

Comportamiento de cultivares de olivo para aceite (*Olea europaea* L) bajo condiciones desérticas de Sonora*

Behavior of olive (*Olea europaea* L) cultivars for oil under deserted conditions in Sonora

Raúl Leonel Grijalva Contreras^{1§}, Rubén Macías Duarte¹, Arturo López Carvajal¹, Fabián Robles Contreras¹ y José Cristóbal Navarro Ainza²

¹Sitio Experimental Caborca- INIFAP. Avenida S No. 8 Norte. C. P. 83600. Tel. 6373720623. H. Caborca, Sonora, México. (macias.ruben@inifap.gob.mx; jlopez.arturo@inifap.gob.mx; robles.fabian@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Todos Santos. Carretera Todos Santos-El Pescadero km 5.5. C. P.23070. Tel. 6121229018. La Paz, Baja California Sur. México. (navarro.cristobal.inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: rgrijalva59mx@hotmail.com.

Resumen

En México se desconoce el comportamiento de cultivares de olivo bajo condiciones desérticas. En el presente trabajo se evaluaron seis cultivares de olivo italianos para aceite (Nocellara Messinese, Nocellara de Belice, Carolea, Coratina, Leccino y Grossa di Cassano) y se comparó con Manzanillo como testigo, el cual es destinado para aceituna de mesa. El trabajo se realizó en el INIFAP en el Campo Experimental de Caborca, Sonora durante los años 2001 a 2010. Los cultivares fueron plantados a un distanciamiento de 8 x 8 m (156 árboles ha⁻¹) y riego por goteo. Los cultivares italianos fueron más tardíos en iniciar la floración (6 a 13 días) y en alcanzar la maduración del fruto (22 a 88 días) con respecto a Manzanillo. Hubo diferencias significativas en la densidad floral, siendo mayor en Manzanillo con 3 420 flores cm⁻² y diferencia en el amarre de fruto sobresaliendo Coratina con 4.15%. El rendimiento y el contenido de aceite presentaron diferencias significativas entre cultivares. El rendimiento de aceituna promedio en los primeros seis años de producción varió de 10.5 a 4.3 t ha⁻¹ siendo mayor en Nocellara Messinese; por otro lado, el mayor contenido de aceite fue para Carolea con 17.5%, seguido por Manzanillo con 12% y fueron los dos cultivares con mayor rendimiento de aceite con 1 557.5 y 960 kg ha⁻¹. En todos los cultivares se obtuvo un aceite extra-virgen y el

Abstract

In Mexico, the behavior of olive cultivars under desert conditions is unknown. In the present study evaluated six Italian olive cultivars for oil (Nocellara Messinese, Nocellara Belize, Carolea, Coratina, Leccino and Grossa di Cassano) and compared to Manzanillo as a witness, which is intended for table olives. The work was conducted in the Experimental INIFAP in Caborca, Sonora during the years 2001-2010. The cultivars were planted at a spacing of 8 x 8 m (156 trees ha⁻¹) and drip irrigation. Italian cultivars were more to start flowering late (6-13 days) and to reach the fruit ripening (22-88 days) with respect to Manzanillo. There were significant differences in floral density were higher in Manzanillo with flowers 3 420 cm⁻² and difference in fruit set Coratina sticking with 4.15%. Yield and oil content showed significant differences among cultivars. Olive average yield in the first six years of production varied from 10.5 to 4.3 t ha⁻¹ Messinese Nocellara; on the other hand, the oil content was higher in Carolea with 17.5% followed by 12% Manzanillo were the two cultivars with largest yield of oil with 1 557.5 and 960 kg ha⁻¹. In all cultivars was obtained extra- virgin oil polyphenol content ranged from 117.5 ± 4.4 to 215.4 ± 12.3 meq of caffeic acid. In any growing pest problems arose or diseases.

* Recibido: julio de 2013
Aceptado: diciembre de 2013

contenido de polifenoles varió de 117.5 ± 4.4 a 215.4 ± 12.3 meq de ácido cafeico. En ningún cultivar se presentaron problemas de plagas ni enfermedades.

Palabras claves: *Olea europaea* L., calidad de aceite, contenido de aceite, productividad, variedades.

Introducción

La producción comercial de olivo en el mundo se encuentra entre los 30° y 45° de latitud norte y sur. La producción del olivo en el mundo alcanza una media anual del orden de 12 millones de toneladas de aceitunas, de las que 90% se destinan a la obtención de aceite y 10% se consumen procesadas para aceituna de mesa. El principal país productor de aceite de olivo es España con 30% y junto con Italia, Grecia y Turquía llegan a producir 79% de la producción mundial. En España, los cultivares más utilizados son Picual, Cornicabra y Hojiblanca en tanto, en Italia son Leccino y Frantoio (Civantos, 2001). La tendencia del consumo y producción de aceite de oliva en el mundo se ha incrementado hasta 97% en los últimos 20 años (COI, 2011).

En México la superficie plantada de olivo para 2010 fue de 8 928 ha de las cuales 6 817 se encuentran en etapa productiva que producen 27 209 toneladas anuales con un valor de la producción de 187.3 millones de pesos. Los principales estados con olivos son Baja California, Sonora y Tamaulipas con una superficie de 4 707; 2 167 y 2 000 ha, respectivamente. Se estima que alrededor de 60% de la superficie de olivo en México se destina para la producción de aceite (SIAP, 2010).

Investigaciones sobre el comportamiento de seis cultivares de olivo realizadas en Uruguay señalan un periodo de floración y maduración del fruto muy amplio entre los cultivares, la floración se extendió desde el 01 de septiembre hasta el 30 de octubre y la maduración de fruto se alcanzó del 26 de marzo al 15 de mayo. Los cultivares que obtuvieron los mayores rendimientos al quinto año de plantado fueron Picual, Arbequina, Manzanilla, Barnea, Leccino y Frantoio con 17.9, 14.7, 12.7, 12.5, 12.4 y 7 kg planta⁻¹, respectivamente. Por otro lado, el contenido de aceite varió de 6.3 a 15.2% siendo mayor en Frantoio y menor en Manzanillo (Villamil *et al.*, 2007).

Trabajos similares realizados en España pero bajo condiciones de temporal señalan que los cultivares más productivos fueron Arbequina, Leccino, Picholine,

Key words: *Olea europaea* L., oil quality, oil content, productivity, varieties.

Introduction

Commercial production of olive tree in the world is between 30° and 45° north and south latitude. The production of olive trees in the world reaches an annual average of about 12 million tons of olives, of which 90% will go to obtain oil and 10% consumed processed for table olives. The largest producer of olive oil is Spain with 30% and along with Italy, Greece and Turkey come to produce 79% of world production. In Spain, the most used are Picual cultivars, Cornicabra and Hojiblanca while in Italy are Leccino and Frantoio (Civantos, 2001). The trend of consumption and production of olive oil in the world has increased to 97% in the last 20 years (IOC, 2011).

In Mexico olive plantings for 2010 was 8 928 ha of which 6 817 are in production stage to produce 27 209 tonnes per year with a value of production of 187.3 million pesos. The main olive States are Baja California, Sonora and Tamaulipas, with an area of 4 707, 2 167 and 2 000 ha, respectively. It is estimated that about 60% of the olive in Mexico is intended for the production of oil (SIAP, 2010).

Research on the behavior of six olive cultivars held in Uruguay indicate a period of flowering and fruit ripening very broad among cultivars, flowering was extended from 01 September to 30 October and fruit ripening was reached 26 March to May 15. Cultivars that obtained the highest yields in the fifth year after planting were Picual, Arbequina, Manzanilla, Barnea, Leccino and Frantoio with 17.9, 14.7, 12.7, 12.5, 12.4 and 7 kg plant⁻¹, respectively. Furthermore, the oil content ranged from 6.3 to 15.2% and was higher in Frantoio and smaller in Manzanillo (Villamil *et al.*, 2007).

Similar work carried out in Spain but under rainfed conditions indicate that the most productive cultivars were Arbequina, Leccino, Picholine, Blanqueta of Elvas and Chamomile with cumulative performance in the first 10 years of planting of 242, 241, 229.217 and 152 kg tree⁻¹, respectively. In oil content, the best was Carolea with 53.3% expressed as a percentage of dry matter (Tous *et al.*, 2002).

Blanqueta de Elvas y Manzanilla con rendimiento acumulado en los primeros de 10 años de plantados de 242, 241, 229, 217 y 152 kg árbol⁻¹, respectivamente. En contenido de aceite, el mejor fue Carolea con 53.3% expresado como porcentaje de materia seca (Tous *et al.*, 2002).

El rendimiento graso de los principales 20 cultivares de olivo que se explotan en España oscila entre 14.5 y 22.2% siendo el valor mas alto para Sevillena y más bajo para Gordal Sevillana (Barranco, 2001).

En la región olivícola de Caborca, Sonora de la totalidad de la superficie de olivo el 90% se destina a la producción de aceituna verde para encurtido para el mercado Norteamericano que demanda principalmente al cultivar Manzanillo, siguiéndole en importancia Misión; aunque este segundo es mucho menos demandado por el comercializador y el mercado (Grijalva *et al.*, 2010). No obstante, en los últimos años el aspecto agroindustrial ha cobrado interés en Caborca, a tal grado que se han instalado empresas interesadas en aceite de oliva. Actualmente no existen plantaciones establecidas específicamente para ello; por lo que el aceite obtenido hasta ahora en la región, proviene de aceituna cosechada de los cultivares que existen como polinizadores de Manzanillo (Barouni, Pendolino y Sevillano) y de fruta madura de Manzanillo (Grijalva *et al.*, 2009a; 2009 b).

Actualmente en México, existen pocas investigaciones sobre prácticas agronómicas en olivo y menos aún en conocer el comportamiento de nuevos cultivares a pesar del interés en realizar nuevas plantaciones motivado por la alta demanda del aceite en el mercado internacional y por la cercanía con Estados Unidos que es de los principales importadores de aceite en el mundo, por tanto el objetivo del presente trabajo fue introducir y evaluar cultivares de olivo, y seleccionar aquellos que muestren el mayor potencial de adaptación, producción y calidad de aceite bajo condiciones desérticas y ofrecer diversas opciones a los productores regionales y de otras zonas del país.

Material y métodos

Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó durante el periodo de 2001 a 2010 en el Campo Experimental Costa de Hermosillo, en el Sitio Experimental de Caborca, Sonora perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas

The fat content of the top 20 olive cultivars exploited in Spain varies between 14.5 and 22.2% being the highest for Sevillena and the lowest for to Gordal Sevillana (Barranco, 2001).

In the olive growing region of Caborca, Sonora entire surface olive 90% goes to the production of pickled green olives for the North American market to grow demand mainly Manzanillo, Mission followed in importance, although the latter is much less demanded by the marketer and the market (Grijalva *et al.*, 2010). However, in recent years the agro aspect has gained interest in Caborca, to the extent that companies have settled interested in olive oil. Currently there are no plantations established specifically for this purpose, for what the oil obtained so far in the region comes from olives harvested from existing cultivars as pollinators of Manzanillo (Barouni, Pendolino and Sevillano) and ripe fruit of Manzanillo (Grijalva *et al.*, 2009a, 2009 b).

Currently in Mexico, there is little research on agronomic practices in olive and even less in understanding the behavior of new cultivars despite the interest in new planting motivated by the high demand of oil in the international market and proximity to the United States that is major importer of oil in the world, therefore the aim of this study was to introduce and evaluate olive cultivars, and select those that show the greatest potential for adaptation, yield and quality of oil under desert conditions and offer several options for regional producers and other parts of the country.

Materials and methods

Description of the study area

The present investigation was conducted during the period 2001-2010 in the Experimental Costa de Hermosillo, in the Experimental Site of Caborca, Sonora belonging to the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), located at km 22 Desemboque Caborca highway, whose coordinates are: 112° 21' 28" W, 30° 42' 55" north latitude and an altitude of 200 m above sea level. Average evaporation recorded ranges from 2 400 to 2 700 mm. Average annual temperature of 22 °C, with January being the coldest month with 4.6 °C and July is the month with the highest temperature with 40.2 °C. Cold hours in the last ten years of 276 h according to the method of Damotta (INIFAP, 1985 and Ruiz *et al.*, 2005).

y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 22 de la carretera Caborca-Desemboque, cuyas coordenadas son las siguientes: 112° 21' 28" longitud oeste, 30° 42' 55" latitud norte y una altitud de 200 m sobre el nivel del mar. La evaporación promedio registrada oscila de 2 400 a 2 700 mm. Temperatura media anual de 22 °C, siendo enero el mes más frío con 4.6 °C y julio el mes con mayor temperatura con 40.2 °C. Una acumulación de horas frío en los últimos diez años de 276 h según el método de Damotta (INIFAP, 1985 y Ruiz *et al.*, 2005).

El suelo es de una textura franco-arenoso, conductividad eléctrica de 1.22 dS m⁻¹ y pH de 7.96. Bajos niveles de nitrógeno (20 mg kg⁻¹), adecuados en fósforo (40 mg kg⁻¹), alto en potasio (420 mg kg⁻¹) y bajo en materia orgánica (0.40%) y buena calidad de agua (C2-S1).

Material genético

Se evaluaron seis cultivares de olivo para aceite de origen italiano (Grossa Di Cassano, Nocellara Messinese, Nocellara del Belice, Leccino, Coratina, Carolea y Manzanillo procedente de España y que es para aceituna de mesa se tomó como testigo). Los árboles se establecieron en febrero de 2001 a un distanciamiento de 8 x 8 m (156 árboles ha⁻¹) y se plantaron cuatro árboles por cultivar.

Manejo agronómico

Los árboles recibieron una poda de formación dejando solo un tronco y hasta los seis años se realizó una poda ligera eliminando solamente ramas mal ubicadas. La polinización fue natural entre los mismos cultivares. Los árboles se establecieron bajo riego por goteo y la lámina de agua aplicada en árboles en producción varió de 60 a 100 cm anuales, la cual se distribuyó de acuerdo a la demanda de la evapotranspiración y se fertilizaron a través del riego aplicando en promedio 90, 40 y 30 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Finalmente, debido a la ausencia de plagas y enfermedades no fue necesario realizar aplicaciones de agroquímicos.

Características evaluadas y análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron 1. Periodo de floración, se midió visualmente a partir de la primeras flores abiertas (5%) hasta casi el final de floración (95%); 2. Periodo de maduración del fruto, se cuantificó en forma visual a partir del envero del fruto hasta 80% de aceitunas maduras; 3. Densidad floral, se determinó por el número de flores por área del grosor de la rama; 4. Amarre de fruto, se determinó

The soil is a sandy loam texture, electrical conductivity of 1.22 dS m⁻¹ and pH of 7.96. Low levels of nitrogen (20 mg kg⁻¹), adequate phosphorus (40 mg kg⁻¹), high potassium (420 mg kg⁻¹) and low in organic matter (0.40%) and water quality (C2 - S1).

Genetic material

Six cultivars were evaluated for olive oil of Italian origin (Grossa di Cassano, Nocellara Messinese, Nocellara of Belice, Leccino, Coratina, Carolea and Manzanillo from Spain and it is for table olives are taken as control). The trees were established in February 2001 to a distance of 8 x 8 m (156 trees ha⁻¹) and planted four trees per cultivar.

Agronomic material

The trees received pruning leaving only a stump and up to six years was only light pruning branches eliminating misplaced. Pollination was born among the same cultivars. The trees were established under drip irrigation and the depth of water applied in production trees ranged from 60-100 cm per year, which is distributed according to the demand for evapotranspiration and fertilized through irrigation using on average 90, 40 and 30 units of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively. Finally, due to the absence of pests and diseases were unnecessary sprays.

Features evaluated and statistical analysis

The variables were: 1. Flowering time was measured visually from the first flowers open (5%) until near the end of flowering (95%); 2. Ripening period was quantified visually from the fruit ripening to 80% ripe olives; 3. Floral density was determined by the number of flowers per area the thickness of the branch; 4. Fruit set was determined as the percentage of flowers mature fruit reached, both the density and the percent floral mooring quantified in four branches per tree placed at the same height and in each cardinal point; 5. The yield of olive tree was determined in kg⁻¹; 6 alternation index according to the formula (Pearce and Doberšek - Urbanc, 1967); 7. Percent fat yield was determined by extracting the oil in a press mill extraction capacity of 100 kg hour⁻¹, taking each sample of 85 kg of olives with maturity index between 3 to 3.5 which corresponds when more than half of the fruit has a red or purple skin (Vossen, 2005); 8. Olive size, weight was measured, length and diameter of the mature fruit; 9. Flesh-bone ratio in olive green, for these two variables was analyzed 200 fruits per tree; and 10. Oil quality was

como el porcentaje de flores que llegó a fruto maduro, tanto la densidad floral como el porcentaje de amarre se cuantificó en cuatro ramas por árbol, colocada a la misma altura y una en cada punto cardinal; 5. El rendimiento de aceituna, se determinó en kg árbol⁻¹; 6 Índice de alternancia de acuerdo a la fórmula de (Pearce and Dobersek-Urbanc, 1967); 7. Porcentaje de rendimiento graso, se determinó extrayendo el aceite en un molino de prensa de una capacidad de extracción de 100 kg hora⁻¹, tomándose cada muestra de 85 kg de aceituna con un índice de madurez entre 3 a 3.5 que corresponde cuando más de la mitad del fruto tiene una piel rojiza o morada (Vossen, 2005); 8. Tamaño de aceituna, se determinó el peso, longitud y diámetro del fruto maduro; 9. Relación pulpa-hueso en aceituna verde, para estas dos últimas variables se analizaron 200 frutos por árbol; y 10. Calidad del aceite, se cuantificó sólo en 2010 para lo cual se tomaron tres muestras y se determinó en base al índice de peróxido (meq de O₂ kg⁻¹), índice de acidez (% de ácido oleico) y polifenoles totales (meq de ácido cafeico kg⁻¹) de acuerdo a la metodología descrita por Horwitz, (1965) y Sandía y Martínez (1997). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones, tomándose como unidad experimental un árbol. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Los análisis de varianza y las pruebas de medias se analizaron con el paquete estadístico UANL (Olivares, 1994).

Resultados y discusión

Fenología

Los cultivares italianos tuvieron su periodo de floración entre el 25 de marzo y 25 de abril, habiendo poca diferencia entre ellos, en tanto que Manzanillo floreció del 19 de marzo al 15 de abril (Cuadro 1). El periodo de floración varió fuertemente entre años, siendo en 2007 el más corto con solamente 10 días en la mayoría de los cultivares. Al respecto se menciona que la duración de la floración depende de la temperatura, en particular de la que acontece a partir de la apertura de las primeras flores, temperaturas bajas conducen a floraciones prolongadas, mientras que temperaturas elevadas acortan el periodo de floración (Sanz-Cortés *et al.*, 2002). Cabe señalar que en este trabajo en el 2007 antes y durante la floración se tuvieron temperaturas de 32 a 36 °C, las cuales fueron superiores a temperaturas máximas umbrales (27 a 30 °C) señaladas por (Bradley *et al.*, 1961 y Fernández-Escobar *et al.*, 1983). También el periodo de floración varía entre cultivares y entre años (Griggs *et al.*, 1975 y Ghrihi *et al.*, 1999).

quantified only in 2010 for which three samples were taken and it was determined based on peroxide value (meq O₂ kg⁻¹), acid (% oleic acid) and polyphenols (acid meq caffeic kg⁻¹) according to the method described by Horwitz (1965) and Sandía and Martínez (1997). The experimental design was completely randomized with four replications, taking a tree as the experimental unit. For the separation of means we used Tukey test at 0.05 probability. The analysis of variance and means tests were analyzed using the statistical package UANL (Olivares, 1994).

Results and discussion

Phenology

Italian cultivars had their flowering period between March 25 and April 25, having little difference between them, while Manzanillo flowered from March 19 to April 15 (Table 1). The flowering period varied strongly between years and in 2007 the shortest with only 10 days in most cultivars. In this respect it is mentioned that the length of the bloom is temperature dependent, particularly that occurring after the opening of the first flowers, blooms low temperatures lead to prolonged elevated temperatures while shorter flowering period (Sanz-Cortés *et al.*, 2002). Note that in this work in 2007 before and during the bloom had temperatures of 32-36 °C, which were higher than maximum temperature thresholds (27-30 °C) identified by (Bradley *et al.*, 1961 and Fernández-Escobar *et al.*, 1983). Also the flowering period varies among cultivars and between years (Griggs *et al.*, 1975 and Ghrihi *et al.*, 1999).

The ripening period (change in color of the skin of the fruit from green to black) appeared in most cultivars between September 15 and November 30. The cultivar Leccino was the slowest ripening began on November 10 and ended on January 15, for this growing disadvantage because for Plant Health Regulations in the area of Caborca, Sonora trees should be harvested later than 30 November to avoid problems related phytosanitary olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin). The cultivar Manzanillo was the earliest, fruit ripening was presented August 14 to September 30. Differences in fruit ripening among cultivars matches that reported by (Barranco *et al.*, 1994). The period of flowering and fruit maturity among cultivars was lower than those reported by Villamil *et al.* (2007). The maturation period

Cuadro 1. Periodo de floración y periodo de maduración del fruto de cultivares de olivo. Caborca, Sonora.
Table 1. Period of flowering and fruit ripening period of olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Periodo de floración ^z	Maduración del fruto
Nocellara Messinese	26 marzo - 22 abril	18 septiembre - 07 noviembre
Nocellara de Belice	29 marzo - 23 abril	20 septiembre - 05 noviembre
Carolea	30 marzo - 25 abril	17 septiembre - 06 noviembre
Coratina	01 abril - 24 abril	23 septiembre - 09 noviembre
Manzanillo	19 marzo - 15 abril	14 agosto - 30 septiembre
Leccino	25 marzo - 20 abril	10 noviembre - 15 enero
Grossa di Cassano	01 abril - 26 abril	15 septiembre - 10 noviembre

^zEl periodo de floración y maduración del fruto son promedio de 6 años (2005-2010).

El periodo de maduración del fruto (cambio en la coloración de la epidermis del fruto de verde a negro) se presentó en la mayoría de los cultivares entre el 15 de septiembre y el 30 de noviembre. El cultivar Leccino fue el más tardío inició su maduración el 10 de noviembre y finalizó el 15 de enero, situación desventajosa para este cultivar ya que por reglamento de Sanidad Vegetal en el área de Caborca, Sonora los árboles deben cosecharse a más tardar el 30 de noviembre para evitar problemas fitosanitarios relacionado con la mosca del olivo *Bactrocera oleae* (Gmelin). El cultivar Manzanillo fue el más precoz, la maduración del fruto se presentó del 14 de agosto al 30 de septiembre. Las diferencias en la maduración del fruto entre cultivares coincide a lo reportado por (Barranco *et al.*, 1994). El periodo de floración y madurez del fruto entre los cultivares fue menor a lo señalado por Villamil *et al.* (2007). El periodo de maduración esta más influenciado por la productividad del árbol y por las temperaturas durante floración-maduración que por la fecha de floración (Barranco *et al.*, 1994).

Densidad floral y porciento de amarre

La densidad floral y el porciento de amarre de fruto presentaron diferencias estadísticas entre los cultivares (Cuadro 2). La densidad floral fue mayor en Manzanillo con 3 420 flores cm⁻², seguido por Leccino y Nocellara de Belice con 2 549 y 1 625 flores cm⁻², respectivamente. En tanto, Grossa di Cassano fue el de menor valor con 40 flores cm⁻² aunque estadísticamente igual a Nocellara Messinese y Carolea.

El porciento de amarre fue mayor en Coratina con 4.15%, seguido por Carolea y Nocellara de Belice con 3.25 y 2.36%, respectivamente y el menor para Grossa di Cassano con 0.20%. Manzanillo, Leccino y Nocellara de Belice tuvieron porcentaje de amarre de 1.43, 1.35 y 0.92%, respectivamente siendo estadísticamente iguales entre ellos (Cuadro 2). El rango de porciento de amarre obtenido entre los cultivares son

is more influenced by tree productivity and temperatures during flowering and maturing that flowering date (Barranco *et al.*, 1994).

Floral density and percentage of mooring

Floral density and the percentage of fruit set statistical differences among cultivars (Table 2). Floral density was higher in flowers Manzanillo 3420 cm⁻², followed by Leccino and Belize Nocellara with 2 flowers 549 and 1 625 cm⁻², respectively. Meanwhile, Grossa di Cassano was the lower value of 40 cm⁻² flowers but statistically equal to Nocellara Messinese and Carolea.

Cuadro 2. Densidad floral y porciento de amarre de fruto de cultivares de olivo. Caborca, Sonora.

Table 2. Floral density and percent fruit set of olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Densidad floral ^z (flores cm ⁻²)	Amarre de fruto (%)
Nocellara Messinese	602 de ^y	0.92 d
Nocellara de Belice	1625 c	2.36 c
Carolea	195 de	3.25 b
Coratina	756 d	4.15 a
Manzanillo	3420 a	1.43 d
Leccino	2549 b	1.35 d
Grossa di Cassano	40 e	0.20 e

^zLa densidad floral y el amarre de fruto son promedio de 4 años (2007-2010).

^yMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

The percentage was higher in mooring Coratina with 4.15%, followed by Belize Nocellara Carolea and with 3.25 and 2.36%, respectively and the lowest for Grossa di Cassano with 0.20%. Manzanillo, Leccino and Belize Nocellara mooring were 1.43 percent, 1.35 and 0.92%, respectively, being statistically equal to each other (Table 2). The mooring-percent range among cultivars obtained are similar to those reported by Grijalva *et al.*, 2008 and

similares a los reportados por Grijalva *et al.*, 2008 y Grijalva *et al.*, 2010, aunque en otros cultivares. Al respecto Martin, (1990) y Martin *et al.* (2005) señalan que en el olivo un porcentaje de amarre de 1 al 2% es suficiente para tener un buen rendimiento y el porcentaje de amarre esta fuertemente influenciado con la proporción de flores completas (Wu *et al.*, 2002). En general, se observó una relación inversa entre la densidad floral y el porcentaje de amarre de fruto, con excepción de los cultivares Nocellara Messinese y Grossa di Cassano, los cuales con baja densidad floral (602 y 40 flores cm⁻²) tuvieron un bajo porcentaje de amarre con 0.92 y 0.20%, respectivamente.

Rendimiento de aceituna y grasa

El rendimiento de aceituna presentó diferencias estadísticas significativas entre los cultivares en todos los años (Cuadro 3). El rendimiento promedio durante los primeros seis años de producción fue de 10.5, 9.2, 9, 8.9, 8, 7.7 y 4.3 t ha⁻¹ para los cultivares Nocellara Messinese, Nocellara de Belice, Carolea, Coratina, Manzanillo, Leccino y Grossa di Cassano, respectivamente. El ensayo de cosecha se realizó al cuarto año de plantado en todos los cultivares evaluados. Durante el periodo de 2005 a 2008 se tuvo una tendencia en duplicar el rendimiento año tras año y sólo en los cultivares Nocellara de Belice hubo una reducción en la producción en 2008 de 4.2 t ha⁻¹ con respecto a 2007 y en Grossa di Cassano en 2007 con 3.9 t ha⁻¹ en relación a 2006.

Cuadro 3. Rendimiento por año en la evaluación de cultivares de olivo. Caborca, Sonora.

Table 3. Annual yield in the evaluation of olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Rendimiento (t ha ⁻¹)						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Media							
Nocellara Messinese	1.9 ab ^z	4.3 ab	8.3 b	23.4 a	4.6 a	20.8 a	10.5
Nocellara de Belice	1.3 c	5.4 a	13.1 a	8.9 c	2.8 b	23.7 a	9.2
Carolea	1.4 c	3.2 b	8.1 b	21.8 ab	2.4 b	17.2 bc	9.0
Carotina	1.6 bc	4.5 ab	7.8 b	19.6 ab	2.2 b	17.5 bc	8.9
Manzanillo	2.4 a	3.7 b	6.0 c	14.0 bc	3.5 ab	18.6 b	8.0
Leccino	1.3 c	3.8 b	7.8 b	15.6 ab	1.8 b	15.6 c	7.7
Grossa di Cassano	1.0 c	4.2 ab	0.3 d	6.2 c	1.7 b	12.1 c	4.3
Media	1.6	3.6	7.3	15.6	2.7	17.9	

^zMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

En 2009 se tuvo una fuerte reducción en el rendimiento en todos los cultivares con una media de 2.7 t ha⁻¹ debido a la alta producción del año anterior, pero en 2010 se lograron los mayores rendimientos con una media de 17.9 t ha⁻¹ y con una variación del rendimiento entre 12.1 y 23.7 t ha⁻¹ entre los

Grijalva *et al.*, 2010, although other cultivars. Martin, (1990) and Martin *et al.* (2005) noted that in the olive moor a percentage of 1 to 2% is enough to have a good performance and the percentage of mooring is strongly influenced by the proportion of complete flowers (Wu *et al.*, 2002). In general, there was an inverse relationship between floral density and the percentage of fruit set, except for the cultivars Nocellara Messinese and Grossa di Cassano, which sparsely floral (flowers 602 and 40 cm⁻²) had a low mooring at 0.92 percent and 0.20% respectively.

Olive yield and fatty

Olive performance presented statistically significant differences between the cultivars in all years (Table 3). The average for the first six years of production was 10.5, 9.2, 9, 8.9, 8, 7.7 and 4.3 t ha⁻¹ for cultivars Nocellara Messinese, Nocellara Belize, Carolea, Coratina, Manzanillo, Leccino and Grossa di Cassano, respectively. The test crop was conducted in the fourth year after planting in all cultivars tested. During the period from 2005 to 2008 had a tendency to double performance every year and only Nocellara Belize cultivars there was a reduction in the production in 2008 of 4.2 t ha⁻¹ compared to 2007 and Grossa di Cassano 2007 to 3.9 t ha⁻¹ compared to 2006.

In 2009, there was a sharp reduction in yield in all cultivars with an average of 2.7 t ha⁻¹ due to the high production of the previous year, but in 2010 the highest yields were achieved with an average of 17.9 t ha⁻¹ and with a performance variation between 12.1 and 23.7 t ha⁻¹ among cultivars. The

cultivares. El rendimiento medio obtenido entre los cultivares supera en alrededor de 100% a la media regional que es de 5 t ha⁻¹ (Grijalva *et al.*, 2010), también a los reportados por Villamil *et al.* (2007) y Tous *et al.* (1998) en un periodo de cinco y 10 años de plantados, respectivamente y similares a los consignados por León (1987) en árboles de 10 años.

El índice de alternancia no presentó diferencia significativa entre los cultivares y varió de 0.17 a 0.23. Los índices encontrados fueron menores a los reportados en otras investigaciones tales como Tous *et al.* (1998) donde encontraron valores entre 0.34 a 0.69 y de Tapia *et al.* (2009) con índices de 0.28 a 0.44 (Cuadro 4).

El contenido de aceite fue mayor en Carolea con 17.5%, seguido por Manzanillo con 12%, en tanto que en el resto de los cultivares varió entre 8.7 a 6.2% (Cuadro 4). Tomando en cuenta el rendimiento de aceituna y el contenido de aceite, los cultivares que alcanzaron los mayores rendimientos de aceite fueron Carolea y Manzanillo con 1 557.5 y 960 kg ha⁻¹, respectivamente, en tanto que en el resto de los cultivares varió entre 818.8 y 322.5 kg ha⁻¹. El porcentaje de aceite obtenido en los cultivares evaluados fue muy inferior a lo encontrado por la mayoría de las investigaciones (Tous *et al.*, 1998; Barranco, 2001; Tous *et al.*, 2002; Beltrán *et al.*, 2003; Al-Maaitah *et al.*, 2009 y Tapia *et al.*, 2009) y solamente similar a lo reportado por Villamil *et al.* (2007) aunque con la diferencia que ellos señalan a Manzanillo como el más bajo en aceite con 6.3%.

El alto contenido de aceite encontrado en Carolea coincide con lo consignado por Tous *et al.*, (2002). El contenido de aceite esta determinado principalmente por el cultivar, fecha de cosecha y por la localidad (Al-Maaitah *et al.*, 2009) y por la dificultad en su extracción (Beltrán *et al.*, 2003). El bajo porcentaje de aceite encontrado en este estudio puede obedecer principalmente a las altas temperaturas durante el proceso de maduración del fruto y en menor grado a una dificultad en la extracción en algunos cultivares al usar un molino semicomercial.

Características del fruto

Se observaron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas en el fruto (Cuadro 5). Nocellara de Belice presentó el mayor tamaño del fruto medido por el peso, diámetro y longitud de la aceituna, así como en la relación pulpa-hueso siendo estadísticamente diferente al resto de los cultivares. Coratina presentó el menor valor en peso, diámetro y longitud de fruto así como en la relación pulpa-hueso. Los

average yield among cultivars exceeds about 100% to the regional average of 5 t ha⁻¹ (Grijalva *et al.*, 2010), also to those reported by Villamil *et al.* (2007) and Tous *et al.* (1998) over a period of five to 10 years after planting, respectively, and similar to those reported by León (1987) in 10 year old trees.

The alternation rate showed no significant difference among cultivars and ranged from 0.17 to 0.23. The rates found were lower than those reported in other studies such as Tous *et al.* (1998) where they found values between 0.34 to 0.69 and Tapia *et al.* (2009) with rates from 0.28 to 0.44 acres (Table 4).

Cuadro 4. Índice de alternancia y rendimiento graso de cultivares de olivo. Caborca, Sonora.

Table 4. Alternating index and oil yield of olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Índice de alternancia	Rendimiento graso (%)
Nocellara Messinese	0.23 a ^z	6.2 c
Nocellara de Belice	0.22 a	6.5 c
Carolea	0.25 a	17.5 a
Coratina	0.23 a	9.2 c
Manzanillo	0.18 a	12.0 b
Leccino	0.23 a	8.7 c
Grossa di Cassano	0.17 a	7.5 c

^zMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

The oil content was higher in Carolea with 17.5%, followed by Manzanillo with 12%, while in the other cultivars ranged from 8.7 to 6.2% (Table 4). Taking into account the yield of olive and oil content cultivars that had the highest oil yields were Carolea and Manzanillo with 1 557.5 and 960 kg ha⁻¹, respectively, while in the rest of the cultivars ranged from 818.8 and 322.5 kg ha⁻¹. The percentage of oil obtained in the cultivars evaluated was much lower than that found by most studies (Tous *et al.*, 1998; Barranco, 2001; Tous *et al.*, 2002; Beltrán *et al.*, 2003; Al-Maaitah *et al.*, 2009; and Tapia *et al.*, 2009) and similar to that reported only by Villamil *et al.* (2007) but with the difference that they point to Manzanillo and the lowest at 6.3% oil.

The high oil content matches found Carolea as recorded by Tous *et al.* (2002). The oil content is determined mainly by the cultivar, harvest date and the location (Al-Maaitah *et al.*, 2009) and the difficulty in its extraction (Beltrán *et al.*, 2003). The low percentage of oil found in this study may be due mainly to the high temperatures during the ripening process and to a lesser extent a difficulty in some cultivars extraction using a semi mill.

cultivares Nocellara Messinese y Carolea presentaron mayor tamaño de aceituna que Manzanillo y una mayor relación pulpa-hueso por lo que pudieran ser una alternativa para el encurtido. Aunque el tamaño de fruto no es un factor importante para seleccionar un cultivar para la producción de aceite, inclusive los cultivares que más se utilizan para aceite en los países del mediterráneo son de fruto pequeño, tal es el caso de Picual, Carnicabra, Arbequina y Frantoio (Barranco, 2001).

Fruit characteristics

Highly significant differences were observed in all variables in the fruit (Table 5). Nocellara had the highest fruit size measured by the weight, diameter and length of the olive as well as pulp-bone relationship was statistically different from the rest of the cultivars. Coratina having the lowest weight, fruit diameter and length as well as pulp-bone

Cuadro 5. Tamaño del fruto y relación pulpa-hueso en diferentes cultivares de olivo. Caborca, Sonora.

Table 5. Fruit size and pulp-bone relationship in different olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Peso de fruto (g)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Relación pulpa/hueso
Nocellara Messinese	5.14 bc ^z	1.85 bc	2.57 b	4.40 bc
Nocellara de Belice	6.23 a	2.04 a	2.83 a	5.20 a
Carolea	5.51 b	1.93 b	2.66 b	4.61 b
Coratina	2.54 d	1.40 d	2.15 d	2.32 e
Manzanillo	4.61 c	1.79 c	2.35 c	4.12 c
Leccino	4.68 c	1.86 bc	2.40 c	3.63 d
Grossa di Cassano	4.57 c	1.78 c	2.60 b	3.32 d

^zMedias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

Calidad del aceite

Este parámetro se determinó solamente en 2010, El análisis se determinó a los 30 días después de la extracción del aceite. El índice de peróxidos y el índice de acidez fueron muy similares entre los cultivares (Cuadro 6) y los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros químicos para que el aceite sea considerado extravirgen (<20 de peróxidos y acidez <0.8%) de acuerdo a Uceda y Hermoso, 2001). El contenido de polifenoles varió de 122.3 ± 5.9 a 215.4 ± 12.3. Éstos valores son similares a los mínimos encontrados en tres de 25 cultivares, donde la mayoría presentaron un contenido de polifenoles entre 400 y 800 mg ácido cafeico kg de aceite⁻¹ (Uceda y Hermoso, 2001). La cantidad de polifenoles está relacionado con el cultivar (45.7%), con la época de recolección (17.4%), de un año a otro (2.2%) y con la interacción de los factores anteriores (34.7%) (Uceda y Hermoso, 2001).

relationship. Nocellara cultivars had higher Messinese and Carolea that Manzanillo olive size and increased pulp-bone relationship so that could be an alternative to pickling. While fruit size is not an important factor in selecting a cultivar for oil production, including most used cultivars for oil in Mediterranean countries are small fruit, as in the case of Picual, Carnicabra, Arbequina and Frantoio (Barranco, 2001).

Oil quality

This parameter was determined only in 2010, analysis was determined at 30 days after oil extraction. The peroxide and acid were similar among cultivars (Table 6) and the values obtained are within the chemical parameters to be considered virgin oil (<20 peroxide and acidity < 0.8%) according Uceda and Hermoso, 2001). Polyphenol content

Cuadro 6. Calidad del aceite en diferentes cultivares de olivo. Caborca, Sonora.

Table 6. Oil quality in different olive cultivars. Caborca, Sonora.

Cultivar	Índice de Peróxido (meq O ₂ kg ⁻¹)	Índice de acidez (%) de ácido oleico	Polifenoles totales (meq ácido cafeico kg ⁻¹)
Nocellara Messinese	13.02 ± 0.32	0.46 ± 0.02	122.3 ± 5.9
Nocellara de Belice	14.23 ± 0.59	0.52 ± 0.02	115.6 ± 15.2
Carolea	15.82 ± 0.90	0.53 ± 0.01	117.5 ± 4.4
Coratina	13.25 ± 0.76	0.49 ± 0.03	215.4 ± 12.3
Manzanillo	15.92 ± 0.73	0.55 ± 0.01	173.8 ± 22.0
Leccino	14.26 ± 0.62	0.52 ± 0.01	187.6 ± 182.
Grossa di Cassano	15.33 ± 0.68	0.53 ± 0.02	139.3 ± 9.8

Durante el periodo de evaluación, en ningún cultivar se presentaron problemas de plagas ni enfermedades; así mismo no se tuvieron daños por heladas.

Conclusiones

El cultivar Carolea puede establecerse en Caborca, Sonora por su buen rendimiento de aceite (1 557.5 kg ha⁻¹) y de calidad extra-virgen.

El cultivar Manzanillo puede ser alternativa para aceituna de mesa y aceite por su aceptable rendimiento de aceite (960 kg ha⁻¹) siendo superior al resto de los cultivares evaluados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fundación Produce Sonora A. C. por su apoyo económico para la realización de este proyecto y a los señores Javier González de la Riva y Bernabé Zavala Aragón por su valiosa y esmerada ayuda en la conducción de este experimento.

Literatura citada

- Al-Maaitah, M. I.; Al-Absi, K. M. and Al-Rawashdeh, A. 2009. Oil quality and quantity of three olive cultivars as influenced by harvesting date in the middle and southern parts of Jordan. *Int. J. Agric. Biol.* 11:266-272.
- Barranco, D.; Milona, G. y Rallo, L. 1994. Época de floración y maduración de variedades de olivo en Córdoba. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 9:213-220.
- Barranco, D. 2001. Variedades y patrones. *El cultivo del olivo*. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.). Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 63-88 pp.
- Beltrán, G.; Uceda, M.; Jiménez, A. and Aguilera, M. P. 2003. Olive oil extractability index as a parameter for olive cultivar characterization. *J. Sci. Food Agric.* 83:503-506.
- Bradley, M. V.; Griggs, W. H. and Hartman, H. T. 1961. Studies on self and cross pollination olives under varying temperature conditions. *California Agriculture* March. 4-5 p.
- Civantos, L. 2001. La olivicultura en el mundo y en España. *El cultivo del olivo*. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.). Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 19-34 pp.
- Consejo Oleico Internacional. (COI). 2011. Cifras del mercado mundial del aceite de oliva. <http://www.internationalolive.org>. (consultado febrero, 2012).
- ranged from 122.3 ± 5.9 to 215.4 ± 12.3. These values are similar to the minima found in three of 25 cultivars, where most had polyphenol content between 400 and 800 mg kg caffeic acid oil⁻¹ (Uceda and Fair, 2001). The amount of polyphenols is related to the cultivar (45.7%), with the harvest season (17.4%), from one year to another (2.2%) and the interaction of the above factors (34.7%) (Uceda and Hermoso, 2001).
- During the evaluation period, in any cultivar was introduced pest and disease problems, likewise had no frost damage.

Conclusions

The cultivar Carolea can settle in Caborca, Sonora for their good oil yield (1 557.5 kg ha⁻¹) and extra-virgin quality.

The Manzanillo cultivar can be alternative for table olives and oil an acceptable oil yield (960 kg ha⁻¹) to be higher than other cultivars evaluated.

End of the English version



- Fernández-Escobar, R.; Gómez-Valledor, G. and Rallo, L. 1983. Influence of pistil extract and temperature on *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of olive cultivars. *J. Hort. Sci.* 58:219-227.
- Ghrisi, N.; Boulouha, B. and Hilali, S. 1999. Agro-physiological evaluation of the phenomenon of pollen compatibility in olive. Case of the Mediterranean collection of the menara station, Marraquech. *Olivae* 79:51-59.
- Griggs, W. H.; Hartman, H. T.; Bradley, M. V.; Iwakiri, B. T. and Whisler, J. E. 1975. Olive pollination in California. California Agricultural Experimental Station. USA. Bulletin 869. 34 p.
- Grijalva-Contreras, R. L.; Macías-Duarte, R.; Núñez-Ramírez, F.; Robles-Contreras, F.; Valenzuela-Ruiz, J. and López-Carbajal, A. 2008. Productivity, fruit quality and oil content of olive varieties in Northwestern Mexico. *HortScience* 43:1272.
- Grijalva, C. R. L.; Macías, D. R.; López, C. A. y Robles, C. F. 2009 a. Productividad de cultivares de olivo para aceite (*Olea europaea* L.) bajo condiciones desérticas en Sonora. *Biotecnia* 11:21-28.
- Grijalva, C. R. L.; López, C. A.; Macías, D. R.; Robles, C. F. y Juárez, G. R. 2009 b. Productividad de cultivares de olivo para aceite (*Olea europaea* L.) bajo condiciones desérticas en México. XIV Simposium Científico-Técnico del aceite de oliva. Jaén España. 63 p.
- Grijalva, C. R. L.; López, C. A.; Navarro, A. J. A. C. y Fimbres, F. A. 2010. El cultivo del olivo bajo condiciones desérticas del Noroeste de Sonora. SAGARPA-INIFAP-CECH-CECAB. Folleto técnico Núm. 41. 100 p.

- Horwitz, W. 1965. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. Washington, USA. 957 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Región de Caborca. Caborca, Sonora, México. 10 p.
- León, F. C. 1987. Evaluación de tres cultivares de olivo en la región de Caborca, Sonora. Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Sonora. Hermosillo, Sonora. 251 p.
- Martin, G. C. 1990. Olive flower and fruit population dynamics. *Acta Horticulturae* 286:141-143.
- Martin, G. C.; Ferguson, L. and Sibbett, S. 2005. Flowering, pollination, fruiting, alternate bearing and abscission. Olive production manual. Sibbet, S. G. and Ferguson, L. (Eds.). University of California. Agriculture and Natural Resources. USA. Publication 3353. 49-59 pp.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L., México.
- Pearce, S. C. and Dobersek-Urbanc, S. 1967. The measurements of irregularity in growth and cropping. *J. Hort. Scie.* 42:295-305.
- Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G.; Grageda, G. J.; Silva, S. M. M. y Díaz, P. G. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Sonora (periodo 1961-2003). INIFAP-CIRNO-SAGARPA. Libro técnico Núm. 1. 92-93 pp.
- Sandía, D. A. and Martínez, A. B. 1997. Quality measurement and control of virgin olive oil. *Olivae.* 65:40-45.
- Sanz-Cortés, F.; Martínez-Calvo, J.; Badenes, M. L.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Llacer, G. and Meir, V. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Ann. Appl. Biol.* 140:151-157.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx>. (consultado febrero, 2012).
- Tapia, F. C.; Mora, F. and Santos, A. I. 2009. Preliminary evaluation of 29 olive (*Olea europaea* L.) cultivars for production and alternate bearing in the Huasco Valley, Northern Chile. *Chilean J. Agric. Res.* 69:325-330.
- Tous, J.; Romero, A. y Plana, J. 1998. Comportamiento agronómico y comercial de cinco variedades de olivo en Tarragona. *Invest. Agr. Prod. Veg.* 13:97-109.
- Tous, J.; Romero A.; Plana, J. and Hermoso, J. F. 2002. Behaviour of ten mediterranean olive cultivars in the northeast of Spain. *Acta Hort (ISHS)* 586:113-116. <http://www.actahort.org/> Consultada en abril 2012.
- Uceda, M. y Hermoso, M. 2001. La calidad del aceite de oliva. El cultivo del olivo. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.). Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 589-614 pp.
- Villamil, J.; Cabrera, D.; Villamil, J. J. y Rodríguez, P. 2007. Evaluación de variedades de olivo. Serie de actividades de difusión Núm. 512. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. 6 p.
- Voseen, P. 2005. Olive oil production. Olive production manual. Olive production manual. Sibbet, S. G. and Ferguson, L. (Eds.). University of California. Agriculture and Natural Resources. USA. Publication 3353. 157-173 pp.
- Wu, S. B.; Collins, G. and Sedgley, M. 2002. Sexual compatibility within and between olive cultivars. *J. Hortic. Sci. Biot.* 77:665-673.