

POLINIZACIÓN EN MANZANOS ‘RED DELICIOUS’ Y ‘GOLDEN DELICIOUS’

APPLE POLLINATION IN ‘RED DELICIOUS’ AND ‘GOLDEN DELICIOUS’

Víctor Manuel Guerrero Prieto^{1*}, Alejandro Romo Chacón¹, Jesús Antonio Orozco Avitia¹, David Ignacio Berlanga Reyes¹, Alfonso A. Gardea Béjar¹ y Rafael Ángel Parra Quezada²

¹Unidad Cuauhtémoc, Chihuahua, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Apdo. Postal No. 781. C.P. 31500. Cuauhtémoc, Chih. Tel y Fax: 01 (625) 581-2920 y 21. Correo electrónico: vguerrero51@cascabel.ciad.mx ²Programa de Frutales, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Apdo. Postal No. 554. C. P. 31500. Cuauhtémoc, Chih.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

El reducido amarre de frutos es un factor que limita la producción de manzana (*Malus X domestica* Borkh) en el noroeste de México. En Cuauhtémoc y Guerrero, Chih. se evaluó el efecto de los polinizadores ‘Winter Banana’, ‘Snow Drift’, ‘Manchurian’ y ‘Rome Beauty’ en los cultivares ‘RedChief Delicious’, ‘Golden Delicious’ y ‘Golden Delicious Tardío’, durante los ciclos 2000 y 2001. Las variables consideradas fueron la ocurrencia de la plena floración y el amarre inicial de frutos con polinizaciones manuales. La plena floración de ‘Manchurian’, ‘Snow Drift’ y ‘Winter Banana’ se traslapó con ‘RedChief Delicious’; pero no con ‘Golden Delicious’, ni ‘Golden Delicious Tardío’. La plena floración de ‘Rome Beauty’ se traslapó con ‘Golden Delicious Tardío’. En las polinizaciones manuales, ‘Golden Delicious Tardío’ logró un cuajado de 20 % de frutos con la polinización abierta y la incrementó a 90 % cuando se polinizó con ‘Rome Beauty’. ‘Golden Delicious’ presentó un amarre inicial de frutos de 98 % al polinizarse con ‘Snow Drift’, en comparación con 61 % mediante polinización abierta. Las polinizaciones con ‘Winter Banana’ presentaron los valores más bajos (14 %) en cuajado inicial de fruto.

Palabras clave: *Malus X domestica* Borkh, amarre inicial de fruto, polinización.

SUMMARY

A poor initial fruit set is a factor limiting apple (*Malus X domestica* Borkh) yields in Cuauhtémoc and Guerrero, Chihuahua, in Northwestern México. ‘Winter Banana’, ‘Snow Drift’, ‘Manchurian’ and ‘Rome Beauty’ were evaluated as pollinators for ‘RedChief Delicious’, ‘Golden Delicious’ and ‘Golden Delicious Tardío’ (a late blooming regional mutant) during 2000 and 2001. Variables monitored were full bloom stages occurrence and initial fruit set from manual pollinations. ‘Manchurian’, ‘Snow Drift’ and ‘Winter Banana’ full bloom stages overlapped those of ‘RedChief Delicious’, but not those of ‘Golden Delicious’ and ‘Golden Delicious Tardío’. The full bloom stage of ‘Rome Beauty’ overlapped with ‘Golden Delicious Tardío’. ‘Golden Delicious Tardío’ had a fruit set of 20 % with open pollination, and was increased to 90 % when pollinated with ‘Rome Beauty’. ‘Golden Delicious’ initial fruit set was 98 % when pollinated with ‘Snow Drift’, compared to 61 % with open pollination. Lowest

initial fruit set (14 %) was obtained with ‘Winter Banana’ as a pollen source.

Index words: *Malus X domestica* Borkh, initial fruit set, pollination.

INTRODUCCIÓN

La región occidental del estado de Chihuahua presenta variaciones anuales en la producción de manzana (*Malus X domestica* Borkh), con un promedio de 390 000 t por ciclo, que representan 60% de la producción nacional. El manzano ha sido considerado como un cultivo susceptible a producciones irregulares (Sanzol *et al.*, 2003). La falta de una polinización adecuada, ya sea por factores relacionados a los agentes polinizantes como la abeja melífera o a la falta de variedades polinizadoras adecuadas a los cultivos explotados, es causa de los rendimientos variables (Vicens y Bosch, 2000).

El uso de variedades silvestres como polinizadoras (tipo crabapples), que proporcionan polen a los cultivares comerciales que producirán la fruta con alto valor comercial, ha contribuido a solucionar parcialmente este problema (Dennis y Hull, 2003). Una variedad polinizadora debe tener por lo menos las siguientes características: a) Ser genéticamente compatible con el cultivar a polinizar; b) Viabilidad mínima de 70 % de germinación del polen; c) Producir polen abundante; y d) Sincronía de floración entre polinizador y cultivar a polinizar. Estas características permitirán un mayor cuajado inicial de fruto, con un máximo ideal de 100 %. Un cuajado de 12 % en manzano proporciona una cosecha comercial, si se considera la densidad de floración (Lombard *et al.*, 1988).

Las variedades de manzanos silvestres 'Manchurian' y 'Snow Drift', han sido reportadas como polinizadoras de floración temprana en otras zonas que coinciden en floración con el cultivar 'RedChief Delicious' (Campbell *et al.*, 1990). Para que ocurra la polinización cruzada, es necesario que la variedad polinizadora y el cultivar florezcan sincronizadamente (Soltész, 1997; Vicens y Bosch, 2000) y que sean compatibles genéticamente (Vicens y Bosch, 2000; Goldway *et al.*, 2001). Debido a que la fecha y duración del periodo de floración puede variar año con año, es recomendable tener más de una variedad polinizadora en el mismo huerto (Soltész, 1997).

La abeja melífera es el principal agente polinizante del manzano (Vicens y Bosch, 2000; Thomson y Goodell, 2001). Se ha estimado que para una adecuada polinización se requiere de una buena población de estos insectos y que las condiciones ambientales favorezcan su actividad, como días soleados, temperaturas por arriba de 20 °C y presencia de vientos moderados (Vicens y Bosch, 2000; Thomson y Goodell, 2001; Partap *et al.*, 2001).

En el presente estudio se determinó la efectividad de las variedades polinizadoras 'Manchurian', 'Snow Drift' y 'Winter Banana' en los cultivares 'Golden Delicious', 'Golden Delicious Tardío' y 'RedChief Delicious', con base en el traslape del estadio de plena floración y el porcentaje de amarre inicial de fruto con polinizaciones manuales, y se evaluó el potencial del cultivar 'Rome Beauty' como polinizador de 'Golden Delicious Tardío'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se hizo en dos municipios del estado de Chihuahua: 1) Cuauhtémoc, a 28° 24' LN y 106° 52' LO, altitud de 2 060 m, con clima semiseco templado, precipitación pluvial promedio de 400 a 600 mm, y temperatura media anual de 12 a 18 °C; y 2) Guerrero, a 28° 33' LN y 107° 30' LO, con clima semifrío, subhúmedo, lluvias en verano, precipitación anual de 600 a 1 200 mm, temperatura media anual de 8 a 12 °C y una altitud de 2 100 m (INEGI, 2000). Los cultivares utilizados como receptores de polen (hembras) fueron: 'RedChief Delicious', 'Golden Delicious' y 'Golden Delicious Tardío'; este último es un mutante regional que se derivó por una mutación natural de 'Golden Delicious', y que se caracteriza por su floración tardía. Como variedades polinizadoras (donadoras de polen) se utilizaron los manzanos silvestres 'Manchurian' y 'Snow Drift', y los cultivares 'Winter Banana' y 'Rome Beauty'.

En la huerta plantada con el cultivar 'RedChief Delicious' en Guerrero, Chih., los árboles fueron establecidos a 2.5 x 4.0 m; tenían 10 años de edad y contaban con una

rama del polinizador 'Snow Drift' injertada cada tercer árbol, en cada fila. En Cuauhtémoc, la distancia de plantación fue de 2.0 x 5.0 m y los árboles tenían 13 años de edad. Las huertas con los cultivares 'Golden Delicious' y 'Golden Delicious Tardío', carecían de variedad polinizadora; las distancias de plantación de estas dos últimas huertas fue de 3.0 x 6.0 m y los árboles eran de 10 años.

Fenología de la floración

Se marcaron tres árboles, tanto de los cultivares para producción de fruta, como de los polinizadores en ambas localidades evaluadas (Cuadro 1). En cada árbol se marcó una rama en cada orientación cardinal, cada una con un mínimo de 100 racimos florales. Los estadios florales fueron registrados cada 2 d, desde 'punta plateada' (primer estadio floral, yema completamente cerrada, con cera que le da la apariencia "plateada") hasta 'caída de pétalos' (último estadio de la floración, con las yemas florales abiertas sin pétalos).

Cuadro 1. Polinizadores y cultivares de manzano utilizados para evaluar su fenología de floración en dos municipios del estado de Chihuahua.

Polinizador	Cultivares por sitio	
	Cuauhtémoc*	Guerrero**
Manchurian	RedChief Delicious	RedChief Delicious Golden Delicious RedChief Delicious
Snow Drift	-----	-----
Winter Banana	Golden Delicious	-----
Rome Beauty	-----	Golden Delicious Tardío

*Ciclo 2000. **Ciclos 2000 y 2001.

Colecta de polen

Se colectaron 50 flores de 'Manchurian', 'Snow Drift', 'Rome Beauty' y 'Winter Banana', en estadio de botón rosa o rosa completo, se trasladaron al laboratorio, sin exponerlas a los rayos solares directos y se mantuvieron a ± 4 °C. Luego se retiraron los pétalos de las flores y se frotaron en una criba para recuperar las anteras sobre una caja petri con papel estraza. Las anteras se deshidrataron a la sombra durante 12 a 24 h a temperatura ambiente. Una vez que las anteras terminaron su dehiscencia, el polen se colocó en frascos de vidrio con tapa, se identificaron y se almacenaron a 4 °C. Este polen se utilizó para las polinizaciones manuales en las pruebas de los polinizadores, previa prueba de germinación de polen que indicara un mínimo de 70 % como condición para ser utilizado (Ortega *et al.*, 2004).

Polinizaciones manuales con diferentes polinizadores

Se marcaron cuatro ramas ubicadas en direcciones opuestas (N, S, E y O) con 100 racimos florales cada una, en cinco árboles de cada cultivar evaluado (Cuadro 2).

Cuando 40 a 50 % de los racimos florales en las ramas marcadas se encontraba en el estadio de rosa completo, se consideró como día “cero”. Durante el ciclo 2000 las flores solamente se emascularon, sin ser cubiertas por velo, y en el ciclo 2001 se cubrieron con velo de malla, sin emasculación, para evitar la visita de las abejas. Tanto la emasculación, como el cubrir las flores a tratar con velo, tienen la finalidad de evitar el contacto de polen extraño en cada tratamiento (Crassweller, 2001)¹. Se hicieron polinizaciones manuales en todos los racimos de la rama con polen fresco de los cuatro polinizadores, mientras que el tratamiento de polinización abierta se dejó intacto, sin modificación de sus flores para que fueran polinizadas de manera natural. Quince días después de terminadas las polinizaciones se determinó el amarre de frutos (Yoshizawa *et al.*, 2005). La huerta de ‘Golden Delicious Tardío’ no contó con árboles polinizadores, mientras que los otros cultivares sí contaron con ellos.

Cuadro 2. Combinación (X) de polinizadores y cultivares de manzano evaluados en dos municipios del estado de Chihuahua.

Polinizadores	Cultivares por sitio		
	Cuahtémoc [‡]	Guerrero ^{‡‡}	
	RedChief Delicious	Golden Delicious	Golden Delicious Tardío
Manchurian	X	X	---
Winter Banana	X	X	---
Snow Drift	X	X	X
Rome Beauty	---	---	X

[‡]Ciclo 2000. ^{‡‡}Ciclos 2000 y 2001; --- no se hizo esa combinación.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue uno de bloques completos al azar con cinco repeticiones. El análisis de varianza incluyó los dos ciclos y las dos localidades evaluadas. Los resultados de amarre de fruto fueron transformados a arco seno para su análisis estadístico; para éste se utilizó el programa SAS, versión 6.12. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

‘RedChief Delicious’ en Cuahtémoc, Chih.

Los polinizadores ‘Winter Banana’ y ‘Manchurian’ traslaparon su plena floración con la de este cultivar, y la mayor cobertura se logró con ‘Winter Banana’ (Figura 1). El cuajado inicial de fruto con ‘Winter Banana’ y ‘Manchurian’ fue de 11 %, mientras que el de ‘Snow Drift’ fue

estadísticamente igual aunque con 32 % (Cuadro 3). El porcentaje de cuajado para la polinización abierta fue más alto (84 %). Una de las causas del alto cuajado inicial de frutos para la polinización abierta fue que uno de cada dos árboles del huerto experimental contaban con una rama del polinizador ‘Snow Drift’, y la población de abejas fue alta, con tres colmenas por hectárea, de manera que la polinización abierta fue mayor, como indican varios autores (Vicens y Bosch, 2000; Thomson y Goodell, 2001; Kron *et al.*, 2001).

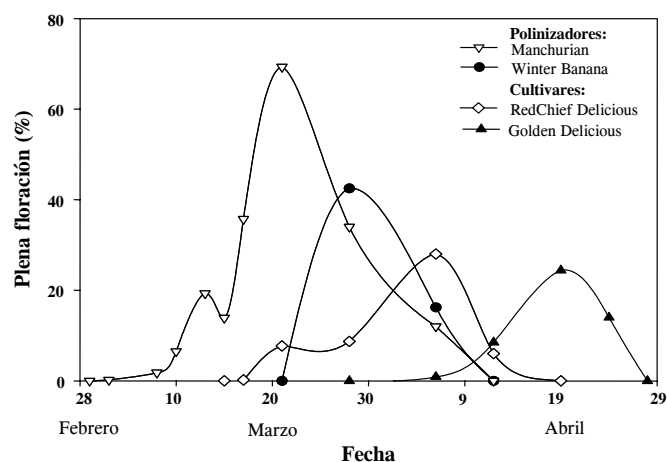


Figura 1. Dinámica de aparición del estadio plena floración en los cultivares y polinizadores evaluados en Cuahtémoc, Chihuahua. 2000.

Cuadro 3. Amarre de fruto inicial (%) en tres cultivares polinizados manualmente con diferentes fuentes de polen, evaluados en dos municipios del estado de Chihuahua.

Polinizador	Amarre inicial de fruto* en tres cultivares		
	RedChief Delicious	Golden Delicious ^{‡‡}	Golden Delicious Tardío
Manchurian	11 b	35 b	---
Winter Banana	11 b	18 b	---
Snow Drift	32 b	98 a	56 ab
Polinización abierta	84 a	61 b	20 b
Rome Beauty	---	---	90 ab

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

^{‡‡}Cuahtémoc, ciclo 2000 únicamente.

‘RedChief Delicious’ en Guerrero, Chih.

Durante la floración plena de ‘RedChief Delicious’ en el ciclo 2000, la región de Guerrero sufrió daños considerables por heladas tardías, y se presentó un desfase en la etapa de floración del cultivar y el polinizador en relación con el año 2001 (Figuras 2 y 3). La causa del desfase en la floración se puede atribuir a la acumulación de frío durante el invierno 1999–2000; ya que ‘RedChief Delicious’

¹Dr Robert Crassweller, Profesor de Fruticultura. Departamento de Horticultura. Pennsylvania State University. University Park, PA 16802 USA

requiere de 1 093 unidades frío y los polinizadores demandan solamente 913 unidades (Hauagge y Cummins, 1991). Para la acumulación de frío invernal en 1999-2000, no se tienen los datos completos (422 horas frío) (UNIFRUT, 2004).

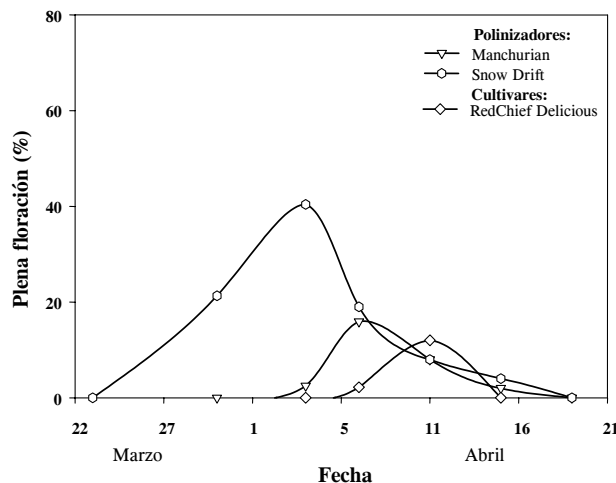


Figura 2. Dinámica de aparición del estadio plena floración en los cultivos y polinizadores evaluados en Guerrero, Chihuahua. 2000.

Este desfase de estadios no ocurrió en el ciclo 2001, y las floraciones de 'RedChief Delicious' y de 'Manchurian' (Figura 3) presentaron un traslape de floración casi de 100 % (con 1217 horas frío acumuladas; UNIFRUT, 2004). En ambos ciclos, 'Manchurian' traslapó más adecuadamente la plena floración de 'RedChief Delicious', factor clave al seleccionar un polinizador (Soltész, 1997; Vicens y Bosch, 2000; Ortega *et al.*, 2004). La floración de 'Snow Drift' fue evaluada únicamente en el ciclo 2000, y se asoció con bajos niveles de cuajado de fruto en dos de los tres cultivos evaluados, con valor de 32 % (Cuadro 3), que no obstante es considerado como adecuado (Vicens y Bosch, 2000). Algunas de las posibles causas para el bajo cuajado de fruto observado en 2000, fueron la presencia del daño por heladas tardías y la emasculación de las flores, las cuales dañan físicamente a la flor y pueden provocar su caída antes de ser fecundadas (Soltész, 1997). Por ello en el ciclo 2001 las flores fueron cubiertas con velo en lugar de ser emasculadas, para no ocasionarles daño físico y aun así rindieron resultados similares en cuajado de fruto. Una característica de los cultivos 'Red Delicious' y 'RedChief Delicious', es la de presentar bajo cuajado de fruto por ser autoestériles, que se acentúa con una polinización inadecuada (Vicens y Bosch, 2000).

'Golden Delicious' en Cuauhtémoc, Chih.

El periodo de plena floración para 'Golden Delicious' en esta localidad se evaluó sólo en el ciclo 2000, pues en

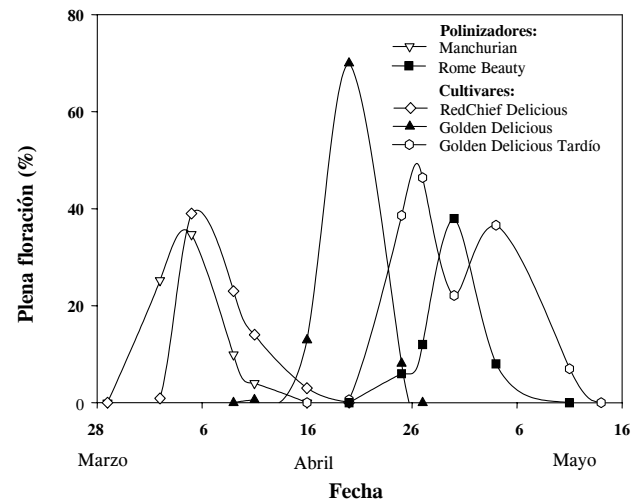


Figura 3. Dinámica de aparición del estadio plena floración en los cultivos y polinizadores evaluados en Guerrero, Chihuahua. 2001.

el ciclo 2001 su floración fue escasa y sin estadios claramente definidos en los lotes experimentales, probablemente debido a una sobrecarga de producción en el ciclo inmediato anterior que no permitió una adecuada diferenciación floral (Buszard y Schwabe, 1995). Tampoco se relacionó con la acumulación de frío durante el invierno previo, pues se acumularon 1602 horas frío, y en el 2000 se acumularon 1515 (UNIFRUT, 2004). Únicamente el polinizador 'Manchurian' traslapó el final de su plena floración con el inicio del mismo estadio para 'Golden Delicious' (Figura 1), lapso que es insuficiente para una polinización adecuada (Soltész, 1997). 'Snow Drift' generó el porcentaje más alto en cuajado de fruto inicial (98 %), superior a los otros polinizadores y a la polinización abierta (Cuadro 3).

'Golden Delicious' en Guerrero, Chih.

Su plena floración fue similar a la de Cuauhtémoc en el ciclo 2000. 'Manchurian' traslapó el final de su plena floración con el inicio del mismo estadio en 'Golden Delicious' (Figura 3), lo que significa un traslape de floración inadecuado para un polinizador (Soltész, 1997). El cuajado inicial de frutos en ambos ciclos puede haber sido influido por el hecho de que 'Golden Delicious' es un cultivar autofértil (Nyéki, 1996), al contrario de 'RedChief Delicious' que es autoestéril (Vicens y Bosch, 2000; Carew *et al.*, 2001).

'Golden Delicious Tardío' en Guerrero, Chih.

Este mutante regional presentó su plena floración a principios de mayo en el ciclo 2001, con un traslape cercano a 100 % con 'Rome Beauty', característica

considerada clave para un buen polinizador (Soltész, 1997). ‘Rome Beauty’ es utilizado en la región por su floración tardía, aunque su fruta tiene una menor demanda en el mercado, mientras que ‘Golden Delicious Tardío’ produce fruta con mayor demanda comercial. El cultivar ‘Rome Beauty’ utilizado aquí como polinizador y cultivar, generó los porcentajes más altos de cuajado inicial de fruto (90 %), que aunque estadísticamente igual a ‘Snow Drift’ y significativamente mayor que la polinización abierta representa una opción importante como polinizador para el mutante ‘Golden Delicious Tardío’ (Cuadro 3), ya que el uso de ‘Rome Beauty’ como polinizador genera altas producciones, como se infiere del alto porcentaje de cuajado de fruto inicial (90 %), y permite aprovechar las buenas características del mutante, que son su tardía floración y buena calidad comercial de la fruta. Los bajos niveles de cuajado para la polinización abierta en ambos ciclos indican problemas de autoesterilidad. La autopolinización de ‘Golden Delicious Tardío’ generó un cuajado de fruto casi nulo (datos no presentados). Por tanto, es imprescindible utilizar polinizadores como ‘Rome Beauty’ que promueven una producción comercial, con buena calidad de fruta y floración tardía. La necesidad de utilizar polinizadores para lograr una polinización cruzada y las ventajas de la misma, ha sido reportada por otros investigadores (Vicens y Bosch, 2000).

CONCLUSIONES

‘Snow Drift’ se identificó como un buen polinizador para el cultivar ‘RedChief Delicious’, porque induce un alto cuajado inicial de fruto. El cultivar ‘Rome Beauty’ posee un alto potencial para utilizarse como polinizador del mutante regional ‘Golden Delicious Tardío’, debido a que da alto traslape de floración y alto cuajado de frutos. El cultivar ‘Golden Delicious’ no traslapó floración con ninguno de los polinizadores evaluados; sin embargo, mediante polinizaciones manuales con ‘Snow Drift’ produjo un alto cuajado inicial de frutos.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema de Investigación Regional Francisco Villa, SIVILLA, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua, A. C. por el apoyo económico para la realización de este trabajo, así como al Lic. Gerardo Mena Zamora, Ing. Eduardo Carrasco, Sr. Alfredo Contreras y Sr. José Humberto Morales, por las facilidades prestadas para la realización del presente proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Buszard D, W W Schwabe (1995) Effect of previous crop load on stigmatic morphology of apple flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(4):566-570.
- Campbell R C, R D Fell, R P Marini (1990) Characterization of apple nectar sugars in selected commercial and crab apple cultivars. *Fruit Var. J.* 44(3):136-141.
- Carew J G, K Mahmood, J Darby, P Hadley, N H Battey (2001) Determination of the self-fertilization potency of ‘Golden Delicious’ apple. *J. Hort. Sci. Biotech.* 76(3):264-270.
- Dennis F G, J Hull (2003) Deciduous tree fruit. *HortScience* 38(5):901-910.
- Goldway M, D Schneider, H Yehuda, A Matityahu, D Eisikowitch, R A Stern (2001) The effect of apple S-allele compatibility on fruit set levels in non-optimal fertilization conditions. *In: Proc. 8th Pollination Symp.* P Benedek, K W Richards (eds). November, 2001. Mosonmagyaróvár, Hungary. ISHS Acta Hort. 561:231-234.
- Hauagge R, J N Cummins (1991) Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(1):100-116.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2000) XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Chihuahua, Chih.
- Kron P, B C Husband, P G Kevan (2001) Across-and along-row pollen dispersal in high-density apple orchards: Insights from allozyme markers. *J. Hort. Sci. Biotech.* 76(3):286-294.
- Lombard P B, N W Callan, F G Dennis Jr, N E Looney, G C Martin, A R Renquist, E A Mielke (1988) Towards a standardized nomenclature, procedures, values, and units in determining fruit and nut tree yield performance. *HortScience* 23(5):813-817.
- Nyeki J (1996) Fertilization conditions. *In: Floral Biology of Temperate Zone Fruit Trees and Small Fruit.* J Nyeki, M Soltész (eds). Akadémia Kiadó. Budapest. Hungary. pp:185-191.
- Ortega E, J Egea, F Dicenta (2004) Effective pollination period in almond cultivars. *HortScience* 39(1):19-22.
- Partap U M A, T E J Partap, H E Yonghua (2001) Pollination failure in apple crop and farmer’s management strategies in Hengduan mountains, China. *Proc. 8th Pollination Symp.* P Benedek, K W Richards (eds). November, 2001. Mosonmagyaróvár, Hungary. ISHS Acta Hort. 561:225-230.
- Sanzol J, P Rallo, M Herrero (2003) Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in “Agua de Aranjuez” pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128(4):458-462.
- Soltész M (1997) Laws of bloom phenology by apple. *In: Proc. International Symposium on Pollination.* K W Richards (ed). January, 1997. Lethbridge, Alberta, Canada. ISHS. Acta Hort. 437:451-456.
- Thomson J D, K Goodell (2001) Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *J. Appl. Ecol.* 38:1032-1044.
- Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua, A C (2004) Estadísticas realizadas por la UNIFRUT. http://www.unifrut.com.mx/index_archivos/redmetereologica/unidadesfrio_archivos/uf-2
- Vicens N, J Bosch (2000) Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on Red Delicious apple. *Environ. Entomol.* 29(2):235-240.
- Yoshizawa Y, K Sakurai, S Kawaii, M Asari, J Soejima, N Murofushi (2005) Comparison of antiproliferative and antioxidant properties among nineteen apple cultivars. *HortScience* 40(5):1204-1207.