

Producción de frutos y calidad de semilla en cruzas de variedades de *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch

Fruit production and seed quality in crosses of varieties *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch

Produção e qualidade dos frutos de variedades de sementes *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch

Teresa de Jesús Rodríguez Rojas¹, María Andrade Rodríguez^{1*},
Oscar G. Villegas Torres¹, Irán Alia Tejacal¹,
Maria Teresa Colinas León², Jaime Canul Ku³

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001. 62209. Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Chapingo, Estado de México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Zacatepec-Galeana, Km. 0.5, 62780. Colonia Centro, Zacatepec, Morelos, México.

Resumen

En México la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es el principal cultivo de la temporada navideña, pero su producción depende de las variedades generadas en el extranjero; por eso existe la necesidad de impulsar programas de mejoramiento genético, con el objeto de generar variedades nacionales adaptadas a las condiciones ambientales del país, con precios accesibles al productor. El estudio tuvo como objetivo realizar cruzas de tres variedades de sol con tres variedades de sombra de nochebuena para evaluar la producción de frutos y calidad de las semillas. Las variedades de sol usadas fueron 'Amanecer navideño', 'Belén', y 'Juan Pablo'; las variedades de sombra fueron 'Burgundy', 'Ice punch', y 'Festival red'. Se evaluó el amarre del fruto y a cada fruto se le

Recibido el 31-08-2016 • Aceptado el 05-12-2016

*Autor de correspondencia e-mail: maria.andrade@uaem.mx

midió el largo, diámetro, biomasa y número de semillas; también se evaluaron las características de las semillas. Las cruces en las que se utilizaron variedades de sombra como progenitor femenino no formaron frutos. La cruce 'Amanecer navideño' x 'Festival red' tuvo un porcentaje mayor de amarre de frutos (24%) y se formaron al menos 1,2 semillas por fruto, también fue el cruzamiento con mayor germinación de semillas (64%). El mejor progenitor femenino fue 'Amanecer navideño' y el mejor progenitor masculino 'Festival red'.

Palabras clave: fruto, México, nochebuena, polinización controlada, semillas, variedades.

Abstract

In Mexico poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) is the main Christmas season crop, but its production depends on the varieties generated abroad; thus there is the need to promote poinsettia breeding programs in order to generate domestic varieties adapted to the environmental conditions of the country with affordable prices to the producers. Because of the latter, the aim of the research was to make crosses of three sun varieties with three shade varieties of poinsettia to evaluate the fruit production and seed quality. The sun varieties used were 'Amanecer navideño', 'Belen', and 'Juan Pablo'. The shade varieties were 'Burgundy', 'Ice Punch', and 'Festival red'. The fruit set was evaluated, and the length, diameter, biomass and number of seeds of each fruit were measured; the characteristics of the seeds were also evaluated. The variance analysis and mean comparison test were performed. The crosses where the shade varieties served as female parent did not form fruits. 'Amanecer navideño' x 'Festival red' had higher fruit set (24%) and at least 1.2 seeds were formed per fruit; was also the crossing with more seed germination (64%). The best female progenitor was 'Amanecer navideño' and the best male progenitor 'Festival red'.

Key words: fruit, Mexico, poinsettia, controlled pollination, seeds, varieties.

Resumo

No México véspera de Natal (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) é a principal cultura da temporada de férias, mas a sua produção depende das variedades geradas no exterior; por isso há a necessidade de promover programas de melhoramento, a fim de gerar variedades nacionais adaptadas às condições ambientais do país, com preços ao produtor acessíveis. O estudo teve como objetivo realizar cruzamentos de três variedades de guarda-sol com três variedades de poinsettias para avaliar a produção de frutos e qualidade das sementes. As variedades sol utilizados foram 'Amanecer navideño', 'Belén', e 'Juan Pablo'; variedades de sombra eram 'Burgundy', 'Ice Punch' e 'Festival red'. Amarração do fruto foi avaliado e cada fruto, foram medidos o comprimento, diâmetro, biomassa e número de sementes; as características das sementes foram também avaliadas. Cruzamentos em que variedades de sombra usado como progenitor feminino

não formaram frutos. As cruces ‘Amanecer navideño’ x ‘Festival red’ teve uma maior percentagem de frutificação (24%) e pelo menos 1,2 sementes por fruto foram formados, foi também o cruzamento com a maior germinação das sementes (64%). O melhor pai do sexo feminino foi ‘Amanecer navideño’ e melhor rede do progenitor masculino foi ‘Festival red’.

Palavras-chave: fruta, México, poinsettia, polinização controlada, sementes, variedades.

Introducción

La nochebuena es la especie más importante del género *Euphorbia*. Se distribuye en forma silvestre en los bosques tropicales caducifolios de la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa en México, hasta Guatemala (Steinmann, 2002); es originaria del sur de México y el norte de Guatemala. Joel Roberts Poinsett la encontró en la región de Taxco, Guerrero, de donde se considera, es su centro de origen. En su hábitat nativo es un arbusto leñoso que florece en invierno y llega a crecer más de 3 m de altura (Taylor *et al.*, 2011; Ingram, 2014). Es la planta en maceta más importante desde el punto de vista económico, con ventas anuales de cientos de millones de dólares (USDA, 2015); es muy solicitada como ornamental en jardines y espacios públicos, y también como planta medicinal debido a su composición química (Colinas-León, 2009). En la última década se ha incrementado la superficie destinada a su cultivo, lo que se ha visto reflejado en el aspecto económico. Se producen alrededor de 30 millones de plantas de nochebuena al año, con un valor de la producción de \$US 23.320.834; la producción de estas plantas se concentra en los estados de Morelos, Michoacán, Distrito Federal, Puebla, Jalisco, Estado de México y Oaxaca, que producen alrededor de 30 variedades (SIAP, 2014).

Introduction

Poinsettia is the most important species of *Euphorbia*. It is distributed as a wild species in deciduous tropical forests of the Pacific slope, from Sinaloa in Mexico to Guatemala (Steinmann, 2002); it is native from southern Mexico and Northern Guatemala. Joel Roberts Poinsett found it in Taxco, Guerrero. On its native habitat, poinsettia is a woody shrub that blooms in winter and grows more than 3 m of height (Taylor *et al.*, 2011; Ingram, 2014). It is the most important plant in pot from the economic point of view, with yearly sales of hundreds of millions of dollars (USDA, 2015). It is very popular as an ornamental plant in gardens and public spaces, and it is also known as a medicinal plant due to its chemical composition (Colinas-León, 2009). In the last decade, the area committed to its cultivation has increased, which has been observed in the economic aspect. Approximately 30 million of poinsettia plants are harvested every year, with a production value of \$US 23,320,834; the production of these plants has focused in the states of Morelos, Michoacan, Federal District, Puebla, Jalisco, State of Mexico and Oaxaca, producing approximately 30 varieties (SIAP, 2014).

Ramírez y Cháves-Servia (2014) reportaron que el 90% de la producción florícola se destinó a satisfacer el mercado local y nacional, principalmente a las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, México; y solo el 10% de la producción se exportó como flor de corte y esquejes. En la mayoría de las especies se depende en 100% de las variedades mejoradas importadas tanto como propágulos o como semillas; esto crea una dependencia del exterior por material vegetal e incrementos en los costos de producción.

El mejoramiento genético de nochebuena ha sido efectuado en países como Estados Unidos de Norte América, Francia, Noruega, Austria y Alemania, donde se han generado variedades cuyas principales características son la resistencia mecánica al transporte, resistencia al frío, color, forma y tamaño de las brácteas novedosos (no existentes en variedades comerciales), el porte y el vigor de la planta, reducción a la sensibilidad al etileno, y mayor duración de las brácteas (Taylor *et al.*, 2011).

México es productor y exportador de nochebuena; sin embargo, carece de material vegetal mejorado o semilla mejorada (Mejía *et al.*, 2006). En Estados Unidos de Norte América un esqueje de nochebuena cuesta 10 centavos de dólar; sin embargo, en México dicho esqueje cuesta en promedio 20 centavos de dólar, la diferencia en precio se debe principalmente al pago de regalías a las empresas que generaron las nuevas variedades.

Ramírez and Cháves-Servia (2014) reported that the 90% of the floricultural production was destined to satisfy the local and national market, mainly to the cities of Mexico, Guadalajara and Monterrey, Mexico; and only 10% of the production is exported as a cutting flower. In most of the species it is depended on 100% of improved imported varieties as propagules and seeds; this creates dependence from the outside by the vegetal plant and increments in the production costs.

The breeding improvement of poinsettia has been carried out in countries such as The United States of America, France, Norway, Austria and Germany, where varieties whose main features are the mechanical resistance to the transport have been generated, as well as resistance to the cold, color, form and size of the new bracts (not existing in commercial varieties), the vigor of the plant, sensitivity reduction to ethylene, and greater duration of bracts (Taylor *et al.*, 2011).

Mexico is a producer and exporter of poinsettia; however, it lacks of improved plant material or improved seed (Mejía *et al.*, 2006). In The United States of America a cutting of poinsettia costs 10 cents of dollar; however, in Mexico the same cutting costs approximately 20 cents of dollar, the difference in price is mainly due to the payment of royalties to the companies that generated them new varieties.

The imported varieties of poinsettia have problems as lack or excessive vegetative growth, early

Las variedades de nochebuena importadas presentan problemas como falta o exceso de crecimiento vegetativo, inicio de floración temprana (en septiembre) o bien la falta de pigmentación en las brácteas. Lo anterior ha sido señalado como consecuencia de las diferencias climáticas entre las zonas de producción y las áreas de generación de las variedades (Hawley, 2004). Lo anterior indica la necesidad de generar variedades en cada país, como México es su centro de origen tiene la ventaja de que cuenta con plantas silvestres y variedades denominadas de sol (crecen y florecen en condiciones de sol en jardines), que han sido domesticadas rudimentariamente en jardines caseros, considerándose cercanas a las nochebuenas silvestres, ambos tipos de nochebuenas podrían ser utilizadas como fuente de genes para nuevas variedades (Villegas *et al.*, 2015), ya que Trejo-Hernández *et al.* (2015) encontraron que las nochebuenas silvestres presentaron diversidad genética amplia (0,914), en tanto que en las variedades de sol fue de 0,453 a 0,50.

La información sobre los métodos de mejoramiento genético usados en nochebuena es escasa, se conoce lo referente a las patentes de las variedades registradas; Stewart (1960) señaló que el color blanco de las brácteas se debe a un solo gen recesivo, el cual bloquea la producción de antocianinas. Kleffel *et al.* (1986) aplicaron rayos X a cultivos embriogénicos en suspensión para inducir mutaciones *in vitro*. También Preil *et al.* (2012) describieron el

flowering (in September) or lack of pigmentation in the bracts. The latter has been mentioned as a consequence of the climatic differences between the production areas and the generation areas of the varieties (Hawley, 2004). It suggests the need to generate varieties in each country, and since Mexico is its origin area it has the advantage that it has wild plants sun varieties (grow and flower in sun conditions in gardens), that have been crudely domesticated in home gardens, being close to the wild poinsettias, both types of poinsettias could be used as genes source for new varieties (Villegas *et al.*, 2015), since Trejo-Hernández *et al.* (2015) found that wild poinsettias showed wide breeding diversity (0.914), meanwhile in the sun varieties it was from 0.453 to 0.50.

There is little information on the breeding methods used in poinsettia; however, the patents of the registered varieties are known; Stewart (1960) mentioned that the white color of the bracts is due to a single recessive gene which blocks the production of anthocyanins. Kleffel *et al.* (1986) applied x-ray to embryogenic cultures in suspension to induce *in vitro* mutations. Additionally, Preil *et al.* (2012) described the improvement of poinsettias for tolerating low temperature attained through *in vitro* mutations and using colchicine. Canul *et al.* (2012), Canul-Ku *et al.* (2015) indicated that poinsettia could be improved through hybridization, selection and mutagenesis. Is has also sought the breeding improvement through the genetic transformation

mejoramiento de nochebuenas para tolerancia a temperaturas bajas logrado mediante mutaciones *in vitro*, utilizando colchicina. Canul *et al.* (2012), Canul-Ku *et al.* (2015) indicaron que la nochebuena podría mejorarse mediante hibridación, selección y mutagénesis. Se ha buscado también el mejoramiento genético mediante transformación genética mediada por *Agrobacterium* (Clarke *et al.*, 2008); recientemente, Sagvaag (2015) utilizó transformación genética para generar nochebuenas con brácteas de color azul y púrpura, pero no tuvo éxito.

En México el mejoramiento genético de nochebuena es reciente. En 2010 lo inició de manera sistematizada el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (en el Campo Experimental de Zacatepec, Morelos), en donde por hibridación han obtenido nueve genotipos cuyos progenitores femeninos fueron materiales silvestres de los estados de Oaxaca, Morelos, Puebla y Guerrero, en tanto que los progenitores masculinos fueron 'Freedom Red' y 'Prestige' (Canul-Ku *et al.*, 2013).

La nochebuena es una planta arbustiva que alcanza hasta 5 m de altura, presenta flores femeninas simples, sin pétalos ni sépalos, rodeadas por flores masculinas que están encerradas en una estructura denominada ciatio (Ecke *et al.*, 2004), en cada flor hay un nectario que atrae a los polinizadores. La producción de frutos y semillas es fundamental en el mejoramiento genético convencional; Tokuoka y Tobe (2003) indicaron que los frutos de nochebuena son esquizocarpos

mediated by *Agrobacterium* (Clarke *et al.*, 2008); recently, Sagvaag (2015) used genetic transformation to generate poinsettias with blue and purple bracts, but did not have success.

In Mexico the breeding improvement of poinsettias is new. In 2010, the National Institute of Forest, Agriculture and Livestock Research (in the experimental field of Zacatepec, Morelos), initiated it in a systematized way, obtaining through hybridization nine genotypes whose female progenies were wild materials in the states of Oaxaca, Morelos, Puebla and Guerrero, while the male progenitors were 'Freedom Red' and 'Prestige' (Canul-Ku *et al.*, 2013).

Poinsettia is a shrubby plant that reaches up to 5 m of height, it has female flowers without petals or sepals, surrounded by male flowers that are enclosed in a structure called cyathium (Ecke *et al.*, 2004), and each flower has a nectary that attracts pollinators. The fruit and seed production is essential in conventional breeding; Tokuoka and Tobe (2003) indicated that poinsettia fruits are schizocarp with three carpels with a central column and one ovule per carpel, forming a maximum of three seeds, and the ripened fruit was narrower because not all seeds were formed; the fruits were dehiscent since they opened when ripened releasing the seeds. Canul *et al.* (2012) reported that poinsettia seeds collected in the states of Nayarit, Morelos and Guerrero presented a polar diameter of 7.98; 7.56, and 7.17 mm and an equatorial diameter of

tricarpeles con una columna central y un óvulo por carpelo, en los cuales se forma un máximo de tres semillas, al no formarse todas las semillas, el fruto maduro fue más angosto; los frutos fueron dehiscentes, ya que se abrieron al madurar liberando las semillas. Canul *et al.* (2012) reportaron que las semillas de nochebuena recolectadas en los estados de Nayarit, Morelos y Guerrero presentaron diámetro polar de 7,98; 7,56, y 7,17 mm, diámetro ecuatorial de 7,04; 6,21 y 6,08 mm, y biomasa de 174, 131, y 120 mg, respectivamente. Vargas (2012) observó que las nochebuenas de sol produjeron semillas sin intervención humana porque la polinización fue entomófila. Sin embargo, en mejoramiento genético la polinización debe ser controlada y la efectividad de la fecundación dependerá de los progenitores elegidos para los cruzamientos, como señalaron Canul *et al.* (2012), la selección de progenitores fue uno de los factores importantes para lograr el éxito en la hibridación. Los progenitores deberían producir polen viable en gran cantidad, que el periodo de liberación del mismo sea prolongado, y que tengan capacidad de producir semillas en grandes cantidades (Huang y Chu, 2008).

Como se mencionó anteriormente, las semillas de nochebuena se usan con fines de mejoramiento genético, cada semilla puede dar lugar a un fenotipo diferente, situación que se ha considerado indeseable cuando lo que se busca es producir plantas homogéneas para la comercialización; en este caso, la propagación se hace

7.04; 6.21 and 6.08 mm; and a biomass of 174, 131, and 120 mg, respectively. Vargas (2012) observed that sun poinsettias produced seeds without human intervention because the pollination entomophilous. However, pollination must be controlled in breeding improvement and the effectiveness of fertilization will depend on elected progenies to the crosses, as mentioned by Canul *et al.* (2012), the progenies selection was one of the important factors for the success in hybridization. Progenies should produce viable pollen in large quantity, that the release of the same period is prolonged, and with capacity of producing seeds in large quantities (Huang and Chu, 2008).

As mentioned above, poinsettia seeds are used for breeding improvements, each seed can derive a different phenotype, situation which is an undesirable situation when the purpose is to produce homogeneous plants for marketing; in this case, propagation is performed by cuttings (Rangel-Estrada *et al.*, 2015) or by stakes (Colinas *et al.*, 2015).

There is a need to promote breeding programs on poinsettia, with the purpose of generating national varieties adapted to the environmental conditions of the country, with features that make them competitive with imported varieties and accessible prices to the producer. Because of the latter, the objective of this research was to evaluate the fruit production and seed quality resulting from crosses of sun and shade varieties of poinsettias.

por esquejes (Rangel-Estrada *et al.*, 2015) o por estacas (Colinas *et al.*, 2015).

Existe la necesidad de impulsar programas de mejoramiento genético en nochebuena, con el propósito de generar variedades nacionales adaptadas a las condiciones ambientales del país, con características que las hagan competitivas con las variedades importadas y precios accesibles al productor. En respuesta a esto, el objetivo del estudio fue evaluar la producción de los frutos y calidad de semillas resultantes de cruzamientos entre variedades de nochebuena de sol y de sombra.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, con ubicación geográfica de 18°58'54,71" y 99°13'59,14" O, y 1876 msnm. El clima es semi-cálido semi-húmedo A (C) w2, presenta un régimen de lluvias de 1200 mm anuales en promedio y una temperatura media anual de 21,5 °C (García, 1981).

Características de las variedades investigadas

Las variedades de sol (nochebuena para jardín) seleccionadas fueron 'Amanecer navideño', 'Belén', y 'Juan Pablo', cuyas características fueron: resistencia al sol, brácteas angostas (5 cm aproximadamente), inicio de floración precoz (finales de octubre para el Estado de Morelos, México),

Materials and methods

The research was carried out in the experimental field of the Agriculture Faculty, Autonomous University of State of Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico, with coordinates 18°58'54,71" N and 99°13'59,14" W, and 1876 masl. The weather is semi-hot and semi-humid A (C) w2, with an average rain regime of 1200 mm annually and an annual average temperature of 21.5 °C (García, 1981).

Characteristics of the investigated variables

The selected sun varieties (poinsettias for the garden) were 'Amanecer navideño', 'Belen', and 'Juan Pablo', whose characteristics were: resistance to the sun, narrow bracts (5 cm approximately), early flowering (late October for the State of Morelos, Mexico), and duration of the flowering of 80 d approximately; these varieties bloomed without covering them with black plastic to give them additional hours of darkness to the growing season, as with imported varieties of shadow.

The shadow varieties (for interior) were: 'Burgundy' whose plants were compact with 7 to 8 branches, broad bracts (6.54 cm approximately), intermediate flowering (in Morelos it started the second week of November), duration of flowering of 120 d, purple bracts (purple gray group N77); 'Ice punch' which had plants with irregular shape with 7 to 8 branches, wide leaves (6 to 8 cm), webbed shape, late flowering (the fourth week of November, in Morelos) and flowering duration of 100 approximately, the

y duración de la floración de 80 d aproximadamente; estas variedades florecieron sin necesidad de cubrirlas con plástico negro para darles horas de oscuridad adicionales a las de la época de cultivo, como se tiene que hacer con las variedades de sombra importadas.

Las variedades de sombra (para interior) fueron: 'Burgundy' cuyas plantas fueron compactas con 7 a 8 ramas, brácteas anchas (6,54 cm en promedio), inició de floración intermedia (en Morelos inició la segunda semana de noviembre), duración de floración de 120 d, brácteas color púrpura (Purple gray group N77); 'Ice punch' que tuvo plantas de forma irregular con 7 a 8 ramas, hojas anchas (6 a 8 cm), forma palmeada, inicio de floración tardío (la cuarta semana de noviembre, en Morelos) y duración de floración de 100 d aproximadamente, el color de las brácteas fue una combinación de rojo con blanco (Red group-c 43, yellow group-d 10); 'Festival red' fue de plantas compactas con 8 a 9 ramas, soportó la luz directa del sol sin mostrar daños, color de brácteas rojo brillante, inicio de floración media (en Morelos inició la segunda semana de noviembre) duración de floración de 100 d aproximadamente.

En cuanto a características genéticas, las nochebuenas de sol fueron diploides al igual que 'Festival red', en tanto que 'Ice punch' y 'Burgundy' fueron variedades tetraploides (Milbocker y Sink, 1969).

Manejo de las plantas

Las plantas progenitoras de las variedades de sol se cultivaron a cielo abierto en macetas de 10" utilizando

color of the bracts was a combination of red with white (Red group-c 43, yellow group-d10); 'Festival red' had compact plants with 8 to 9 branches, it weathered the direct light of the sun without damage, bright red bracts, medium flowering (in Morelos it began the second week of November) and duration of flowering of 100 d approximately.

Regarding the breeding characteristics, sun poinsettias were diploid as well as 'Festival red', while 'Ice punch' and 'Burgundy' were tetraploid varieties (Milbocker and Sink, 1969).

Handle of plants

Progenitor plants of sun varieties were cultivated in 10" pots using substrate composed by 70% compost and 30% tepojal (small pumice stone of volcanic origin, covered with clay, and lighter than tezontle); the shadow varieties were kept in plastic greenhouse conditions (minimum temperature from 12.2 to 15.7 °C, maximum from 25.2 to 27.0 °C, relative humidity from 51 to 73%). Nutrition was carried out with high 20-20-20 high soluble fertilizer every 15 d; preventively fungicides were applied using Prozycar® (1 g·L⁻¹, i.a. Carbendazim), Captan® (2 mg·L⁻¹, i.a. N-triclorometil dicarboximide), Maneb® (1 g·L⁻¹, i.a. Mancozeb), Rovral® (1 g·L⁻¹, i.a. Iprodione) and Ridomil gold® (2 mg·L⁻¹, i.a. Metalaxyl-M + Clorothalonil), in total five fungicide applications were done; and the insecticide Agrimec was applied (1 mL·L⁻¹, i.a. Abamectina) for mites control.

sustrato compuesto por 70% composta y 30% tepojal (pequeña piedra pómic de origen volcánico recubierto de arcilla, más ligera que el tezontle); las variedades de sombra se mantuvieron en condiciones de invernadero de plástico (con temperaturas mínimas de 12,2 a 15,7 °C, máximas de 25,2 a 27,0 °C, humedad relativa de 51 a 73%). La nutrición se realizó con fertilizante de alta solubilidad 20-20-20 cada 15 d; de manera preventiva se aplicaron fungicidas utilizando los productos Prozycar® (1 g·L⁻¹, i.a. Carbendazim), Captan® (2 mg·L⁻¹, i.a. N-triclorometil dicarboximida), Maneb® (1 g·L⁻¹, i.a. Mancozeb), Rovral® (1 g·L⁻¹, i.a. Iprodiona) y Ridomil gold® (2 mg·L⁻¹, i.a. Metalaxil-M + Clortalonil), en total se realizaron cinco aplicaciones de fungicida; se aplicó el insecticida Agrimec (1 mL·L⁻¹, i.a. Abamectina) para control de ácaros.

Cruzamientos de variedades

Para las hibridaciones entre variedades se usaron 10 plantas por variedad (de sol y de sombra) que fungieron como progenitor femenino, en cada planta se eligieron cinco inflorescencias, de las cuales se tomaron siete flores hermafroditas para realizar los cruzamientos; estas flores fueron emasculadas quitando las anteras con pinzas antes de la antesis (cuando estuvieron próximas a la maduración) conforme fueron apareciendo, tres días después se realizó el cruzamiento depositando polen de la variedad que fungió como progenitor masculino; las flores polinizadas se cubrieron con bolsas de glassine (de papel encerado

Crosses of the varieties

For the hybridizations among varieties, 10 plants by variety (sun and shadow) were used that served as female progenitor, in each plant five inflorescences were chosen, taking seven hermaphrodite flowers to perform these crosses; these flowers were emasculated removing the anthers with tongs before the anthesis (when they were close to maturity) as they appeared, three days later crossing was done depositing pollen of the variety that served as a male progeny; pollinated flowers were covered with glassine bags (semitransparent waxed paper) to prevent unwanted pollination.

Six intravarietal crosses were also carried out; the pollen was of the same variety but from different plant; the flowers were covered with glassine bags. The pollinated flowers were tagged with the data of progenitors and date of pollination; when the fruits grew a tulle bag was placed in order to prevent the spread of seeds during maturity.

Twenty four crosses were studied (treatments), 18 were intervarietal crosses and six intravarietal, with 10 repetitions each in a completely randomized design.

Evaluated variables

Characteristics of the fruits

The evaluated variables were: fruit set, the number of fruits formed by repetition was counted and the percentage with respect to the number of total crosses per replicate was calculated. Fruits were harvested when changed from yellow to coffee and were dry. The same day of the

semitrasparente) para prevenir polinización indeseada.

Se realizaron también seis cruza intravarietales; el polen fue de la misma variedad, pero de diferente planta; las flores se cubrieron con bolsas de glassine. Todas las flores polinizadas se etiquetaron con los datos de los progenitores y fecha de polinización; cuando crecieron los frutos se les colocó una bolsa hecha con tela de tul, con el fin de prevenir la dispersión de las semillas en la madurez.

Se estudiaron 24 cruza (tratamientos), 18 fueron cruza intervarietales y seis intravarietales, con 10 repeticiones por cada una, en un diseño experimental completamente al azar.

VARIABLES EVALUADAS

Características de los frutos

Las variables evaluadas fueron: amarre de frutos, se contó el número de frutos formados por repetición y se calculó el porcentaje con respecto al número de cruzamientos totales por repetición. Los frutos se cosecharon cuando cambiaron del color verde-amarillo a color café y estuvieron secos. El mismo día de la cosecha, en cada fruto se evaluó el largo y diámetro con un vernier digital Truper®, la biomasa se determinó en una balanza analítica Ohaus®. Posteriormente, se cosechó la semilla de los frutos de cada cruzamiento y se depositó en tubos plásticos identificados con el número del fruto y el cruzamiento de procedencia, se evaluó el número de semillas por fruto.

Calidad física de las semillas

En las semillas se evaluó el largo

harvest, in each fruit were evaluated the length and diameter with a digital Truper® vernier, the biomass was determined in an analytical Ohaus® balance. Subsequently, the seed of fruits of each crossing was harvested and deposited in plastic tubes identified with the number of the fruit and the origin crossing, the number of seeds by fruit was evaluated.

Physical quality of seeds

The length and diameter were evaluated with a digital Truper® vernier, as well as the seed biomass in an analytical Ohaus® balance, the color of seeds was determined using the Royal Horticultural Society Color Chart.

Physiological quality of seeds

The emergency percentage of seedlings was evaluated, using 4" pots previously filled with a substrate mixture [60% compost and 40% sterile tezontle (volcanic stone with vesicular texture, bubbling, reddish porous, with low density)] to prevent possible contamination, it was counted and all the seed harvested in each repetition and treatment was harvested. It was watered at field capacity; later water was applied once or twice a week, as necessary.

The data obtained was analyzed using variance analysis (ANOVA) and mean comparison test (Tukey, $P \leq 0.05$) using the statistical software SAS 9.0 (S.A.S, 2002). The evaluated variables in percentage were transformed with the arcsine function prior to the analysis.

Results and discussion

The time elapsed between the hand pollination and maturity of the

y diámetro con un vernier digital Truper®, así como la biomasa por semilla en una balanza analítica Ohaus®; el color de las semillas se determinó mediante la carta de colores de la RHS (Royal Horticultural Society Color Chart).

Calidad fisiológica de las semillas

Se evaluó también el porcentaje de emergencia de plántulas; se usaron macetas de 4", previamente llenas con una mezcla de sustrato [60% composta y 40% tezontle (piedra volcánica de textura vesicular, burbujeadada, porosa color rojizo, de poca densidad)] estéril para evitar posibles contaminaciones, se contó y se sembró toda la semilla cosechada en cada repetición y tratamiento. Se regó a capacidad de campo, posteriormente se aplicó agua una o dos veces por semana, según fue necesario.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0,05$) utilizando el paquete estadístico SAS 9.0 (S.A.S, 2002). Las variables evaluadas en porcentaje se transformaron con la función arcoseno previo al análisis.

Resultados y discusión

El tiempo transcurrido entre la polinización manual y la madurez del fruto fue de 87 d en promedio. El desarrollo de los frutos ocurrió solo en las cruza donde los progenitores hembra fueron las variedades de sol; en las variedades de sombra no hubo amarre de frutos; en principio se observó crecimiento de ovarios, pero

fruit had an average of 87 d. The fruit development occurred only in crosses where the female progenitors were the sun varieties; in the shadow varieties there was not any fruit set; initially there was growth of ovaries, but 15 d after pollination abscission occurred, the above indicated that the eggs were not fertilized probably due to genetic incompatibility. The results of fruit set agreed to the reported by Chang-Hai and Chien-Young (2008) who pointed out that in the shadow varieties (branch easily) there was less fruit set compared to the restricted sun varieties.

The variance analysis showed highly significant effect ($P \leq 0.01$) of crossing in all the variables evaluated in the fruit and seed production; indicating that the features of fruits and seeds depended on the progenitors involved in the crossing, the results of the mean comparison test of the variable are presented.

Characteristics of fruits

Fruit set was higher in crosses where the male progenitor was 'Festival red' (table 1). The cross between 'Amanecer navideño' x 'Festival red' had 5.69 and 12.57% more fruit set than female progenitors 'Juan Pablo' and 'Belen'. The lowest fruit set percentages were obtained in the crosses between 'Belen' x 'Burgundy' and 'Juan Pablo' x 'Burgundy', this could be due to the fact that the viable pollen percentage of 'Burgundy' was the lowest of the three shadow varieties (Vargas, 2012). Also in the intravarietal crosses of 'Amanecer navideño', 'Belen', and 'Juan Pablo' there was lower fruit set probably

a los 15 d después de la polinización ocurrió abscisión, lo anterior indicó que los óvulos no fueron fecundados debido probablemente a incompatibilidad genética. Los resultados de amarre de los frutos concordaron con lo reportado por Chang-Hai y Chien-Young (2008) quienes indicaron que en las variedades de sombra o de libre rameo (ramifican fácilmente) hubo menor amarre de frutos en comparación con las variedades de sol o de rameo restringido.

El análisis de varianza mostró efecto altamente significativo ($P \leq 0,01$) del cruzamiento en todas las variables evaluadas en la producción de frutos y semillas; indicando que las características de frutos y semillas dependió de los progenitores implicados en el cruzamiento, a continuación se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de las variables.

Características de los frutos

El amarre de frutos fue mayor en los cruzamientos donde el progenitor masculino fue 'Festival red' (cuadro 1). El cruzamiento entre 'Amanecer navideño' x 'Festival red' tuvo 5,69 y 12,57% más de amarre de los frutos que al usar como progenitor femenino a 'Juan Pablo' y a 'Belén'. Los menores porcentajes de amarre de frutos se obtuvieron en los cruzamientos entre 'Belén' x 'Burgundy' y 'Juan Pablo' x 'Burgundy', esto podría deberse a que el porcentaje de polen viable de 'Burgundy' fue el más bajo de las tres variedades de sombra (Vargas, 2012). También en los cruzamientos intravarietales de 'Amanecer navideño', 'Belén' y 'Juan Pablo' ocurrió poco amarre de frutos debido

due to the genetic similarity of male and female gametes. There was not fruit set in the intravarietal crossings of the shadow varieties. Chang-Hai and Chien-Young (2008) mentioned that the propagation method of poinsettia had a remarkable influence in the production of less viable pollen; therefore, in the fruit production; they also mentioned that varieties obtained by cuttings of apical buds were more affected by this phenomenon, which occurred mainly in shadow poinsettias propagated by apical cuttings. The fruit set obtained in this research was lower than that reported by Canul-Ku *et al.* (2015) who obtained 68% of fruits moored in poinsettia crosses.

In crosses between 'Belen' x 'Festival red' (16.7 mm) and 'Juan Pablo' x 'Festival red' (16.8 mm) occurred the fruits with more length, in both cases with the same male progenitor. Most of the crosses had fruits with more than 14.8 mm length. The smallest fruits corresponded to the intravarietal crossing of 'Amanecer navideño' (table 1).

The fruit diameter varied from 12.7 to 14.4 mm; the highest values corresponded to the fruits of Amanecer navideño' x 'Burgundy', 'Amanecer navideño' x 'Festival red', 'Belen' x 'Burgundy', 'Belen' x 'Ice punch', and 'Juan Pablo' x 'Festival red' with an average 14.2 mm; the narrowest fruits were those of the intravarietal crossing of 'Amanecer navideño' with 11.7 mm; according to Tokuoaka and Tobe (2003) the poinsettia fruits are schizocarp with three carpels with a central column and one ovule per carpel, in which a maximum of three

Cuadro 1. Características de frutos de cruzas intervarietales e intravarietales de seis variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).

Table 1. Fruit characteristics of intervarietal and intravarietal crosses of six varieties of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).

Cruzamientos	Amarre de fruto (%)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Biomasa (g)	Semillas por fruto (Número)
'Amanecer nav.' x 'Burgundy'	4,29 de	14,360 bc	14,390 a	1,050 bcde	1,181 ab
'Amanecer nav.' x 'Festival red'	24,00 a	14,380 bc	14,410 a	0,650 f	1,195 a
'Amanecer nav.' x 'Ice Punch'	9,14 c	14,800 abc	13,900 ab	0,950 de	1,052 bc
'Amanecer nav.' x 'Amanecer nav.'	3,14 e	12,521 c	11,700 b	0,80 ef	1,211 a
'Belén' x 'Burgundy'	3,14 e	15,590 ab	14,020 a	1,160 abcd	1,031 c
'Belén' x 'Festival red'	11,43 c	16,721 a	13,800 ab	1,050 bcde	1,120 abc
'Belén' x 'Ice Puch'	5,43 d	15,890 ab	14,050 a	1,231 ab	1,021 c
'Belén' x 'Belén'	3,43 e	14,400 bc	12,700 ab	0,957 de	1,025 c
'Juan Pablo' x 'Burgundy'	3,14 e	15,100 ab	14,310 a	0,981 cde	1,095 c
'Juan Pablo' x 'Festival red'	18,29 b	16,808 a	13,400 ab	1,192 abc	1,111 abc
'Juan Pablo' x 'Ice Punch'	4,0 de	15,290 ab	13,700 ab	1,262 a	1,089 abc
'Juan Pablo' x 'Juan Pablo'	4,0 de	15,190ab	13,700 ab	1,160 abcd	1,099 c
DMSH ($P \leq 0,05$)	0,11	2,30	2,26	0,21	0,13

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0,05).

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta, 'Amanecer nav.': 'Amanecer navideño'.

probablemente a la similitud genética de gametos femeninos y masculinos. En los cruzamientos intravarietales de las variedades de sombra no hubo amarre de frutos. Chang-Hai y Chien-Young (2008) mencionaron que el método de propagación de la nochebuena influyó notablemente en la producción de menos polen viable, y por lo tanto, en la producción de frutos; mencionaron que las variedades obtenidas por medio de esquejes de yemas apicales se vieron más afectadas por este fenómeno, lo cual ocurrió principalmente en las nochebuenas de sombra que fueron propagadas mediante esquejes apicales. El amarre de frutos obtenido en esta investigación fue menor al reportado por Canul-Ku *et al.* (2015) quienes obtuvieron 68% de frutos amarrados en los cruzamientos de nochebuenas.

En los cruzamientos entre 'Belén' x 'Festival red' (16,7 mm) y 'Juan Pablo' x 'Festival red' (16,8 mm) se produjeron los frutos de mayor longitud, en ambos casos con el mismo progenitor masculino. La mayoría de los cruzamientos tuvieron frutos mayores a 14,8 mm de longitud. Los frutos más pequeños correspondieron a los del cruzamiento intravarietal de 'Amanecer navideño' (cuadro 1).

El diámetro del fruto varió de 12,7 a 14,4 mm; los valores más altos correspondieron a los frutos de 'Amanecer navideño' x 'Burgundy', 'Amanecer navideño' x 'Festival red', 'Belén' x 'Burgundy', 'Belén' x 'Ice punch', y 'Juan Pablo' x 'Festival red' que en promedio tuvieron 14,2 mm; los frutos más angostos fueron los del cruzamiento intravarietal de 'Amanecer navideño' con 11,7 mm; de acuerdo

seeds are formed, the fruit will be narrower because not all seeds form (figure 1a).

The fruit biomass was very variable, most of the crosses produced fruits with biomass higher than 1 g, the heaviest were 'Juan Pablo' x 'Ice punch' with 1.2 g. When the female was 'Amanecer navideño', the fruits had little biomass with average of 0.8 g, in such a way that the less heavy fruits were the 'Amanecer navideño' x 'Festival red' (0.6 g) (table 1).

The number of seeds per fruit varied from one to three, even though the average was from 0.8 to 1.2. Crossbreeding between 'Amanecer navideño' x 'Festival red' and the intravarietal cross of 'Amanecer navideño' generated fruits with more seeds; the majority of those crosses had an average of one seed by fruit (table 1). None crossing had a higher average of two seeds by fruit, which could be due to two reasons, absence of fertilization from one or two ovules, or that eggs were not formed in its entirety, this phenomenon was observed by Selbo and Carmichael (1999) in *E. esula*, indicating that this was attributed to physiological factors that caused malformation of the ovules. The seed formation was also affected by the ploidy level of the progenitors; sun poinsettias were diploid and crossed with 'Festival red' generated a greater amount of seed; opposite caw when crossed to 'Ice punch' and 'Burgundy' (tetraploid varieties) (Milbocker and Sink, 1969) where fewer seeds were formed.

Physical quality of the seeds

The seeds were longer in the crosses 'Belen' x 'Festival red', 'Belen' x 'Ice

con Tokuoka y Tobe (2003) los frutos de nochebuena son esquizocarpos tricarpelares con una columna central y un óvulo por carpelo, en los cuales se forma un máximo de tres semillas, al no formarse todas las semillas, el fruto maduro será más angosto (figura 1a).

La biomasa de los frutos fue muy variable, la mayoría de los cruzamientos produjeron frutos con biomasa mayor a 1 g, los más pesados fueron los de 'Juan Pablo' x 'Ice punch' con 1,2 g. Cuando la hembra fue 'Amanecer navideño', los frutos fueron de poca biomasa, con promedio de 0,8 g, de tal manera que los frutos menos pesados fueron los de 'Amanecer navideño' x 'Festival red' (0,6 g) (cuadro 1).

'punch', 'Juan Pablo' x 'Burgundy', and the intervarietal crossing of 'Belen' (7.2 mm in average), which agreed with Canul *et al.* (2012) who assessed poinsettia seeds from different states of the Mexican Republic obtaining an average of 7.5 mm of length, contrary to what was obtained in the crossing of 'Amanecer navideño' x 'Burgundy' that obtained the smallest seeds (table 2).

In the diameter of seeds, the intravarietal crosses of 'Belen' and 'Juan Pablo' produced the biggest seeds (6.5 mm in average), similar to what Canul *et al.* (2012) found with seeds of 6.3 mm diameter; and differing with the seed measures of the crosses 'Belen' x 'Burgundy', 'Juan Pablo' x 'Ice



Figura 1a. Fruto producto de las cruza de nochebuena. a) Fruto color greyed-orange- group N167 B (según la RHS color chart).

Figure 1a. Fruit product of poinsettia crosses. a) Fruit color greyed-orange- group N167 B (according to the RHS color chart).

El número de semillas por fruto varió de una a tres, aunque el promedio estuvo entre 0,8 y 1,2. El cruzamiento entre ‘Amanecer navideño’ x ‘Festival red’ y la crucea intravarietal de ‘Amanecer navideño’ generaron frutos con más semillas; la mayoría de los cruzamientos tuvieron un promedio de una semilla por fruto (cuadro 1). Ningún cruzamiento tuvo un promedio mayor a dos semillas por fruto, lo cual podría deberse a dos razones, ausencia de fecundación de uno o dos óvulos, o que los óvulos no se formaron en su totalidad, este fenómeno fue observado por Selbo y Carmichael (1999) en *E. esula*, indicando que esto se atribuyó a factores fisiológicos que causaron malformación de los óvulos. La formación de las semillas también fue afectada por el nivel de ploidía de los progenitores; las nochebuenas de sol fueron diploides y cruzadas con ‘Festival red’ generaron mayor cantidad de semilla; caso contrario al cruzarse con ‘Ice punch’ y ‘Burgundy’ (variedades tetraploides) (Milbocker y Sink, 1969) donde se formaron menos semillas.

Calidad física de las semillas

Las semillas fueron más largas en los cruzamientos ‘Belén’ x ‘Festival red’, ‘Belén’ x ‘Ice punch’, ‘Juan Pablo’ x ‘Burgundy’, y el cruzamiento intervarietal de ‘Belén’ (7,2 mm en promedio), lo cual concordó con Canul *et al.* (2012) quienes evaluaron semillas de nochebuena de diferentes estados de la República Mexicana obteniendo un promedio de 7,5 mm de largo, caso contrario a lo obtenido en el cruzamiento de ‘Amanecer navideño’ x ‘Burgundy’ que obtuvieron las semillas más pequeñas (cuadro 2).

punch’, and the intravarietal crossing of ‘Amanecer navideño’, that had the lowest diameter (table 2).

The individual biomass of seeds varied from 0.221 to 0.395 g, and it was higher in the intravarietal crossing of ‘Belen’ x ‘Belen’. In most of the crosses, the seeds had from 0.315 to 0.322 g even though the overall average was 0.331 g; on the other hand, in the cross ‘Amanecer navideño’ x ‘Burgundy’ seeds with lower biomass (0.221 g) were obtained (table 2). These results were higher to the reported by Canul *et al.* (2012) for poinsettia seeds collected in the states of Nayarit, Morelos and Guerrero, Mexico, presenting 0.174; 0.131 and 0.120 g, respectively. This was due to the fact that in the current research there were less than three seeds per fruit, allowing these to have more biomass compared to plants collected by the researchers mentioned above.

The color of the seeds varied according to the female progenitor, when the progenitor was ‘Amanecer navideño’, the color was black-group 202c, whereas for ‘Belen’ it was grey-brown group 199 b; in ‘Juan Pablo’ the seeds were brown group n 200 a (figures 1b, 1c, 1d).

Physiologic quality of seeds

The emergence of seedlings started 15 d after the sown and it was very variable (12.7 to 64%) due to the crossing. ‘Amanecer navideño’ x ‘Festival red’ generated the highest emergency percentage (64%), followed by ‘Amanecer navideño’ x ‘Ice punch’; the seeds of the intravarietal cross ‘Amanecer navideño’ x ‘Amanecer navideño’ generated the lowest

Cuadro 2. Características de semillas de cruas intervarietales e intravarietales de seis variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).Table 2. Seed characteristics of intervarietal and intravarietal crosses of six varieties of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch).

Cruzamientos	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Biomasa (g)	Emergencia (%)
'Amanecer nav.' x 'Burgundy'	5,701 d	5,497 bc	0,221 c	36,5 g
'Amanecer nav.' x 'Festival red'	6,71 abc	5,498 bc	0,320 abc	64,0 a
'Amanecer nav.' x 'Ice Punch'	6,881 ab	6,291 ab	0,395 ab	61,5 b
'Amanecer nav.' x 'Amanecer nav.'	6,021 cd	5,201 c	0,321 abc	12,7 i
'Belén' x 'Burgundy'	6,998 ab	5,215 c	0,295 bc	31,7 h
'Belén' x 'Festival red'	7,312 a	5,678 bc	0,387 ab	57,6 c
'Belén' x 'Ice Puch'	7,309 a	5,702 bc	0,368 ab	55,2 d
'Belén' x 'Belén'	7,199 a	6,592 a	0,395 a	58,1 c
'Juan Pablo' x 'Burgundy'	7,197 a	5,599 bc	0,322 abc	55,3 d
'Juan Pablo' x 'Festival red'	6,312 bcd	6,081 abc	0,318 abc	42,8 f
'Juan Pablo' x 'Ice Punch'	6,892 ab	5,392 c	0,315 abc	56,1 cd
'Juan Pablo' x 'Juan Pablo'	6,022 cd	6,571 a	0,319 abc	50,0 e
DMSH ($P \leq 0,05$)	0,76	0,77	0,09	1,98

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0,05).

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta, 'Amanecer nav.': 'Amanecer navideño'.

En el diámetro de las semillas, las cruza intravarietales de 'Belén' y 'Juan Pablo' produjeron las semillas más grandes (6,5 mm en promedio), lo cual fue similar a lo encontrado por Canul *et al.* (2012) quienes obtuvieron un diámetro de semillas de 6,3 mm; esto difirió con las medidas de las semillas de los cruzamientos entre 'Belén' x 'Burgundy', 'Juan Pablo' x 'Ice punch', y el cruzamiento intravarietal de 'Amanecer navideño', que tuvieron el menor diámetro (cuadro 2).

La biomasa individual de las semillas varió de 0,221 a 0,395 g, fue mayor en el cruzamiento intravarietal de 'Belén' x 'Belén'. En la mayoría de los cruzamientos, las semillas tuvieron de 0,315 a 0,322 g aunque el promedio general fue de 0,331 g; por otro lado, en el cruzamiento 'Amanecer navideño' x 'Burgundy' se obtuvieron las semillas con menor biomasa (0,221 g) (cuadro 2). Estos resultados fueron mayores a los reportados por Canul *et al.* (2012) para las semillas de nochebuena recolectadas en los estados de Nayarit, Morelos y Guerrero, México, que presentaron 0,174; 0,131 y 0,120 g, respectivamente. Lo anterior fue debido a que en la presente investigación se tuvo menos de tres semillas por fruto, lo que permitió que fueran de mayor biomasa en comparación de las plantas de las recolectas de los investigadores antes citados.

El color de las semillas varió de acuerdo con el progenitor femenino, cuando el progenitor fue 'Amanecer navideño', el color fue black-group 202 c, en tanto que para 'Belén' fue grey-

emergency (12.7%) (table 2). Most of the crosses (8 of 12) had 50% or more of emergency; however, these results were very different from those observed by Canul *et al.* (2012) who reported 97% of germination in crosses of the 'Prestige' variety with three accessions of sun poinsettias of different states of the Mexican Republic.

Female progenitor - male progenitor interaction

The interaction between female and male progenitors was significant for the fruit set, fruit seeds and seed germination (figures 2a, 2b, 2c). The interaction was more evident in the fruit set, in this variable the parent progenitor that had more interaction with the parents progenitor was 'Amanecer navideño'; the three sun varieties that served as female progenitors generated better results when they crossed with 'Festival red' (figure 2a). In the case of seeds. fruit⁻¹ per fruit, female progenitors with more interaction were 'Amanecer navideño' and 'Belen', again the best male progenitor was 'Festival red' (figure 2b). In terms of the emergency, progenitors 'Amanecer navideño' and 'Belen' interacted in a similar way with the three male progenitors; the best results were obtained when crossed with 'Festival red' and with 'Ice punch' (figure 2c). In general, for the seed production and the physiological quality of them, the best female progenitor was 'Amanecer navideño' and the best male progenitor 'Festival red', with those it was obtained more fruit set, seeds per fruit, and the emergence of seedlings. As mentioned,

brown group 199 b; en 'Juan Pablo' las semillas fueron Brown group n 200 a (figuras 1b, 1c, 1d).

Calidad fisiológica de las semillas

La emergencia de las plántulas inició a los 15 d después de la siembra y fue muy variable (12,7 a 64%) por efecto del cruzamiento. 'Amanecer navideño' x 'Festival red' generó el mayor porcentaje de emergencia (64%), seguido por 'Amanecer navideño' x 'Ice punch'; las semillas de la cruza intravarietal 'Amanecer navideño' x 'Amanecer navideño' generaron la menor emergencia (12,7%) (cuadro 2). La mayoría de los cruzamientos (ocho de 12) tuvieron 50% o más de emergencia; no obstante, estos resultados fueron muy diferentes a lo observado por Canul *et al.* (2012) quienes reportaron 97% de germinación en cruzamientos de la variedad 'Prestige' con tres accesiones de nochebuenas de sol de diferentes estados de la República Mexicana.

Interacción progenitor femenino-progenitor masculino

Se observó que la interacción entre progenitores femeninos y masculinos fue significativa para amarre de fruto, semillas por fruto y germinación de semillas (figuras 2a, 2b, 2c). La interacción fue más evidente en amarre de fruto, en esta variable el progenitor femenino que tuvo mayor interacción con los progenitores masculinos fue 'Amanecer navideño'; las tres variedades de sol que fungieron como progenitores femeninos generaron mejor resultado cuando se cruzaron con 'Festival red' (figura 2a). En el caso de las semillas

the best male progenitor was 'Festival red' since it is a diploid variety as well as the varieties of Sun poinsettia (Milbocker and Sink, 1969), that were the three females capable of producing seeds.

The results indicated that it is important to choose properly the progenitors for the seed production in the program of breeding improvement of poinsettia; it is also important to consider the same ploidy level, as observed in the current research the best male progenitor was 'Festival red' (diploid) same ploidy level of the female progenitor. The seeds obtained were very important since new phenotypes of poinsettia adapted to the national environmental conditions will be obtained.

Conclusions

The shadow varieties used as female progenitors did not form fruits because there were abscissions of fruits; meanwhile in crosses where the sun plants served as female, fruits and seeds were obtained. The best cross for the seed production of poinsettia was 'Amanecer navideño' x 'Festival red' for presenting the highest fruit percentage, seeds per fruit and seeds with the highest physiological quality. This implies that this sun variety is the one that can be used with better results to generate new varieties of Mexican poinsettia.

End of English version.

Figura 1b. Colores de las semillas producto de las cruces de nochebuena. b) Semilla de 'Amanecer navideño', c) Semillas de 'Belén', d) Semillas de 'Juan Pablo'.

Figure 1b. Colors of the seeds product of poinsettia crosses. b) Seed of 'Amanecer navideño', c) Seed of 'Belén', d) Seed of 'Juan Pablo'.



Figura 2a. Interacción hembra-macho de tres variedades de nochebuena de sol y tres de sombra en: Amarre de fruto.

Figure 2a. Female-male interaction of three varieties of sun poinsettia three shade poinsettias: Fruit set.

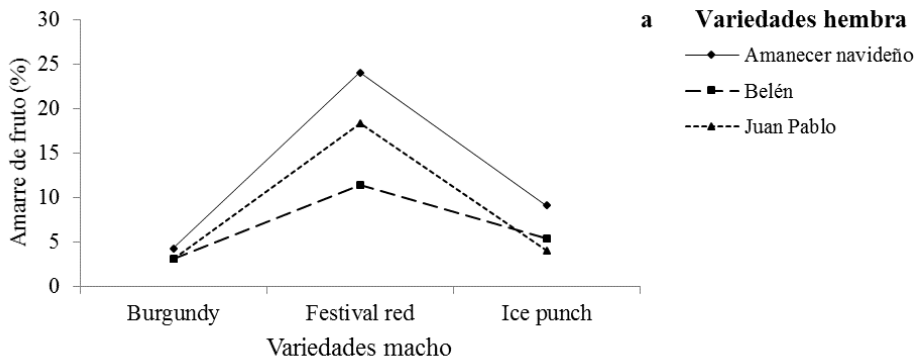


Figura 2b. Interacción hembra-macho de tres variedades de nochebuena de sol y tres de sombra en: Amarre de fruto.

Figure 2b. Female-male interaction of three varieties of sun poinsettia three shade poinsettias: Seeds per fruit.

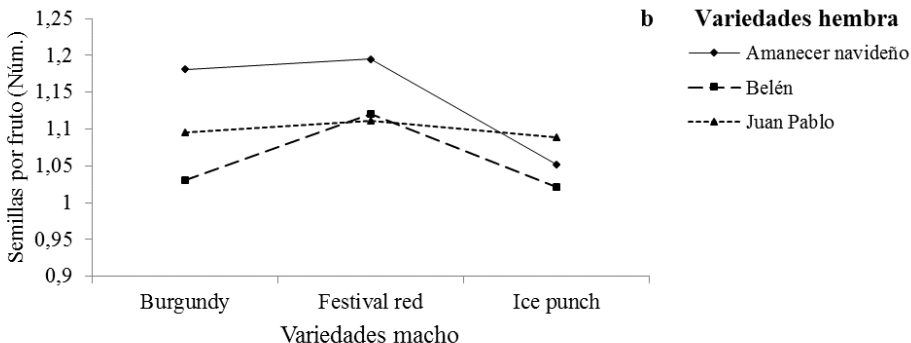
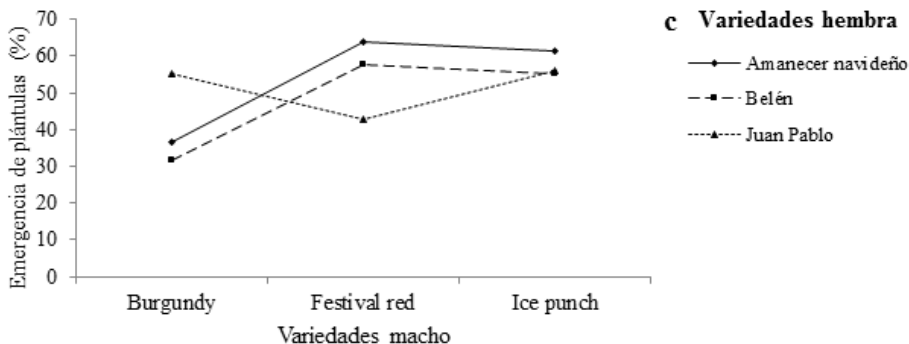


Figura 2c. Interacción hembra-macho de tres variedades de nochebuena de sol y tres de sombra en: Germinación de semillas.

Figure 2c. Female-male interaction of three varieties of sun poinsettia three shade poinsettias: Germination of seeds.



navideño’ y el mejor progenitor masculino fue ‘Festival red’, con ellos se obtuvo mayor amarre de fruto, semillas por fruto, y emergencia de plántulas. Como ya se mencionó, el mejor progenitor masculino fue ‘Festival red’ debido a que es una variedad diploide al igual que las variedades de nochebuena de sol (Milbocker y Sink, 1969), que fueron las tres hembras capaces de producir semillas.

Los resultados obtenidos indicaron que es importante elegir adecuadamente los progenitores para la producción de semilla en el programa de mejoramiento genético de nochebuena; también es importante considerar el nivel de ploidía de los mismos, como se observó en esta investigación el mejor progenitor masculino fue ‘Festival red’ (diploide) mismo nivel de ploidía de los

progenitores femeninos. Las semillas obtenidas son de fundamental importancia, pues a partir de ellas se obtendrán posibles nuevos fenotipos de nochebuena adaptados a las condiciones ambientales nacionales.

Conclusiones

Las variedades de sombra utilizadas como progenitores femeninos no formaron frutos porque hubo abscisión de frutos; mientras que en los cruzamientos donde las plantas de sol fungieron como hembras se obtuvieron frutos y semillas. La mejor cruce para producción de semillas de nochebuena fue ‘Amanecer navideño’ x ‘Festival red’ por presentar mayor porcentaje de amarre de fruto, semillas por fruto y semillas con mayor calidad fisiológica. Esto implica que esta variedad de sol es la que podrá usarse

con mejores resultados para generar nuevas variedades de nochebuena de origen mexicano.

Literatura citada

- Canul, K.J., P.F. García, C.F. Osuna y R.S. Ramírez. 2012. Metodologías de mejoramiento genético aplicables en nochebuena INIFAP, Folleto Técnico 64. Zacatepec, Morelos, México. 39 p.
- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, F.J. Osuna-Canizalez, S. Ramírez-Rojas, I. Alia-Tejacal, J.M.P. Vázquez-Alvarado, E. Campos-Bravo y B. Portas-Fernández. 2013. Genotipos de nochebuena obtenidos por hibridación. 1ª Edición INIFAP-SAGARPA. Zacatepec, Morelos, México. 53 p.
- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, E.J. Barrios-Gómez, E. Campos-Bravo, F. de J. Osuna-Canizalez, S. Ramírez-Rojas y S.E. Rangel-Estrada. 2015. Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Agroproductividad 8:32-37.
- Chang-Hai, H. and C. Chien-Young. 2008. Methods to improve the fertility of poinsettia. *Scientia Horticulturae* 117:271-274.
- Clarke, J.L., C. Spetz, S. Hauglien, S. Xing, M.W. Dees, R. Moe and Dr. Blystad, 2008. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of poinsettia, *Euphorbia pulcherrima*, with virus-derived hairpin RNA constructs confers resistance to *Poinsettia mosaic virus*. *Plant Cell Reports* 27:1027-1038.
- Colinas-León, M.T. 2009. La nochebuena: ayer, hoy y mañana. p.118-123. In: 7º Simposium Internacional de Viverismo, Osuna, F.J., P.F. García, R.L. Ramírez, C.D.V. Granada y G. Galindo (Comps.). Cuautla, Morelos. México.
- Colinas, M.T., A. Espinosa, J. Mejía, M.A. Rodríguez, M.L. Pérez, and I. Alia-Tejacal. 2015. Cultivars of *Euphorbia pulcherrima* from Mexico. *Acta Horticulturae* 1104: 487-490.
- Ecke, P., J.E. Faust, A. Higgins and J. Williams. 2004. The Ecke poinsettia manual. 1st Edition. Ball publishing. Batavia, Illinois 60510. 287 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana): Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México, D.F. 246 p.
- Hawley, C. 2004. Mexico can't ship poinsettias. *Grenhouse Product News Arizona Republic* 25:12-18.
- Huang, C. and Y. Chu. 2008. Methods to improve the fertility of poinsettia. *Scientia Horticulturae* 117:271-274.
- Ingram, D. 2014. Poinsettias. University of Kentucky. College of Agriculture, Food and Environment. The Center of Crop Diversification. 3 p.
- Kleffel, B., F. Walther and W. Preil. 1986. X-ray- induced mutability in embryogenic suspension cultures of *Euphorbia pulcherrima*. p: 113-120. In: Nuclear techniques and in vitro culture for plant improvement. Proceedings of a symposium. Viena 19-23 August, 1985.
- Mejía, M.J.M., M.T. Colinas L., A. Espinosa F., F. Martínez M., A. Gaytán A., e I. Alia T. 2006. Manual gráfico para la descripción varietal de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SNICS-SAGARPA) y Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México, México. 60 p.
- Milbocker, D. and K. Sink. 1969. Embryology of diploid x diploid and diploid x tetraploid crosses in poinsettia. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 11:271-274.
- Preil, W., M. Engelhardt and F. Walther. 2012. Breeding of low temperature tolerant poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) and chrysanthemum by means of mutation induction *in vitro*

- culture. *Acta Horticulturae* 131:345-351.
- Ramírez, Z.G. y J.L. Chávez-Servia. 2014. Mejoramiento genético de ornamentales del Estado de México. Instituto de Investigación y Capacitación Agrícola, Acuícola y Forestal del Estado de México, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, COFUPRO. Estado de México, México. 26 p.
- Rangel-Estrada, S.E., J. Canul-Ku, F.J. Osuna-Canizalez, F. García-Pérez, P. Rosario-Montes, Á.S.B. Vences H. y E. Hernández-Meneses. 2015. Regeneración *in vitro* de híbridos de nochebuena vía organogénesis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1571-1585.
- Sagvaag, A.K.B. 2015. Genetic transformation of *Poinsettia (Euphorbia pulcherrima)*. Master Thesis. Norwegian University of Life Sciences. Norway. 59 p.
- SAS Institute, Inc. 2002. SAS user's guide: Statistics. Version 9.00. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Selbo, S.M. and J.S. Carmichael. 1999. Ovule, embryo sac, embryo, and endosperm development in leafy spurge (*Euphorbia esula*). *Canadian Journal of Botany* 77:599-610.
- SIAP. 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Fecha de revisión 22/09/15.
- Steinmann, V.W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61:61-93.
- Stewart, R.N. 1960. Inheritance of bract color in poinsettia. *Journal of Heredity* 51:175-177.
- Taylor, J.M., R.G. Lopez, C.J. Currey and J. Janick. 2011. The poinsettia: history and transformation. *Chronica Horticulturae* 51:23-28.
- Tokuoka, T. and H. Tobe. 2003. Ovules and seeds in *Acalyphoideae (Euphorbiaceae)*: structure and systematic implications. *Journal of Plant Research* 116:355-385.
- Trejo-Hernández, L., M.E. Olson-Zúñica y R.A. Bye-Boettler. 2015. Datos históricos y diversidad genética de las nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:478-485.
- USDA. 2015. Floriculture Crops 2014 Summary. United States Department of Agriculture. 59 p.
- Vargas, A.J. 2012. Morfología y fenología floral de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch). Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 79 p.
- Villegas, O.J., G. Valdovinos P., S. Ramírez R. y C. Hernández J. 2015. Búsqueda de fuentes de resistencia al *Poinsettia mosaic virus* en plantas silvestres de nochebuena. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33:219-231.