ITEA (2003), Vol. 99V N.° 3, 225-233

POLINIZACIÓN DE LAS VARIEDADES DE CIRUELO JAPONÉS 'AUTUMN GIANT' Y 'ROYAL DIAMOND'

J. González Naranjo*, A.F. Muñoz Rodríguez**

* Grupo IDIE S.L. c/ Encomienda 7, 3°. 06700 Villanueva de la Serena, Badajoz, España

** Departamento de Biología y Producción de los Vegetales, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Crta. Cáceres s/n, 06080 Badajoz, España

RESUMEN

Se estudia la polinización de dos variedades de ciruelo japonés, 'Royal Diamond' y 'Autumn Giant', clasificándose como completamente autoesteril y parcialmente autofértil respectivamente. Se determina la compatibilidad de 'Black Amber', 'Black Star', 'Golden Japan', 'Royal Diamond', 'Songold' y 'TC Sun' con 'Autumn Giant', y la de 'Autumn Giant', 'Black Star', Golden Japan', 'Larry Ann', 'Songold' y 'TC Sun' con 'Royal Diamond'.

Se estudió también la fecha de plena floración de estas variedades en los años comprendidos entre 1999 y 2001.

Palabras clave: *Prunus salicina*, Compatibilidad.

SUMMARY
POLLINATION OF JAPANESE PLUM VARIETIES 'AUTUMN GIANT' AND 'ROYAL DIAMOND'

Pollination of two japanese plum varieties are observed, the study confirmed that 'Royal Diamond' and 'Autumn Giant' are completely sef-sterile and partially fertile respectively. 'Black Amber', 'Black Star', 'Golden Japan', 'Royal Diamond', 'Songold' and 'TC Sun' proved to be compatible with 'Autumn Giant', and 'Autumn Giant', 'Black Star', 'Golden Japan', 'Larry Ann', 'Songold' and 'TC Sun' proved to be compatible with 'Royal Diamond'.

The time of full bloom of these varieties were also studied between 1999 and 2001.

Key words: *Prunus salicina*, Compatibility.

Introducción

La variedad de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) 'Autumn Giant' fue obtenida por F. Zaiger en California en 1986, a partir del cruce entre 'King David' y 'Roysum' (ANÓNIMO, 1997; OKIE y RAMMING, 1999). Por su parte, 'Royal Diamond' es una variedad producida por Kitahara en 1989 a partir de 'Angeleno' (OKIE & RAMMING, 1999), aunque GOULAO *et al.* (2001) la sitúan como

próxima, desde el punto de vista molecular, a 'Black Diamond'. Ambas producen frutos de color rojo de gran calibre, y comparten la característica de su gran producción y de su maduración tardía (DUVAL, 1999), que, según PANAVERA (2001), tiene lugar en agosto en el caso de 'Royal Diamond' y en septiembre en el de 'Autumn Giant' en los cultivos situados en las Vegas Bajas del Guadiana (Badajoz).

La floración de ambas es también tardía, retrasándose por término medio con respecto a la floración de 'Golden Japan', 4 días en el caso de 'Autumn Giant' y 7 en el de 'Royal Diamond', según los datos aportados por DUVAL (1999) a partir de un estudio de 5 años llevado a cabo en Francia. Este hecho, unido a la frecuente autoincompatibilidad que existe en las variedades de ciruelo japonés, entre las que el 60% de las variedades son completamente autoestériles (0% de fructificación en condiciones de autogamia), el 20% son autoestériles (0,1-1% de fructificación) y sólo un 20% son parcialmente autofértiles (1,1-10% de fructificación) (NYÉKI, 1996), determina que puedan existir problemas a la hora de planificar las plantaciones.

A pesar de este hecho se dispone de poca información acerca de la necesidad real de polinización cruzada de ambas y la poca información acerca de su compatibilidad con otras variedades es la que ofrece PANAVERA (2001) en su obra, en la que cita como polinizadores de 'Autumn Giant' a 'Royal Diamond', 'Calita' y 'Sorriso di Primavera', un híbrido de mirabolano (*Prunus cerasifera* Ehrh.) y ciruelo japonés (PALARA *et al.*, 1990), mientras que para 'Royal Diamond' menciona las variedades 'Calita' y 'Autumn Giant'.

Por estas razones, en el presente estudio se pretende estudiar, en dos fincas situadas en la Comarca de Vegas Altas del Guadiana (Badajoz), la capacidad de estas variedades para producir frutos en ausencia de polinizadores y determinar en estas localidades los niveles reales de polinización de estas variedades durante tres años. Además se pretende determinar sus grados de compatibilidad con otras cultivadas en la zona, estudiando además el grado de solapamiento entre sus floraciones.

Material y métodos

La parcela objeto del estudio llevado a cabo sobre 'Autumn Giant' se encuentra enclavada en la finca Cerro, situada en la Comarca de Vegas Altas del Guadiana (Badajoz), es una plantación con riego por goteo implantada en 1990 consistente en 7 filas consecutivas de árboles de esta variedad, con árboles de mirabolano dispuestos aleatoriamente, siendo éstos la única fuente de polen viable para su polinización, ya que la parcela está rodeada por 6 líneas de la variedad '606' por un lado y por 3 de 'Royal Garnet' por otro, y ambas son androestériles (GONZÁLEZ, 2002). El estudio de la variedad 'Royal Diamond' se ha realizado en la finca Machal, situada en la misma comarca que la anterior, en una plantación con sistema de formación en palmeta establecida en 1991, con riego por goteo, y formada por un modelo en el que cada dos líneas de 'Royal Diamond' se insertan dos líneas de 'Larry Ann'.

La capacidad de las flores de estas variedades para producir frutos en condiciones de autogamia, es decir en ausencia de polinizadores, se estimó en los años 1999, 2000 y 2001, aislando en cada uno de ellos 4 ramas de cada variedad, dispuestas al azar, mediante bolsas de nylon de 0,2 mm de diá-

metro de poro, que se mantuvieron durante toda la floración. En estas ramas se contó el número de flores y el número de frutos producidos a los 40 días de la floración, calculándose con este dato la tasa de cuajado inicial de frutos. Por otro lado, para estimar el nivel anual de polinización de estas variedades en las dos fincas, en los mismo años se marcaron otras 4 ramas en cada una de ellas que se mantuvieron libremente expuestas a los polinizadores, calculándose en ellas del mismo modo la tasa de fructificación.

Para estudiar la capacidad de otras variedades para fecundar las flores de las variedades 'Autumn Giant' y 'Royal Diamond', se procedió a realizar polinizaciones cruzadas observando los niveles de cuajado inicial de frutos obtenidos en cada cruce. Para ello, se embolsaron antes de la floración entre 1 y 3 ramas de estas variedades para cada cruce, cuyas flores, una vez abiertas, fueron polinizadas manualmente, sin emasculación previa, con polen de las distintas variedades ensayadas, procedente a su vez de ramas que también habían permanecido embolsadas para impedir posibles contaminaciones, utilizando polen de anteras abiertas recientemente. En cada cruce se calculó la tasa de cuajado inicial de frutos, a partir del número total de flores polinizadas y del número de frutos cuajados a los 40 días de la floración, la cual permitirá orientar sobre la compatibilidad de cada cruce (MUÑOZ y CASILDA, 1998).

Dado que, como apunta NYÉKI (1996), pueden existir variaciones anuales en los resultados de un mismo cruce, gran parte de ellos se han realizado durante dos años, así, sobre 'Autumn Giant' las polinizaciones con polen de 'Black Star', 'Golden Japan' y 'Royal Diamond' se han realizado en 1999 y 2000; las efectuadas con polen de 'Songold' y 'TC Sun' en 2000 y 2001; mientras que con el polen de 'Black Amber' y 'Golden Globe' sólo se llevaron a cabo en 2000. Sobre esta variedad las polinizaciones tuvieron lugar el 16 y el 18 de marzo en 1999, el 11 de marzo en 2000 y el 11 de marzo en 2001. Sobre las flores de 'Royal Diamond' las polinizaciones con polen de 'Autumn Giant' y 'Black Star' se efectuaron en 1999 y 2000, y las de 'Golden Globe', 'Golden Japan', 'Songold' y 'TC Sun' sólo durante el año 2000, realizándose las polinizaciones el 18 de marzo en 1999 y el 8 y el 10 del mismo mes en 2000.

Para evaluar las épocas de floraciones relativas de 'Autumn Giant' y 'Royal Diamond', así como de las variedades analizadas como polinizadores, en los años 1999, 2000 y 2001 se determinó la fecha de plena floración de cada una de ellas como parámetro fenológico, lo que permite observar las diferencias relativas así como situar las fechas de las polinizaciones manuales dentro del período de floración de cada una de las variedades polinizadas. Este mismo seguimiento se ha llevado a cabo en la parcela donde 'Larry Ann' se alterna con 'Royal Diamond', dado que en ella es la única variedad utilizada como polinizador.

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestran en primer lugar las fechas de plena floración registradas durante los tres años de estudio, en la cual se verifica la floración tardía de 'Royal Diamond' y de 'Autumn Giant', ya que siempre florecieron con posterioridad a la variedad 'Golden Japan', variedad utilizada habitualmente como referencia en ciruelo japonés (DUVAL, 1999).

En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos en condiciones de autogamia y de

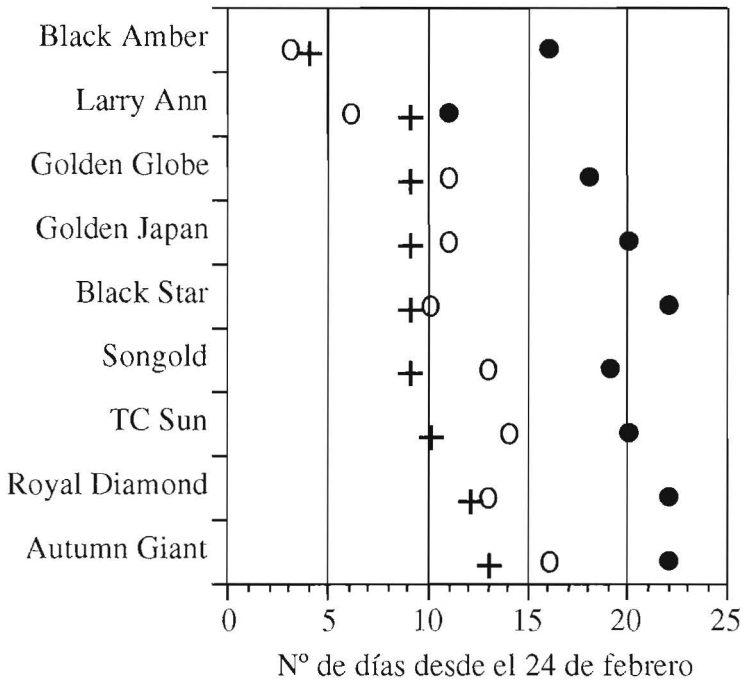


Figura 1. Fecha de plena floración de las variedades estudiadas. (•) 1999, (+) 2000 y (o) 2001.
Figure 1. Full bloom dates of studied varieties. (•) 1999, (+) 2000 y (o) 2001.

Cuadro 1. Tasas de inicio de fructificación en las variedades 'Autumn Giant' y 'Royal Diamond' en libre polinización y en condiciones de autogamia en 1999, 2000 y 2001
Table 1. Initial fruit set percentages of 'Autumn Giant' and 'Royal Diamond' after open pollination and natural self pollination in 1999, 2000 and 2001

AUTUMN GIANT	Autogamia		Libre polinización	
	n ° Flores	% Cuajado inicial	n ° Flores	% Cuajado inicial
1999	366	0,00	475	0,15
2000	619	0,00	606	2,58
2001	551	0,68	588	2,82

ROYAL DIAMOND	Autogamia		Libre polinización	
	n ° Flores	% Cuajado inicial	n ° Flores	% Cuajado inicial
1999	242	0,00	455	1,16
2000	403	0,00	750	3,97
2001	964	0.00	1.267	1,63

libre polinización para la variedad 'Autumn Giant' durante los tres años de estudio. En ella se puede observar en primer lugar que mientras que en los años 1999 y 2000 no se forma un solo fruto en ninguna de las muestras embolsadas, dando lugar a un nivel de cuajado inicial de frutos medio del 0%, en el año 2001, tres de las cuatro bolsas iniciaron algún fruto, dando lugar a un nivel medio del 1,34%. Esto implica una variación en el comportamiento de esta variedad que, según la clasificación que NYÉKI (1996) propone para los frutales de hueso, en 2001 se comporta como parcialmente autofértil. Además, en dicho cuadro se muestran los resultados obtenidos en condiciones de libre polinización en la finca, observándose un nivel medio de cuajado inicial de frutos del 0,15% en 1999, del 2,58% en 2000 y del 2,82% en 2001, mostrando por tanto variaciones interanuales importantes, las cuales podrían deberse al distinto solapamiento de las floraciones de esta variedad y la de su polinizador, mirabolano, del cual no se han tomado datos sobre su fecha de plena floración.

En el citado cuadro 1 se muestran también los resultados obtenidos en el caso de 'Royal Diamond', en la cual ninguna de las ramas muestreadas en ninguno de los tres años dio lugar a un solo fruto, por lo que su nivel de cuajado inicial de frutos siempre fue de 0%, lo que la caracteriza como una variedad completamente autoestéril (NYÉKI, 1996). También en este caso se observan variaciones en cuanto a la tasa media anual de fructificación en condiciones de libre polinización, que fue del 1,16% en 1999, del 3,97% en 2000 y del 1,63% en 2001. Estos resultados demuestran la compatibilidad del polen de 'Larry Ann' para fecundar las flores de esta variedad, y sus variaciones anuales podrían estar relacionadas con las diferencias en cuanto a la floración plena de estas variedades en la plantación, ya que en 1999 'Larry Ann' floreció 11 días antes que 'Autumn Giant', en 2000 sólo un día antes y en 2001 el adelanto fue de 6 días (figura 1), por lo que el bajo resultado de fructificación observado en 1999 puede deberse al alejamiento de sus floraciones, mientras el máximo de 2000 podría deberse a su mayor coincidencia.

No obstante, debe tenerse en cuenta que en los ensayos realizados en condiciones de autogamia, no se forzó en ningún caso la autopolinización, por lo que en parte la baja fructificación obtenida podría deberse a una falta de deposición polínica sobre el estigma, por lo que sería recomendable realizar ensayos de este tipo en el futuro.

Aún así, en base a estos resultados, de acuerdo con SOLTÉSZ (1996), estas variedades deben plantarse utilizando al menos tres variedades compatibles y con un nivel de solapamiento de la floración superior al 70%. Además, los árboles deberían estar colocados de forma que la distancia máxima al árbol polinizador más cercano sea de 15 a 20 m.

Para el análisis de los niveles de compatibilidad observados con otras variedades que se cultivan en la zona, es necesario tener en cuenta en primer lugar que, de acuerdo con las fechas de plena floración observadas (figura 1), en la variedad 'Autumn Giant' las polinizaciones manuales se llevaron a cabo en 1999 2 días antes y el día de la plena floración, 3 días después en el año 2000 y un día antes en el 2001; mientras que en el caso de 'Royal Diamond' se realizaron en 1999 el día en que esta variedad alcanzó su plena floración y uno y 3 días después de esta fecha en 2000. Por lo que podría entonces asumirse que la una parte de las flores polinizadas podrían encontrarse dentro de su período efectivo de polinización.

Los resultados de los ensayos de compatibilidad en las dos variedades, 'Autumn

Giant' y 'Royal Diamond', se muestran en los cuadros 2 y 3 respectivamente. En ambas variedades se observa que las muestras polinizadas con el polen de la variedad 'Golden Globe' mostraron un 0% de cuajado inicial de frutos, sin embargo, este resultado no es extraño si se considera que tampoco las polinizaciones realizadas con polen de esta variedad sobre 'Angeleno' y 'Songold', realizadas dentro del mismo estudio (GONZÁLEZ, 2002), produjeron frutos alguno, por lo que, considerando además el bajo nivel de viabilidad polínica encontrada en esta variedad (GONZÁLEZ, 2002), es más indicado sospechar que 'Golden Globe' es un cultivar con un alto nivel de androesterilidad. El hecho de haber incluido los cruces con esta variedad en el estudio se debe a que DUVAL (1999) sitúa su floración media sólo un día antes de la de 'Autumn Giant' y 4 días antes que la de 'Royal Diamond', aunque el comportamiento observado en este estudio refleja una floración algo más temprana, sobre todo en relación a 'Autumn Giant' (figura 1).

En el caso de las polinizaciones sobre 'Autumn Giant' (cuadro 2), los niveles más altos de cuajado inicial de frutos se observaron en la muestra polinizada en el año 2000 con polen de 'Black Amber', alcanzándose el 10,94%, aunque este resultado posee poco interés, dado que esta variedad es de las que refleja una floración más temprana en la finca, estimando DUVAL (1999) un adelanto medio de 10 días con respecto a la floración de 'Autumn Giant', y observándose en este estudio un adelanto de 6, 9 y 13 días en 1999, 2000 y 2001 respectivamente (figura 1).

El resto de los cruces con 'Autumn Giant' mostraron distintas tasas de cuajado inicial de frutos en los dos años en los que se repitió cada uno de ellos (cuadro 2), pero en todos los casos se superó la tasa anual media obtenida en condiciones de autogamia, por lo que puede presuponerse que todos los polinizadores ensayados aumentaron la tasa de fecundación y por tanto se trata en todos los casos de cruces compatibles. Las polinizaciones con polen de 'Black Star', 'Golden Japan' y 'TC Sun' no superaron, en ninguno de los dos años, el 3% de tasa de cuajado inicial de frutos, pudiendo englobarse estos cruces en la categoría de "baja fertilización", según los criterios recopilados por NYÉKI (1996). Por otro lado, las polinizaciones llevadas a cabo utilizando el polen 'Royal Diamond' y 'Songold', alcanzaron niveles de fructificación que podrían englobarse en la categoría de "buena fertilización" según los mencionados criterios, por lo que si se tienen en cuenta estos resultados podrían proponerse ambos como variedades adecuadas para la fecundación de 'Autumn Giant'. Además, ambas variedades parecen tener un comportamiento fenológico adecuado para solapar, al menos en parte, con la floración de 'Autumn Giant', ya que la floración plena de 'Songold' estimada en la zona de estudio se adelantó únicamente 3 días en 1999 y 2001 y 4 días en 2000, con respecto a la de esta variedad, mientras que la de 'Royal Diamond' coincidió en 1999, se adelantó un día en 2000 y 3 en 2001 (figura 1).

En cuanto a las polinizaciones realizadas sobre 'Royal Diamond' (cuadro 3), los dos cruces realizados durante dos años consecutivos, es decir el llevado a cabo con el polen de 'Autumn Giant' y el realizado con el de 'Black Star', mostraron el mismo modelo de variación interanual, mostrando un valor de cuajado inicial de frutos superior al 5% en 1999, lo que incluiría los cruces en la categoría de "buena fertilización", de acuerdo con NYÉKI (1996), y dando lugar a un 0% en el año 2000. En la interpretación de estos resultados debe considerarse en primer lugar que en los cruces realizados en variedades de ciruelo japonés, como ya se mencionó, es frecuente la aparición de diferencias interanuales en los datos obtenidos (NYÉKI, 1996), y además que, como afirma GODINI *et al.*

Cuadro 2. Tasas de inicio de fructificación en los cruces llevados a cabo sobre 'Autumn Giant'
Table 2. Initial fruit set percentages of 'Autumn Giant' after cross pollination

Origen del polen	Año	Muestras	nº Flores	Frutos (40 días)	% Cuajado inicial
Black Amber	2000	1	128	14	10,94
Black Star	1999	2	240	7	2,92
	2000	2	171	1	0,58
Golden Globe	2000	1	80	0	0,00
Golden Japan	1999	2	380	9	2,37
	2000	2	229	1	0,44
Royal Diamond	1999	2	157	10	6,37
	2000	2	234	5	2,14
Songold	2000	2	228	5	2,19
	2001	3	236	19	8,05
TC Sun	2000	2	166	1	0,60
	2001	3	186	4	2,15

Cuadro 3. Tasas de inicio de fructificación en los cruces llevados a cabo sobre 'Royal Diamond'
Table 3. Initial fruit set percentages of 'Royal Diamond' after cross pollination

Origen del polen	Año	Muestras	nº Flores	Frutos (40 días)	% Cuajado Inicial
Autumn Giant	1999	2	114	8	7,02
	2000	1	158	0	0,00
Black Star	1999	2	74	4	5,41
	2000	1	150	0	0,00
Golden Globe	2000	1	79	0	0,00
Golden Japan	2000	1	110	1	0,91
Songold	2000	3	191	3	1,57
TC Sun	2000	3	419	18	4,30

(1991), la propia metodología que se emplea en estos ensayos puede ser causa de diferencias en las tasas de fructificación obtenidas. Así, el hecho de que en 1999 las floraciones de 'Royal Diamond', 'Autumn Giant' y 'Black Star' coincidieran plenamente (figura 1), y de que las polinizaciones manuales se realizaran el día de floración plena de todas ellas, mientras que en el año 2000 no existiera este sincronismo en la floración y que las polinizaciones se realizaran con algo de retraso, podría explicar en parte estos resultados.

El cruce llevado a cabo con el polen de 'Golden Japan' dio lugar a un nivel de fructificación del 0,91%, lo que lo convertiría en un cruce "sin fertilización"; en el caso del

polen de la variedad 'Songold' el 1,57% de tasa de cuajado inicial le otorga la categoría de "baja fertilización"; mientras que, por último, el 4,3% de tasa de cuajado inicial obtenido polinizando con polen de 'TC Sun' convierte este cruce en un caso de "buena fertilización" (NYÉKI, 1996).

En ninguno de los ensayos de este estudio se utiliza la cantidad final de frutos maduros, ya que las posibles diferencias entre la tasa de cuajado inicial de frutos y la de maduración de frutos, nada tienen que ver con la falta de fecundación, debido a que las flores no fecundadas se desprenden tras la caída de los pétalos en los frutales de hueso (SEDGLEY & GRIFFIN, 1989; NYÉKI, 1996), y las posteriores caídas dependen de la competencia entre frutos por los recursos disponibles (STEPHENSON, 1981; HERRERO & ITURRIOZ, 1983).

A tenor de estos resultados, parece claro que 'TC Sun' es una buena elección como variedad polinizadora de 'Royal Diamond', considerando además que en ninguno de los años del estudio sus floraciones se distanciaron en más de 2 días. 'Black Star' y 'Autumn Giant' parecen ser también compatibles con esta variedad, y además la floración de la última es bastante sincrónica con la de 'Royal Diamond', sin embargo, en su caso sería conveniente realizar nuevos ensayos donde se aclarara si las variaciones interanuales observadas se deben a la metodología empleada o pudieran afectar de algún modo a la producción de las plantaciones.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento a los dueños de las fincas Machal, D. Atanasio Naranjo Hidalgo, y Cerro, D. Alfonso Cruz Sánchez, así como a las personas que trabajan con ellos, por poner a su disposición sus instalaciones, su tiempo y su colaboración.

Bibliografía

ANÓNINO, 1997. Schede pomologiche. Susino (*Prunus* spp.) Autumn Giant R. L'Informatore Agrario 36, 69-70.

DUVAL H., 1999. Prunes japonaises: un défi à relever. L'Arboriculture Frutière 524, 35-41.

GODINI A., DE PALMA L., PALASCIANO M., 1991. Are some pollinators really better than others? Results of a three-year study on almond. Advances in Horticultural Science 1, 40-44.

GONZÁLEZ J., 2002. Estudio sobre la polinización del ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) en las Vegas Altas del Guadiana (Badajoz). Tesis, Dpto. Biología y Producción de los Vegetales, Universidad de Extremadura, Badajoz (España).

GOULAO L., MONTE L., OLIVEIRA C.M., 2001. Genetic characterization of plum cultivars by high multiplex ratio markers: amplified fragment length polymorphisms and inter-simple sequence repeats. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(1), 72-77.

HERRERO J., ITURRIOZ M., 1983. Estudios sobre aclareo de frutos en ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.). Anales de la Estación Experimental de Aula Dei 16(3-4), 347-362.

MUÑOZ A.F., CASILDA A., 1998. Ensayos de polinización de variedades de ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) en las Vegas Bajas del Guadiana (Badajoz). Fruticultura Profesional 96, 72-76.

NYÉKI J., 1996. Fertilization conditions. pp. 185-256. En: Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. J. Nyéki & M. Soltéz (Eds.). 377 pp. Akedémiai Kiadó. Budapest (Hungría).

OKIE W.R., RAMMING D.W., 1999. Plum breeding worldwide. HortTechnology 9(2), 162-176.

PALARA U., PASSERINI V., STOCCHETTI B., 1990. Biologia fiorale e caratterizzazioni di alcune cultivar

americane di susino cino-giapponese della serie "Black". Rivista di Frutticoltura 6, 39-43.

PANAVERA E., 2001. Ciruelo. Variedades, polinización y calibre 135 pp. E. Panavera ed. Montijo. (España).

SEDGLEY M., GRIFFIN A.R., 1989. Sexual reproduction of tree crops 378 pp. Academic Press. London (Reino Unido).

SOLTÉSZ M., 1996. Requirements for successful fruit set in orchards. pp. 257-286. . En: Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. J. Nyéki & M. Soltéz (Eds.). 377 pp. Akedémiai Kiadó. Budapest (Hungría).

STEPHENSON A.G., 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. Annual Review of Ecology and Systematics 12, 253-279.

(Aceptado para publicación el 15 de septiembre de 2003).