

'Manzanillo' olive (*Olea europaea* L.) tree response to bioregulators and foliar urea application and its interaction with high temperatures

Respuesta del olivo (*Olea europaea* L.) 'Manzanillo' a la aplicación de biorreguladores y urea foliar y su interacción con altas temperaturas

José A. Cristóbal Navarro-Ainza^{1*}; Arturo López-Carvajal²; Juan M. Enciso Lara³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Todos Santos, Agricultura s/n, col. Emiliano Zapata C.P. 23070, La Paz, Baja California Sur, México. jacnamx@yahoo.com.mx (*Corresponding autor).

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Sitio Experimental Caborca, Avenida S Núm. 8 norte, Apartado Postal 125, C.P. 83600, Caborca, Sonora, México.

³Villa Los Pardos núm. 3511, Fracc. Villas de la República, Mexicali, B. C. México.

Abstract

With the aim to improve fruit set and yield on olive trees some bioregulators and foliar urea were tested during three seasons and its interactions with high temperatures. Also, an empirical analysis of the influence of high temperatures on olive fruit set was carried out. No statistical differences were detected in yield (one season) among the treatments tested. Cytokin, Maxigrow and the Control showed a remarkably higher yield (over 6.2 t ha⁻¹), as well as a higher number of inflorescences, although statistically non-significant. The same treatments showed higher fruit set values and Urea and Agromil-plus were the less effective treatments. Agromil-plus and Biozyme-TF treatments showed uniformity in all evaluated variables, having high values in normal fruits-NF (100 and 99.1 %, respectively) and the lowest ratios of parthenocarpic fruit-PF (PF/NF). In two of the seasons it was obtained NF with very high values (> 90 %) in all the treatments. The empirical analysis showed that a year with temperatures > 27 °C only obtained PF, while in years with temperatures > and < 27 °C showed both NF and PF. The occurrence of high temperatures either at the beginning or at the end of the flowering period, strongly influences the fruit set.

Keywords: Flowering, parthenocarpic fruit, fruit set, yield.

Resumen

Para mejorar el amarre y rendimiento de frutos en árboles de olivo se evaluaron biorreguladores y urea vía foliar durante tres ciclos y su interacción con altas temperaturas. Además, se llevó a cabo un análisis empírico de la influencia de temperaturas altas sobre el amarre de frutos. No se encontraron diferencias estadísticas en rendimiento (un ciclo) entre los tratamientos evaluados. Sobresaliendo Cytokin, Maxigrow y el Testigo con rendimientos superiores a 6.2 t ha⁻¹, así como mayor número de inflorescencias, aunque fueron estadísticamente iguales. Los mismos tratamientos mostraron mayor amarre de frutos y los tratamientos menos efectivos resultaron ser Urea y Agromil-plus. Destacaron en uniformidad Agromil-plus y Biozyme-TF en todas las variables evaluadas, mostrando valores altos en frutos normales-FN (100 y 99.1 %, respectivamente) y las más bajas relaciones de frutos partenocárpicos-FP (FP/FN). En dos ciclos se obtuvieron FN con valores muy altos (> 90 %) en todos los tratamientos. Del análisis empírico resultó que en el año con temperaturas > 27 °C, se obtuvieron sólo FP, mientras que en años con temperaturas > y < 27 °C, se lograron FN y FP. La ocurrencia de las altas temperaturas, al inicio o al final de la floración, influye de manera importante en el amarre de frutos.

Palabras clave: Floración, frutos partenocárpicos, amarre de frutos, rendimiento.

Please cite this article as follows (APA 6): Navarro-Ainza, J. A. C., López-Carvajal, A., & Enciso-Lara, J. M. (2016). 'Manzanillo' olive (*Olea europaea* L.) tree response to bioregulators and foliar urea application and its interaction with high temperatures. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 15(2), 77-88. doi: 10.5154/r.rchsza.2016.01.002



Introduction

According to the Agricultural, Livestock and Fisheries Information Service (SIAP) of Mexico, during the season of 2010, the region of Caborca, Sonora provided more than 50 % of the national olive production, with a harvest of 15,111 tonnes. Most of the production is intended for pickling, where 'Manzanillo' is the most economically interesting variety, which occupies the greater olive area. In the case of the Manzanillo variety, in the region of Caborca and in some other olive regions, the production is erratic due to the low percentages of fruit set. This is because the variety has self-compatibility problems (Cuevas & Polito, 1997; Koubouris, Metzidakis & Vasilakakis, 2009; Martin, Ferguson & Sibbett, 2005; Navarro, Grijalva & López, 2003; Vuletin, Perica, Goreta & Poljak, 2013), which is accentuated under high temperatures conditions in the flowering period (Koubouris et al., 2009; Navarro et al., 2003; Vuletin et al., 2013). Therefore, it has been developed the information tending to improve the olive fruit set. In addition to improving pollination and fertilization of flowers, and consequently the productivity in olive trees, there are other management options such as the application of plant growth regulator products that could influence the fruit set and the olive fruit production.

It is well documented that gibberellins, auxins, and cytokinins play an important role in fruit set and development (Díaz, 2002). Gibberellins are growth regulators that affect flowering and may inhibit floral initiation in most fruit trees (Weaver, 1984). On the other hand, cytokinins play a major role in cell division and elongation; thus, low concentrations of cytokinins in the growing fruit have been correlated with fruit drop and growth cessation (Singh, Malik & Davenport, 2005). Spinardi and Bassi (2012) report that both cross-pollination and foliar boron application substantially improve fruit set in 'Frantoio' and 'Casaliva', but not in 'Leccino'. In the variety Carolea, which is reported as self-incompatible, different treatments were evaluated to improve fruit set, standing out the application of auxinic substances (Biostimulant Nutralle) by significantly increasing fruit set, although the subsequent fruit drop also increased, assuming that this was a self-regulation plant mechanism (Iannotta, Perri, Zaffina & Priore, 1999).

On the other hand, different growth regulators (AG₃, Agromil plus, and TDZ) have been evaluated in 'Ataulfo' mango indicating that fruit set increased up to five times in relation to the control when using any of the growth regulators, as well as higher length and weight of the fruits at the time of harvest; the best treatment was the combination of AG₃ + TDZ (50 and 5 mg·l⁻¹) (Pérez-Barraza, Vazquez-Valdivia, Osuna-García & Urías-López, 2009).

Introducción

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), durante el ciclo 2010, la región de Caborca, Sonora aportó más del 50 % de la producción nacional de aceituna, con una producción de 15,111 toneladas. La mayor parte de la producción se destina para encurtido, siendo el 'Manzanillo' el cultivar de mayor interés comercial y el que ocupa la mayor superficie de olivo. En el caso del cultivar Manzanillo, en la región de Caborca y en algunas otras regiones olivareras la producción es errática debido a los bajos porcentajes de amarre de frutos. Lo anterior es debido a que este cultivar tiene problemas de autocompatibilidad (Cuevas & Polito, 1997; Koubouris, Metzidakis & Vasilakakis, 2009; Martin, Ferguson & Sibbett, 2005; Navarro, Grijalva & López, 2003; Vuletin, Perica, Goreta & Poljak, 2013), lo cual se acentúa bajo condiciones de altas temperaturas en el periodo de floración (Koubouris et al., 2009; Navarro et al., 2003; Vuletin et al., 2013). Por ello, se ha desarrollado la información tendiente a mejorar el amarre de frutos de olivo. Además, de mejorar la polinización y la fecundación de flores, y por consecuencia la productividad en olivo, existen otras opciones de manejo como son la aplicación de productos reguladores de crecimiento de las plantas que pudieran influir en el amarre de frutos y en la producción de aceituna.

Está bien documentado que las giberelinas, auxinas y citocininas juegan un papel importante en el amarre de frutos y desarrollo del mismo (Díaz, 2002). Las giberelinas son reguladoras del crecimiento que afectan la floración y pueden inhibir la iniciación floral en la mayoría de los frutales (Weaver, 1984). Por otra parte, las citocininas juegan un papel primordial en la división y alargamiento celular; así, bajas concentraciones de citocininas en el fruto en desarrollo se han correlacionado con la caída de frutos y cese de su crecimiento (Singh, Malik & Davenport, 2005). Spinardi y Bassi (2012) reportan que tanto la polinización cruzada como la aplicación foliar de boro mejoran sustancialmente el amarre de frutos en 'Frantoio' y 'Casaliva', mas no en 'Leccino'. En el cultivar Carolea, que se reporta como autoincompatible, se evaluaron distintos tratamientos para mejorar el amarre de frutos, sobresaliendo la aplicación de sustancias auxínicas (bioestimulante Nutralle) al incrementar significativamente el amarre de frutos, aunque la caída posterior también se incrementó, asumiendo que éste era un mecanismo de autorregulación por parte de la planta (Iannotta, Perri, Zaffina & Priore, 1999).

Por otra parte, en mango 'Ataulfo' se han evaluado diferentes reguladores de crecimiento (AG₃, Agromil plus, y TDZ) indicándose que el amarre de frutos se incrementó hasta en cinco veces en relación con el testigo al utilizar cualquiera de los reguladores de crecimiento, así como una mayor longitud y mayor

Nitrogen (N) can be applied via foliar to olive trees. Studies carried out at the beginning of the nineties on Manzanillo, Misión and Sevillano varieties, showed that foliar applications of urea 2 % increased foliar N content in 72 hours. The average contribution of N was 0.2 kg·tree⁻¹ with these applications, which were made during the fruit growth stage (Freeman, Uriu & Hartmann, 2005). On the other hand, the study of avocado reports that the application of N to inflorescences in stage 8 (cauliflower state) and branch girdling at the time of full flowering increases fruit set in 49.6 and 79.8 %, respectively (Espíndola, Cano, Rodríguez & Sánchez, 2008). Finally, in the case of cherimoya, the foliar-applied urea has been used to advance budbreak, flowering and harvesting of the fruits (González, Hueso, Alonso & Cuevas, 2013).

Aim

The aim of this study was to evaluate the effect of different bioregulators and foliar urea on fruit set and fruitfulness in 'Manzanillo' olive trees and their interaction with high temperatures.

Materials and methods

The study was carried out during three seasons (2004-2006) at the Caborca Experimental Station terrain from the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), located 20 km west of the city of Caborca, Sonora; at 30° 42' 55" N latitude and 112° 21' 28" W longitude, at an altitude of 200 m. The climate of the region is BMhw(x')(e''), very dry or desertic, with fresh winters according to the classification of Köppen, with average annual temperature of 22 °C, extreme temperatures from -6 °C to over 45 °C. The soil has a sandy-clay loam texture, very poor in organic matter (< 0.5 %), alkaline pH and low salinity.

The study was carried out in two young experimental plots with Manzanillo olive variety; the first was an established plot of eight and nine years-old and under drip irrigation planted at 8 x 8 m (156 trees·ha⁻¹). In the third cycle, the study was carried out in another experimental plot of five years of established, with 8 x 4 m spacing (312 trees·ha⁻¹), and under drip irrigation. The two plots had no production previously.

The plots were uniformly managed in all agronomic aspects such as irrigation every 7-10 days in winter and every 2-3 days in summer totaling an irrigation depth of approximately 82 cm; the soil was fertilized applying an average rate of 80 kg N·ha⁻¹ and 40 kg N·ha⁻¹ using urea (46-00-00) and monoammonium phosphate (11-52-00); P was totally applied before budbreak (January), while N was applied in two periods (before budbreak and in stage 1 of fruit growth). The pruning was light (less than 10%) and done in the stage of less activity (winter).

peso de los frutos a la cosecha; el mejor tratamiento resultó ser la combinación de AG₃ + TDZ (50 y 5 mg·l⁻¹) (Pérez-Barraza, Vazquez-Valdivia, Osuna-García & Urías-López, 2009).

El nitrógeno (N) puede aplicarse a los olivos vía foliar. En trabajos realizados a principios de los años noventa en los cultivares Manzanillo, Misión y Sevillano se demostró que las aplicaciones foliares de urea al 2 %, incrementaron el contenido de N foliar en 72 horas. La aportación promedio de N fue de 0.2 kg·árbol⁻¹ con estas aplicaciones, las cuales se hicieron en la etapa de crecimiento del fruto (Freeman, Uriu & Hartmann, 2005). Por otro lado, en aguacate reportan que la aplicación de N a inflorescencias en la etapa 8 (estado de coliflor) y anillado en plena floración, incrementan el amarre de frutos en 49.6 y 79.8 %, respectivamente (Espíndola, Cano, Rodríguez & Sánchez, 2008). Finalmente, en chirimoya la urea aplicada foliarmente se ha utilizado para adelantar la brotación, floración y la cosecha de los frutos (González, Hueso, Alonso & Cuevas, 2013).

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes biorreguladores y urea foliar sobre el amarre y la producción de frutos en árboles de olivo 'Manzanillo' y su interacción con altas temperaturas.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo durante tres ciclos (2004-2006) en terrenos del Campo Experimental Caborca dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado a 20 km al oeste de la ciudad de Caborca, Sonora; situado a 30° 42' 55" latitud norte y 112° 21' 28" longitud oeste, a una altitud de 200 m. El clima de la región es BMhw(x')(e''), muy seco o desértico, con inviernos frescos según la clasificación de Köppen, con temperatura media anual de 22 °C, temperaturas extremas de -6 °C a más de 45 °C. El suelo es de textura migajón arcillo-arenosa, muy pobre en materia orgánica (< 0.5 %), pH alcalino y de baja salinidad.

El estudio se realizó en dos lotes experimentales jóvenes con olivo cv. Manzanillo; el primero fue un lote de ocho y nueve años de establecido y bajo riego por goteo, plantado a 8 x 8 m (156 árboles·ha⁻¹). En el tercer ciclo el estudio se llevó a cabo en otro lote experimental de cinco años de establecido, con distanciamiento de 8 x 4 m (312 árboles·ha⁻¹), y bajo riego por goteo. Los dos lotes tenían antecedentes de nula producción.

Los lotes fueron manejados de manera uniforme en todos los aspectos agronómicos como son riegos cada 7-10 días en invierno y cada 2-3 días en verano sumando una lámina de riego aproximada de 82 cm;

Finally, regarding weed control, it was done by disking among rows and hand weeding around trees; there were no pest or disease problems, so no pesticide application was carried out.

The evaluated treatments consisted of the application of bioregulators and urea (Table 1), all by foliar application before flowering. The products were previously dissolved in water by adding them surfactant at a rate of 2 ml·l⁻¹ of the solution. The rate of the products used were those recommended by the manufacturer. According to the manufacturer's indication, different volumes of water were used, so in the case of Cytokin and Biozyme-TF, a volume of 1,000 l·ha⁻¹ was used, while in the case of Maxigrow 400 l·ha⁻¹ were used; in all cases, the foliar application was made to the point of having the solution runoff. In the case of foliar urea, a source of debiuretized urea (46 % N) was used in order do not cause damage to the foliage. Applications were made using an 18-liter manual sprayer. The treatments were applied to branches (first and second cycles) and complete trees (third cycle); the selected branches were randomly distributed around each tree in order to associate the high fruit set variability in olive trees (Martin, Nishijima & Early, 1993). The same criterion for random tree selection was used within the plot. The used trees were selected based on its uniformity and the same age. Prior to the application of the different treatments, characteristic branches were chosen, which had shoots of approximately 20 cm in length, with sufficient inflorescences, these branches were found in the middle part and around the trees; these branches were marked in order to carry out the counting of inflorescences, length of shoots, floral and fruit buds, and based on these data, subsequently determine the fruit set values. Fruit set was determined at approximately 60 days after full flowering; before the beginning of flowering, the number of buds/flowers in each branch was counted and the number of NF in that branch was subsequently counted. In this case all the flowers present in the branches, no matter if they were hermaphrodite or staminate, were counted.

la fertilización se hizo al suelo aplicando una dosis promedio de 80 kg N·ha⁻¹ y 40 kg P·ha⁻¹ utilizando urea (46-00-00) y fosfato monoamónico (11-52-00); el total de P se aplicó antes de la brotación de las yemas (enero), mientras que el N se aplicó en dos periodos (antes de la brotación y en la etapa 1 de crecimiento del fruto). La poda fue ligera (menor al 10 %) realizándose en la etapa de menor actividad (invierno). Finalmente, en lo relativo al control de maleza, ésta se controló mediante rastreos en las calles entre las hileras y deshierbes manuales alrededor de los árboles; no se tuvieron problemas de plagas ni enfermedades, por lo que no se llevó a cabo ninguna aplicación de plaguicidas.

Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación de biorreguladores y urea (Cuadro 1), todos aplicados vía foliar antes de la floración. Los productos fueron previamente disueltos en agua agregándoseles surfactante a razón de 2 ml·l⁻¹ de la solución. La dosis de los productos utilizados fueron las que el fabricante recomienda. De acuerdo a la indicación del fabricante, se emplearon diferentes volúmenes de agua, así en el caso de Cytokin y Biozyme-TF, se empleó un volumen de 1,000 l·ha⁻¹, mientras que en el caso de Maxigrow se utilizaron 400 l·ha⁻¹; en todos los casos la aplicación foliar se hizo al punto de tener el escurrimiento de la solución aplicada al follaje. En el caso de urea foliar se utilizó una fuente de urea desbiuretizada (46 % N) a fin de no provocar daños al follaje. Las aplicaciones se hicieron utilizando una aspersora manual de 18 litros de capacidad. Los tratamientos fueron aplicados a ramas (primero y segundo ciclos) y árboles completos (tercer ciclo); las ramas seleccionadas estuvieron distribuidas aleatoriamente alrededor de cada árbol con el fin de asociar la alta variabilidad en el amarre de frutos a los árboles de olivo (Martin, Nishijima & Early, 1993). El mismo criterio de selección de árboles al azar, fue usado dentro del lote. Los árboles utilizados fueron seleccionados de tal forma que mostraran uniformidad en su porte. Previo a la aplicación de los distintos tratamientos se escogieron

Table 1. Products applied to foliage to improve fruit set and production in 'Manzanillo' olive trees.

Cuadro 1. Productos aplicados al follaje para mejorar el amarre y producción de frutos en árboles de olivo 'Manzanillo'.

Product/Productos	Rate applied·ha ⁻¹ / Dosis aplicada·ha ⁻¹	Cycle/Ciclo		
		1	2	3
Cytokin	200 ml	*	*	*
Agromil-plus	200 ml	NA	NA ^z	*
Maxigrow	750 ml	*	*	*
Biozyme-TF	500 ml	*	*	*
Urea	3 % N ^v	*	*	*
Control/Testigo	NA	*	*	*

^zNA=not applied

^vN=nitrogen

^zNA=no aplicado

^vN=nitrógeno

From this information fruit set was obtained in percentage; prior to the statistical analysis, a sine-arc transformation was made to the percentage values. The variables evaluated were number of inflorescences, number of flowers, floral density, fruit set, percentage of NF and PF/NF ratio; the olive yield per tree was evaluated only in the third cycle, determining the harvest of each tree. The yield evaluation in the third cycle was carried out by taking the kilograms of fruit per tree, using an Ohaus scale with a capacity of 150 kg. Random samples of 100 fruits were taken from each tree harvested, which were classified as NF (individual fruits or in pairs, normal size with more than 15 mm in diameter, length > 20 mm, weight > 4 g with seed) and PF (fruit brunches, diameter and length < 5 mm, weight < 1 g and without seed). Finally, an empirical analysis of the occurrence of high temperatures (> 27 °C) during the flowering period was carried out in the three development cycles of the study, in order to relate it to the fruit set achieved in the Manzanillo olive tree. In this analysis, the maximum temperatures that were observed throughout the period of flowering in each one of the cycles were analyzed; then, the cycle was then divided into three equal phases (early, intermediate and final phase) and the occurrence of high temperatures and their effect on fruit set achieved in each cycle were compared.

A randomized block design with seven replications (branches) was used in the first and second cycles, while in the third cycle four replications (trees) were used. Analysis of variance and mean separation were carried out using the SAS statistical program (SAS Institute, 1998). In the cases that were required, the Tukey's test ($P < 0.05$) was used to do the mean treatments separation.

Results and discussion

Effects on olive flowering and fruit set (two cycles)

In relation to the characteristics of flowering and fruit set, the results are shown in Table 2; where it can be seen that the greater number of inflorescences, flowers and therefore higher floral density were obtained with the applications of Cytokinin and Maxigrow, while the lowest values were with Biozyme-TF and foliar urea. The differences in the first year were not statistically different ($P > 0.05$), while in the second cycle they were statistically different ($P < 0.05$) for the number of inflorescences and flowers, basically highlighting the same treatments mentioned above. Also, a large difference was observed in the number of inflorescences, flowers and floral density, being higher in the first cycle (up to 60 % more inflorescences, flowers and floral density). Fruit set in the first year was not statistically different ($P > 0.05$), while in the second year no NF were obtained, only PF. The lack of

ramas características, las cuales tenían brotes de aproximadamente 20 cm de longitud, con suficientes inflorescencias, además de que se encontraban en la parte media de los árboles y en la periferia de los mismos; dichas ramas fueron marcadas, a fin de llevar a cabo el conteo de inflorescencias, longitud de brotes, botones florales y de frutos, y con base en estos datos, determinar posteriormente el amarre de frutos. El amarre de frutos se determinó aproximadamente a los 60 días después de plena floración; para ello, antes del inicio de la floración, se contó el número de botones/ flores existentes en cada rama y posteriormente se contabilizó el número de FN en dicha rama. En este caso se contaron todas las flores presentes en las ramas, fueran hermafroditas o estaminadas. A partir de esta información se calculó en porcentaje el amarre de frutos; a los valores de porcentaje, previo a su análisis estadístico, se les hizo una transformación arco seno.

Las variables evaluadas fueron número de inflorescencias, número de flores, densidad floral, amarre de frutos, porcentaje de FN y la relación de FP/FN; sólo en el tercer ciclo se evaluó el rendimiento de aceituna por árbol, determinando la cosecha de cada árbol. La evaluación del rendimiento en el tercer ciclo, se llevó a cabo tomando los kilogramos de fruta por árbol, utilizando para ello una báscula marca Ohaus con capacidad de 150 kg. De cada árbol cosechado se tomaron muestras aleatorias de 100 frutos, los cuales se clasificaron como FN (frutos individuales o en pares, tamaño normal con más de 15 mm de diámetro, longitud > 20 mm, peso > 4 g con semilla) y FP (frutos de munición en racimos, diámetro y longitud < 5 mm, peso < 1 g sin semilla). Finalmente, se llevó a cabo un análisis empírico de la ocurrencia de altas temperaturas (> 27 °C) durante el periodo de floración en los tres ciclos de desarrollo del estudio, con el fin de relacionarlo con el amarre de frutos logrado en olivo 'Manzanillo'. En dicho análisis, se analizaron las temperaturas máximas que se presentaron a lo largo del periodo de floración en cada uno de los ciclos; posteriormente, se dividió el ciclo en tres fases iguales en tiempo (inicio, intermedio y final) y se comparó la ocurrencia de las altas temperaturas y su efecto en el amarre de frutos logrados en cada ciclo.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete repeticiones (ramas) en el primero y segundo ciclos, mientras que en el tercer ciclo se utilizaron cuatro repeticiones (árboles). El análisis de varianza y la separación de medias se llevó a cabo utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). En los casos que se requirió, se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$) para hacer la separación de medias de tratamientos.

Table 2. Effect of growth regulators and foliar urea applied on branches on flowering and fruit set of 'Manzanillo' olive fruits (two cycles).**Cuadro 2. Efecto de reguladores de crecimiento y urea foliar aplicados en ramas sobre la floración y amarre de frutos de olivo 'Manzanillo' (dos ciclos).**

Cycle/Ciclo	Number of inflorescences/ Número de inflorescencias		Number of flowers/ Número de flores		Floral density (flowers·cm ⁻¹)/ Densidad floral (flores·cm ⁻¹)		Fruit set (%)/ Amarre de frutos (%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Products/Productos								
Cytokin	18	7.9	138.8	60.93	5.1	2.9	4.5	0
Maxigrow	17	6.7	143.7	58.43	4.7	2.9	6.1	0
Biozyme-TF	12.5	10.1	106.7	81.50	3.5	3.3	3.8	0
Foliar urea/Urea foliar	12.8	7.3	111.5	45.71	4.9	2.2	4.8	0
Control/Testigo	14.2	10.1	126.3	67.64	4.4	2.7	6.6	0
Tukey (5 %)	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	--
CV (%)	38.5	24.7	43.4	23.4	38.4	20.7	60.4	--

statistical significance during the second year, in some of the tested variables, is attributed to the alternate bearing effect (Lavee, 2006), since after a large amount of fruit on the trees (factor not evaluated) during the first cycle, plant reserves are diminished due to the high values of fruit set obtained (3.8 to 6.6%). (Fernández-Escobar, Ortiz-Urquiza, Prado & Rapoport, 2008), demonstrating a lower flower formation or lower complete flower formation. All this is reflected in low percentages of fruit set and therefore, in a drastic fall of fruit production (Cuevas & Polito, 1997; Ramírez-Santa Pau, Navarro & Rallo, 2002); in addition, if climatic conditions, especially high temperatures, were unfavorable, fruit set is further reduced showing only PF (Koubouris et al., 2009; Koubouris, Metzidakis & Vasilakakis, 2010; Vuletin et al., 2013), as happened in this study during the second year of the study. As an option, several studies have shown that the artificial pollen application can improve fruit set and olive fruit production, as well as reduce the presence of PF, using the appropriate pollinators (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris et al., 2010; Navarro, Fimbres, López & Robles, 2010; Navarro & López, 2003, 2013; Sibbett, Polito & Ferguson, 1992; Taslimpour, Bonyampour & Rahemi, 2008).

Effects on tree fruit flowering, fruit set and yield

Table 3 shows the effect of the growth regulators and foliar urea application on the flowering and fruit set characteristics in the olive trees; none of the variables showed statistical significance ($P > 0.05$), despite of important observed differences, especially in fruit set that were up to 100 %, showing Agromil-plus application the highest value with fruit set values higher than 4%. This value is high compared to the values of 1-2 %, which

Resultados y discusión

Efectos en la floración y amarre de frutos en olivo (dos ciclos)

En relación con las características de la floración y el amarre de frutos, los resultados se muestran en el Cuadro 2; donde se puede apreciar que el mayor número de inflorescencias, de flores y, por lo tanto mayor densidad floral se obtuvieron con las aplicaciones de Cytokin y Maxigrow, mientras los valores más bajos fueron con Biozyme-TF y Urea foliar. Las diferencias en el primer año no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.05$), mientras que en el segundo ciclo sí lo fueron ($P < 0.05$) para el número de inflorescencias y flores, destacando básicamente los mismos tratamientos mencionados anteriormente. Asimismo, se observa una gran diferencia en el número de inflorescencias, de flores y densidad floral, siendo superiores en el primer ciclo (hasta un 60 % más inflorescencias, flores y densidad floral). El amarre de frutos en el primer año no fue diferente estadísticamente ($P > 0.05$), mientras que en el segundo año no se tuvieron FN, solo FP. La falta de significancia estadística durante el segundo año, en algunas de las variables evaluadas, se atribuye al efecto de la alternancia (Lavee, 2006), ya que después de una gran carga de frutos en los árboles (factor no evaluado) durante el primer año, agotaron sus reservas debido a los altos valores de amarre de frutos obtenidos (3.8 a 6.6 %), (Fernández-Escobar, Ortiz-Urquiza, Prado & Rapoport, 2008), manifestándose en una menor formación de flores o menor formación de flores completas. Todo ello se refleja en bajos porcentajes de amarre de frutos y por lo tanto, en una caída drástica de la producción de frutos (Cuevas & Polito, 1997; Ramírez-Santa Pau, Navarro & Rallo, 2002); aunado a

Table 3. Effect of growth regulators and foliar urea applied on trees on flowering and fruit set of 'Manzanillo' olive fruits (one cycle).**Cuadro 3. Efectos de reguladores de crecimiento y urea foliar aplicados en árboles sobre la floración y amarre de frutos de olivo 'Manzanillo' (un ciclo).**

Products/Productos	Number of inflorescences / Número de inflorescencias	Number of flowers / Número de flores	Floral density (flowers·cm ⁻¹) / Densidad floral (flores·cm ⁻¹)	Fruit set (%) / Amarre de frutos (%)
Cytokinin	14.6	156.8	2.8	2.63
Agromil-plus	12.7	130.9	2.5	4.03
Maxigrow	15.9	169.4	3.2	2.02
Biozyme-TF	14.4	137.2	2.5	2.81
Foliar urea/Urea foliar	13.8	154.9	2.8	2.13
Control/Testigo	15.1	152.9	2.7	1.96
Tukey (5 %)	NS	NS	NS	NS
CV (%)	12.5	13.7	16.1	38.3

are reported as fruit set values sufficient to achieve a good olive fruit production according to Lavee (1986).

Figure 1 shows olive yield values obtained with different treatments, no statistical difference ($P > 0.05$) was observed among treatments; this could be due to the relatively high variation found ($CV=33.1\%$). The yields obtained are considered good, since all the treatments, except the treatment with urea, exceeded the regional average yield on trees in full production that is of $5\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; some treatments had yields higher than 60 % of the regional average. However, regardless of the lack of statistical significance, the differences in yield between the extreme treatments (Cytokinin vs. foliar urea) show a large difference, being that of $8.8\text{ kg}\cdot\text{tree}^{-1}$,

ello, si las condiciones climáticas, en especial de altas temperaturas, fueron poco favorables, el amarre de frutos se reduce aún más e incluso pueden presentarse sólo FP (Koubouris et al., 2009; Koubouris, Metzidakis & Vasilakakis, 2010; Vuletin et al., 2013), tal como sucedió en este trabajo durante el segundo año del estudio. Como una opción, varios estudios han demostrado que la aplicación artificial de polen puede mejorar el amarre de frutos y la producción de aceituna, así como reducir la presencia de FP, utilizando los polinizadores apropiados (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris et al., 2010; Navarro, Fimbres, López & Robles, 2010; Navarro & López, 2003, 2013; Sibbett, Polito & Ferguson, 1992; Taslimpour, Bonyampour & Rahemi, 2008).

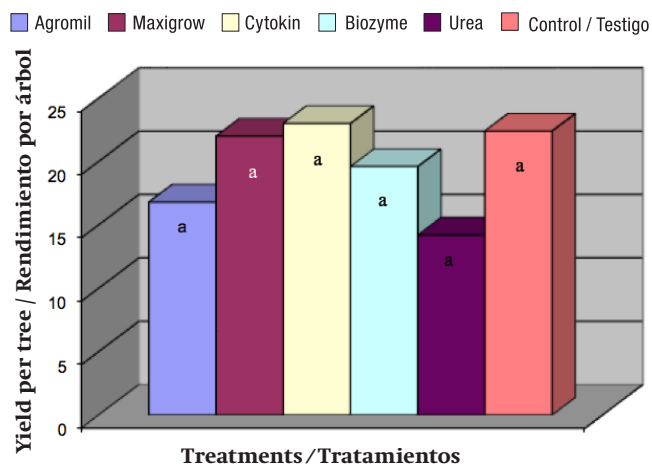


Figure 1. Olive yield in olive trees (*Olea europaea* L.) 'Manzanillo' variety in response to the application of bioregulators and foliar urea (third year).

Figura 1. Rendimiento de aceituna en árboles de olivo (*Olea europaea* L.) 'Manzanillo' en respuesta a la aplicación de biorreguladores y urea foliar (tercer año).

Efectos en floración, amarre y rendimiento de frutos en árboles

En el Cuadro 3 se muestra el efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento y urea foliar sobre las características de la floración y el amarre de frutos en árboles; en ninguna de las variables se encontró significancia estadística ($P > 0.05$), a pesar de observarse diferencias importantes, en especial en amarre de frutos que fueron de hasta 100 %, mostrando el valor más alto la aplicación de Agromil-plus con valores de amarre superiores al 4 %. Dicho valor es alto comparado con los valores del 1-2 %, que se reportan como valores de amarre de frutos como suficientes para lograr una buena producción de aceituna de acuerdo a lo citado por Lavee (1986).

Al observar la Figura 1, donde se muestran los valores del rendimiento de aceituna obtenidos con los diferentes tratamientos, vemos que igualmente no se encontró diferencia estadística ($P > 0.05$) entre estos; lo anterior pudo deberse a la variación relativamente alta que se encontró ($CV=33.1\%$). Los rendimientos obtenidos se consideran buenos, ya que todos los

which transformed is equivalent to a difference of 2.75 t·ha⁻¹, regarding the plot planting density (312 trees·ha⁻¹). This difference in yield would mean an income higher than \$ 24,000.00·ha⁻¹ for the grower, regarding a value of US\$600.00·t⁻¹ of olive fruit. Also, in this case we are talking about a semi-intensive plantation (312 trees·ha⁻¹), which gave us a greater increase in yield due to the greater number of trees. Finally, in this case we can see how an orchard with this tree density (medium-high density) and well managed, has the potential to achieve high production in the early years, in this case we are talking about a very young, five years-old 'Manzanillo' olive orchard, with a higher yield of 7 t·ha⁻¹. This last situation is something to be used to establish an olive orchard with these plant densities, and above all, that this advantage is in the early years of the orchard (Sibbett & Osgood, 2005).

Effect of high temperatures on fruit set

In the case of the evaluation carried out in olive trees in the third cycle, as was observed previously, no statistical difference was found between the treatments, obtaining in general good yields (in some cases with yields 60% higher than the average regional yield of 5 t·ha⁻¹). All this despite the fact that climatic conditions were not very favorable, due to the high temperatures that occurred during the period of flowering (Figure 2) with maximum temperature above 27 °C (temperature range of 22.0-37.3 °C). In this third production cycle, there were slightly more than 62 % of the days of the flowering period, with maximum temperatures above 27 °C (Table 4); on the other hand, in the second cycle every day we had maximum temperatures above 27 °C (Bradley, Griggs & Hartmann, 1961, Fernández-Escobar, Gómez-Valledor & Rallo, 1983), certainly affecting the flowering process and specially the viability and germination of pollen, growth of the pollen tube and fertilization (Cuevas, Pinillos & Polito, 2009; Fernández-Escobar et al., 2008) reflecting null values of fruit set and the abundance of PF (Table 4), as indicated by some authors (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris et al., 2010; Navarro & López, 2003, 2013; Navarro et al., 2010; Sibbett et al., 1992; Taslimpour et al., 2008;).

On the other hand, when we disaggregate and analyze empirically the information on the presence of high temperatures during the flowering period, we observe that dividing this period into three phases (thirds) shows that in the cycles where NF was obtained, there is a distribution less or equal to the number of days with temperatures above 27 °C in the three phases of the flowering period (Table 5); thus, in the first third of the flowering, we had 4-7 days (mean of 5.5) with these temperatures, while in the second and third cycle of the flowering the days increased to 7-9 (mean of 8) and

tratamientos, excepto el tratamiento con urea, superaron el rendimiento medio regional en árboles en plena producción que es de 5 t·ha⁻¹; en algunos tratamientos se obtuvieron rendimientos superiores en más del 60 % del promedio regional. Sin embargo, al margen de la falta de significancia estadística, las diferencias en rendimiento entre los tratamientos extremos (Cytokin vs Urea foliar) muestran una diferencia grande, siendo ésta de 8.8 kg·árbol⁻¹, lo cual transformado equivale a una diferencia de 2.75 t·ha⁻¹, considerando la densidad de plantación del lote (312 árboles·ha⁻¹). Esta diferencia en rendimiento significaría un ingreso extra al productor superior a \$24,000.00·ha⁻¹, considerando un valor de US\$600.00·t⁻¹ de aceituna. Igualmente, en este caso estamos hablando de una plantación semi intensiva (312 árboles·ha⁻¹), lo que nos dio un mayor incremento en rendimiento por el mayor número de árboles. Finalmente, en este caso también se puede ver cómo un huerto con esta densidad de árboles (densidad media-alta) y bien manejado, tiene el potencial para lograr alta producción en los primeros años, en este caso estamos hablando de un huerto de olivo 'Manzanillo', muy joven, de cinco años de edad, con rendimiento superior de 7 t·ha⁻¹. Esta última situación es algo que hay que aprovechar al establecer un huerto de olivo con estas densidades de plantación, y sobre todo, que esta ventaja se tiene en los primeros años de la plantación (Sibbett & Osgood, 2005).

Efecto de altas temperaturas sobre el amarre de frutos

En el caso de la evaluación hecha en árboles de olivo en el tercer ciclo, como se observó anteriormente, no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos, obteniéndose en general buenos rendimientos (en algunos casos con rendimientos 60 % superiores a la media de producción regional de 5 t·ha⁻¹). Todo ello a pesar de que las condiciones climáticas no fueron muy favorables, debido a las altas temperaturas que se presentaron durante el periodo de floración (Figura 2) máximas superiores a 27 °C (intervalo de temperaturas de 22.0-37.3 °C). En este tercer ciclo de producción, se tuvieron poco más del 62 % de los días del periodo de floración, con temperaturas máximas superiores a los 27 °C (Cuadro 4); en cambio, en el segundo ciclo todos los días se tuvieron temperaturas máximas superiores a 27 °C (Bradley, Griggs & Hartmann, 1961; Fernández-Escobar, Gómez-Valledor & Rallo, 1983), afectando seguramente el proceso de floración y en particular la viabilidad y la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico y la fecundación (Cuevas, Pinillos & Polito, 2009; Fernández-Escobar et al., 2008) reflejándose finalmente en valores nulos de amarre de frutos y la abundancia de FP (Cuadro 4), tal como lo señalan algunos autores (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris et al., 2010; Navarro & López,

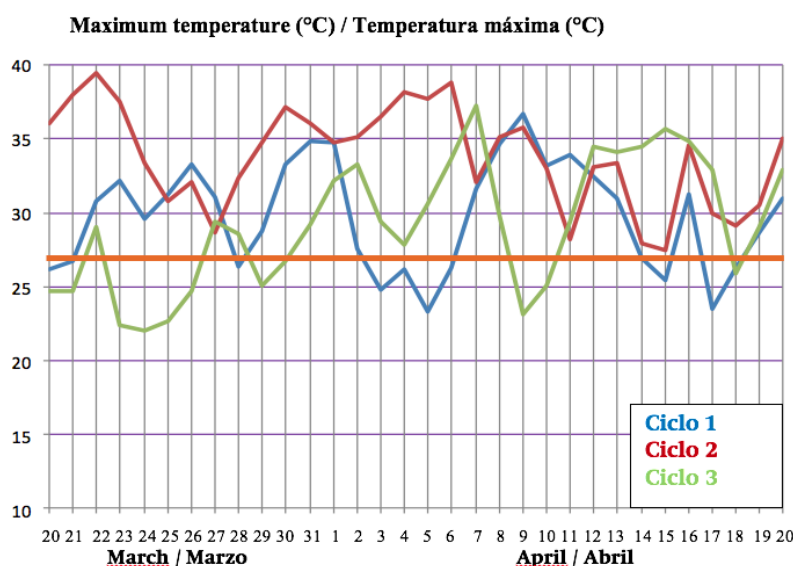


Figure 2. Maximum daily temperatures observed during the average flowering period in 'Manzanillo' olive tree in the region of Caborca, Sonora. (Orange line shows the limit temperature of 27 °C.)

Figura 2. Temperaturas máximas diarias observadas durante el periodo medio de floración en olivo 'Manzanillo' en la región de Caborca, Sonora. (Línea naranja muestra la temperatura límite de 27 °C.)

Table 4. Number of days with temperatures higher than 27 °C during the flowering period of 'Manzanillo' olive tree during three cycles in the region of Caborca, Sonora.

Cuadro 4. Número de días con temperaturas mayores a 27 °C durante el periodo de floración en olivo 'Manzanillo' durante tres ciclos en la región de Caborca, Sonora.

Cycle / Ciclo	Number of days with temperatures > 27 °C during flowering* / Número días con temperaturas > 27 °C durante floración*	Control fruit set (%) / Amarre de frutos del testigo (%)	Type of fruits / Tipo de frutos
1	22 (68.7)**	6.60	NF and PF / FN y FP
2	32 (100)	0	PF / FP
3	22 (68.7)	1.96	NF and PF / FN y FP

*Flowering period= 32 days.

**Percentage of days with temperatures > 27°C.

*Periodo de floración= 32 días.

**Porcentaje de días con temperaturas > 27°C.

Table 5. Distribution of the number of days with temperatures higher than 27 °C during flowering of 'Manzanillo' olive tree during three cycles in the region of Caborca, Sonora.

Cuadro 5. Distribución del número de días con temperaturas mayores a 27 °C durante la floración en olivo 'Manzanillo' durante tres ciclos en la región de Caborca, Sonora.

Cycle / Ciclo	Number of days with temperatures >27 °C in three flowering phase* / Núm. días con temperaturas >27 °C en tres fases de la floración*			Control fruit set (%) / Amarre de frutos en testigo (%)
	First third (20-30 March) / Primer tercio (20-30 marzo)	Second third (31 March-9 April) / Segundo tercio (31 mar-9 abril)	Third third (10-30 April) / Tercer tercio (10-30 abril)	
1	7/11 (63.6)**	7/10 (70)	8/11 (72.7)	6.6
2	11/11 (100)	10/10 (100)	11/11 (100)	0
3	4/11 (36.3)	9/10 (90)	9/11 (81.8)	1.96

* Flowering period= 32 days.

**Percentage of days with temperatures > 27°C in each flowering phase.

*Periodo de floración= 32 días.

**Porcentaje de días con temperaturas >27 °C en cada fase de la floración.

8-9 days (mean of 8.5) with maximum temperatures higher than 27 °C, respectively. This occurrence of high temperatures in an early, intermediate or late phase is very important, since it has been found that in the case of 'Manzanillo' the percentage of perfect or hermaphrodite flowers is significantly lower at the end of the flowering period, so that staminate flowers are more abundant (Seifi, Guerin, Kaiser & Sedgley, 2008). In fact, these authors report that the first flowers that open in the inflorescences of 'Manzanillo' are the terminals and regularly these flowers are perfect, and they have a greater persistence of the petals. Also, in this first third or first half of the flowering period, there is a higher probability of having lower maximum temperatures exposition compared to the last third or the second half of the flowering period in this desertic zone (Navarro et al., 2003; Navarro & López, 2013) and in other areas such as southern Italy, which is therefore associated with low percentages of fruit set (Orlandi, Romano & Fornaciari, 2005).

On the other hand, some studies have shown that the air temperature around 25 °C is the most favorable to accelerate the growth of the pollen tube *in vivo*, to advance the fertilization and to achieve a good initial fruit set (Cuevas et al., 1994). The same can be said to favor the germination of olive pollen (Fernández-Escobar et al., 2008) as well as other fruit species such as avocado, pear, mango and papaya. In studies with various olive varieties it has been determined that at a temperature of 35 °C, pollen germination *in vitro* and pollen tube growth are reduced (Fernández-Escobar et al., 2008), as in the case of the variety 'Manzanillo' at temperatures of 30 °C (Cuevas et al., 2009). On the other hand, Koubouris et al. (2009) report that at that temperature, the length of the pollen tube increases.

In this case, we assume that the absence of NF was due to a combination of low tree reserves (variable not evaluated) and the presence of high temperatures during the period of flowering in the second cycle (Figure 2); in this Figure it can be seen that in the second cycle of the crop, more than 93 % of the days had temperatures above 27 °C, which is considered as the critical temperature to achieve a good pollination and fertilization of olive flowers (Bradley et al., 1961; Fernández-Escobar et al., 1983). In this case, under this combination of factors, the final result was the occurrence of PF in the second cycle, which could be reduced by using appropriate pollinators (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris et al., 2010; Navarro & López, 2003, 2013; Navarro et al., 2010; Sibbett et al., 1992; Taslimpour et al., 2008; Vuletin, Cuevas, Goretta & Perica, 2014) for each production area. This situation was more critical and important so that the olive tree could not achieve a good fruit set, despite of having applied some bioregulators and nutrients such as N foliar applied, which was not enough to supply

2003, 2013; Navarro et al., 2010; Sibbett et al., 1992; Taslimpour et al., 2008;).

Por otro lado, al desglosar y analizar empíricamente la información de la presencia de altas temperaturas durante el periodo de floración, observamos que al dividir dicho periodo en tres fases (tercios) se ve que en los ciclos donde se obtuvieron FN, hay una distribución menor o igual del número de días con temperaturas superiores a 27 °C en las tres fases del periodo de floración (Cuadro 5); así, en el primer tercio de la floración se tuvieron de 4-7 días (media de 5.5) con estas temperaturas, mientras que en el segundo y tercer tercio de la floración aumentaron los días a 7-9 (media de 8) y 8-9 días (media de 8.5) con temperaturas máximas mayores a 27 °C, respectivamente. Esta ocurrencia de altas temperaturas en una fase temprana, intermedia o tardía es muy importante, ya que se ha encontrado que en el caso de 'Manzanillo' el porcentaje de flores perfectas o hermafroditas es significativamente menor al final del periodo de floración, por lo que las flores estaminadas son más abundantes (Seifi, Guerin, Kaiser & Sedgley, 2008). De hecho, estos autores reportan que las primeras flores que abren en las inflorescencias de 'Manzanillo' son las terminales y regularmente dichas flores son perfectas, además de que tienen una mayor persistencia de los pétalos. Asimismo, en este primer tercio o la primera mitad del periodo de floración, regularmente hay una mayor probabilidad de tener temperaturas máximas menores en comparación al último tercio o a la segunda mitad del periodo de floración en esta zona desértica (Navarro et al., 2003; Navarro & López, 2013) y en otras zonas como el sur de Italia, lo que en consecuencia se asocia a bajos porcentajes de amarre de frutos (Orlandi, Romano & Fornaciari, 2005).

Por otro lado, algunos trabajos han demostrado que la temperatura del aire alrededor de 25 °C es la más favorable para acelerar el crecimiento del tubo polínico *in vivo*, adelantar la fertilización y lograr un buen amarre inicial de frutos (Cuevas et al., 1994). Lo mismo se puede decir para favorecer la germinación del polen de olivo (Fernández-Escobar et al., 2008) así como en otras especies de frutales como aguacate, pera, mango y papaya. En estudios con diversas variedades de olivo se ha determinado que a una temperatura de 35 °C, la germinación del polen *in vitro* así como el crecimiento del tubo polínico se reducen (Fernández-Escobar et al., 2008), al igual que en 'Manzanillo' a temperaturas de 30 °C (Cuevas et al., 2009). Por otro lado, Koubouris et al. (2009) reportan que a esa temperatura, en lugar de reducirse, se incrementa la longitud del tubo polínico.

En nuestro caso suponemos que la ausencia de FN, se debió a una combinación de la baja de reservas de los árboles (variable no evaluada) y a la presencia de altas temperaturas durante el periodo de floración en

the low reserves in the trees. Possibly, the seasonal application could be a viable alternative for the partial recovery of the olive trees, since when applied in the spring (before flowering) the buds and future flowers and shoots were already affected by the decrease of reserves, due to the probably high production attained (value not quantified because the evaluation was at the shoot level in the first two seasons) with the high fruit set observed in the olive trees during the first season. This situation highlights the climatic factor (high temperatures during flowering) as a decisive factor of the olive orchard productivity, especially under hot and desert climate, as occurred in this study.

Conclusions

In years of high flowering, high fruit set values were obtained, with no statistical difference; on the other hand, under conditions of reduced flowering, statistical differences in flowering were detected, although zero fruit set and, therefore, only presence of PF. A variable response was found to the application of bioregulators and foliar urea in the three years of the study. This was due to the alternate bearing factor in the production and to the conditions of high temperatures during flowering that finally determined the presence/absence of NF. Agromil-plus and Biozyme-TF were superior in NF number, uniformity in the variables evaluated and the lowest PF/NF ratios. The early or late occurrence of high temperatures (> 27 °C) during flowering, has a different influence on fruit set.

End of English version

References / Referencias

- Ayerza, R., & Coates, W. (2004). Supplemental pollination-increasing olive (*Olea europaea*) yields in hot, arid environments. *Experimental Agriculture*, 40(04), 481-491.
- Bradley, M., Griggs, W., & Hartmann, H. (1961). Studies on self-and cross-pollination of olives under varying temperature conditions. *California Agriculture*, 15(3), 4-5.
- Cuevas, J., Rallo, L., & Rapoport, H. (1994). Initial fruit set at high temperature in olive, *Olea europaea* L. *Journal of Horticultural Science*, 69(4), 665-672.
- Cuevas, J., & Polito, V.S. (1997). Compatibility relationship in 'Manzanillo' olive. *HortScience*, 32, 1056-1058.
- Cuevas, J., Pinillos, V., & Polito, V. S. (2009). Effective pollination period for 'Manzanillo' and 'Picual' olive trees. *J. Hort. Sci. Biotech*, 84, 370-374.
- Díaz, M. (2002). *Fisiología de árboles frutales*. México, Ciudad de México: AGT Editor
- Espíndola, B. M., Cano, M. R., Rodríguez, A. J., & Sánchez, G. P. (2008). Amarre de fruto en aguacate 'Hass' con aplicaciones de AG₃, N y anillado. *Agricultura Técnica en México*, 34(4), 407-419.

el segundo ciclo (Figura 2); en dicha figura se puede ver que en el segundo ciclo del cultivo, más del 93 % de los días mostraron temperaturas superiores a 27 °C, la cual se considera como la temperatura crítica para lograr una buena polinización y fertilización de las flores en olivo (Bradley *et. al.*, 1961; Fernández-Escobar *et al.*, 1983). En este caso, bajo esta combinación de factores, el resultado final fue la aparición de FP en el segundo ciclo, lo cual pudiera reducirse utilizando polinizadores apropiados (Ayerza & Coates, 2004; Cuevas & Polito, 1997; Koubouris *et al.*, 2010; Navarro & López, 2003, 2013; Navarro *et al.*, 2010; Sibbett *et al.*, 1992; Taslimpour *et al.*, 2008; Vuletin, Cuevas, Goreta & Perica, 2014) para cada zona de producción. Esta situación fue más crítica e importante para que el olivo no pudiera lograr un buen amarre de frutos, a pesar de haber aplicado algunos biorreguladores y nutrientes como el N utilizando urea vía foliar, los cuales no suplieron la baja de reservas en los árboles. Posiblemente, la época de aplicación podría ser una alternativa viable para la recuperación parcial de los árboles de olivo, ya que al aplicarse en la primavera (antes de la floración) las yemas y futuras flores y brotes ya estaban afectadas por la baja de reservas.

Conclusiones

En años de alta floración se obtuvieron valores elevados de amarre de frutos, sin diferencia estadística; por otro lado, bajo condiciones de floración reducida se detectaron diferencias estadísticas en floración, aunque cero amarre de frutos y por lo tanto, solo presencia de FP. Se encontró una respuesta variable a la aplicación de biorreguladores y urea foliar en los tres años del estudio. Lo anterior fue debido al factor de alternancia en la producción y a las condiciones de altas temperaturas durante la floración que determinaron finalmente la presencia/ausencia de FN. Agromil-plus y Biozyme-TF sobresalieron en número de FN, uniformidad en las variables evaluadas y las relaciones más bajas de FP/FN. La ocurrencia temprana o tardía de altas temperaturas (> 27 °C), durante la floración, influye de manera diferente en el amarre de frutos.

Fin de la versión en español

- Fernández-Escobar, R., Gómez-Valledor, G., & 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
- Fernández-Escobar, R., Ortiz-Urquiza, A., Prado, M., & Rapoport, H. F. (2008). Nitrogen status influence on olive tree flower quality and ovule longevity. *Environmental and Experimental Botany*, 64, 113-119.
- Freeman, M., Uriu, K., & Hartmann, H. T. (2005). Diagnosing and correcting nutrient problems. In: Sibbett, G.S. and Ferguson, L. (eds). *Olive Production Manual* (2nd edition,

- pp. 83-92). Oakland, CA.: University of California, Agriculture and Natural Resources.
- González, M., Hueso, J. J., Alonso, F., & Cuevas, J. (2013). Foliar application of urea advances budbreak, bloom and harvest in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Acta Horticulturae*, 975, 269-274.
- Iannotta, N., Perri, L., Zaffina, F., & Priore, V. (1999). The influence of different types of treatment on fruit set in the carolea cultivar (*Olea europaea* L.). *Acta Horticulturae*, 474, 305-308.
- Koubouris, G. C., Metzidakis, I. T., & Vasilakakis, M. D. (2009). Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 67, 209-214.
- Koubouris, G. C., Metzidakis, I. T., & Vasilakakis, M. D. (2010). Influence of cross-pollination on the development of parthenocarpic olive (*Olea europea* L.) fruits (shotberries). *Exp. Agric.*, 46, 67-76.
- Lavee, S. (1986). Olive. In: Monselise, S.P. (ed), *Handbook of fruit set and development* (pp. 261-276). Boca Raton: CRC Press.
- Lavee, S. (2006). Biennial bearing in olive (*Olea europaea* L.). *Olea*, 25, 5-13.
- Martin, G. C., Nishijima, C., & Early, J. D. (1993). Sources of variation in olive flower and fruit populations. *HortScience*, 28, 697-698.
- Martin, G. C., Ferguson, L., & Sibbett, G. S. (2005). Flowering, pollination, fruiting, alternate bearing, and abscission. In: Sibbett, G. S. and Ferguson, L. (eds). *Olive Production Manual* (2nd edition, pp. 49-54). Oakland, CA.: University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Navarro, A. J. A. C., Grijalva, R., & López, C. A. (2003). Manzanillo olive fruit set as influenced by the source of pollen in a desertic condition. *HortScience*, 38, 813.
- Navarro, A. J. A. C., & López, C. A. (2003). *Floración y productividad en olivo bajo condiciones desérticas*. Día de Campo 2003. Publicación Técnica No. 7. INIFAP-Campo Experimental Caborca. Pp. 8-13.
- Navarro, A. J. A. C., Fimbres, F. A., López, C. A., & Robles, C. F. (2010). Comportamiento productivo de módulos demostrativos de olivo (*Olea europaea* L.) en huertos comerciales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9, 61-66.
- Navarro, A. J. A. C., & López, C. A. (2013). Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo 'Manzanillo' con polinización cruzada. *Agronomía Mesoamericana*, 24, 393-400.
- Orlandi, F., Romano, B., & Fornaciari, M. (2005). Relationship between flowering and heat units to analyze crop efficiency of olive cultivars located in southern Italy. *HortScience*, 40, 64-68.
- Pérez-Barraza, M. H., Vázquez-Valdivia, V., Osuna-García, J. A., & Urías-López, M. A. (2009). Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpico en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), 183-188.
- Ramírez-Santa, P. M., Navarro, C., & Rallo, L. (2002). Relationship among flowering, fruitfulness and crop in 'Manzanilla de Sevilla' olives. *Acta Horticulturae*, 586, 317-320.
- SAS Institute. (1998). SAS user's guide: statistics. Version 6.12. SAS Institute. Cary, N.C., USA.
- Seifi, E., Guerin, J., Kaiser, B., & Sedgley, M. (2008). Inflorescence architecture of olive. *Scientia Horticulturae*, 116, 273-279.
- Sibbett, S., & Osgood, J. (2005). Site selection and preparation, tree spacing and design, planting and initial training. In: G. S. Sibbett and L. Ferguson (eds), *Olive Production Manual* (2nd edition, pp. 27-34). Oakland, California: University of California, Agricultural and Natural Resources.
- Sibbett, S., Polito V. S., & Ferguson, L. (1992). Effect of topically applied 'Sevillano' pollen on normal seeded and parthenocarpic 'shotberry' fruit set of 'Manzanillo' olive. *HorTechnology*, 2, 228-230.
- Singh, S., Malik, A. U., & Davenport, T. L. (2005). Fruit drop in mango. In: Janick, J. (ed). *Horticultural Reviews*, 31, 111-153.
- Spinardi, A., & Bassi, D. (2012). Olive fertility as affected by cross-pollination and boron. *Scientific World Journal*, 1-9.
- Taslimpour, M., Bonyampour, A., & Rahemi, R. (2008). Determining the best pollinizer of olive (*Olea europaea* L.) ('Deszfoul') in Farz Province. *Am.-Euras. J. Agric. Environ. Sci.*, 4, 682-686.
- Vuletin, S. G., Perica, S., Goreta, B. S., & Poljak, M. (2013). The effect of temperature and genotype on pollen performance in olive (*Olea europaea* L.). *Sci. Hort.*, 156, 38-46.
- Vuletin, S. G., Cuevas, J., Goreta, B. S., & Perica, S. (2014). Pollen tube performance in assessment of compatibility in olive (*Olea europaea* L.). *Sci. Hort.*, 165, 36-43.
- Weaver, R. J. (1984). *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. México, Ciudad de México: Trillas.