

PRODUCCIÓN DE INFLORESCENCIAS Y TALLOS FLORALES DE PIRETRO (*Tanacetum coccineum*) EN MONTECILLO, MÉXICO

PRODUCTION OF INFLORESCENCES AND FLOWER STEMS OF PYRETHRUM (*Tanacetum coccineum*) IN MONTECILLO, MÉXICO

Agustín de Santiago de Santiago^{1,2*}, J. Concepción Rodríguez Maciel¹, Hiram Bravo Mojica¹, Ángel Villegas Monter³ y Jesús Romero Nápoles¹

¹Programa en Entomología y Acarología, Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. ²Instituto Tecnológico Agropecuario de Aguascalientes. Km. 17.5 Carr. Aguascalientes-San Luis Potosí. El Llano, Ags., Tel: 01 (449) 974-1564. Correo electrónico: yayo129@hotmail.com ³Programa en Fruticultura, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Las piretrinas extraídas del piretro son insecticidas vegetales eficaces contra plagas, y son menos riesgosas para el hombre y ambiente que los insecticidas sintetizados químicamente. Por el potencial económico del cultivo, originario de Irán y Yugoslavia, se realizó esta investigación con la finalidad de cuantificar en México el rendimiento de inflorescencias y tallos florales (escapos) de piretro (*Tanacetum coccineum* (Willd.) Grierson), así como analizar la variabilidad fenotípica entre plantas. La siembra se hizo en almácigo y las plantas obtenidas se trasplantaron a la intemperie, en Montecillo, Estado de México. Dos años después del trasplante, 84 % de las plantas produjeron tallos con inflorescencia y 16 % sólo follaje. El número promedio de tallos por planta fue de 15, con un valor máximo de 84. El rendimiento obtenido fue de 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ de inflorescencias secas y 948 kg ha⁻¹ año⁻¹ de tallos secos. Se observó alta variabilidad en color de inflorescencias (en rango de blanco a rosa y rojo), número de inflorescencias por planta (C V = 88 %), peso de inflorescencias (C V = 28 %), diámetro de inflorescencias (C V = 15 %), número de tallos por planta (C V = 88 %), peso de tallos (C V = 37 %) y longitud de tallos (C V = 30 %). No se detectó correlación entre número y peso de inflorescencias por planta ($r = -0.03$), ni entre número y peso de tallos por planta ($r = 0.01$). Se concluye que el cultivo comercial de piretro es posible en México.

Palabras clave: *Tanacetum coccineum*, insecticidas orgánicos, piretrinas, piretro.

SUMMARY

Pyrethrins extracted from pyrethrum are plant insecticides effective against pests, and they are less dangerous to humans and to the environment than synthetic chemical insecticides. Because of the economic potential of pyrethrums originated from Irán and Yugoslavia, this study was carried out to quantify the yield of inflorescences and flower stems (scapes) of pyrethrum (*Tanacetum coccineum* (Willd.) Grierson) in México, and to analyze phenotypic variability among plants. The sowing was done in seedbeds and the seedlings were transplanted outdoors, in Montecillo, México. Two years after trans-

plant, 84 % of the plants grew stems with inflorescences, while 16 % yielded only leaves. The mean number of stems per plant was 15, with a maximum of 84. The obtained yield was 400 kg ha⁻¹ year⁻¹ of dry inflorescences and 948 kg ha⁻¹ year⁻¹ of dry stems. High variability was observed in inflorescence color (ranging from white to pink and red), number of inflorescences per plant (C V = 88 %), inflorescence weight (C V = 28 %), inflorescence diameter (C V = 15 %), number of stems per plant (C V = 88 %), stem weight (C V = 37 %), and stem length (C V = 30 %). No correlation was found between number and weight of inflorescences per plant ($r = -0.03$), or number and weight of stems per plant ($r = 0.01$). In conclusion, commercial cultivation of pyrethrum is possible in México.

Index words: *Tanacetum coccineum*, organic insecticides, pyrethrins, pyrethrum.

INTRODUCCIÓN

Los piretros son crisantemos perennes que incluyen a diversas especies, entre las que destacan *Tanacetum coccineum* (Willd.) Grierson (= *Chrysanthemum coccineum* Willd.) originario de Irán (antes Persia) y *T. cinerariaefolium* Schulz-Bip. (= *C. cinerariaefolium* Vis.) originario de Yugoslavia (antes Dalmacia) (Duval, 1993; Wandahwa *et al.*, 1996). Las piretrinas producidas por estas plantas se utilizan como insecticidas naturales, y se conocen seis. Piretrina I (C₂₁H₂₈O₃), Piretrina II (C₂₂H₂₈O₅), Cinerina I (C₂₀H₂₈O₃), Cinerina II (C₂₁H₂₈O₅), Jasmolina I (C₂₁H₃₀O₃) y Jasmolina II (C₂₂H₃₀O₅), según Crombie (1995). Los piretroides son productos sintéticos con estructura química similar a las piretrinas (Elliot, 1995).

Por los daños que causan los insecticidas sintéticos al hombre y al ambiente, está resurgiendo el uso de insecticidas de origen vegetal, principalmente piretrinas (Wink,

1993), que controlan numerosos insectos y ácaros, poseen efecto rápido, inducen poca resistencia en organismos tratados, no son inflamables, son de mínima residualidad, no son fitotóxicas y, principalmente, son de baja toxicidad al hombre y animales de sangre caliente (Jovetic, 1994). De acuerdo con Langford y Ferrer (2001), las piretrinas son menos dañinas al hombre que a insectos, porque se absorben menos por la piel humana que por la cutícula de insectos (DL_{50} dermal $> 1500 \text{ mg kg}^{-1}$); además, si se ingieren o inhalan por humanos se degradan por enzimas intestinales o pulmonares (DL_{50} oral $= 900 \text{ mg kg}^{-1}$).

Debido a dichas cualidades, las piretrinas se utilizan más que cualquier otro insecticida en áreas urbanas: almacenes de productos alimenticios, casas habitación, restaurantes, hoteles, hospitales, escuelas, fábricas, supermercados y bares; también se utilizan en predios pecuarios, bosques (Casida y Quistad, 1995) y en medios acuáticos para combatir crustáceos parásitos de peces (*Pyrethrum Bureau*, 1990). Las piretrinas son los únicos insecticidas exentos de límites de residuos (Sugavanam, 1995), por lo que se utilizan en agricultura orgánica (Yepsen, 1976) y en cultivos de exportación que tienen alto valor económico (Sugavanam, 1995). Las piretrinas se venden en diversas formulaciones comerciales: aerosoles caseros, champús y jabones para personas y animales, sólidos liberadores de humo repelente, pastillas para utilizarlas en almacenes de productos alimenticios, y líquidos para aspersión (*Pyrethrum Bureau*, 2004).

Las inflorescencias tienen mayor interés comercial porque producen más piretrinas que los tallos florales o escapos (Bhupinder *et al.*, 1993). El piretro tiene otros usos menos comunes: como planta ornamental, forrajera (bagozo de inflorescencias), contra parásitos intestinales de vacas, ovejas, cabras, caballos y cerdos (Thijssen, 1997), medicinal contra micobacterias causantes de la tuberculosis (Duke, 1985) y conservadora de nitrógeno del suelo (Muni *et al.*, 1993).

La planta crece en climas templados y tropicales cálido-húmedos, pero lo hace mejor en los semiáridos con inviernos fríos (Duval, 1993); las temperaturas menores de 24°C incrementan la cantidad y tamaño de inflorescencias, pero los periodos prolongados con frío (7°C o menos), nieve y neblina reducen el rendimiento (Muturi *et al.*, 1969; Mohandass *et al.*, 1986; Wandahwa *et al.*, 1996). Por otro lado, si durante el año se presentan dos meses de sequía consecutivos, las plantas rejuvenecen, pero el exceso de humedad o la sequía prolongada por más de siete meses disminuyen el desarrollo de la planta (Wandahwa *et al.*, 1996).

Por su amplia adaptabilidad ambiental, el piretro se ha cultivado en más de 25 países, entre los que destacan por su producción, Kenya, Tanzania, Zimbabwe, Uganda, Nueva Guinea y Australia (Gullickson, 1995). En México, durante la década de los 40's se cultivó experimentalmente la especie *T. cinerariaefolium*, en los estados de Guanajuato, Michoacán, México, Puebla, Querétaro y Zacatecas (Samaniego, 1944); a partir de 1998 se estudia la especie *T. coccineum* en Montecillo, Estado de México (De Santiago, 2001).

La producción de inflorescencias secas puede variar mucho, dependiendo del clon o la variedad del piretro, así como del lugar de cultivo, entre otros factores. Por ejemplo en Kenya, principal país productor de piretro, se obtienen desde 18 hasta $740 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Wandahwa *et al.*, 1996); en cambio en Australia, el país más tecnificado en producción de piretro, los rendimientos ascienden hasta $2500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, aunque estos valores altos son raros (MacDonald, 1995). En la República Mexicana se conoce poco del cultivo de piretro, y no se ha determinado con claridad su rendimiento de inflorescencias secas; sin embargo en Chapingo, Estado de México, se ha considerado como producción normal obtener $210 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y como producción buena $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Samaniego, 1944).

La demanda mundial de piretro es alta y se exporta principalmente a los Estados Unidos. Si se considera el rendimiento alto reportado en Kenia ($740 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y un precio de 2.5 dólares por kg de polvo de inflorescencias, se estima un ingreso aproximado de 1850 dólares (18 500 pesos) por hectárea (Sugavanam, 1995; Wandahwa *et al.*, 1996); los ingresos económicos generados por el cultivo satisfacen las necesidades prioritarias de una familia (*Pyrethrum Bureau*, 2004). En México se podría cultivar la planta para autoconsumo o para exportación a Estados Unidos. Por lo anterior, se justifica establecer nuevas líneas de investigación para estudiar clones y variedades exóticas de la especie *T. cinerariaefolium*, que produce las mayores concentraciones de piretrinas (Samaniego, 1944; Wandahwa *et al.*, 1996) y de otras especies del mismo género.

Los objetivos de este trabajo fueron cuantificar la capacidad productiva de piretro y analizar la variabilidad fenotípica entre plantas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Manejo agronómico del cultivo

La parcela experimental utilizada se ubicó en Montecillo, Estado de México; según la Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados, el terreno se encuentra a

19° 29' L N y 98° 54' LW, y a una altitud de 2250 m. El clima del lugar es C(w) (w) b (i) g, que corresponde a un semiseco o subhúmedo con lluvias en verano (García, 1973). El suelo experimental pertenece a la serie Montecillo, orden Mollisol, caracterizado por su alta salinidad y alta alcalinidad (Cachón *et al.*, 1976). En México la información disponible para cultivar piretro es escasa y dispersa; por tal razón, el manejo de la planta se adaptó de acuerdo con las sugerencias publicadas por Duval (1993), Samaniego (1944) y Wandahwa *et al.* (1996).

La semilla utilizada pertenece al piretro ornamental *Tanacetum coccineum* y en la etiqueta comercial no se indicó la variedad; esta semilla se compró en establecimientos comerciales de Estados Unidos. La semilla se sembró en almácigos en marzo de 1999, con una mezcla de volúmenes iguales de suelo agrícola, turba y tezontle, como sustrato. La siembra se efectuó en charolas de lámina galvanizada, con superficie de 43 x 30 cm y profundidad de 8 cm. El trasplante se hizo en mayo de 1999, una vez que las plantas tenían entre 5 y 10 cm de altura y longitud similar de raíz. Para facilitar el riego, el terreno experimental se dividió en diez parcelas, cada una con cuatro surcos de 5 m de largo por 0.60 m de ancho; en cada surco las plantas se colocaron a 0.30 m de distancia, con lo que se tuvo una densidad de 55 556 plantas/ha. Siempre que el agua de lluvia fue insuficiente, y para eliminar por lixiviación el exceso de sales del suelo, las parcelas se inundaron cada 15 a 30 d mediante agua rodada.

El terreno se fertilizó con la fórmula 50 N-50 P-50 K, con el producto comercial Triple 17 (N- P₂O₅- K₂O), que se aplicó en partes iguales a los 15 y 90 d después del trasplante. Los únicos parasiticidas que se aplicaron fueron Benomil PH, Captán PH y Clorotalonil PH, a razón de 0.5 kg ha⁻¹, para combatir enfermedades fungosas de raíces, escapos e inflorescencias. Estos productos se utilizaron de manera alternada, para lo cual se prepararon en suspensión acuosa y se aplicaron al follaje cada 15 a 30 d, durante la época de lluvias (entre mayo y septiembre). Con el fin de prevenir daños por conejos, la parcela fue cercada con malla para gallinero. También fue necesaria la eliminación de maleza, mediante azadón, cada 15 d.

La cosecha de inflorescencias se efectuó entre febrero y mayo de 2001, periodo en que ocurre la mayor parte de la floración; se hicieron seis cortes a mano, con frecuencia de 21 d. En cada corte se colectaron las inflorescencias que tuvieran abiertas a 75 % de flores hermafroditas. Al cortar cada inflorescencia, el tallo que la portaba se dejó en la planta, y el total acumulado de tallos se colectó en un solo corte, en mayo de 2001, para ser evaluados posteriormente.

Las inflorescencias y tallos se secaron sobre mallas horizontales de 4 mm de abertura, puestas a 1 m sobre el piso para procurar que hubiera ventilación por las partes inferior y superior de la malla y así evitar pudriciones por excesos de humedad. Durante el primer día de secado, las inflorescencias y tallos se expusieron directamente al sol y después permanecieron a la sombra durante 8 d. Se consideró como material vegetal seco al que estuviera quebradizo al presionarlos con los dedos.

La temperatura media mensual al abrigo y la precipitación pluvial se registraron en la Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicada a 1 km del experimento. En el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del mismo Colegio se determinó la salinidad (mediante conductividad eléctrica), y la alcalinidad del extracto acuoso de suelo.

Variables evaluadas y análisis estadísticos

Se evaluaron los tallos e inflorescencias secos cosechados durante el segundo año de vida del cultivo (durante el primer año inició la floración, pero no se realizaron evaluaciones); las variables registradas fueron las siguientes: a) Porcentaje de plantas con flores; b) Número de inflorescencias por planta, en 300 plantas al azar; c) Materia seca (g) de la inflorescencia, y el peso promedio se estimó de 120 inflorescencias; d) Diámetro (cm) de la inflorescencia, cuyo promedio se calculó de 200 inflorescencias, sin incluir las flores liguladas; e) Número de tallos por planta, en 25 plantas; f) Longitud del tallo (cm), en 125 tallos; y g) Materia seca (g) del tallo, de los mismos tallos en que se midió la longitud.

El rendimiento obtenido de inflorescencias por hectárea se estimó con base en el promedio de inflorescencias por planta, peso por inflorescencia y densidad de plantación utilizada (55 556 plantas/ha); el rendimiento obtenido de tallos se estimó de manera similar, con base en el promedio de tallos por planta, peso por tallo y densidad de plantación. Además, se calculó el rendimiento potencial máximo de inflorescencias, es decir, el que se lograría con plantas seleccionadas similares a la que produjera el mayor número de inflorescencias; con este mismo criterio se estimó el rendimiento potencial máximo de tallos. Tanto para inflorescencias como para tallos, los rendimientos potenciales se estimaron de la misma forma que los rendimientos obtenidos, pero en lugar de considerar promedios de inflorescencias o tallos por planta, se usó el número máximo de inflorescencias o tallos, según el caso.

Para correlacionar el peso de la inflorescencia y el número de cabezuelas (inflorescencias), se hizo una prueba de correlación de Pearson mediante el paquete estadístico

SAS con 28 pares de datos; cada par se obtuvo de una misma planta, donde el primer valor correspondió al total de inflorescencias y el segundo al peso promedio de éstas. De manera similar, se hizo una prueba de correlación entre el peso del tallo y el número de tallos, con 25 pares de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con las prácticas agronómicas adoptadas, el cultivo se desarrolló hasta floración (Figura 1). Dos años después del trasplante, 84 % de las plantas establecidas produjeron por lo menos una inflorescencia; el 16 % restante produjo sólo follaje. Esto indica que la localidad donde se realizó esa investigación es una zona potencial para producir piretro, como lo afirma también Samaniego (1944), quien cultivó la especie *T. cinerariaefolium* a cielo abierto en Chapingo, Estado de México, pero sin haber evaluado el porcentaje de plantas florecientes. En seguida se discute el desarrollo de la planta en relación con los datos ambientales de la localidad de estudio: temperatura atmosférica media mensual, precipitación pluvial, salinidad del suelo y alcalinidad del suelo.

La temperatura media mensual en la zona experimental fue de 15.6 °C (Estación Meteorológica del Colegio de Posgraduados, 2001), valor comprendido entre los 7 y 24 °C requeridos por piretro (Wandahwa *et al.*, 1996); sin embargo, sería conveniente estudiar el efecto de temperaturas extremas (máximas y mínimas). Al respecto, Roest (1976) señala que el rendimiento de inflorescencias de pi-

retro es mayor con temperaturas fluctuantes que con temperaturas constantes, aun cuando el promedio mensual sea el mismo para ambos casos; Mohandass *et al.* (1986) señalan que las temperaturas elevadas (> 24 °C) disminuyen la cantidad y tamaño de tallos e inflorescencias.

La precipitación pluvial en la zona experimental fue de 440 mm anuales (Estación Meteorológica del Colegio de Posgraduados, 2001), valor menor que los 900 mm anuales reportados por Wandahwa *et al.* (1996) como mínimo requerido por piretro; sin embargo, mediante los riegos de auxilio el suelo se mantuvo húmedo, a capacidad de campo.

La salinidad del suelo experimental fue baja (1.4 dS m⁻¹) y estuvo entre los valores en que crece el piretro, planta que según Wandahwa *et al.* (1996) tolera hasta 15 dS m⁻¹. En cambio, la elevada alcalinidad (pH = 8.7) del terreno experimental superó notoriamente al mayor valor (pH = 7.5) señalado por Wandahwa *et al.* (1996) para el desarrollo adecuado del piretro.

Rendimiento de inflorescencias

El máximo número (84) de inflorescencias por planta (Cuadro 1) coincide con los reportes de Duval (1993), quien señala como normal una producción de entre 80 y 100 inflorescencias por planta, siempre y cuando el manejo del cultivo y las condiciones ambientales sean las óptimas;



Figura 1. Cultivo de piretro (*Tanacetum coccineum*) desarrollado hasta floración en Montecillo, Estado de México.

en cambio, el promedio de inflorescencias por planta (15) fue menor que los valores reportados antes, pero el peso promedio por inflorescencia (0.48 g) fue notoriamente superior a los valores de 0.21 y 0.30 g señalados por Fulton *et al.* (2001). No se encontraron datos bibliográficos sobre el diámetro de la inflorescencia, por lo que el promedio observado en este trabajo (2.28 cm) queda como referencia.

El rendimiento obtenido de inflorescencias secas por hectárea (ROI) fue estimado con base en el promedio de inflorescencias por planta, el peso promedio de la inflorescencia y la densidad de plantación utilizada:

$$\text{ROI} = 15 \times 0.48 \times 55\,556 = 398\,937 \text{ g ha}^{-1} \approx 400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Este rendimiento es superior al promedio de 319 kg ha⁻¹ año⁻¹ reportado para Kenya, principal país productor de piretro (Wandahwa *et al.*, 1996) y al de 200 kg ha⁻¹ año⁻¹ considerado como rendimiento normal estimado del piretro común (*T. cinerariaefolium*) en Chapingo, Estado de México (Samaniego, 1944), lugar ubicado a 5 km de la parcela donde se efectuó el presente trabajo. Sin embargo, tal rendimiento logrado es notoriamente menor a los obtenidos en Australia, donde se llega a rebasar los 2000 kg ha⁻¹ año⁻¹ con el uso de alta tecnología agrícola, aunque estos rendimientos son poco comunes (MacDonald, 1995).

El rendimiento potencial máximo de inflorescencias (RPI) se estimó al multiplicar el mayor número de inflorescencias por planta, por el peso promedio de la inflorescencia y por la densidad de plantación:

$$\text{RPI} = 84 \times 0.48 \times 55\,556 = 2240 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Este resultado superaría notoriamente al promedio logrado en Kenya (Wandahwa *et al.*, 1996), e igualaría los altos rendimientos de Australia (MacDonald, 1995).

Rendimiento de tallos florales

Las cantidades de tallos fueron las mismas que de inflorescencias, porque cada tallo produjo una inflorescencia (Cuadro 1). El peso promedio por tallo seco sin inflorescencia fue de 1.14 g. El rendimiento obtenido de tallos secos por hectárea (ROT) se determinó al multiplicar el promedio de tallos por planta, por el peso promedio de tallos y por la densidad de plantación utilizada:

$$\text{ROT} = 15 \times 1.14 \times 55\,556 = 947\,474 \text{ g ha}^{-1} \approx 948 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

El rendimiento potencial máximo de tallos secos (RPT) se estimó en forma similar, pero considerando el número máximo de tallos (84) en lugar del promedio de tallos por planta:

$$\text{RPT} = 84 \times 1.14 \times 55\,556 = 5\,320\,043 \text{ g ha}^{-1} \approx 5320 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Los valores obtenidos y valores potenciales de peso de tallos quedan como referencia para estudios posteriores, ya que en la literatura consultada para el presente trabajo no se encontraron datos al respecto.

La longitud del tallo fue en promedio 32 cm. Al considerar que la longitud del tallo floral representa la altura de la planta, dicha longitud es similar a la mínima reportada por Duval (1993), quien menciona de 30 a 60 cm como altura común de piretro ornamental (*T. coccineum*). De este modo, el piretro estudiado se califica como de porte bajo, lo cual evita tanto el acame de la planta como el uso de espalderas, que incrementarían los costos de manejo del cultivo.

Relación rendimientos de tallos/rendimiento de inflorescencias (R)

R se estimó al dividir el rendimiento obtenido de tallos entre el rendimiento obtenido de inflorescencias: $R = (948 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) / (400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = 2.37$. Este valor indica que el peso de los tallos es de más del doble que el de las inflorescencias, por lo que se justificaría reanudar su uso como fuente de insecticida natural, aunque su contenido de piretrinas sea menor que el de las inflorescencias, según Bhupinder *et al.* (1993).

Variabilidad entre plantas

Los coeficientes de variación (entre 15 y 88 %) de las características evaluadas revelan la variabilidad fenotípica de las plantas (Cuadro 1). También hubo diferencias en el color de inflorescencias, con distintas tonalidades intermedias entre blanco, rosa y rojo (Figura 2). Esta variabilidad indica que el material genético utilizado no es uniforme.

Cuadro 1. Características fenotípicas y parámetros de rendimiento anual de piretro (*Tanacetum coccineum*) cultivado en Montecillo, Estado de México.

Variable	Promedio	Coefficiente de variación (C V)
Número de inflorescencias por planta	15	88
Peso de inflorescencias (g)	0.48	28
Diámetro de inflorescencias (cm)	2.28	15
Número de tallos florales por planta	15	88
Peso de tallos (g)	1.14	37
Longitud de tallos (cm)	32	30
Número máximo de inflorescencias por planta = 84		



Figura 2. Colores de inflorescencias de piretro (*Tanacetum coccineum*) cultivado en Montecillo, Estado de México.

La variabilidad genética del piretro ha sido estudiada por Gnadinger (1936) y Singh y Sharma (1989); el efecto de las condiciones ambientales en el desarrollo de las plantas ha sido reportado por Wandahwa *et al.* (1996). La alta variabilidad de *T. coccineum* representa la posibilidad de establecerlo en diversas regiones ecológicas del país, que es uno de los más diversos del mundo en cuanto a características del clima y suelo (García, 1973). Así mismo, se podría iniciar un programa de introducción de germoplasma y de mejoramiento genético de piretro, y sería conveniente contar con bancos de germoplasma amplios, con alta variabilidad genética, que permitan seleccionar y cruzar plantas, con el fin de obtener clones y variedades mejorados de amplia adaptabilidad.

Pruebas de correlación

No hubo correlación entre número y peso de inflorescencias por planta ($r = -0.03$) ni entre número y peso de tallos por planta ($r = 0.01$). Sería conveniente profundizar en el análisis de las características y potencialidades de la planta con respecto de P_2 temperatura, salinidad del suelo y alcalinidad del suelo. Como en otras plantas, el conocimiento de correlaciones entre las características del piretro es importante en programas de mejoramiento genético, porque la selección de una en particular puede significar la selección de otras características que se correlacionen.

Comentarios adicionales y sugerencias

Para la posible producción comercial de piretro en México, se hacen las siguientes recomendaciones: a) Introducir variedades y clones de piretro (*T. cinerariaefolium*) que produzcan alta cantidad y peso de inflorescencias, con resistencia a estrés hídrico, frío y enfermedades causadas por hongos; b) Estudiar el efecto del fotoperiodo en el piretro, pues éste se ha cultivado principalmente en regiones como Ecuador, con poca diferencia entre la duración del día y la noche, pero también en regiones como Yugoslavia, Irán y Australia que están a latitudes considerablemente mayores; c) Complementar la propagación por semilla con cultivo de tejidos, para obtener plantas uniformes en producción y adaptabilidad ambiental; d) Determinar la concentración de piretrinas en inflorescencias y tallos; e) Estudiar la actividad de la planta contra insectos, de extractos frescos y secos, tanto de tallos como de inflorescencias; y f) Estudiar el uso de plantas de piretro que producen sólo follaje, pues en programas de producción de inflorescencias estas plantas no han sido consideradas.

CONCLUSIONES

El cultivo comercial de piretro es viable en México, aún con germoplasma no seleccionado para este fin. El material genético estudiado tiene potencial económico,

porque el rendimiento obtenido de inflorescencias secas fue de 400 kg ha⁻¹ año⁻¹, con un rendimiento máximo estimado de 2000 kg ha⁻¹ año⁻¹, valores similares a los obtenidos en Kenia, principal país productor de piretro, y a los de Australia con alta tecnología, respectivamente. Por la variabilidad fenotípica entre plantas, hay un alto potencial para aumentar el rendimiento a través del mejoramiento tanto del material vegetal como de las condiciones de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores Cesáreo Rodríguez Hernández del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, por brindar orientación sobre insecticidas vegetales, y Carlos Ortiz Solorio del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, por sus recomendaciones respecto del uso del suelo experimental. A la Ing. María de los Ángeles Rodríguez Pacheco, por participar en el trabajo de campo. A los árbitros y editores que con sus opiniones mejoraron la calidad de este artículo. A las instituciones que me apoyaron en el presente estudio: Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA), Colegio de Postgraduados, y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

BIBLIOGRAFÍA

- Bhupinder P S, Khambay, N O'Connor (1993)** Progress in developing insecticides from natural compounds. *In: Proceedings of the Phytochemical Society of Europe*. T A Van Beek, H Breteler (eds). Clarendon Press, Oxford. pp:45-46.
- Cachón A, H Nery, H E Cuanalo C (1976)** Los Suelos del Área de Influencia Chapingo. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Estado de México. pp:42-43, 61-62, 68, 72.
- Casida J E, G B Quistad (1995)** Pyrethrum-a benefit to human welfare. *In: Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. J E Casida, G B Quistad (eds). Oxford University Press. Oxford. pp:345-356.
- Crombie L (1995)** Chemistry of pyrethrins. *In: Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. J E Casida, G B Quistad (eds). Oxford University Press. Oxford. pp:123-193.
- De Santiago de S A (2001)** Perspectivas del cultivo de piretro *Tanacetum* spp. (Asteraceae) en México. *In: Mem. II Simposio Internacional y VII Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas*. C Rodríguez H (ed). Querétaro, México. pp:58-63.
- Duke J A (1985)** CRC Handbook of Medicinal Herbs. C R C Press. Boca Ratón, Florida. 117 p.
- Duval J (1993)** Home Production of Pyrethrum. S B Hill (ed) A Gilpin (trad). Ecological Agriculture Projects. McGill University (MacDonald Campus). Ste-Anne-de-Bellevue, QC, Canada. pp:1-7.
- Elliot M (1995)** Chemicals in insect control. *In: Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. J E Casida, G B Quistad (eds). Oxford University Press. Oxford. pp:3-31.
- Fulton D, R Clark, A Fulton (2001)** Effect of sowing time on pyrethrins yield of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*) in Tasmania. *In: Proc.10th Australian Agron. Conf., Hobart, 2001. School of Agric. Sci., Univ. Tasmania, Hobart, Tasmania*. 5 p.
- García E (1973)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. pp:9, 11, 69, 132.
- Gnadinger C B (1936)** Pyrethrum Flowers. 2nd Ed. McLaughlin Gormley King, Minneapolis, Minnesota. pp:1-4.
- Gullickson W D (1995)** History of pyrethrum in the 1970s and 1980s. *In: Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. J E Casida, G B Quistad (eds). Oxford University Press. Oxford, England. pp:32-46.
- Jovetic S (1994)** Natural pyrethrins and biotechnological alternatives. *Biotech.and Develop. Monitor* 21:12-13.
- Langford N J, R E Ferner (2001)** Pyrethrin. West Midlands Center for Adverse Drug: Reaction Reporting. United Kingdom. 13 p.
- MacDonald W L (1995)** Pyrethrum flowers: Production in Australia. *In: Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. J E Casida, G B Quistad (eds). Oxford University Press. Oxford. pp:55-66.
- Mohandass S, V Sampath, R Gupta (1986)** Response of ambient temperatures on production of flowers in pyrethrum at Kodaikanal (India). *Acta Hort. Med. and Aromatics* 188:163-168.
- Muni R, D D Patra, K Subrahmanyam, D V Singh (1993)** Nitrification inhibitory properties in menthe and pyrethrum flowers. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 41:176-177.
- Muturi S N, J E Parlevliet, J G Brewer (1969)** Ecological requirements of pyrethrum I: A general review. *Pyrethrum Post* 10:24-28.
- Pyrethrum Bureau (1990)** News and features: Pyrethrum against a common pest of salmon fish in Norway. Report Reaching Pyrethrum Bureau. *Pyrethrum Post* 17:157-158.
- Pyrethrum Bureau (2004)** Pyrethrum. Nakuru, Kenya. 7 p.
- Roest S (1976)** Flowering and Vegetative Propagation of Pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) *in vivo* and *in vitro*. Agricultural Research Report. Agricultural University, Wageningen. pp:16-17.
- Samaniego J (1944)** Introducción al cultivo de plantas insecticidas en la República Mexicana. *Fitófilo* 3:8-48.
- Singh S P, J R Sharma (1989)** Genetic improvement of pyrethrum: Selective divergence, heterosis and potential hybrid clones. *Theor. Appl. Gen.* 78:841-846.
- Sugavanam B (1995)** Technical and Marketing Assistance to Pyrethrum Producing Countries. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Rwanda. pp:41-52.
- Thijssen R (1997)** Natural insecticide pyrethrum. ILEIA. Nairobi, Kenya. Newsletter 13:1-5.
- Wandahwa P, E Van Ranst, P Van Dame (1996)** Pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) cultivation in West Kenya: Origin, ecological conditions and management. *Ind. Crops and Prod.* 5:307-322.
- Wink M (1993)** Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. *In: Phytochemistry and Agriculture Proceedings of the Phytochemical Society of Europe*. T A Van Beek, H Breteler (eds). Clarendon Press, Oxford. pp:180-186.
- Yepsen R B Jr (ed.) (1976)** Organic plant protection. Rodale Press, Pennsylvania. pp:39-51.