas vegetativas.

Cuadro 2. Época de brotación en planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por efecto de diferentes fechas de anillado.

Fechas de anillado	Brotación floral, en días antes (A) o después (D) del testigo (T)	Brotación vegetativa, en días antes (A) o después (D) del testigo (T)
31-12-2000	55 AT a [†]	55 AT c
31-01-2001	10 AT b	10 AT ab
28-02-2001	No presentó	13 DT b
31-03-2001	No presentó	12 DT b
Testigo	23 de febrero del 2001 b	23 de febrero del 2001 a

[†] Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Número de brotes florales y vegetativos en planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por efecto de diferentes fechas de anillado.

Fechas de anillado	Brotación floral	Brotación vegetativa
31-12-2000	8 b [†]	2 b
31-01-2001	2 a	7 a
28-02-2001	No presentó	7 a
31-03-2001	No presentó	8 a
Testigo	4 a	8 a

[†] Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

También es posible que la inducción de brotes florales estimuladas por el anillado, fuera resultado de la acumulación de los carbohidratos que no pudieron descender a la raíz, (Taiz y Zeiger, 1998) pero que estimularon una mayor producción de flor, con la consecuente disminución del crecimiento vegetativo. El corte realizado con el anillado también debió afectar temporalmente el flujo de savia por el floema, causando acumulación de hormonas vegetales sintetizadas en zonas apicales de la parte aérea, y así alterar la inducción de los brotes o su diferenciación (Kinet *et al.*, 1985), pero de igual forma puede impedir el paso de compuestos nitrogenados (Taiz y Zeiger, 1998), condición que se considera un evento asociado con la floración en especies frutales, cómo ocurre en cítricos (Lovatt *et al.*, 1988).

La práctica del anillado también influyó en el inicio de la época de cosecha, ya que los frutos de plantas anilladas el 31 de diciembre del 2000 se empezaron a cosechar en la segunda semana de junio del 2001 (Cuadro 4), mientras que los frutos de plantas testigo se cosecharon a principios de agosto

Cuadro 4. Adelanto de cosecha de fruto en planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por efecto de diferentes fechas de anillado.

Fecha de anillado	Fecha de cosecha
31-12-2000	11-06-2001b [†]
31-01-2001	7-07-2001 ab
28-02-2001	No presentó
31-03-2001	No presentó
Testigo	1-08-2001 a

[†] Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Taiz y Zeiger (1998) señalan que el estrés induce la síntesis de ACC (1 aminociclopropano-1-ácido carboxílico) como este compuesto interviene en la biosíntesis del etileno, el estrés también afecta la síntesis del etileno. Entonces, el estrés ocasionado por la sequía, inundación, temperaturas altas o bajas, y por daño mecánico, involucra respuestas de abscisión, senescencia e incremento de resistencia a enfermedades. Esto explica que el daño mecánico provocado por el anillado haya promovido un adelanto de la brotación floral (Cuadro 2) y de la cosecha (Cuadro 4).

El anillado del 31 de diciembre duplicó el rendimiento de frutos con respecto al testigo, pero también causó disminución de 72.8 % en la formación de brotes tiernos o 'nopalitos'. La disminución de la brotación vegetativa cuando se incrementa la brotación floral, también ha sido señalado en otros trabajos con aplicación de anillado (Aguilar, 1995) o con inyección de solución de ácido málico 0.1 % que es otra forma de aumentar la brotación floral (Aguilar, 1994). Además, el anillado pudo haber modificado la competencia por nutrientes que ocurre entre de frutos y brotes vegetativos en crecimiento, de modo que originó cambios en el rendimiento de frutos y de brotes vegetativos (Cuadro 5).

Por lo que respecta a la calidad del fruto, las plantas anilladas produjeron el triple de frutos de primera clase que el testigo sin anillar (Cuadro 6). Tales diferencias en tamaño pueden estar asociadas a la modificación de flujos de carbohidratos y de compuestos nitrogenados, que el anillado provocó se haya almacenado en mayores concentraciones en la parte superior al sitio del anillado, y que facilitó que el fruto lograra mayor crecimiento. El anillado también pudo haber promovido acumulación de auxinas sintetizadas en la parte superior, las cuales estimulan la expansión celular además permitir una mayor acumulación

de agua en los tejidos, para así inducir aumentos en el peso y tamaño del fruto (Taiz y Zeiger, 1998).

Cuadro 5. Rendimiento de frutos y brotes vegetativos por planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por efecto de diferentes fechas de anillado.

Fechas de anillado	Rendimiento de frutos (g)	Peso de brotes vegetativos (g)
31-12-2000	1200 b [†]	125 b
31-01-2001	360 a	465 a
28-02-2001	0	470 a
31-03-2001	0	480 a
Testigo	500 a	460 a

[†] Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 6. Número de frutos de primera por planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*) por efecto diferentes fechas de anillado.

Fecha de anillado	Número de frutos de primera
31-12-2000	6 b [†]
31-01-2001	1 a
28-02-2001	0
31-03-2001	0
Testigo	2 a

[†] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Por lo que se refiere a sólidos solubles totales del fruto expresados en grados Brix, no se encontraron diferencias significativas entre testigo y anillado. En todos los casos el promedio fue de 14 °Bx.

CONCLUSIONES

La practica del anillado parcial en el nopal (*O. ficus-indica*), promueve aumentó el número de yemas reproductivas y redujo el de yemas vegetativas. Asimismo, promovió la brotación de la yema floral, con el consecuente adelanto de 51 d en la época de cosecha del fruto. Además, mejoró el tamaño del fruto y redujo la transpiración del cladodio.

BIBLIOGRAFÍA

Abeles F B, P W Morgan, M E Saltveit (1992) Ethylene in Plant Biology. Academic Press. San Diego. pp:1-50.
 Aguilar B G (1991) Experiencias en la producción de nopal (*Opuntia spp*) en el área de Chapingo, México. Germen 10:1-19.
 ----- (1994) Respuesta del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.) a la inyección de agroquímicos, daños por heladas y poda de raíz. Rev. Fitotec. Mex. 17 (2):186-193.
 ----- (1995) Comportamiento biológico del nopal (*Opuntia spp*) al anillado. Rev. Biotam 6 (3):39-42.

Barbera G (1984) Ricerche sull irrigazione del ficodindia. Riv Frutticoltura y Ortofloricoltura 46:49-55.
 Bryan D E, Y L Ya'acov (1994) Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 173 p.
 Cruz H P (1982) Guía para Cultivar Nopal Tunero en el Estado de Puebla. INIA. México. 26 p.
 Díaz F, G Gil (1978) Efectividad de diversas dosis y métodos de aplicación del ácido giberélico en la inducción de partenocarpia y en el incremento del fruto de tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.). Ciencia e Investigación Agraria 5 (3):109-117.
 Fosket E D (1994) Plant Growth and Development. Academic Press USA. pp:317-323.
 Gil G, F M Morales, A Momberg (1977) Cuaja y desarrollo del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.) y su relación con la polinización y con los ácidos giberélicos y cloroetilfosfonico. Ciencia e Investigación Agraria 4 (3):163-169.
 ----- R A Espinoza (1980) Desarrollo de frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.) con aplicación prefloral de giberelina y auxina. Ciencia e Investigación Agraria 7 (2):141-147.
 Granados S D, A P Castañeda (1992) El Nopal. Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. Edit. Trillas. México. 205 p.
 Hernández E, J E Grajeda. (1979) Efecto del ácido giberélico sobre la maduración del fruto de nopal. Proc. Tropical Región Amer. Soc. Hort. Sci. 23:48-50.
 Kinet J M R M Sach, G Bernier (1985) The Physiology of Flowering. The Development of Flowers. CRC Press. Boca Raton, Flo. 256 p.
 Larqué S A, C Trejo L (1990) El Agua en las Plantas. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal. Ed. Trillas. México. pp:69-73.
 Lovatt C J, Y Zheng, K D Hake (1988) Demonstration of change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. Israel J. Bot. 37:181-188.
 Mizrahi Y, A Nerd (1999) Usage of various cacti species as fruit and vegetable crops in Israel. In: Memoria de VIII Congreso Nacional y VI Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. J R Aguirre R, J A Reyes R (ed.). 6 - 10 de septiembre. San Luis Potosí, S. L. P. México. pp:240-254.
 Mondragón J C, M R Fernández, J Estrada (1995) Ampliación de la época de cosecha de la tuna. Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memoria del e 6o Congreso Nacional y 4o Congreso Internacional. 6-10 de noviembre. Guadalajara, Jalisco. pp:259-265.
 Nerd A, A Karadi, Y Mizrahi (1989) Irrigation, fertilization and polyethylene covers in prickly pear influence bud development. HortScience 24:773-775.
 ----- (1991) Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. HortScience 26:527-527.
 SAS Institute (1988) SAS/STAT users guide. Release 6.03. Carry, North Caroline, U.S.A. 50 p.
 Taiz L, E Zeigger (1998) Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. USA. pp:1-792.
 Vessel A B (1988) Spineless Prickly Pears. Perskor Press. Johannesburg, South Africa. pp:1-15.
 Westwood W N (1978) Temperate Zone Pomology. W. H. Freeman and Co. USA. 182 p.