

REDUCCION DEL NUMERO Y TAMAÑO NORMAL DE SEMILLAS
EN EL FRUTO DE NOPAL TUNERO CON REGULADORES DEL CRECIMIENTO
Y POSIBILIDADES DEL MEJORAMIENTO GENETICO

Facundo Barrientos-Pérez¹, Yolanda D. Ortiz-Hernández²

RESUMEN

Correlaciones altamente significativas se observaron entre el número de semillas de frutos de el 'clon' de nopal 'Princesa': con el peso total (0.73**); peso del receptáculo (0.68**); peso de la pulpa (0.64**) y grados Brix (0.48**). Este tipo de nopal es un tetraploide con $2n = 2x = 44$ cromosomas, perteneciente a la especie Opuntia robusta, empleado por su segregación polisómica que produjo frutos con una variación de semillas desde 7.0 hasta 201.0, siendo el peso del fruto proporcional al número de semillas. En el nopal 'Alfajayucan', octaploide ($2n = 2x = 88$) cv COPEÑA-5 de la especie Opuntia amyclaea: aplicaciones de giberelina (AG3) y las auxinas (ANA y AIB) solas y combinadas, en flores emasculadas e intactas, tuvieron efecto en el incremento del número de semillas de tamaño reducido (abortivas); también se aumentó el peso del fruto con dos aplicaciones, 15 días antes de la floración y durante

¹Profesor Investigador. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

²Investigador. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca. México.

la misma. De los tratamientos, el que tiene más posibilidades de utilización es el de 300 mg L⁻¹ ya que incrementó el número total de semillas de 302 del testigo a 378; con un aumento en el peso de los frutos de 14 % y de 18 % en el de la pulpa, por otra parte las semillas de tamaño normal se redujeron de 203 a sólo 16 y las de tamaño pequeño (abortivas) se incrementaron de 99 a 362.

Palabras clave: clon, tetraploide, octaploide, giberlina, auxina, abortiva.

Abstract

High significant correlations were found between the number of seeds of the fruit of the Opuntia clone 'Princess' with; total weight (0.73**), weight of the receptacle (0.68**), pulp weight (0.64**), and Brix degrees (0.48**). This nopal is a tetraploid with $2n=4x=44$ chromosomes, corresponding to the Opuntia robusta species. This clone was used because its polysomic variation produced fruits whose seed number varied from 7.0 to 210 and the fruit weight was proportional to the number of seeds. In 'Alfajajucan' nopal, an octaploid ($2n=8x=88$) COPENA-5, cultivar Opuntia amyoclea: sprays of giberellin (GA₃), auxins (NAA and IBA) combinations of both growth regulators on emasculated and intact flowers, 15 days before and during full bloom, produced an increase in the number of seeds with a reduced size (abortive), and also increased fruit weight. The best treatment was 300 mg L⁻¹ GA₃ because this treatment increased the total number of seeds from 302 in the

control to 378; it increased total fruit weight 14 %, it increased pulp weight 18 %, seeds of normal size were reduced from 203 to only 16 and the number of smaller seeds increased from 99 to 362.

Key words: clone, tetraploid, octaploid, gibberellin, auxin, abortive.

Introduccion

Desde el punto de vista fisiológico, el fruto, puede ser definido como una estructura que rodea a los óvulos de una planta cuyo desarrollo está ligado al de ellos, esta relación es particularmente evidente durante la antesis, mediante el estímulo hormonal de la polinización, la fecundación, y el desarrollo de la semilla. En algunos casos el peso final del fruto es proporcional al número de semillas desarrolladas y en algunos otros no es necesaria la presencia de ellas. En nopal tunero Pimienta y Engleman(1985) concluyen que la envoltura funicular de las semillas, incluyendo las abortivas, tiene la capacidad para desarrollar pulpa, se sugiere que en frutos con una mayor proporción de semillas abortivas se tendría más volumen ocupado en la parte comestible. El conocimiento básico de los procesos involucrados con el desarrollo del fruto de nopal, permitirán generar la tecnología para su mejor utilización; de ahí el interés de conocer la relación de las semillas normales y su número con los diferentes componentes del fruto; por otra parte conocer los niveles críticos hormonales en el desarrollo de los óvulos y su influencia en los componentes del fruto, mediante

la aplicación exógena de los reguladores de crecimiento, que se conoce, están involucrados en el desarrollo de los frutos en general.

REVISIÓN DE LITERATURA

Después de la polinización el desarrollo del fruto está controlado por el desarrollo de las semillas, así cuando las semillas jóvenes no se desarrollan, los frutos llegan a deformarse, observándose crecimiento alrededor de las semillas viables, las cuales contienen mayor cantidad de substancias promotoras del crecimiento que los tejidos que las rodean. El trabajo de Nitsch (1950) en fresa, demuestra que el peso final de algunos frutos como la fresa es proporcional al número de semillas desarrolladas; también encuentra una alta correlación entre el nivel de auxina y el desarrollo del endospermo, mas no con el crecimiento del fruto (Nitsch, 1952).

La apertura de la flor y la dehiscencia del polen, etapa conocida como antesis, es definitivamente una fase crítica en el desarrollo del fruto; en la mayoría de los casos sin la polinización, y la fertilización se suspende el crecimiento del fruto, por otra parte en el caso de las giberelinas y auxinas, es notable el bajo nivel endógeno en esta etapa del crecimiento (Ito et al., 1969).

Se ha conocido el término partenocarpia, para designar a los frutos desarrollados sin la fertilización de los óvulos (Nitsch, 1952); la ausencia o presencia de semillas no es suficiente para decidir si un fruto es partenocárpico ya que las semillas pueden desarrollarse por apomixis. 21

La aplicación de reguladores del crecimiento a las flores de diferentes especies frutales ha inducido desarrollo partenocárpico de los frutos, aún con sacos embrionarios inmaduros; se podría considerar que dichas sustancias aplicadas a las flores, estimulan el desarrollo de los óvulos, los que a su vez producen las sustancias requeridas para el desarrollo del fruto (Nitsch, 1970); de acuerdo a esta hipótesis se puede explicar el efecto del ambiente durante la floración y la formación de sustancias como las giberelinas, así como la importancia del tiempo de aplicación de los diferentes reguladores del crecimiento.

El fruto del nopal tunero se describe como una baya unilocular, polisérmica y carnosa, que se origina de una flor con ovario ínfero (Bravo 1978a). Según Rosas y Pimienta (1986) la fecundación de los óvulos empieza a las 48 horas después de que abre la flor y se prolonga hasta 10 días después, debido al número alto de óvulos (250 a 300) y a que sólo un tubo polínico penetra cada óvulo a través del micropilo; el promedio de óvulos fecundados por flor varía del 70 al 80%, lo que se considera alto en comparación a otras especies frutales. Pimienta y Engleman (1985) encontraron que el desarrollo de la parte comestible del fruto se origina de células papilares de la epidermis dorsal de la envoltura funicular y el funículo; la envoltura contribuye con el 90% de la parte comestible y el funículo con el 10%; también la envoltura funicular de las semillas abortivas desarrolla pulpa.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se llevaron a cabo en el campo experimental 'La Nopalera' del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. Se emplearon plantas en producción del clon 'Princesa', el cual es un tetraploide con $2n = 2x = 44$ cromosomas perteneciente a la especie Opuntia robusta, por su segregación polisómica, con desbalance en sus gametos por lo cual son estériles y la semilla de sus frutos varía en número como resultado de la fusión de gametos fértiles. También se empleó el cultivar COPENA-5, de la especie Opuntia amyclaea que es un octaploide $2n = 8x = 88$, por su segregación disómica y polisómica, que produce un alto contenido de semillas abortivas, provenientes posiblemente de óvulos estimulados por granos de polen desbalanceados.

En Opuntia robusta se establecieron correlaciones entre el número de semillas y diferentes características de los componentes del fruto. En Opuntia amyclaea se probaron 17 dosis, 3 épocas de aplicación y 2 tipos de flores (emasculadas e intactas), mas los testigos en un diseño completamente al azar. Las dosis se calcularon con el ingrediente activo del producto, diluidas al 20% en alcohol etílico (C_2H_5OH) + 1% de agente humectante (Atlox). Como reguladores del crecimiento, se emplearon: ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$), ácido naftalenacético ($C_{10}H_7CH_2COOH$) y ácido indolbutírico ($C_{12}H_{13}NO_2$).

Las épocas de aplicación fueron: 15 días antes de la antesis:

una 15 días antes de la antesis y otra al momento de la misma; 15 días antes de la antesis, otra durante antesis y una más 15 días después.

La emasculación se hizo antes de la antesis, sin dañar el estigma y el receptáculo, después se cubrieron con bolsas de papel cristal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las estadísticas de los caracteres de frutos de tuna 'Princesa' se describen en el Cuadro 1; se observa una gran variación para el número de semillas 7.0 a 201.0 con un coeficiente de variación de 82.9%; también hay variación, aunque en menor grado, para el peso de cáscara, peso de la pulpa y el peso total, no así para °Brix. Se encontraron correlaciones altamente significativas (Cuadro 2) entre el número de semillas: con el peso total del fruto (0.73**), peso del receptáculo (0.68**); peso de la pulpa (0.64**) y grados Brix (0.48**). Estos resultados confirman las observaciones de Pimienta y Engleman (1985) en el sentido de que es necesaria la semilla para el desarrollo de la pulpa y también coinciden con lo que encontró Mitsch (1950) en fresa, respecto a que el peso final del fruto es proporcional al número de semillas desarrolladas. conviene señalar que, en el caso de la fresa, la parte comestible es el receptáculo, en el caso de la tuna no es comestible por lo que es de importancia para la conservación del fruto después de cosecha.

Respecto al número de aplicaciones de los tratamientos (Cuadro 3) se observan diferencias estadísticamente significativas para mayor peso del fruto y semillas abortivas para los tratamientos con dos aplicaciones: 15 días previos a la antesis y durante la misma, lo que confirma la importancia de la época de aplicación de los reguladores del crecimiento, así como la cantidad de los mismos, para estimular el desarrollo de los óvulos y de los frutos; ya que con tres aplicaciones disminuyen los grados Brix y se retarda la época de cosecha y el peso del fruto se reduce.

Según los datos del Cuadro 4, fue posible obtener frutos con desarrollo partenocárpico, es decir, sin fertilización mediante la aplicación de reguladores del crecimiento, así los tratamientos de 300 mg L^{-1} de AG_3 ; 50 mg L^{-1} de ANA + 500 mg L^{-1} de AG_3 ó 10 mg L^{-1} de AIB + 500 mg L^{-1} en flores emasculadas incrementaron el peso del fruto en 12, 35 y 7%, respectivamente, y el de pulpa en 20, 15 y 17% más que el testigo, sin emascular. Los tratamientos con sólo ANA incrementaron hasta 3.5 veces el número de semillas abortivas.

Es de notarse que con dosis bajas de las auxinas 10 mg L^{-1} de ANA AIB aumentó el número de semillas de tamaño normal de 0 en el testigo hasta 101 y 94, respectivamente; lo cual pone de manifiesto las observaciones de (Nitsch, 1952) que lejos de estar ausentes los óvulos, son necesarios en el desarrollo de frutos partenocárpico durante las etapas cercanas a la floración, aunque después pueden degenerar o desaparecer; como resultante de el estímulo causado en los óvulos por las auxinas y giberelinas se ha encontrado que las células endoteliales llenan la cavidad del saco embrionario.

lo cual explicaría la presencia de semillas de tamaño normal sin fertilización.

En flores intactas la menor cantidad de semillas normales (16), se observó con el tratamiento de 300 mg L^{-1} GA3, respecto al testigo (203) y se incrementó el de semillas abortivas de (99) en el testigo a (362), con el tratamiento mencionado (Cuadro 5) también se incrementó el número total de semillas de 302 del testigo a 378; por otra parte se observó un aumento del 14% en el peso de los frutos y 18% en el de la pulpa. Lo anterior señala la importancia del número total de semillas, en el peso final de los frutos y confirma una vez más las observaciones de Pimienta y Engleman (1985) respecto al papel de las semillas abortivas en el desarrollo de la pulpa. Cabe mencionar que las posibilidades del mejoramiento genético para incrementar el número de semillas abortivas, las cuales son de tamaño pequeño sería a través de una herencia disómica de híbridos interespecíficos recientes en proceso de diploidización, para que el polen desbalanceado únicamente estimulara el desarrollo de los óvulos en su etapa temprana para inducir el desarrollo de la pulpa y que abortaran posteriormente. La combinación óptima sería la producción de frutos con alto contenido de semillas abortivas y la utilización de AG3, ya que además de promover el aumento de semilla abortiva, produce abscisión de las gloquidas, lo que facilitaría grandemente la cosecha y su manejo posterior.

CONCLUSIONES

1. El número total de semillas es importante en el desarrollo de los diferentes componentes del fruto.
2. Es posible reducir el número y tamaño normal de semillas, aumentando por otra parte el número de semillas abortivas y pequeñas; incrementando además el peso total del fruto y de la pulpa, por medio de auxinas y giberelinas.
3. Es posible el efecto de auxinas y giberelinas y su efecto sinérgico en las etapas tempranas del desarrollo de los óvulos, que a su vez promueven el desarrollo de los componentes del fruto.
4. La dosificación y el uso del AG3, se considera como la base para el desarrollo de la tecnología apropiada para mejorar la calidad de los frutos del 'Nopal'; en gran medida por su actual utilización comercial en cultivos como la vid.

BIBLIOGRAFIA

- Bravo, H. H. 1978a. *Las cactáceas de México*. México. UNAM. Segunda ed. 735 p.
- Ito, H., Motomura, Y., Konno Y., and Hatayama, T. 1969. Exogenous gibberellins responsible for the seedless berry development of grapes. I: Physiological studies on the development of seedless Delaware grapes. *Tohoku Jour. Agr. Res.* 20: 1-18.

- Nitsch, J. P. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *Amer. Jour. Bot.* 37: 211-215.
- Nitsch, J. P. 1952. Plant hormones in the development of fruits. *Quarterly Rev. Biol.* 27: 33-57.
- Nitsch, J. P. 1970. Hormonal factors in growth and development. In A. C. Hulme, ed., *The biochemistry of fruits and their products*, pp. 427-472. London and New York: Academic Press.
- Pimienta, B. E. y E. M. Engleman. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Agrociencia* 62: 51-56.
- Rosas, C. M. P. y E. Pimienta B. 1986. Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) tunero. *Fitotecnica*. 164-176.