

Spatial arrangement of cultivars of *Chrysanthemum (Dendrathera grandiflora)* to decrease damage by *Botrytis*

Arreglo espacial de cultivares de crisantemo (*Dendrathera grandiflora*) para disminuir daño por *Botrytis*

Marithza Guadalupe Ramírez-Gerardo,* César Vergara-Martínez, Luis Miguel Vergara-Martínez, División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, TecNM-Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero. Carretera Federal Toluca-Ixtapan de la Sal, La Finca, Villa Guerrero, Estado de México, C.P. 51760, México. Jaime Mejía-Carranza, Centro Universitario Tenancingo. Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Tenancingo-Villa Guerrero Km 1.5, Tenancingo, Estado de México, C.P. 52400 México. *Autor para correspondencia: marithza@gmail.com

Recibido: 28 de Diciembre, 2018.

Aceptado: 07 de Marzo, 2019.

Ramírez-Gerardo MG, Vergara-Martínez C, Vergara-Martínez LM and Mejía-Carranza J. 2019. Spatial arrangement of *Chrysanthemum (Dendrathera grandiflora)* cultivars to decrease damage caused by *Botrytis*. Mexican Journal of Phytopathology 37(2).

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1812-4

Primera publicación DOI: 27 de Marzo, 2019.

First DOI publication: March 27, 2019.

Resumen. *Botrytis cinerea* (Teleomorfo: *Botryotinia fuckeliana*) es el agente causal de la pudrición gris en crisantemo (*Dendrathera grandiflora*), uno de los cultivos más importantes de flor de corte en México. Chena (Ch), cultivar de mayor demanda comercial, es más susceptible a dicho hongo respecto de cultivares como Flamingo (F) y Moreliana (M). En ésta investigación, se evaluó la incidencia de *B. cinerea* y la calidad del tallo floral en el cultivar Chena, bajo tres arreglos espaciales: A1, Chena flanqueada por Flamingo (F-Ch-F); A2,

Abstract. *Botrytis cinerea* (Teleomorph: *Botryotinia fuckeliana*) is the causal agent of gray rot in chrysanthemum (*Dendrathera grandiflora*), one of the most important cut flower crops in Mexico. Chena (Ch), a cultivar with greater commercial demand, is more susceptible to this fungus with respect to cultivars such as Flamingo (F) and Moreliana (M). In this investigation, the incidence of *B. cinerea* and the quality of the floral stem in the Chena cultivar were evaluated under three spatial arrangements consisting of A1, Chena flanked by Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanked by Moreliana (M-Ch-M) and A3 only Chena (Ch-Ch-Ch). At the cut of the floral head, *B. cinerea* was present only in A3 (22 %) and in cuttings life at 16 days, Chena in A3 showed 100 % infection, followed by A1 and A2 with 15 and 0 %, respectively. The quality of Chena's floral stem (height, diameter of the flowered head, stem thickness) in arrangements A1 and A2 was significantly higher ($P \leq 0.05$) compared to A3. The low incidence of *B. cinerea* in Chena in A1 and A2 indicates that Flamingo

Chena flanqueada por Moreliana (M-Ch-M) y A3 solamente Chena (Ch-Ch-Ch). Al corte del capítulo floral, *B. cinerea* se presentó solamente en A3 (22 %) y en vida de florero a los 16 días, Chena en A3 mostró 100 % de infección, seguido de A1 y A2 con 15 y 0 %, respectivamente. La calidad del tallo floral de Chena (altura, diámetro del capítulo, grosor del tallo) en los arreglos A1 y A2 fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) respecto a A3. La baja incidencia de *B. cinerea* en Chena en A1 y A2 indica que Flamingo y Moreliana actuaron como barreras laterales que pueden ser útiles para disminuir la incidencia de la enfermedad y el uso de fungicidas.

Palabras clave: policultivo, flores, Moreliana, Chena, Flamingo.

A nivel mundial, una de las plantas ornamentales más comercializadas como flor de corte y en maceta es el crisantemo (*Dendrathera grandiflora* sinónimo *Chrysanthemum morifolium* (Xialong *et al.*, 2014; Hanudin y Marwoto, 2017). Localmente, el Distrito VI de desarrollo agropecuario de Coatepec Harinas, Méx., es el principal productor (SIAP, 2018) del híbrido complejo *D. grandiflora* (Anderson, 2007), sin embargo, su producción es afectada por la presencia de hongos fitopatógenos que afectan al cultivo reduciendo su calidad comercial y ocasionando un consumo importante de fungicidas para su control (Solano-Baez *et al.*, 2013). Particularmente, *Botrytis cinerea* (Teleomorfo: *Botryotinia fuckeliana*) que es el agente causal de la pudrición gris conocida comúnmente como Botritis, es un hongo que además del crisantemo ataca al menos a 200 especies de plantas en todo el mundo, ya sea en campo o después de la cosecha. Su control frecuentemente es con la aplicación de fungicidas que muchas veces no resultan efectivos debido a la resistencia que ha desarrollado el hongo (Rodríguez *et al.*, 2014), lo que incrementa costos de

and Moreliana as lateral barriers may be useful in reducing the disease incidence and the use of fungicides.

Key words: polyculture, flowers, Moreliana, Chena, Flamingo.

Globally, one of the ornamental plants marketed most as cut or potted flowers is the chrysanthemum (*Dendrathera grandiflora* syn. *Chrysanthemum morifolium*; Xialong *et al.*, 2014; Hanudin and Marwoto, 2017). Locally, the VI District of Agriculture and Livestock in Coatepec Harinas, Mexico (SIAP, 2018) is the major producer of the *D. grandiflora* hybrid complex (Anderson, 2007). However, its production is affected by phytopathogenic fungi that reduce its commercial quality and cause high consumption of fungicides for controlling fungi (Solano-Baez *et al.*, 2013). In particular, *Botrytis cinerea* (Teleomorph: *Botryotinia fuckeliana*), the causal agent of gray rot, commonly known as Botritis, is a fungus that in addition to attacking chrysanthemum infects at least 200 plant species around the world, both in the field and postharvest. Fungicides are usually applied to control Botritis, but they are not always effective due to the resistance the fungus has developed (Rodríguez *et al.*, 2014), thus increasing production costs (Solano-Baez *et al.*, 2013) and negatively affecting the environment (Ortiz *et al.*, 2013; Shinoyama *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2016). *B. cinerea* is difficult to control because of its diverse host inoculum sources and its ability to survive on crop residues (Nuñez-Ríos *et al.*, 2013). Symptoms of the damage caused by *B. cinerea* on chrysanthemum are light brown spots on the lower part of the ligulated flower heads, as well as on the flower involucre and peduncle (Garces, 1999), which, as in the case of rose crops (*Rosa x hybrid*), are more evident after cutting (Elad, 1988).

producción (Solano-Baez *et al.*, 2013) y un efecto perjudicial para el ambiente (Ortiz *et al.*, 2013; Shinoyama *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2016). *B. cinerea* es difícil de controlar debido a que puede presentar diversos hospedantes como fuente de inóculo y sobrevivir en residuos de cultivos (Nuñez-Ríos *et al.*, 2013). El daño por *B. cinerea* en crisantemo se evidencia por la presencia de manchas de color marrón claro en la parte inferior de las flores liguladas del capítulo, además del involucro y pedúnculo floral (Garces, 1999) y que, como en el cultivo de rosa (*Rosa x hybrida*) es más evidente después del corte (Elad, 1988).

Actualmente, se buscan alternativas que permitan una producción florícola más amigable a los agrosistemas (Migoya, 2011), que controlen patógenos y mejoren la calidad de producción, como herramientas convencionales de mejoramiento genético (Chen *et al.*, 2013; Datta y Janakiram, 2015; Liu *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2018), transformación genética (Noda *et al.*, 2013; Shinoyama *et al.*, 2015), mutación inducida (Nakagawa, 2009; Kaul *et al.*, 2011; Sadhukhan *et al.*, 2015; Patil *et al.*, 2017), biotecnología (Furuta *et al.*, 2004; Hanudin y Marwoto, 2017; Arroyave-Toro *et al.*, 2017), implementación de mejoras en la nutrición (Gaytán-Acuña *et al.*, 2006; Dordas, 2008), así como el desarrollo de prácticas accesibles a los floricultores que además contribuyan a disminuir los costos de producción. Tal es el caso de optimización del riego y maniobras culturales (Zeng *et al.*, 2013), como la organización de diferentes variedades en un mismo espacio de acuerdo a su respuesta a diferentes factores como lo es la susceptibilidad a plagas y enfermedades. Estos arreglos cumplen con diferentes funciones como el ajuste del microclima (temperatura, humedad relativa e intensidad de luz) y barreras físicas o trampas que reducen la presencia de plagas o enfermedades propagadas por el viento o la lluvia (Potts, 1990, Raseduzzaman y Jensen,

Currently, alternatives are being sought that favor a flower production system that is more friendly to the agrosystems (Migoya, 2011), and that control pathogens and improve the quality of production, such as conventional genetic improvement tools (Chen *et al.*, 2013; Datta and Janakiram, 2015; Liu *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2018), genetic transformation (Noda *et al.*, 2013; Shinoyama *et al.*, 2015), induced mutation (Nakagawa, 2009; Kaul *et al.*, 2011; Sadhukhan *et al.*, 2015; Patil *et al.*, 2017), biotechnology (Furuta *et al.*, 2004; Hanudin and Marwoto, 2017; Arroyave-Toro *et al.*, 2017), implementation of nutrition improvements (Gaytán-Acuña *et al.*, 2006; Dordas, 2008), as well as development of practices that are accessible to flower growers and also help lower production costs. That is the case of irrigation optimization and agronomic operations (Zeng *et al.*, 2013), for example, organizing different varieties within the same space based on their response to different factors such as pest and disease susceptibility. These arrangements play different roles, such as adjusting the microclimate (temperature, relative humidity and light intensity) and being physical barriers or traps that reduce the presence of pests and diseases spread by wind or rain (Potts, 1990, Raseduzzaman and Jensen, 2017; Costa *et al.* 2019). In several cases, plants of a variety susceptible to a pathogen escape a disease when intercropped with non-susceptible plants because, in this way, they receive a lower amount of inoculum compared to what they receive under monocropped conditions (Agrios, 2005).

Spatial arrangements or strategic plant distribution may provide an opportunity to prevent the presence of pathogens (Potts, 1990; Storkey *et al.*, 2018). Different studies mention plant physical arrangement or organization as a strategy to control weeds (Evers and Bastiaans, 2016), improve crop production (Boyd *et al.*, 2009) and quality

2017; Costa *et al.* 2019). En varios casos, las plantas de una variedad susceptible a un patógeno escapan a la enfermedad debido a que intercalan con otras que no lo son, disminuyen la cantidad de inóculo que les llega comparado a condiciones de monocultivo (Agrios, 2005).

En este sentido, el arreglo espacial, o distribución de las plantas de manera estratégica, puede ser una oportunidad para evitar la presencia de patógenos (Potts, 1990; Storkey *et al.*, 2018). Diferentes estudios mencionan que el arreglo o disposición física de plantas es una estrategia para controlar la presencia de maleza (Evers y Bastiaans, 2016), mejorar la producción (Boyd *et al.*, 2009) y la calidad de cultivos (De Souza-Schlick *et al.*, 2014), así como afectar la morfología y calidad de la planta (Jirmanová *et al.*, 2016). Investigaciones recientes sobre los compuestos orgánicos volátiles (β -farneseno, linalool, β -pineno, β -cariofileno, entre otros) generados por cultivares de crisantemo infectados por *B. cinerea*, proponen la planificación del arreglo de los cultivares en el invernadero como un factor a considerar ya que un cultivar que libera este tipo de compuestos podría ser la protección de otro cultivar diferente (Piesik *et al.*, 2015).

Así, la identificación de variabilidad dentro de una especie, puede ser de importancia tanto en mejoramiento genético como para protección de una variedad a otra, actuando como barrera física. Tal es el caso de cultivares de crisantemo (*D. grandiflora*), donde se ha demostrado la presencia de cultivares resistentes al hongo (*Puccinia horiana* P. Hennings), agente causal de la roya blanca (Vences-Contreras y Vázquez-García, 2008). En otro estudio, se evaluó la respuesta de diferentes cultivares de crisantemo al daño por este mismo hongo, encontrando que los antecedentes genéticos determinaron el grado de infección (Yusuf *et al.*, 2017). Estudios de Solano-Baez *et al.* (2013) demuestran que algunas variedades de crisantemo son

(De Souza-Schlick *et al.*, 2014), and affect plant morphology and quality (Jirmanová *et al.*, 2016). Recent studies on volatile organic compounds (β -farnesene, linalool, β -pinene, β -caryophyllene, among others) produced by chrysanthemum cultivars infected by *B. cinerea* propose planning cultivar arrangements in the greenhouse as a factor to be considered, since a cultivar that releases this kind of compounds could protect a different cultivar (Piesik *et al.*, 2015).

Therefore, identifying the variability within a species could be important both for genetic improvement and to protect one variety with another that will act as a physical barrier. This is the case of chrysanthemum cultivars (*D. grandiflora*), where the presence of cultivars resistant to the fungus *Puccinia horiana* P. Hennings, causal agent of white rust (Vences-Contreras and Vázquez-García, 2008), has been detected. Another study that evaluated the response of different chrysanthemum cultivars to *Puccinia horiana* P. Hennings found that the infection level was determined by the genetic background (Yusuf *et al.*, 2017). Studies conducted by Solano-Baez *et al.* (2013) showed that some chrysanthemum varieties are more susceptible to infections by fungi such as *Fusarium solani*. On the other hand, the use of multilinear cultivars (Li *et al.*, 2013; Guang-yu *et al.*, 2016) grown in polyculture systems and using rustic cultivars could also be an option for reducing the presence of diseases (Mundt, 2002; Gallet *et al.*, 2014). So, arrangements among species, plant density and genotypes with different levels of susceptibility to pathogens can be an alternative to prevent pests and diseases (Prieto *et al.*, 1986; Matsushita *et al.*, 2012; Robert *et al.*, 2018).

Cultivars that seem to be more resistant to *B. cinerea* infection have been identified through observations during several production cycles in chrysanthemum fields of producers in Coatepec

más susceptibles a la infección por hongos como *Fusarium solani*. Por otra parte, la utilización de cultivares multilíneales (Li *et al.*, 2013; Guang-yu *et al.*, 2016), plantados en policultivo con cultivares rústicos han demostrado también ser una opción para reducir la presencia de enfermedades (Mundt, 2002; Gallet *et al.*, 2014). De manera que la disposición entre especies, la densidad de plantas y el tipo de genotipos con diferente susceptibilidad a patógenos pueden ser una elección para evitar plagas y enfermedades (Prieto *et al.*, 1986; Matsushita *et al.*, 2012; Robert *et al.*, 2018).

En observaciones realizadas durante varios ciclos de producción de crisantemo con productores de Coatepec Harinas, Méx. se han identificado cultivares que parecen ser más resistentes al ataque de *B. cinerea*. En la presente investigación se partió de la hipótesis de que un arreglo que utiliza distintas variedades de crisantemo en una misma cama de plantación disminuye el daño de *B. cinerea* en la variedad más susceptible. Así, el objetivo del presente trabajo fue evaluar, en condiciones de cultivo comercial, la incidencia de *B. cinerea* y el efecto en la calidad del tallo floral del cultivar Chena dispuesta en tres arreglos espaciales con las variedades resistentes Flamingo y Moreliana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se hizo en la comunidad de Acuitlapilco, Coatepec Harinas, Méx. (18° 54' 20" N y 99° 47' 12" O, a 2104 msnm). Se establecieron dos experimentos independientes, el primero del 01 de junio al 16 octubre de 2016 y el segundo del 20 de marzo al 25 julio de 2017, con una distancia entre ambos experimentos de 300 m. Para conocer las características del suelo de ambos experimentos, se obtuvo una muestra compuesta de suelo a partir de cinco submuestras. Los análisis de

Harinas, Mexico. In this study, we started from the hypothesis that an arrangement in which different chrysanthemum varieties are planted on the same crop bed reduces the damage caused by *B. cinerea* to the most susceptible variety. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the incidence of *B. cinerea* and its effect on the flower stem quality of the Chena cultivar grown in three spatial arrangements with resistant varieties Flamingo and Moreliana.

MATERIALS AND METHODS

Study site. The study was conducted in the community of Acuitlapilco, Coatepec Harinas, Mexico (18° 54' 20" N and 99° 47' 12" W, at 2104 masl). Two independent experiments were established. The first was established from June 01-October 16, 2016, and the second from March 20-July 25, 2017, leaving 300 m between the two experiments. In order to analyze the soil characteristics for both experiments, a composite soil sample from five subsamples was used. Soil analyses were carried out at the Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuicola y Forestal (ICAMEX). The results indicated that the soil pH was moderately acid (6.5) and suitable for chrysanthemum production (García, 2014). The organic matter content was high (2.5 %); the nitrogen content (0.2 %) indicated that the soils are moderately rich in this element; the potassium content was 326-419 ppm; and the phosphorus content was 120-150 ppm (Rodríguez and Rodríguez, 2011), so there was no lack of these nutrients.

Biological material. For the experiment, the Chena, Flamingo and Moreliana cultivars were used, all of them from the hybrid complex *Dendratherm*

suelos se solicitaron al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal (ICAMEX). Los resultados indicaron que el pH del suelo fue medianamente ácido (6.5), apropiado para la producción de crisantemo (García, 2014). El contenido de materia orgánica fue alto (2.5 %), el contenido de nitrógeno indica que son suelos medianamente ricos con 0.2 %, con un contenido de potasio entre 326 a 419 ppm y un alto contenido de fósforo (120 a 150 ppm) (Rodríguez y Rodríguez, 2011), por lo que estos nutrimentos no fueron carentes.

Material biológico. Se emplearon los cultivares Chena, Flamingo y Moreliana, todos del complejo híbrido *Dendratherm grandiflora* Tzevelev, con ciclo de producción de 90-120 días. El cultivar Chena, de capítulo blanco con centro cremoso, es el crisantemo de mayor extensión cultivada en la región florícola del sur del Estado de México, pero es susceptible a *B. cinerea*. El cultivar Flamingo es de inflorescencia rosa, mientras que el cultivar Moreliana es de inflorescencia blanca con centro morado, ambos de demanda comercial similar que se reportan como resistentes a *B. cinerea* (Figura 1).

grandiflora Tzevelev, and with a 90-120-day production cycle. Chena, with a white head and a cream-colored center, is the most widely planted cultivar in terms of area in the flower producing region of the southern part of the State of Mexico, but it is susceptible to *B. cinerea*. The Flamingo cultivar produces pink flowers, while the Moreliana cultivar produces white flowers with a purple center; both have similar market demand and are reported to be resistant to *B. cinerea* (Figure 1).

Experimental design. The Chena (Ch), Flamingo (F) and Moreliana (M) cultivars were planted in microtunnels, on 9 beds 50 m long and with 10-cm spacing between lines and between plants. The experimental design included blocks with randomly distributed plots. Three spatial arrangements (A) were established: A1=F-Ch-F; A2=M-Ch-M and A3=Ch-Ch-Ch, each with three repetitions. Arrangements A1 and A2 had 16 lines of the Chena cultivar in the middle flanked by four lines of a resistant cultivar (Flamingo or Moreliana) at both ends of the microtunnel, where the fungus is more frequently found due to water accumulation caused by runoff from the plastic cover. In arrangement



Figura 1. Cultivares de crisantemo (*Dendratherm grandiflora* Tzevelev). (A) Chena, (B) Flamingo, (C) Moreliana.
Figure 1. Chrysanthemum cultivars (*Dendratherm grandiflora* Tzevelev). (A) Chena, (B) Flamingo, (C) Moreliana.

Diseño experimental. La plantación con los cultivares Chena (Ch), Flamingo (F) y Moreliana (M) se estableció en microtúnel, en 9 camas de 50 m de largo con 10 cm entre líneas y entre plantas. El diseño experimental fue de bloques con parcelas distribuidas al azar. Se establecieron tres arreglos espaciales (A) que fueron los tratamientos, A1=F-Ch-F; A2=M-Ch-M y A3=Ch-Ch-Ch, cada uno con tres repeticiones. Los arreglos A1 y A2 tuvieron 16 líneas centrales de cultivar Chena flanqueadas en cada orilla del microtúnel por cuatro líneas del cultivar resistente (Flamingo o Moreliana), zonas donde es más frecuente la presencia del hongo debido a la acumulación de agua por escurrimiento de la cubierta plástica. En el arreglo A3 todas las líneas (24) se plantaron con el cultivar Chena, como lo realiza el floricultor.

Prácticas agrícolas y culturales. Las plantas inocuas fueron adquiridas de un productor de esquejes de la comunidad de Zacango, Villa Guerrero, Méx. El riego inicial fue por goteo hasta los 30 días después de la plantación, a partir del cual el riego fue rodado. A los 8 días de la plantación se realizó el despunte del tallo principal para promover el crecimiento de brotes laterales. Posteriormente, se hizo una aplicación inicial del fertilizante NPK, 18-46-00. El cultivo se mantuvo con luz artificial amarilla las 24 h del día durante 20 días después de la poda, la luz se distribuyó en tres líneas a una altura de 1.5 m. Se realizaron deshierbes y escardas manuales durante el ciclo del cultivo. Cuando las plantas tuvieron una altura aproximada de 50 cm se estableció tutorado con rafia. Al aparecer los botones florales se retiraron los brotes laterales de cada tallo y se dejó solamente el botón central. Se aplicaron agroquímicos comerciales Lucaphos® (diclorvos) (800 mL ha⁻¹) para control de trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande), Abamectina® (avermectina B1a y avermectina B1b) (0.5 L ha⁻¹) para araña

A3, all the lines (24) were sown with the Chena cultivar, the same way flower growers do.

Agricultural and agronomic practices. Safe plants were provided by a cutting producer from the community of Zacango, Villa Guerrero, Mexico. Initially drip irrigation was applied up to 30 days after sowing, and furrow irrigation was applied after that. Eight days after sowing, the main stem was trimmed in order to promote side shoot growth. Then, the first NPK (18-46-00) fertilizer was applied. The crop was kept under yellow artificial light 24 h a day during 20 days after pruning, and the light was distributed in three lines 1.5 m high. Manual weeding and hoeing were carried out during the crop cycle. When the plants were approximately 50 cm high, raffia twine was wrapped around them. When flower buds emerged, the side buds were removed from each stem and only the middle bud was left. Commercial agrochemicals Lucaphos® (diclorvos) (800 mL ha⁻¹) were used to control trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande), Abamectina® (avermectin B1a and avermectine B1b) (0.5 L ha⁻¹) for red spider (*Tetranychus urticae* Koch) and Beleaf® (pridinacarboxamide) (200 g ha⁻¹) for whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). All these products were applied once a week during the production cycle, and Mancozeb® (manganese ethylene-bis-dithiocarbamate along with zinc ion) was used to prevent white rust (*Puccinia horiana* Hennings) (1 kg ha⁻¹) and *B. cinerea*, at the crop's initial stage. Conventional chrysanthemum production requires at least four fungicide applications a week, and more combined products, such as Zineb®, Manzate®, Ziran®, can also be used (personal communication with flower producers).

Evaluated variables. Three weeks after transplanting, the plants were measured every

roja (*Tretanychus urticae* Koch) y Beleaf® (pridina-carboxamida) (200 g ha⁻¹), para mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Todos éstos productos se aplicaron una vez por semana durante el periodo de producción y Mancozeb® (etilen bisditiocarbamato de manganeso junto con ion zinc) para roya blanca (*Puccinia horiana* Hennings) (1 kg ha⁻¹) y *B. cinerea*, como preventivo únicamente en etapa inicial del cultivo. La aplicación de fungicidas en una producción convencional de crisantemo es de mínimo cuatro veces por semana e incluso pueden utilizarse más productos combinados como Zineb®, Manzate®, Ziran® (comunicación personal con floricultores).

Variables evaluadas. Tres semanas después del trasplante se tomaron mediciones cada siete días, hasta el período de corte. De las variables altura de planta y grosor del tallo se tomaron siete lecturas en muestras de 24 plantas de cultivar Chena seleccionadas al azar de cada arreglo. La presencia del hongo se monitoreó durante el desarrollo del cultivo de acuerdo a la escala 1 a 9 descrita por Abawi y Pastor-Corrales (1990), donde 1 = síntomas no visibles, 5 = hasta 25 % de los tejidos foliar con lesiones necróticas característico de *B. cinerea* (Piesik *et al.*, 2015), y 9 = 75 % o más de las hojas dañadas y muerte de la planta. En el caso del capítulo, se buscaron manchas color marrón en las lígulas. Al momento del corte, se midió el diámetro del capítulo floral y se evaluó la vida de florero durante 16 días en 20 tallos florales de Chena seleccionados al azar de cada arreglo espacial. Los tallos se colocaron en agua, en un lugar fresco y a la sombra en donde se midió el porcentaje de infección en tallos que presentaron manchas color marrón en las lígulas y hojas, causadas por *B. cinerea*. El análisis económico se obtuvo considerando precios de los agroquímicos utilizados, superficie plantada (1125 m²), número de plantas de cultivar Chena (12 000 en A3 y 8 000 en A1 y A2), costo de

seven days until the cutting season. Seven readings of the plant height and stem thickness variables were taken on samples of 24 plants of the Chena cultivar randomly selected from each arrangement. The presence of the fungus was monitored during crop development according to the 1-9 scale described by Abawi and Pastor-Corrales (1990), where 1 = no visible symptoms, 5 = up to 25 % of foliar tissues show necrotic lesions characteristic of *B. cinerea* (Piesik *et al.*, 2015), and 9 = 75 % or higher percentage of damaged leaves and dead plants. In the case of the head, we looked for brown spots on the ligules. During cutting, the diameter of the flower head was measured, and the vase life was evaluated for 16 days using 20 flower stems of Chena randomly selected from each spatial arrangement. The stems were placed in water in a cool, shady place to measure the percent infection on stems whose ligules and leaves showed brown spots caused by *B. cinerea*. The economic analysis was performed based on the price of the agrochemicals used, area sown (1125 m²), number of plants of the Chena cultivar (12,000 in A3 and 8,000 in A1 and A2), Chena cultivar cost (around 20 % higher than that of the Flamingo and Moreliana cultivars), as well as the number of additional Moreliana flowers, which unlike the Chena cultivar, keep their side stems. The statistical analysis of the plant height, the stem thickness, the floral diameter and the postharvest life variables was performed using analysis of variance (ANOVA) and the SAS System version 70 for Windows. The difference among the strategic arrangements set out for each variable was determined using the minimum significant difference test (MSD, $P \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Stem thickness. There were significant differences ($P \leq 0.05$) in stem thickness among arrangements,

cultivar Chena (alrededor de 20 % más que cultivar Flamingo y Moreliana) así como el número de flores extra de Moreliana, que a diferencia de Chena, éstas conservan sus tallos laterales. El análisis estadístico de las variables altura de planta, grosor de tallo, diámetro floral y vida pos-cosecha se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) con el programa SAS System versión 7.0 para Windows. La diferencia entre los arreglos estratégicos planteados en cada variable evaluada se determinó con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS, $P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grosor del tallo. Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre arreglos en el grosor del tallo, donde el diámetro osciló entre 0.62 y 0.72 cm (Cuadro 1). El cultivar Chena, en el arreglo tradicional (A3), registró los valores más bajos en todas las mediciones respecto a Chena flanqueada con Flamingo (A1) y Moreliana (A2). Así, el cultivar Chena en los arreglos A1 y A2, mostró ventaja en una de las características más importantes en la calidad del cultivo (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005), en donde el grosor del tallo determina el peso del capítulo floral que puede soportar. El grosor de tallo no es afectado por *B. cinerea*, ya que este hongo infecta tejidos blandos y viejos (Palmieri y Dardón, 2012; Schumacher, 2017). Sin embargo, se observa que el intercalado de A1 y A2 favorece que plantas de cultivar Chena sean más vigorosas que, aunado a la ausencia de *B. cinerea*, genera ventajas en la calidad comercial, como lo mencionan Costa *et al.* (2019), quienes citan que una mayor altura se atribuye a respuestas morfológicas, fisiológicas y/o de competencia, características que no fueron consideradas en este estudio.

where the diameter ranged from 0.62 to 0.72 cm (Table 1). The Chena cultivar in the traditional arrangement (A3) had the lowest values in all measurements compared to Flamingo (A1) and Moreliana (A2). In arrangements A1 and A2, the Chena cultivar had an advantage in one of the most important characteristics of the crop's quality (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005), where stem thickness determines the weight of the flower head that the stem can support. The stem thickness is not affected by *B. cinerea* because the fungus infects old and soft tissues (Palmieri and Dardón, 2012; Schumacher, 2017). However, when A1 and A2 were intercropped, plants of the Chena cultivar were more vigorous, a fact that, along with the absence of *B. cinerea*, provides commercial quality advantages, as mentioned by Costa *et al.* (2019), who suggest that the greater height can be attributed to morphological, physiological and/or competition responses, characteristics that were not considered in this study.

Plant height. In arrangement A3, with significant differences ($P \leq 0.05$), Chena's height (64.5 cm) was lower than the height of the same variety in arrangements A1 (70.6 cm) and A2 (69.9 cm), which were combinations of Chena and Moreliana or Flamingo (Table 2). Spatial arrangements usually vary in population density because of the distance between rows and plants, a fact that influences not only the yield components but also the products' quality (Jirmanová *et al.*, 2016; Coelho *et al.*, 2016). However, in this study, the sowing density was the same in the three arrangements, which suggests that due to possible variations in nutrient demands (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015) caused by the strategic distribution of the cultivars, Chena plants were taller in A1 and A2 compared with those in A3. Piesik *et al.* (2015) mentioned that the

Cuadro 1. Comparación de medias con diferencia mínima significativa (DMS) del grosor del tallo de cultivar Chena (Ch), en diferentes etapas de crecimiento y en tres arreglos espaciales (A) con Flamingo (F) y Moreliana (M). A1, Chena flanqueada por Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanqueada por Moreliana (M-Ch-M) y A3, solo Chena (Ch-Ch-Ch).

Table 1. Comparison of means with least significant differences (LSD) of stem thickness of the Chena cultivar (Ch) at different growth stages and three spatial arrangements (A) with Flamingo (F) and Moreliana (M). A1, Chena flanked by Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanked by Moreliana (M-Ch-M) and A3, Chena a (Ch-Ch-Ch).

Arreglo	Grosor del tallo (cm) en ddt ^a				
	30	37	44	51	57
A1	0.46 a	0.52 a	0.55 a	0.61 a	0.70 a
A2	0.46 a	0.51 a	0.55 a	0.61 a	0.72 a
A3	0.42 b	0.45 b	0.51 b	0.58 b	0.62 b
DMS	0.026	0.032	0.024	0.024	0.023

Valores de columna con la misma letra no difieren estadísticamente (DMS, de acuerdo a la prueba de Fisher, $P \leq 0.05$); ^addt= días después de trasplante / In each column, values with the same letter are not statistically different (LSD=LSD least significant difference, according to Fisher's test, $P \leq 0.05$); ^addt= days after transplanting.

Altura de la planta. El arreglo A3, con diferencias significativas ($P \leq 0.05$), presentó menor altura (64.5 cm) de Chena respecto a la observada en la misma variedad en los arreglos A1 (70.6 cm) y A2 (69.9) que fueron combinados de Chena con Moreliana o Flamingo (Cuadro 2). Los arreglos espaciales generalmente varían en densidad de población por distancia entre surcos y plantas, los cuales influyen no solo en los componentes del rendimiento sino también en la calidad de los productos (Jirmanová *et al.*, 2016; Coelho *et al.*, 2016). Sin embargo, en esta investigación, la densidad de plantación fue la misma en los tres arreglos, lo que sugiere que posibles variaciones en la demanda nutricional (Valdez-Aguilar *et al.* 2015) por la distribución estratégica de los cultivares influyó en una mejor altura de la planta de Chena en A1 y A2 con respecto a A3. Piesik *et al.* (2015) mencionan que la asociación de ciertos cultivares de crisantemo en invernadero es determinante para proteger a alguno de éstos. La variable altura de planta también es de

association of certain chrysanthemum cultivars in the greenhouse is decisive to protect some of them. The plant height variable is also very important because in the marketing chain, taller stems make it possible to make cuts at their base without affecting quality (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005). Similarly, taller plants have competitive advantages, such as greater light gathering and faster nutrient assimilation (Zheng and Van Labeke, 2018). The flower head is more exposed to sunlight and avoids the higher relative humidity present in the plant's low or intermediate parts, a factor that determines spore germination and mycelium growth (Palmieri and Dardón 2012; Schumacher, 2017). In this regard, although the plant's height was not directly affected by the presence of *B. cinerea*, it could be an advantage that limits the damage to the flower head.

Flower head diameter. The largest diameter of a flower head and with significant differences

Cuadro 2. Comparación de medias con diferencia mínima significativa (DMS) en altura de la planta cultivar Chena (Ch), en diferentes etapas de crecimiento y en tres arreglos espaciales (A) con Flamingo (F) y Moreliana (M). A1, Chena flanqueada por Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanqueada por Moreliana (M-Ch-M) y A3, solo Chena (Ch-Ch-Ch).

Table 2. Comparison of means with least significance difference (LSD) in Chena (Ch) cultivar plants at different growth stages and in three spatial arrangements (A) with Flamingo (F) and Moreliana (M). A1, Chena flanked by Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanked by Moreliana (M-Ch-M) and A3, Chena alone (Ch-Ch-Ch).

Arreglo	Altura de planta (cm) en ddt ^e						
	16	23	30	37	44	51	57
A1	5.2 a	10.8 a	20.4 a	26.5 b	38.2 a	49.5 a	70.6 a
A2	5.2 a	11.3 a	21.3 a	27.8 a	39.2 a	49.5 a	69.9 a
A3	4.7 b	9.7 b	18.0 b	24.4 c	34.9 b	46.3 b	64.5 b
DMS	0.3	0.7	0.3	1.1	1.7	1.5	0.9

Valores de columna con la misma letra no difieren estadísticamente (DMS de acuerdo a la prueba de Fisher, $P \leq 0.05$). ^edías después del trasplante / In each column, values with the same letter are not statistically different (MSD=LSD, least significant difference according to Fisher's test $P \leq 0.05$). ^edays after transplanting.

mucha importancia, ya que en la cadena de comercialización un tallo más largo muestra margen para hacer recortes en su base sin perder calidad (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005). De igual forma, una mayor altura de planta tiene ventajas competitivas como son mayor captación de luz y asimilación de nutrientes más rápida (Zheng y Van Labeke, 2018). El capítulo floral está más expuesto a la luz del sol, escapa a mayor humedad relativa presente en estratos medio o bajo de la planta, factor que condiciona la germinación de esporas y crecimiento del micelio (Palmieri y Dardón 2012; Schumacher, 2017). En este sentido, aunque la altura de la planta no se afectó directamente por la presencia de *B. cinerea*, puede representar una ventaja para limitar el daño en el capítulo floral.

Diámetro del capítulo floral. El diámetro del capítulo floral más grande y con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) se obtuvo en el cultivar Chena del arreglo A2, seguido de los arreglos A1 y A3 (Cuadro 3). El mayor diámetro del capítulo floral

Cuadro 3. Análisis de diferencia mínima significativa (DMS) del diámetro de capítulo floral de cultivar Chena (Ch), en diferentes etapas de crecimiento y en tres arreglos espaciales (A) con Flamingo (F) y Moreliana (M). A1, Chena flanqueada por Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanqueada por Moreliana (M-Ch-M) y A3, solo Chena (Ch-Ch-Ch).

Table 3. Analysis of least significant difference (LSD) of the diameter of the Chena cultivar (Ch) flower head at different growth stages and in three spatial arrangements (A) along with Flamingo (F) and Moreliana (M). A1, Chena flanked by Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanked by Moreliana (M-Ch-M) and A3, Chena alone (Ch-Ch-Ch).

Arreglos espaciales	Diámetro de capítulo floral (cm)	
A1	12.5	b
A2	13.2	a
A3	12	c
DMS	0.37	

Valores de columna con la misma letra no difieren estadísticamente (DMS de acuerdo a la prueba de Fisher; $P \leq 0.05$) / In each column, values with the same letter are not statistically different (MSD=LSD, least significant difference, according to Fisher's test $P \leq 0.05$).

en A2 y A1 representó una ventaja comercial, ya que es una de las características más importantes en la calidad de crisantemo (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005), lo que indicó que en el arreglo de monocultivo con cultivar Chena (A3), no se encontró una ventaja comercial del capítulo floral.

Vida de florero. La medición de vida de florero se detuvo a los 16 días cuando las plantas de cultivar Chena en A3, con diferencias significativas ($P \leq 0.05$), mostraron 100 % de infección por *B. cinerea* (Cuadro 4). No obstante, se estima que, en esta especie, la vida de florero puede durar hasta 30 días debido a que es una planta que produce poco etileno y es considerada como una especie no climática (Hidalgo *et al.*, 2011).

La presencia de *B. cinerea* en el cultivo de crisantemo no fue evidente en el follaje durante el

($P \leq 0.05$) was produced by the Chena cultivar in arrangement A2, followed by arrangements A1 and A3 (Table 3). The largest diameter of a flower head in A2 and A1 represented a commercial advantage because it is one of the most important characteristics of chrysanthemum quality (Flores-Ruvalcaba *et al.*, 2005). This indicated that in the monocropped arrangement that included the Chena cultivar (A3), the flower head had no commercial advantage.

Vase life. Measurement of vase life was interrupted on day 16, when the Chena plants in A3, with significant differences ($P \leq 0.05$), were 100 % infected by *B. cinerea* (Table 4). However, according to estimations, this species may have a vase life of up to 30 days due to its low production of ethylene and because it is considered a non-climatic species (Hidalgo *et al.*, 2011).

Cuadro 4. Comparación de medias con diferencia mínima significativa (DMS) del porcentaje de plantas infectadas en vida de florero de cultivar Chena (Ch), en tres arreglos (A) espaciales con Flamingo (F) y Moreliana (M). A1, Chena flanqueada por Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanqueada por Moreliana (M-Ch-M) y A3, solo Chena (Ch-Ch-Ch).

Table 4. Comparison of means with least significant difference (LSD) of the percentage of vase life of infected plants of the Chena cultivar (Ch) in three spatial arrangements (A) with Flamingo (F) and Moreliana (M). A1, Chena flanked by Flamingo (F-Ch-F); A2, Chena flanked by Moreliana (M-Ch-M) and A3, Chena alone (Ch-Ch-Ch).

Arreglo	Incidencia de plantas dañadas en ddc ^z				
	0	4	8	12	16
A1	0.0 b	0.0 b	7.5 b	12.5 b	15.0 b
A2	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 c
A3	22.5 a	22.5 a	50 a	90.0 a	100 a
DMS	4.2	5.1	11.0	12.7	6.0

Valores de columna con la misma letra no difieren estadísticamente (DMS de acuerdo a la prueba de Fisher; $P \leq 0.05$), ^zdías después del corte / In each column, values with the same letter are not statistically different (MSD=LSD, least significant difference, according to Fisher's test $P \leq 0.05$), ^zdays after cutting.

desarrollo del cultivo, sin embargo, al momento del corte, las plantas seleccionadas al azar en el arreglo A3 (cultivo convencional) manifestaron crecimiento del hongo (Cuadro 4), con 25 % de las plantas con síntomas visibles en el capítulo floral incluyendo manchas marrón y deshidratación de las lígulas. Al igual que en otras flores como rosa (*Rosa x hybrida*), la infección por *B. cinerea* no es visible en el momento del corte, pero está latente y se manifiesta en condiciones de humedad durante el almacenamiento y transporte (Elad, 1988). Plantas de Chena, en A2, no mostraron infección por *B. cinerea* durante el período de vida de florero evaluado, lo que indica una ventaja comercial de este arreglo para el cultivar Chena. Estos resultados muestran la importancia de controlar al hongo desde el desarrollo del cultivo.

Los resultados obtenidos tienen un impacto económico, ya que en un arreglo convencional la producción de cultivar Chena involucra la aplicación de fungicidas, como Mancozeb, que debe aplicarse de cuatro veces por semana en período de lluvias con un costo estimado de \$2 540.00 MN ha⁻¹ (133 USD). Con los arreglos A1 y A2 se logró obtener control de *B. cinerea* con una sola aplicación, con gasto de \$645.00 MN ha⁻¹ (34 USD), lo que representó un ahorro del 75 %. Por otra parte, aunque existe diferencia de precio, 20 % más en Chena respecto de Moreliana y Flamingo y menor número de estas por m² en A1 y A2 respecto de A3, se llega a compensar la ganancia ya que un tallo en Moreliana produce en promedio 5 flores.

El arreglo espacial propuesto permite que cultivares que quedan en los laterales (Flamingo o Moreliana), donde comúnmente hay escurrimiento del agua de lluvia o agua que se condensa en horas tempranas, funcione como una barrera física, lo que evita la presencia de humedad para que se desarrolle el hongo en cultivar Chena, que es más susceptible al ataque de *B. cinerea*. Otros estudios

The presence of *B. cinerea* on the chrysanthemum crop was not detected on the foliage during crop development, but when randomly selected plants from arrangement A3 (conventional crop) were cut, we noted fungus growth (Table 4); 25 % of the plants had visible symptoms on the flower head, including brown spots and ligule dehydration. Just as in other flowers, such as rose (*Rosa x hybrida*), *B. cinerea* infection is not visible when flowers are cut, but it is latent and appears under moisture conditions during storage and transportation (Elad, 1988). Chena plants in A2 did not show infection by *B. cinerea* during the vase life period we evaluated, which indicates there is a commercial advantage when using this arrangement for this cultivar. These results show how important it is to control this fungus when the crop starts to develop.

The obtained results have an economic impact because a conventional arrangement to produce the Chena cultivar involves the use of fungicides such as Mancozeb, which must be applied four times a week during the rainy season, at an estimated cost of MX\$2540.00 ha⁻¹ (US\$133). Using arrangements A1 and A2, we were able to control *B. cinerea* with a single application at a cost of MX\$645.00 ha⁻¹ (34 USD), which represented savings of 75 %. On the other hand, although there is a price difference, 20 % more in Chena compared with Moreliana and Flamingo, and a lower number of them per square meter in A1 and A2 compared with A3, earnings are compensated because one Moreliana stem produces 5 flowers on average.

The proposed spatial arrangement allows (Flamingo or Moreliana) cultivars located on the sides (where there is usually runoff of rain water or water that condenses during early morning hours) may act as a physical barrier, which in turn prevents moisture that favors fungus development on the Chena cultivar, which is more susceptible to *B. cinerea* infection. Other studies (García-Velasco

(García-Velasco *et al.*, 2003; Solano-Baez *et al.*, 2013) muestran que existen cultivares de crisantemo más resistentes al daño por hongos, por lo que es importante entender el tipo de respuesta fisiológica incluyendo la liberación de compuestos orgánicos volátiles inhibidores de patógenos (Piesik *et al.*, 2015), así como identificar cultivares con potencial de resistencia a patógenos que pudieran ser utilizados como barreras físicas en arreglos espaciales como el reportado en esta investigación o para programas de fitomejoramiento.

CONCLUSIONES

La incidencia de *B. cinerea* disminuyó significativamente en plantas cercanas al corte y en vida de florero del capítulo floral del cultivar Chena cuando su cultivo estuvo flanqueado por Flamingo (A1) o Moreliana (A2). De la misma manera, la calidad comercial de los tallos florales de cultivar Chena fue mejor en los arreglos espacial A1 y A2 respecto a A3 que fue monocultivo de Chena.

LITERATURA CITADA

- Abawi GS and Pastor-Corrales MA. 1990. Root rots of beans in Latin America and Africa: diagnosis, research methodologies, and management strategies. CIAT. Cali, Colombia. 114 p.
- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Academic Press. New York, USA. 922p
- Anderson NO. 2007. Chrysanthemum: *DentratHEMA x grandiflora*. Pp. 389-439. In: Anderson NO (ed.). Flower breeding and genetics. Issues challenges and opportunities for the 21st Century. Springer. USA. 824 p.
- Arroyave-Toro JJ, Mosquerac S. and Villegas-Escobara V. 2017. Biocontrol activity of *Bacillus* EA-CB0015 cells and lipopeptides against postharvest fungal pathogens. Biological control 114: 195-200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.014>
- Boyd N, Brennan EB, Smith RF and Yokota R. 2009. Effect of seeding rate and planting arrangement on rye cover crop and weed growth. Agronomy Journal 10:47-51. <https://naldc.nal.usda.gov/download/26826/PDF>
- Chen X, Sun M, Liang J, Xue H, Qixiang Z. 2013. Genetic diversity of species of Chrysanthemum and related genera and groundcover cultivars assessed by amplified fragment length polymorphic markers. Hortscience 48(5):539-546. <http://hortsci.ashspublications.org/content/48/5/539.full.pdf+html>
- Coelho B, Sandro D and Bosco PJ. 2016. Effect of spatial arrangement on the production components and yield of sunflower. Revista Ceres 63(2):214-222. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663020013>
- Costa CA, Guine' RPF, Costa DVTA, Correia HE and Nave A. 2019. Pest control in organic farming. Organic Farming. 41-90 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813272-2.00003-3>
- Datta SKD, Janakiram T. 2015. Breeding and genetic diversity in *Chrysanthemum morifolium* in India: A review. Indian Journal of Agricultural Sciences 85:1379-1395. https://www.researchgate.net/publication/289630327_Breeding_and_genetic_diversity_in_Chrysanthemum_morifolium_in_India_A_review

CONCLUSIONS

B. cinerea incidence was significantly lower in plants close to the Chena cultivar during cutting and in terms of vase life, when it was flanked by Flamingo (A1) or Moreliana (A2). Similarly, the commercial quality of the Chena cultivar's floral stems was better in spatial arrangements A1 and A2 compared with those in A3, in which Chena was monocropped.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

- De Souza-Schlick GD, Peres R and Dutra M. 2014. Optimizing row spacing and plant population arrangement for a new short-height castor genotype in fall-winter. *Acta Scientiarum* 36(4):475-481. <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v36n4/12.pdf>
- Dordas C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28:33-46. Disponible en línea: <https://link.springer.com/article/10.1051/agro:2007051>
- Elad Y. 1988. Latent infection of *Botrytis cinerea* in rose flowers and combined chemical and physiological control of the disease. *Crop Protection* 7:361-366. Disponible en línea: [https://www.researchgate.net/publication/248415725\\_Latent\\_infection\\_of\\_Botrytis\\_cinerea\\_in\\_rose\\_flowers\\_and\\_combined\\_chemical\\_physiological\\_control\\_of\\_the\\_disease](https://www.researchgate.net/publication/248415725_Latent_infection_of_Botrytis_cinerea_in_rose_flowers_and_combined_chemical_physiological_control_of_the_disease)
- Evers JB and Bastiaans L. 2016. Quantifying the effect of crop spatial arrangement on weed suppression using functional-structural plant modelling. *Journal of Plant Research* 129:339-351. Disponible en línea: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4850179/>
- Flores-Ruvalcaba JS, Becerril-Román AE, González-Hernández VA, Tijerina-Chávez L, Vásquez-Rojas T. 2005. Crecimiento vegetativo y floral del crisantemo *Dendratema x grandiflorum* (Ramat) Kitamura en respuesta a la presión osmótica de la solución nutritiva. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2):241-249. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60911209>
- Furuta H, Shinoyama H, Nomura Y, Maeda M and Makara K. 2004. Production of intergeneric somatic hybrid of chrysanthemum [*Dendranthema* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitamura] and wormwood (*Artemisia sieversiana* J. F. Ehrh. ex Willd) with rust (*Puccinia horiana* Henning) resistance by electrofusion of protoplasts. *Plant Science* 166:695-702. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.007>
- Gallet R, Bonnot F, Milazzo J, Tertois C, Adreit H, Ravigné V, Tharreau D and Fournier E. 2014. The variety mixture strategy assessed in a G x G experiment with rice and the blast fungus *Magnaporthe oryzae*. *Frontier in Genetics* 4(312):1-12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00312>
- Garcés E. 1999. Consideraciones sobre *Botrytis cinerea* Pers., agente causal de la pudrición de las flores. *Agroonomía Colombiana* 9(2):196-201. Disponible en línea: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21168/22139>
- García A. 2014. Manual del crisantemo. Instituto de Investigación y Capacitación Acuicola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), No. De autorización CCE2017/E/049/14. Disponible en línea: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:\\_iY6w0ShnYoJ:icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/CRISANTEMO.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_iY6w0ShnYoJ:icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/CRISANTEMO.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx)
- García-Velasco R, Ochoa-Martínez D, Zavaleta-Mejía E, Mora-Aguilera G y Gaytan-Acuña E. 2003. Etiología de la marchitez del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelec) cv. Polaris. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:75-78. Disponible en línea: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221112.pdf>
- Gaytán-Acuña EA, Ochoa-Martínez D, García-Velasco R, Zavaleta-Mejía E y Mora-Aguilera G. 2006. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. *Terra Latinoamericana* 24:541-548. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57324412.pdf>
- Guang-yu H, Jie L, Yan S, Yun-yue W, You-yong Z and Baorong L. 2016. Intercropping of rice varieties increases the efficiency of blast control through reduced disease occurrence and variability. *Journal of Integrative Agriculture* 15(4):795-802. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61055-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61055-3)
- Hanudin KB and Marwoto B. 2017. Application of PGPR and antagonist fungi-based biofungicide for white rust disease control and its economic analysis in Chrysanthemum production. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* 39(3):266-278. Disponible en línea: <https://agrivita.ub.ac.id/index.php/agrivita/article/view/1326>
- Hidalgo L, Garzón D y Flores V. 2011. Notas sobre poscosecha de crisantemos en la sabana de Bogotá y sus bases fisiológicas. Pp. 132-142. *En: Flórez R., V.J. (Eds.). Avances sobre fisiología de la producción de flores de corte en Colombia*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 105p.
- Jirmanová J, Fuksa P, Hakl J, Brant V and Šantrucek J. 2016. Effect of different plant arrangements on maize morphology and forage quality. *Agriculture (Poľnohospodárstvo) Agriculture (Poľnohospodárstvo)* 62(2): 62-71. <https://doi.org/10.1515/agri-2016-0007>
- Kaul A, Kumar S, Thakur M and Ghani M. 2011. Gamma ray-induced *in vitro* mutations in flower color in *Dendranthema grandiflora* Tzelev. *Floriculture and ornamental biotechnology* 5(1): 71-73. Disponible en línea: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/2011/FOB\\_5\(1\)/FOB\\_5\(1\)71-73o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOonline/images/2011/FOB_5(1)/FOB_5(1)71-73o.pdf)
- Li XF, Liu ZX, Lu DB, Liu YZ, Mao XX, Li ZX and Li HJ. 2013. Development and evaluation of multi-genotype varieties of rice derived from MAGIC lines. *Euphytica* 192:77-86. doi: 10.1007/s10681-013-0879-1
- Liu H, Zhang QX, Sun M, Pan HT and Kong ZX. 2015. Development of expressed sequence tag-simple sequence repeat markers for *Chrysanthemum morifolium* and closely related species. *Genetics and Molecular Research* 14(3):7578-7586. <http://dx.doi.org/10.4238/2015.July.13.1>
- Matsushita Y, Aoki Y and Sumitomo K. 2012. Selection and inheritance of resistance to Chrysanthemum stunt viroid. *Crop Protection* 35:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.009>
- Migoya J. 2011. Plan Nacional de eliminación del consumo de bromuro de metilo en México. SAGARPA. ONUDI. 32 pp. <http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/index.html> (Consulta octubre 2018).
- Mudt CC. 2002. Use de multiline cultivars and cultivars mixtures for disease management. *Annual Review Phytopathology* 40:381-410. Disponible en línea: [https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723?casa\\_token=N-kjnfzjneR5AAAAA:ooHe6xJ69Vv7oXAUIJzdGJU9dL4HNvd52tiaKOBALXmQL1Oa0gcf9-dvoIJFtEyWSvvn6QdVwNRRmNn54w](https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723?casa_token=N-kjnfzjneR5AAAAA:ooHe6xJ69Vv7oXAUIJzdGJU9dL4HNvd52tiaKOBALXmQL1Oa0gcf9-dvoIJFtEyWSvvn6QdVwNRRmNn54w)

- Nakagawa H. 2009. Induced mutations in plant breeding and biological researches in Japan. In: Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Q.Y. Shu (ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2009, 51-58. Disponible en línea: <https://www.fnca.mext.go.jp/english/mb/docdb/data/jpn035.pdf> (consulta octubre 2018).
- Noda N, Aida R, Kishimoto S, Ishiguro K, Fukuchi-Mizutani M, Tanaka Y and Ohmiya A. 2013. Genetic engineering of novel bluer-colored chrysanthemums produced by accumulation of delphinidin-based anthocyanins. *Plant Cell Physiology* 492 (54):1684-1695. Disponible en línea: <https://academic.oup.com/pcp/article/54/10/1684/1907668>
- Núñez-Ríos T, Leyva-Mir SG, Rodríguez-Pérez JE y Mariscal-Amaro ME. 2013. Etiología y control de la necrosis de flores y pudrición de frutos de pepino en Morelos, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(2):255-266. Disponible en línea: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2013000200010&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2013000200010&script=sci_abstract)
- Ortiz I, Ávila-Chávez M, Torres LG. 2013. Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 4(1):26-46. Disponible en línea: <https://www.globalsciencejournals.com/content/pdf/10.7603%2Fs40682-013-0003-1.pdf>
- Palmieri M y Dardón E. 2012. Diagnóstico de la situación fitosanitaria del crisantemo y otras flores de corte y evaluación de planes emergentes de manejo integrado del cultivo en los municipios de San Pedro y San Juan Sacatepéquez. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos, Guatemala. 99p. Disponible en línea: [http://168.234.106.70/library/images/d/dc/FODECYT\\_2006.76.pdf](http://168.234.106.70/library/images/d/dc/FODECYT_2006.76.pdf)
- Patil UH, Karale AR, Katwate SM and Patil MS. 2017. Mutation breeding in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* T.) *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(6):230-232. Disponible en línea: <http://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue6/PartD/6-5-393-273.pdf>
- Piesik D, Miler N, Lemanczyk G and Bocianowski J. 2015. *Botrytis cinerea* infection in three cultivars of Chrysanthemum in 'Alchimist' and its mutants: Volatile induction of pathogen-infection plants. *Scientia Horticulturae* 193:127-135 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.040>
- Potts M. 1990. Influence of intercropping in warm climates on pests and diseases of potato, with special reference to their control. *Field Crops Research* 25:133-144. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90078-P](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90078-P)
- Prieto EC, Escobar JA, y Posasa A. 1986. Densidades de siembra de dos variedades comerciales de crisantemo *Chrysanthemum morifolium* Ramat en Piedamod (Cauca). *Acta Agronómica* 36(3):5667. Disponible en línea: <http://bdigital.unal.edu.co/18850/1/14788-44467-1-PB.pdf>
- Raseduzzaman MD and Jensen E. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*. 91: 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009>
- Robert C, Garin G, Abichou M, Houlés V, Pradal C and Fournier C. 2018. Plant architecture and foliar senescence impact the race between wheat growth and *Zymoseptoria tritici* epidemics. *Annals of Botany* 121(5): 975-989. Disponible en línea: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29373663>
- Rodríguez A, Acosta A and Rodríguez, A. 2014. Fungicide resistance of *Botrytis cinerea* in tomato greenhouses in the Canary Islands and effectiveness of non-chemical treatments against gray mold. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 30(9):2397-2406. Disponible en línea: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11274-014-1665-5>
- Rodríguez H y Rodríguez J. (2011). Métodos de análisis de suelos y plantas. Ed. Trillas. México 239p.
- Sadhukhan R, Swathi K, Sarmah D and Mandal T. 2015. Effect of different doses of gamma rays on survivability and rooting ability in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Journal Crop and Weed* 11:62-65. Disponible en línea: <http://www.cropandweed.com/archives/2015/vol11issue1/11.pdf>
- Schumacher J. 2017. How life affects the life of *Botrytis*. *Genetics and Biology* 106:26-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fgb.2017.06.002>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Avance de siembras y cosechas. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do) (consulta, noviembre 2018)
- Shinoyama H, Mitsuhara I, Ichikawa H, Kato K and Mochizuki A. 2015. Transgenic chrysanthemums (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) carrying both insect and disease resistance. *Acta Horticulturae* 1087:485-497. Disponible en línea: [https://www.ishs.org/ishs-article/1087\\_66](https://www.ishs.org/ishs-article/1087_66)
- Solano-Baez R, Leyva-Mir SG, Tlapal-Bolaños B y Mariscal-Amaro LA. 2013. Etiología y respuesta de variedades de crisantemo a la pudrición del tallo en el Estado de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.06.121>
- Storkey J, Bruce TJA, Mcmillan VE and Neve P. 2018. The future of sustainable crop protection relies on increased diversity of cropping systems and landscapes. Pp. 199-209. In: Lemaire G, Carvalho PCF and Recous S. (eds). *Agroecosystem Diversity*. Academic Press. USA. 478p
- Valdez-Aguilar LA, Hernández-Pérez A, Alvarado-Carrillo D, and Cruz-Altun A. 2015. Diseño de un programa de fertilización para crisantemo en base a extracción de macronutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12:2263-2276. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/html/2631/263143809>
- Vences-Contreras C y Vázquez-García LM. 2008. Inoculación in vitro de la roya blanca (*Puccinia Horiata* Hennings) en crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). *Agronomía Mesoamericana* 19(1):81-85. Disponible en línea: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v19n01\\_081.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n01_081.pdf)
- Xialong X, Yafeng S, Jiafu J, Lipping R, Fadi CH, Weimin F, Zhiyong G and Sumei Ch. 2014. Gene expression profiles response to aphid feeding in Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *BMC Genomics* 15:1050. Disponible en línea: <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-15-1050>
- Yusuf ES, Budiarto K, Djatnika I and Suhardi. 2017. Effects of varieties, cutting health and fungicide application on chrysanthemum white rust. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* 39: 21-30. Disponible en línea: [https://www.researchgate.net/publication/313147898\\_Effects\\_of\\_Varieties\\_Cutting\\_Health\\_and\\_Fungicide\\_Application\\_on\\_Chrysanthemum\\_White\\_Rust](https://www.researchgate.net/publication/313147898_Effects_of_Varieties_Cutting_Health_and_Fungicide_Application_on_Chrysanthemum_White_Rust)



- Zeng J, Sun J, Xu Y, Chen F, Jiang J, Fang W and Chen S. 2013. Variation for resistance to white rust (*Puccinia horiana*) among *Ajania* and *Chrysanthemum* species. HortScience 48(10):1231-1234. Disponible en línea: <http://hortsci.ashspublications.org/content/48/10/1231.full.pdf>
- Zhang, M, Huang H, Wang Q and Dai S. 2018. Cross breeding new cultivars of early-flowering multiflora chrysanthemum based on mathematical analysis. HortScience 53(4):42-426. Disponible en línea: <http://hortsci.ashspublications.org/content/53/4/421.abstract>
- Zhao S., Chen X, Deng S, Dong X, Song A, Yao J, Fang W and Chen F. 2016. The effects of fungicide, soil fumigant, bio-organic fertilizer and their combined application on chrysanthemum fusarium wilt controlling, soil enzyme activities and microbial properties. Molecules 21(4):526. <https://doi.org/10.3390/molecules21040526>
- Zheng L and Van Labeke MC. 2018. Effects of different irradiation levels of light quality on Chrysanthemum. Scientia Horticulturae 233:124-131. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.033>