ITEA (2001), Vol. 97V N.° 3, 233-237

DESCENDIENTES HOMOCIGÓTICOS *VERSUS* HETEROCIGÓTICOS AUTOCOMPATIBLES EN UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE ALMENDRO

F. Dicenta*, E. Ortega*, P. Martínez-Gómez*, R. Bošković, K.R. Tobutt****

* Departamento de Mejora y Patología Vegetal. CEBAS-CSIC, Apartado 4195, 30080 Murcia, España
e-mail: fdicenta@natura.cebas.csic.es

** Horticulture Research International. East Malling West Malling, Kent ME19 6BJ, Reino Unido

RESUMEN

Hasta la fecha no se han descrito cultivares de almendro homocigóticos autocompatibles. No se sabe si estos individuos homocigóticos son peores que los heterocigóticos, y por ello no han sido seleccionados, o simplemente no han sido identificados todavía. Al objeto de indagar en este fenómeno, en una población de 241 descendientes obtenidos por autofecundación de selecciones autocompatibles, se determinó el genotipo homocigótico o heterocigótico mediante isoelectroenfoque de ribonucleasas estilares. Los zimogramas resultantes mostraron que 129 de los descendientes eran homocigóticos y 112 heterocigóticos. Se analizaron las diferencias entre estos dos tipos de individuos autocompatibles para 16 características agronómicas durante tres años. En general no hubo diferencias importantes entre los dos tipos, mostrando ambas una escasa productividad, probablemente consecuencia de la elevada consanguinidad derivada de su origen. Algunos individuos homocigóticos selectos han sido utilizados en cruzamientos con el fin de asegurar la autocompatibilidad en la descendencia y así eliminar la laboriosa tarea de evaluar este carácter.

Palabras clave: Mejora genética, Autocompatibilidad, Almendro, *Prunus dulcis*, Ribonucleasas estilares, Consanguinidad.

SUMMARY

HOMOZYGOUS *VERSUS* HETEROZYGOUS SELF-COMPATIBLE SEEDLINGS IN AN ALMOND BREEDING PROGRAMME

No self-compatible homozygous almond cultivars have been reported so far. It is unclear if they are inferior to heterozygotes, and consequently they were not selected, or simply not yet detected. To investigate this, the self-compatibility genotype, homozygous or heterozygous, was determined by stylar ribonuclease assay in a population of 241 almond trees obtained by self-fertilisation of self-compatible selections. The resulting zymograms showed that 129 of the seedlings were homozygous and 112 heterozygous. For three years the differences existing between these two types of self-compatible individuals were analysed with respect to 16 agronomic characteristics. In general, there were no important differences between the two classes, both showing a low degree of productivity, probably as a result of their inbred origin. Some selected homozygous individuals were used in crosses, which were planned so as to ensure the

self-compatibility of 100% of the descendants and thus eliminate the laborious task of testing the seedlings for self-compatibility.

Key words: Almond breeding, Self-compatibility, *Prunus dulcis*, Stylar ribonucleases, Inbreeding depression.

Introducción

Hasta la fecha no se han descrito cultivares de almendro homocigóticos autocompatibles (*SfSf*). Sin embargo, dado que en la región italiana de Apulia se cultivan conjuntamente distintos cultivares autocompatibles de almendro, se podría esperar allí la existencia de genotipos homocigóticos procedentes de cruzamientos (espontáneos o llevados a cabo por los agricultores) entre estos cultivares. Es posible que estos genotipos homocigóticos autocompatibles sean peores que los heterocigóticos debido a la existencia de algún carácter negativo recesivo ligado al alelo autocompatible *Sf*, o quizá existen pero no han sido caracterizados todavía.

La obtención de almendros homocigóticos autocompatibles sería de gran interés. En primer lugar, en estos genotipos todos los granos de polen serían capaces de crecer a lo largo del estilo hasta alcanzar el ovario, mientras que en los genotipos heterocigóticos el 50% de los tubos polínicos (con el alelo de autoincompatibilidad) son detenidos a lo largo del estilo. En segundo lugar, estos genotipos homocigóticos autocompatibles podrían utilizarse como polinizadores "comodín" en mejora, ya que independientemente del genotipo del otro parental, el 100% de la descendencia será autocompatible. Esto eliminaría la necesidad de diseñar cruzamientos según la estrategia de DICENTA y GARCÍA (1993), utilizando como polinizadores genotipos autocompatibles que compartan el alelo de incompatibilidad con el parental femenino.

En este trabajo hemos estudiado las características agronómicas más importantes en una progenie de almendros homocigóticos y heterocigóticos autocompatibles para determinar si la ausencia de almendros homocigóticos podría deberse a algún carácter negativo ligado al genotipo *SfSf*.

Material y métodos

Material vegetal

Se estudiaron 241 descendientes procedentes de la autofecundación de 34 selecciones autocompatibles del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC, obtenidas de cruzamientos entre el cultivar autoincompatible 'Ferragnès' (*S1S3*) y los autocompatibles 'Genco' y 'Tuono', ambos *S1Sf*.

Obtención de descendientes

Las autopolinizaciones se llevaron a cabo en 1993 por embolsado de ramas con botones florales cerrados para evitar la polinización externa. Los descendientes estuvieron en vivero en 1994 y en 1995 fueron transplantados al campo.

Durante tres años consecutivos (1997, 1998, 1999) se tomaron datos de 16 características agronómicas para cada uno de los descendientes (cuadro 1). Las característi-

Cuadro 1. Valores medios de diferentes características agronómicas de genotipos homocigóticos (Hm) y heterocigóticos (Ht) y análisis de la varianza (Probabilidad x 100) para los tres años estudiados

Table 1. Means of different characteristics of homozygous (Hm) and heterozygous (Ht) genotypes and analysis of variance (p-value x100) for the three years overall

Características	Media de 3 años		Análisis de la varianza				
	Hm	Ht	Año	Familia	Familia (Hm-Ht)	Año*Familia	Año*Familia (Hm-Ht)
Intensidad de floración	1,47	1,70	0,01	0,01	0,55	27,22	97,28
Productividad	0,66	0,90	0,01	0,01	0,09	23,48	86,73
Época de floración plena	54,38	55,41	0,01	0,01	0,32	96,15	98,85
Época de maduración	220,33	220,30	10,85	0,01	53,39	95,70	99,99
Dureza de la cáscara	3,65	3,75	0,92	0,01	0,01	28,05	17,71
Peso en cáscara	3,25	3,55	0,94	0,01	2,70	93,23	97,84
Peso de una semilla	1,10	1,19	16,51	0,01	71,35	95,78	66,98
Rendimiento	36,84	35,67	0,99	0,01	0,02	96,78	94,88
Frutos vacíos (%)	1,49	1,76	0,31	0,56	30,61	0,06	29,20
Semillas dobles (%)	4,22	4,14	7,11	0,01	0,03	67,43	93,34
Semillas defectuosas (%)	14,22	18,60	0,08	0,10	6,45	57,89	96,30
Grosor de la semilla	2,43	2,29	44,38	0,01	48,49	56,43	21,64
Rugosidad de la semilla	2,00	2,09	2,08	2,65	22,83	56,87	91,36
Color del tegumento	2,00	2,20	0,01	0,01	15,45	16,14	67,76
Sabor de la semilla	2,39	2,53	2,99	0,01	2,38	96,43	98,74
Valoración global del fruto	2,34	2,49	19,43	0,01	17,70	88,81	99,10

Intensidad de floración (de 0 = nula, a 5 = máxima); Productividad (de 0 = nula a 5 = máxima); Época de floración plena (días julianos); Época de maduración (días julianos); Dureza de la cáscara (de 1 = muy blanda a 5 = muy dura); Peso en cáscara (g); Peso semilla (g); Rendimiento al descascarado (%); Frutos vacíos (%); Semillas dobles (%); Semillas defectuosas (%); Grosor de la semilla (de 1 = plana a 3 = globosa); Rugosidad de la semilla (de 1 = lisa a 3 = muy arrugada); Color del tegumento (de 1 = marrón muy claro a 5 = marrón muy oscuro); Sabor de la semilla (de 1 = amarga a 3 = dulce); Valoración global del fruto (de 1 = muy malo, a 5 = muy bueno).

cas del fruto fueron evaluadas en una muestra de 25 frutos de cada árbol cada año.

Identificación del genotipo *S*

En 1999 se determinó el genotipo de compatibilidad (homocigótico o heterocigótico) mediante el análisis de ribonucleasas estilares en geles de poliacrilamida. Para cada muestra se utilizaron 20 estilos de botones florales a punto de abrir y se conservaron a –20 °C. Las muestras fueron analizadas en HRI-East Malling (Reino Unido) y en el CEBAS-CSIC según el método descrito por Boškovic y Tobutt (1996) y Boškovic *et al.* (1997).

Los zimogramas de los descendientes estudiados mostraron una única banda correspondiente a uno de los alelos de incompatibilidad (*S1* o *S3*) o ninguna banda. Estos fenotipos fueron interpretados como heterocigóticos y homocigóticos respectivamente, ya que el alelo autocompatible (*Sf*) en almendro no codifica para actividad ribonucleasa (Boškovic *et al.*, 1999).

Análisis de datos

Para comparar las posibles diferencias entre homocigóticos y heterocigóticos en cada familia para todos los años se aplicó un análisis de la varianza utilizando el programa SAS (SAS Institute, 1989). Para el análisis estadístico, datos de caracteres expresados como porcentaje fueron transformados con la transformación angular.

Resultados y discusión

El análisis de ribonucleasas estilares mostró que los 241 descendientes eran autocompatibles, 129 homocigóticos (*SfSf*) y 112 heterocigóticos (*S1Sf* o *S3Sf*). Que nosotros sepamos esta es la primera vez que se han obtenido y evaluado almendros homocigóticos autocompatibles de una forma deliberada. Boškovic *et al.*, (1999) encontraron 7 descendientes homocigóticos en una progenie procedente del cruzamiento 'Lauranne' x 'Desmayo Largueta', que presumiblemente eran autopolinizaciones de 'Lauranne'.

El cuadro 1 muestra los resultados del análisis estadístico. De las 16 características estudiadas, seis (intensidad de floración, productividad, época de floración plena, dureza de la cáscara, rendimiento y porcentaje de dobles) mostraron diferencias significativas al 1% y sólo dos fueron significativas al 5% (peso en cáscara y sabor de la semilla). Sin embargo, la comparación de las medias de estas características, reveló que en general esas diferencias no fueron importantes desde el punto de vista del mejorador.

La característica más notable fue la baja intensidad de floración y la escasa productividad media para todos los años, tanto en el caso de los individuos homocigóticos como heterocigóticos, lo que indica el retraso con el cual los descendientes entran en producción. Ya que la producción fue baja incluso en 1999 en su cuarta brotación, podría ser una consecuencia del alto grado de consanguinidad en los descendientes estudiados. Socias i Company y Felipe (1988) observaron que descendientes resultantes de autofecundación o cruzamientos entre parientes tardaban en entrar en producción.

Si los individuos homocigóticos autocompatibles no son diferentes de los heterocigóticos en cuanto a las características estudiadas, ¿por qué no se han obtenido previamente cultivares homocigóticos? Probablemente, estos cultivares homocigóticos pueden haber sido obtenidos por autopolini-

zación o bien por cruzamientos entre los cultivares autocompatibles de la región de Apulia, lo que habría dado lugar a descendientes con problemas de consanguinidad, como se ha observado en este estudio, por lo que habrían tenido menos posibilidades de ser seleccionados. Sin embargo, los cultivares heterocigóticos autocompatibles pueden obtenerse cruzando cultivares autocompatibles con otros autoincompatibles no emparentados, evitando así los problemas de consanguinidad, como ha sucedido en los programas de mejora.

Entre los 129 individuos homocigóticos autocompatibles obtenidos, algunos han sido seleccionados por su mejor comportamiento, y ya han sido utilizados como parentales en cruzamientos, asegurando así la autocompatibilidad en la descendencia y eliminado el laborioso proceso de evaluación de esta característica en la progenie.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto 'Mejora Genética del Almendro' (AGF98-0211-C03-02) del 'Plan Nacional de I+D' del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Bibliografía

BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., 1996. Correlation of stylar ribonuclease zymograms with incompatibility alleles in sweet cherry. Euphytica 90: 245-250.

BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., BATLLE I., DUVAL H., 1997. Correlation of ribonuclease zymograms and incompatibility genotypes in almond. Euphytica 97: 167-176.

BOŠKOVIĆ R., TOBUTT K.R., DUVAL H., BATLLE I., DICENTA F., VARGAS F.J., 1999. A stylar ribonuclease assay to detect self-compatible seedlings in almond progenies. Theor. Appl. Gen. 99: 800-810.

DICENTA F., GARCÍA J.E., 1993. Inheritance of self-compatibility in almond. Heredity 70: 313-317.

SAS INSTITUTE., 1989. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Caey, N.C.

SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., 1988. Self-compatibility in almond: transmission and recent advances in breeding. Acta Hortic. 224: 307-317.