EXPERIENCIAS EN LA PRODUCCION DE NOPAL (*Opuntia* spp.) EN EL AREA DE CHAPINGO, MEXICO

Guillermo Aguilar Becerril[1]

INTRODUCCION

Conforme pasan los años, el nopal va adquiriendo mayor importancia en nuestro país debido a la demanda que tiene como verdura ("nopalito" tierno), a su utilidad frutícola, al uso como complemento forrajero y por su renovado interés como medio de cultivo de la cochinilla o grana (*Dactilopius cocuis*). En 1980, se cosechó una superficie de 10,411 ha de nopal (DGEA, 1980) con una tendencia a incrementarse cada año; así, para 1988 la superficie de cultivo ascendió a 57,000 ha, distribuidas en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, México, Nuevo León, Hidalgo, Durango, Coahuila, Tamaulipas, Puebla, Querétaro, Jalisco, Oaxaca, Sinaloa, Guerrero, Tlaxcala, Baja California Norte, Morelos, Michoacán y D. F. (Pimienta, 1988). Son varias las dificultades que se presentan en las zonas productoras, pudiéndose mencionar: la poca calidad del fruto (Pimienta, 1988; Ortiz, 1988), los bajos rendimientos (Ramírez, 1987) y la escasa o nula producción de nopal verdura en invierno (Grajeda, 1978). De acuerdo con esta problemática, el propósito de este escrito es condensar el conocimiento del nopal conforme a la experiencia que el autor ha adquirido participando en la realización de diferentes trabajos en esta planta, en el área de Chapingo. Para ello, se recopiló información de aquellos aspectos que representan soluciones a los problemas planteados y que por la dispersión y limitada difusión de la información son poco conocidos y, por lo mismo, de limitado uso.

[1] Profesor del Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. C.P. 56230, Chapingo, México.

RESULTADOS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS

Raíz

Las raíces emergen de las areolas y del "callo", o sea, de la parte basal del tallo (cladodio o penca) donde originalmente estaba unido a la planta madre (García, 1986). Para la emisión de raíces son necesarios varios factores; un primer factor que interviene es la ausencia de luz, lo que ocasiona un cambio en la coloración de la capa de células del tejido clorenquimatoso del cladodio (que normalmente es verde intenso), a un color amarillento xantofílico; no habrá emisión de raíces si no se tiene esta condición ambiental, aunque la humedad y los nutrimentos sean favorables, como lo indican Aguilar (1991a) y Hernández (1978).

Otro factor importante en el desarrollo y crecimiento de la raíz es la humedad. Al efectuar excavaciones en una plantación de nopal, en época seca y en época lluviosa, se notarán marcadas diferencias en el desarrollo del sistema radical. En la época seca se encontrarán pocas raíces ramificadas, es decir, casi no habrán raíces secundarias y terciarias; además, las raíces serán amarillentas y de consistencia fibrosa-lignificada. Si esta excavación la efectuamos en época lluviosa, se observará gran cantidad de raíces ramificadas; es decir, presencia de raíces secundarias y terciarias con una coloración blanquecina, de consistencia herbácea. Al respecto, Aguilar (1989) evaluó el efecto de diferentes niveles de humedad sobre la formación de raíces en plantas de nopal, detectando diferencias significativas para las variables longitud y ramificación de raíces; en el tratamiento donde se aplicó más agua, el crecimiento longitudinal de la raíz principal fue mayor que en los demás tratamientos y fue el único que produjo raíces secundarias (Cuadro 1).

Es importante señalar que en el crecimiento, ramificación y orientación lateral de la raíz, la interacción agua-nutrimentos también juega un papel muy importante, ya que la ubicación del agua y de los nutrientes en el suelo ocasiona que las raíces se orienten hacia ahí y promuevan el desarrollo radical. En este sentido, Aguilar (1991a), mediante la inyección al suelo de una solución de fertilizante foliar completo (QF), una solución de urea y otra con solamente agua, encontró que en los dos primeros casos el incremento de peso fresco de raíz fue de 62 y 60 g, respectivamente, mientras que al inyectar agua, el incremento fue de 30 g. La formación

de raíces secundarias y terciarias (raicillas) también fue mayor en los tratamientos donde se inyectó QF o urea (Cuadro 2). Cabe mencionar que en estos casos hubo 80% más de brotes vegetativos que en el testigo.

Cuadro 1. Efecto de diferentes niveles de humedad en el crecimiento y ramificación de raíces de nopal, en Chapingo, Méx.

Tratamientos	Longitud (cm)	Ramificación (raíces secundarias)
Un riego[1]	2 c[2]	No
Dos riegos, c/u a intervalos de 15 días	10 ab	No
Tres riegos, c/u a intervalos de 15 días	14 a	Sí
Testigo (sin riego)	0 d	No

[1] Cada riego fue de 20 ℓ/planta.
[2] Cifras con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 2. Efecto de inyecciones al suelo de soluciones de fertilizante foliar (QF), urea y agua, en la ramificación de raíces de nopal.

Tratamientos	Incremento de peso fresco (g)	Presencia de raíces	
		Secundarias	Terciarias
Testigo	0 a[1]	No	No
355 ml de agua/semana durante 45 días	30 b	Sí	No
1 g de urea en 355 ml de agua/semana durante 45 días	60 c	Sí	Sí
1 g de QF en 355 ml de agua/semana durante 45 días	62 c	Sí	Sí

[1] Cifras con letras iguales no son estadísticamente diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$).

Otros factores que influyen en el crecimiento y desarrollo del sistema radical del nopal son las épocas de corte y de plantación, la edad del cladodio, la poda y el número de días que se deja cicatrizar la herida que se hizo en el cladodio cuando éste se separó de la planta madre. En cuanto a la época de plantación, (Borrego y Burgos, 1986) señalan que la mejor es al inicio del temporal ya que el cladodio emite raíces con mayor facilidad y rapidez; por lo que respecta a la edad de cladodio, se pueden utilizar de tres meses en adelante (Grajeda, 1978). En trabajos prácticos se sustenta que el cladodio tiene la capacidad de emitir raíces desde que sus tejidos clorenquimatoso y parénquima medular tienen un grosor en la parte basal de 2.0 cm; en esta etapa ya se puede separar de la planta madre y sembrarse una vez que ha cicatrizado. El engrosamiento basal ocurre en forma natural, pero la sequía puede modificarlo; por ejemplo, al comparar cladodios que no sufrieron esta adversidad en la planta madre, con cladodios que sí la sufieron, la emisión de raíces en las pencas donde el engrosamiento de los tejidos clorenquimatosos y medulares se dió en forma natural fue más rápida.

Aguilar (1988) analizó la influencia del número de días que se deja cicatrizar el callo del cladodio, después de que se separa de la planta madre. Los resultados (Figura 1) muestran que a mayor número de días que se retrasa la siembra del cladodio (penca) la emisión de raíces y de brotes vegetativos es más tardía.

Al realizar podas comerciales de brotes vegetativos (nopalitos), el crecimiento radical, el peso de la raíz y el número de las ramificaciones se incrementan con las primeras podas respecto a las plantas no podadas. Conforme siguen realizándose podas, esta tendencia se invierte ocurriendo menor ramificación, presencia de raíces herbáceas y un aumento de raíces fibrosas. Al respecto, Aguilar (1990d) evaluó el efecto de la poda de brotes tiernos de nopal sobre el crecimiento radical, observándose que la poda reduce el peso fresco de la raíz en un 50% y en un 83% la presencia de raíces herbáceas, raíces secundarias y terciarias, en relación al testigo (Cuadro 3).

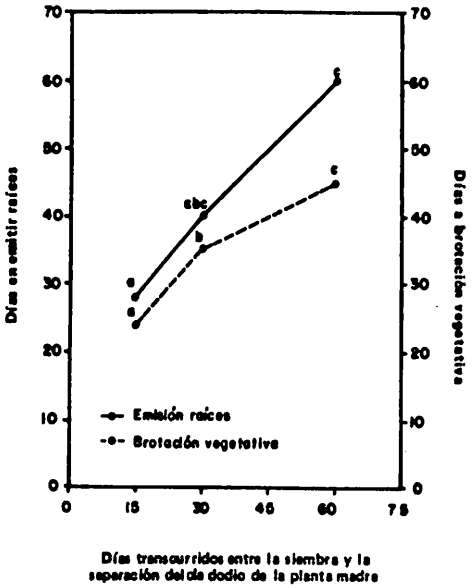


Figura 1. Efecto de la época de siembra sobre los días a emisión de raíces y a brotación vegetativa en nopal

Cuadro 3. Efecto de la poda de brotes tiernos (nopalitos) sobre el peso fresco y la ramificación de la raíz, por planta, en nopal fresco.

Tratamientos	Peso fresco (g)	Ramificaciones[1]	Observaciones
Sin poda	80 a[2]	1.50 a	Presencia de raíces primarias, secundarias y terciarias.
Con poda	40 a	0.25 b	Sin raíces terciarias y tendencia a no presentar raíces secundarias.

[1] 0-0.05: no formación de raíces secundarias; 0.5-1.0: formación de raíces secundarias; 1.0-1.5: formación de raíces terciarias.

[2] Letras iguales en cada columna indican valores estadísticamente no diferentes entre sí (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Tallo

En la zonas áridas y semiáridas de México, diferentes factores limitan el crecimiento de las plantas; el agua es el principal factor adverso, agudizándose este problema con la presencia de vientos fuertes y secos, cambios bruscos de temperatura, deficiencia de nutrimentos en el suelo y la presencia de sales y sustancias tóxicas. La evolución de los nopales a este tipo de ambientes, ha conducido a que las diferentes especies de *Opuntia* desarrollen características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que les permiten adaptarse a tales condiciones adversas. Una modificación importante para enfrentar estas condiciones, es la reducción en el tamaño de la lámina foliar y lo efímero de éstas; las hojas de nopal se diferencían durante el desarrollo de los cladodios jóvenes (brotes tiernos) y después caen (Pimienta, 1988).

Se realizó un trabajo (Aguilar, 1991b) para determinar el comportamiento del crecimiento vegetativo del nopal verdura con base en las experiencias de Rodríguez (1982); el crecimiento se midió diariamente, a lo largo, a lo ancho y en grosor, a partir de que el brote vegetativo emergió de la planta madre, desde mediados del verano de 1990 hasta mediados del verano de 1991. En cuanto al crecimiento longitudinal (Figura 2) en la primera etapa del desarrollo vegetativo (de que se percibe el brote hasta los 4 cm de longitud) se necesitaron alrededor de 20 días para alcanzar ese tamaño; esta etapa fue de 35 días en condiciones de invierno y en condiciones de primavera sólo consistió de 14 días; además, la etapa se caracterizó por la presencia de hojas modificadas y espinas delgadas. En la segunda etapa, la de 4 a 16 cm de longitud, se necesitó un promedio de 24 días para llegar a este tamaño, en tanto que en invierno necesitó cerca de 34 días y en primavera 19; esta etapa se caracterizó por ser la de mayor velocidad de crecimiento, por presentar una coloración verde claro del brote y por lo tierno de los tejidos clorenquimatoso y medular. Para la etapa tres, la de 16 a 20 cm, se necesitaron en promedio 30 días que en el invierno se elevaron a 42 y en la primavera se redujeron a 20; esta etapa continuó presentando el brote tierno de color verde claro y los tejidos clorenquimatoso y medular suaves, diferenciándose de la etapa anterior en que sólo se presentaron espinas delgadas en la parte superior del nopalito.

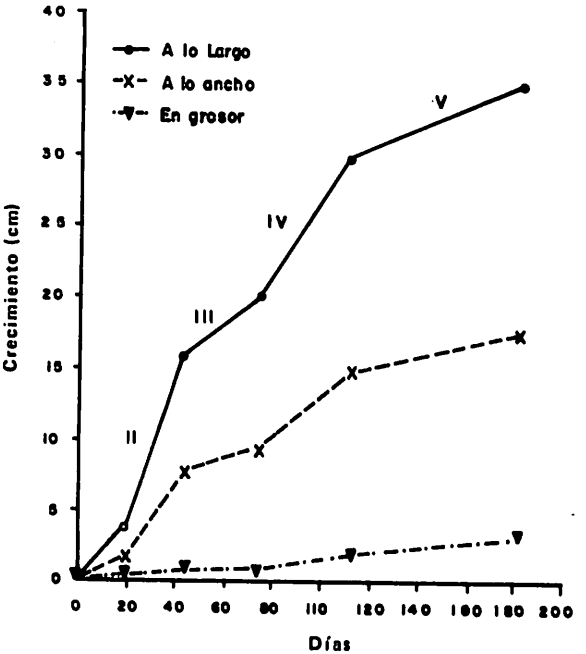


Figura 2. Comportamiento del crecimiento a lo largo, a lo ancho y en grosor de cladodios de nopal (promedio de 30 cladodios).

Las etapas II y III son las más adecuadas para el corte del brote vegetativo, ya que el nopalito es más apto para el consumo humano debido a la consistencia suave de los tejidos clorenquimatoso y medular y a la casi ausencia de oxalato de calcio en estos tejidos.

En la etapa cuatro, de 20 a 30 cm, se necesitaron en promedio 38 días, incrementándose en invierno a 50 y disminuyendo en primavera a 30. Esta etapa se caracteriza porque las hojas modificadas se desprenden en forma natural; lo mismo ocurre con las espinas delgadas en el cladodio, de tal manera que al final de la etapa ya no hay presencia de hojas, sólo escasas espinas delgadas. Además, la tonalidad del brote (cladodio) empieza a cambiar de un color verde claro a uno verde oscuro, que es señal de que la consistencia de los tejidos clorenquimatoso y medular comienzan a endurecer, acompañado de un aumento de oxalato de calcio en los tejidos, coincidiendo con lo señalado por Borrego y Burgos (1986), acelerándose la aparición de tejido ceroso en la superficie del cladodio. Al final de esta etapa el cladodio ya tiene la capacidad de emitir nuevos brotes vegetativos. En la etapa cinco, de 30 a 35

cm, se necesita un promedio de 70 días que en invierno se incrementa a 90 y en primavera es de 55 días; esta etapa se caracteriza porque hay mayor crecimiento del tejido medular comparado con el tejido clorenquimatoso y por la lignificación de los tejidos conductores.

En cuanto al crecimiento a lo ancho, en la etapa I se llega a 1.8 (Figura 2), en la II a 7.9 cm, en la III a 9.5 cm, en la IV a 14.8 cm y en la etapa V a 17.5 cm. En lo que respecta al crecimiento en grosor, es importante mencionar que el cladodio no tiene un comportamiento uniforme en las primeras etapas, ya que va engrosando primero la parte basal, seguido de la parte media y finalmente la parte superior. En la etapa I, el grosor en la parte basal llegó a 0.4 cm, en la II a 0.7 cm, en la III a 0.9 cm, en la IV a 1.9 cm y la V a 3.1 cm. Es de importancia mencionar que a partir de la última etapa el crecimiento en grosor del cladodio se incrementa, comparado con las demás etapas, además de que va perdiendo el crecimiento desigual en la parte basal media y superior iniciándose así su uniformidad.

Después de la etapa V, el crecimiento del cladodio en cuanto a longitud, anchura y grosor continúa, pero muy lentamente, manifestándose más el crecimiento en grosor con el paso de los años, además de que la coloración de la penca se va tornando verde claro con grietas de color café. La tendencia del crecimiento, analizando las cinco etapas, puede ser modificada por condiciones ambientales, principalmente por la presencia de humedad en el suelo; la falta de agua en las etapas I, II, III y principios de la IV, altera el crecimiento en las tres dimensiones, ocasionando que la coloración verde claro cambie a verde oscuro, iniciándose además procesos de endurecimiento de los tejidos junto con la formación de la capa cerosa en la parte externa del cladodio. Si las condiciones de sequía edáfica se agudizan, lo anterior se complementa con un arrugamiento severo del cladodio, llegando a ocurrir la absición de este órgano si la limitante de agua persiste.

Cuando coinciden condiciones de alta humedad relativa en el aire, presencia de humedad en el suelo y nublados en las etapas II, III y IV, la velocidad de crecimiento aumenta; este comportamiento es explicable debido a que las pencas jóvenes de los nopales absorben agua por sus areolas. Al respecto, Aguilar (1991c) colocó un par de cladodios de 4 meses de edad, en cada una de ocho vitrinas cerradas de vidrio, bajo dos condiciones: a) en cuatro vitrinas se

mantuvo un alta humedad relativa atmosférica, de tal forma que por las mañanas se formaba rocío sobre las pencas; b) En otras cuatro vitrinas, hubo ausencia casi total de humedad en el aire, evitando la presencia de rocío matutino. En los dos casos la duración del experimento fue de dos meses y medio. En las vitrinas con alta humedad relativa en el aire, las pencas siempre estuvieron turgentes conservando su coloración verde y sin arrugamiento, e inclusive, algunas emitieron raíces; en contraste, las pencas que estuvieron bajo ausencia casi total de humedad en el aire, se arrugaron, cambiando su coloración de verde oscuro a verde amarillento y ninguna emitió raíces.

En forma natural, en el área de Chapingo la brotación y el crecimiento vegetativo de los cladodios ocurre a finales de invierno y a principios de primavera, volviendo a presentarse a finales de primavera y a principios de verano. Sin embargo, la brotación y el crecimiento del cladodio se puede lograr fuera de estas épocas mediante ciertas prácticas agrícolas como son: poda de pencas, riego y fertilización foliar a los cladodios. Por ejemplo, Aguilar (1990a) observó que con tres aplicaciones a intervalos de tres días, de 1 g de QF (fertilizante foliar completo) por litro de agua, a plantas de nopal verdura en el invierno, se incrementó el número de brotes vegetativos con respecto a las plantas a las que se les efectuó la poda o no se aplicó QF (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la fertilización foliar completa (QF) sobre el número de brotes vegetativos, en nopal de invierno.

Tratamientos	Número de brotes vegetativos por planta
Testigo	0.0 a[1]
Testigo podado	1.0 a
Dos aplicaciones de QF (1 g/ℓ) cada tres días	4.0 ab
Tres aplicaciones de QF (1 g/ℓ) cada tres días	5.8 b

[1] Cifras con letras iguales indican que no son estadísticamente diferentes (DMSH, $\alpha = 0.05$).

El riego también es un factor que estimula la brotación (Aguilar, 1990c). En el Cuadro 5 se aprecia que la aplicación (a finales de otoño y principios de invierno) de 30 litros de agua a cada planta con intervalos de cinco días durante un mes, procurando bañar la planta, produjeron mayor brotación vegetativa con respecto al testigo, sin que este comportamiento repercutiera en la brotación reproductiva.

Cuadro 5. Efecto del riego y temperatura y fotoperíodo en la brotación vegetativa y reproductiva del nopal.

Tratamientos	Número de brotes por planta	
	Vegetativos	Reproductivos
Testigo	0 a[1]	0 a
Pencas cubiertas con bolsas de polietileno negro por 14 h diarias durante un mes	1 b	1 b
Pencas cubiertas con bolsas de polietileno transparente por 14 h diarias durante un mes	1 b	0 a
30 litros de agua por planta, cada 5 días, durante un mes	3 c	0 a

[1] Cifras con letras iguales indican que no son estadísticamente diferentes (DMSH, $\alpha = 0.05$).

Como se ha señalado anteriormente, los factores ambientales que se presentan en las diferentes épocas del año influyen en la brotación, crecimiento y desarrollo del cladodio, pero también ejercen una marcada influencia de la vida postcosecha del brote vegetativo. Al respecto, Aguilar (1990b) evaluó la influencia que ejercía la época y hora de cosecha del nopal verdura en la vida postcosecha; como se observa en el Cuadro 6, el número de días de vida del producto después de cosechado en el verano fue mayor comparado con los brotes cosechados en invierno.

Cuadro 6. Efecto de la época y hora de cosecha de nopal en el período de vida postcosecha.

Tratamientos	Días en postcosecha
Corte 6:30 h (Invierno seco)	4.8 c[1]
Corte 14:30 h (Invierno seco)	1.2 cd
Corte 19:00 h (Invierno seco)	4.7 c
Corte 6:40 h (Verano lluvioso)	13.4 a
Corte 14:30 h (Verano lluvioso)	10.3 ab
Corte 19:00 h (Verano lluvioso)	17.2 a

[1] Cifras con letras iguales indican que no son estadísticamente diferentes, dentro de cada época de cosecha (DMSH, $\alpha = 0.05$).

Fruto

En términos generales la brotación reproductiva en forma natural de nopal se efectúa junto con la primera brotación vegetativa que ocurre a fines de invierno y a principios de primavera; en caso de que se presenten heladas que destruyan esta primera brotación puede ocurrir una segunda brotación reproductiva (Hernández, 1978). Se han encontrado genotipos que se utilizan para la explotación de nopal verdura que tienen la capacidad de emitir contínuamente brotes reproductivos en cualquier época del año cuando sus cladodios maduran (Aguilar, 1981). Generalmente, de la brotación que da origen a fruto, hasta la cosecha del mismo, transcurren de 160 a 180 días en los genotipos de ciclo corto y de 180 a 220 días en los de ciclo largo.

Los brotes se producen por lo general en el brote apical o "corona" de los cladodios de un año, aunque también pueden producirse en la parte plana del cladodio de más edad (Pimienta, 1988). La maduración del fruto ocurre en el mismo año en que se inicia el desarrollo floral, lo cual contrasta con otras especies frutales de clima templado que presentan la diferenciación de las yemas florales en el año anterior al desarrollo del fruto. En cambio, el nopal tunero presenta similitud con el olivo (*Olea europaea* L.) en el que la diferenciación floral ocurre después del letargo invernal y en el mismo año en el que el fruto se desarrolla

(Pimienta *et al.*, 1985). Uno de los factores que limitan la aceptación de la tuna para el consumo en fresco es el tamaño y número de semillas que se forman en el fruto (Pimienta, 1988). El porcentaje de la parte no comestible que representa la semilla en el fruto oscila desde un 16% en *Opuntia joconostle* hasta alrededor de un 5% en *O. streptacantha*; el número de semillas por fruto oscila desde 410 en *O. engelmannii* a 77 en *O. lucens* (Palomo, 1963); dependiendo de la especie, variedad y del manejo que se haga a la plantación. El peso del fruto fluctúa desde 95.3 hasta 221.3 g (Cruz, 1983; Barrientos, 1983). La tendencia actual en cuanto al fruto de nopal (la tuna) es la de mejorar su calidad, principalmente la relación pulpa/semilla y pulpa/peso de cáscara; es decir, disminuir el número de semillas (huesos), e incrementar el tamaño y el peso del fruto sin demeritar el contenido de azúcares (Ortiz, 1988).

En el Cuadro 7 se presenta un resumen del efecto de la urea y del ácido giberélico (AG_3) sobre algunas características del fruto. Por ejemplo, el asperjar soluciones de urea al 10% a brotes florales 15 días antes de la floración y luego cada 6 días hasta completar 7 aplicaciones, provocó una disminución del 78% en el número de semillas por fruto con respecto al testigo (Aguilar, 1991d); una reducción del 72% en el peso de la semilla y un incremento del 28% en el contenido de pulpa por fruto, y del 26% en el peso del fruto.

Varios son los trabajos sobre aplicaciones de ácido giberélico para retrasar la maduración del fruto del nopal, como lo señalan Gil *et al.* (1977), Hernández y Grajeda (1979), Aguilar (1980, 1987). En el Cuadro 7 se observa que las aplicaciones de AG_3 retrasaron en 25 días la maduración de los frutos con respecto al testigo.

Con base en los resultados de George *et al.* (1984) sobre inducción de partenocarpia en jitomate (*Lycopersicon esculentum*) con tratamientos de agua fría al fruto, Aguilar (1991e) aplicó hasta tres aspersiones de agua (a una temperatura cercana a 0°C) a frutos de nopal iniciando la primera aplicación 5 días antes de florear y las demás cada 5 días. Los resultados mostraron tendencias similares a las encontradas con la urea y AG_3 en cuanto a número y peso de semillas; inclusive el porcentaje de pulpa por fruto superó al testigo en un 32%, aunque en cuanto a peso del fruto, maduración y porcentaje de grados Brix no se encontraron diferencias con el testigo (Cuadro 8).

Cuadro 7. Influencia de la aplicación de urea y AG_3 sobre algunas características del fruto de nopal.

Tratamientos	No. de semillas por fruto	Peso de semillas por fruto, al 13% de humedad (g)	Peso de pulpa por fruto (g)	Peso del fruto (g)	Días a maduración del fruto
Testigo	184 a[1]	4.7 a	75 a	120 a	151 a
7 aplicaciones de AG_3 (25 ppm) a brotes florales, cada 6 días, desde 15 días antes de la floración	58 b	1.8 b	82 b	135 b	176 b
7 aplicaciones de urea (10%) a brotes florales, cada 6 días, desde 15 días antes de la floración	40 b	1.3 c	96 c	151 c	153 a

[1] Cifras con letras iguales indican que no son estadísticamente diferentes (DMSH, $\alpha = 0.05$).

Cuadro 8. Efecto de aspersiones de agua fría sobre algunas características del fruto de nopal.

Tratamientos	No. de semillas por fruto	Peso de semillas al 13% de humedad (g)	Peso de pulpa por fruto (g)
Testigo	179.0 a[1]	4.00 a	60.8 a
3 aspersiones de agua fría (cercana a 0°C), a intervalos de 5 días, a brotes reproductivos, aplicando la primera 5 días antes de la floración	38.4 b	1.09 b	80.0 b

[1] Letras iguales en cada columna indican valores estadísticamente no diferentes entre sí (Tukey, $\alpha = 0.05$).

DISCUSION

Los factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo del sistema radical del nopal son: luz, agua, nutrimentos, edad del cladodio y época de siembra (Aguilar, 1988, 1989; Borrego y Burgos, 1986; Grajeda, 1978). Si se considera que las plantaciones de nopal en nuestro país se caracterizan por sus bajos rendimientos, un programa de manejo permanente debe contemplar el riego y la fertilización para favorecer el desarrollo del sistema radical (formación de raíces secundarias y terciarias) como lo demostraron Hernández (1978) y Aguilar (1989), y con ello también promover el desarrollo y crecimiento de la parte aérea incrementando la productividad del cultivo (Ramírez, 1987; Pimienta, 1988).

En lo que respecta al tallo, como lo establece Grajeda (1978), existen algunas épocas del año en las cuales hay fuerte demanda de brotes vegetativos ("nopalitos") principalmente a finales de otoño y gran parte de invierno, que son precisamente épocas donde en algunas áreas nopaleras inciden condiciones ecológicas desfavorables

para el desarrollo, como son temperaturas bajas y deficiencias de humedad, que propician una producción escasa o nula, y por consiguiente, una elevación del precio en el mercado. Las aspersiones en invierno de QF proporcionan una solución a dichas dificultades, al incrementar la brotación vegetal ("nopalitos") en un 600% con respecto al testigo (Aguilar, 1990a). Similar respuesta se obtiene con la aplicación de 30 litros de agua por planta cada 5 días durante un mes, suministrados a finales de otoño y principios de invierno, al promover la brotación de "nopalitos" en un 300% (Aguilar, 1990c).

Cuando el interés es producir frutos de calidad, existen varias opciones para mejorarla. Por ejemplo, hasta 7 aplicaciones consecutivas de urea al 10% a brotes florales 15 días antes de floración repetidas cada 6 días reducen, respecto al testigo, el número de semillas por fruto en 78% y el peso de las semillas en 72%, e incrementan el peso de la pulpa en 28%, y el peso del fruto en 26% (Aguilar, 1991d). Similares respuestas se obtienen con tres aplicaciones de agua a una temperatura cercana a 0°C a brotes reproductivos 5 días antes de florear repitiéndolas cada 5 días; adicionalmente se logra una reducción del 78.5% en el número de semillas presentes en el fruto, en el peso de las semillas del 73%, en tanto que el peso de pulpa es acrecentado en un 32% (Aguilar, 1991c).

CONCLUSIONES

Partiendo de que las principales dificultades que se presentan en el cultivo del nopal en el área de Chapingo, son: poca calidad en el fruto (tuna), bajos rendimientos y escasa o nula producción de brotes tiernos ("nopalitos") a finales de otoño y parte de invierno, se concluye que estos problemas pueden resolverse con programas de manejo en las plantaciones donde se contemple el riego y la fertilización foliar en otoño-invierno con la finalidad de estimular el crecimiento vegetal. En el caso del fruto, el programa de manejo de las huertas debe contemplar tratamientos de urea y agua helada desde la época de floración, para mejorar la calidad del fruto.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar B., G. 1980. Efecto de varios reguladores del crecimiento en nopal (*Opuntia amyclaea*). Tesis Ing. Agr., UACH, Chapingo, Méx.

_____. 1981. Un mutante de nopal tunero (*Opuntia* spp.) que fructifica todo el año. Resúmenes del III Congreso Nacional de Fruticultura. CONAFRUT-SARH. Guadalajara, Jal. p. 236.

_____. 1987. Efecto de la aplicación de ácido giberélico (AG_3) y urea en el fruto de nopal (*Opuntia amyclaea*). Tesis de M.C., Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

_____. 1988. Efecto de la época de siembra de nopal (*Opuntia* spp.) sobre la brotación y enraizamiento. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, Méx. p. 154.

_____. 1989. Efecto de diferentes niveles de humedad sobre la formación de raíces en plantas de nopal (*Opuntia* spp.). Resúmenes del IV Congreso Nacional de la SOMECH. Oaxtepec, Mor., Méx. p. 40.

_____. 1990a. Efecto de la fertilización foliar de invierno en plantas de *Opuntia* spp. Resúmenes del V Congreso Latinoamericano de Botánica. La Habana, Cuba. p. 66.

_____. 1990b. Influencia de la época y hora de cosecha de nopal verdura (*Opuntia* spp.) en la vida de postcosecha. Resúmenes del II Congreso Internacional y IV Reunión Nacional sobre Nopal. Zacatecas, Zac., Méx. p. 7.

_____. 1990c. Estimulación del crecimiento de nopal (*Opuntia* spp.) en invierno mediante humedad, temperatura y fotoperíodo. Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Cd. Juárez, Chih., Méx. p. 131.

_____. 1990d. Efecto de la poda de brotes vegetativos del nopal (*Opuntia* spp.) en el crecimiento radical. Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Cd. Juárez, Chih., Méx. p. 132.

_____. 1991a. Respuesta radical del nopal (*Opuntia* spp.) a la inyección de fertilizante completo y urea en la raíz. Resúmenes del IV Congreso Nacional de la SOMECH. Saltillo, Coah., Méx. p. 290.

_____. 1991b. Descripción del crecimiento vegetativo del nopal verdura (*Opuntia* spp.). Inédito.

_____. 1991c. Comportamiento del cladodio cortado de nopal (*Opuntia* spp.) bajo condiciones de alta humedad relativa. Inédito.

_____. 1991d. Influencia de la urea y ácido giberélico (AG_3) en frutos de nopal (*Opuntia* spp.). Inédito.

_____. 1991e. Inducción de partenocarpia en frutos de nopal (*Opuntia* spp.) con aspersiones de agua fría. Aceptado para publicarse en la Revista Chapingo de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Barrientos P., F. 1983. Mejoramiento genético de frutales. Memoria del VII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Uruapan, Mich., Méx. pp. 378-389.

Borrego E., F. y N. Burgos V. 1986. El nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. pp. 17-83.

Cruz H., P. 1983. Evaluación de selecciones de nopal tunero (*Opuntia* spp.) en la zona semidesértica del Edo. de Puebla. Memoria del VII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Uruapan, Mich., Méx. pp. 456-471.

DGEA. 1980. Anuario Estadístico. SARH. DGEA.

García B., J. 1986. Adecuación de un método para el estudio de la distribución radical aplicado en nopal verdura (*Opuntia inermis* selección "Tlaconopal") en altas densidades de plantación. Tesis Ing. Agr., UACH. Chapingo, Méx.

George L., W., J. W. Scott, and W. E. Splittstoesser. 1984. Parthenocarpy in tomato. Hort. Rev. 6:65-84.

Gil G., F., G. C. Martin y A. Momberg. 1977. Cuaja y desarrollo del fruto de la tuna (*Opuntia ficus indica* Mill.) y su relación con polinización y con los ácidos giberélico y cloroetilfosfónico. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 4 (3): 163-169.

Grajeda G., J. E. 1978. Influencia de la poda sobre la producción intensiva de nopal verdura (*Opuntia* spp.) y su relación con la tasa de asimilación neta. Tesis de M.C., Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

Hernández R., L. 1978. Distribución del sistema radical del nopal (*Opuntia amyclaea* Tenore). Tesis de M.C., Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

Hernández E., y G. J. Grajeda. 1979. Efecto del ácido giberélico sobre la maduración del fruto de nopal tunero. Proc. Tropical Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 23:48-50.

Ortiz H., Y. D. 1988. Efecto del ácido giberélico sobre la maduración del fruto de nopal tunero (*Opuntia amyclaea* T.). Tesis de M.C., Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

Palomo G., D. 1963. Datos sobre los nopales (*Opuntia* spp.) utilizados como forraje en el Sureste de México. Tesis Profesional. ITESM. Monterrey, Méx.

Pimienta B., E. 1988. El nopal tunero: Descripción botánica, uso e importancia económica. SOMEFI. Germen 7: 10-52.

_____, M. E. Engleman y C. Rosas. 1985. Algunos aspectos del ciclo reproductivo del nopal tunero (*Opuntia* spp.). Memorias del Seminario sobre la Investigación Genética Básica en el Conocimiento y Evaluación de los Recursos Genéticos. Jardín Botánico. UNAM y SOMEFI. pp. 96-105.

Ramírez V., H. 1987. Respuesta a la fertilización química y orgánica de nopal de verdura (*Opuntia ficus indica* Mill. var. Tlaconopal) en condiciones de riego y temporal. Tesis Profesional. Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Méx. p. 106.

Rodríguez B., J. 1982. Caracteres morfológicos en clones de plantas adultas y juveniles de nopal (*Opuntia amyclaea* Tenore). Tesis de M.C., Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.