

**TRATAMIENTO FISICO Y QUIMICO DEL SUELO PARA EL CONTROL
DEL MARCHITAMIENTO VASCULAR DEL CLAVEL,
CAUSADO POR EL HONGO *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi***

**Physical and chemical soil treatment to control the vascular
wilt of carnation caused by the fungus
Fusarium oxysporum f.sp. *dianthi***

David Leonardo García¹, Mario Germán Arbeláez¹ y
Germán Arbeláez-Torres²

RESUMEN

Los problemas fitosanitarios constituyen uno de los aspectos más importantes en el cultivo del clavel en Colombia, destacándose el marchitamiento vascular causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. Con el propósito de encontrar un control eficiente para el manejo de dicha enfermedad, se realizaron dos experimentos en dos fincas productoras de flores en la Sabana de Bogotá, comparando algunos tratamientos físicos y químicos al suelo antes de la siembra. En el primer experimento, efectuado con diferentes variedades de clavel estándar, se comparó el fumigante 1,3-D. Cloropicrina frente a la aplicación de vapor de agua. Se utilizó un diseño completamente al azar con contrastes. En este experimento, los dos tratamientos fueron igualmente

eficientes en la disminución de la incidencia de la enfermedad en todas las variedades evaluadas; de igual manera, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la reducción de la población del hongo en el suelo, la altura de las plantas, la producción y la calidad de las flores. En el segundo experimento, donde se evaluaron diferentes variedades de clavel miniatura, se comparó el fumigante 1,3-D. Cloropicrina frente al fumigante Dazomet. En este ensayo, se utilizó un diseño de bloques completos al azar. El tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina fué más eficiente que el fumigante Dazomet en la reducción de la incidencia de la enfermedad, en el desarrollo de las plantas, en la reducción de la población del hongo en el suelo, en la producción y en la calidad de las flores.

**PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL TREATMENT TO CONTROL
THE VASCULAR WILT OF CARNATION, CAUSED BY THE FUNGUS
Fusarium oxysporum f.sp. *dianthi*.**

SUMMARY

The vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* is a limiting problem on carnation in Colombia.

The purpose of this study was to find some methods of management of this disease. Two greenhouse experiments were established in two farms located in the Bogota Plateau that compared different physical and chemical soil treatments before planting. In the first experiment, with standard varieties, the fumigant 1,3-D. Chloropicrin was compared with soil steaming. In this experiment, both treatments reduced simily the incidence of the disease and

1 Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá D.C.

2 Profesor Titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Santafé de Bogotá D.C.

the population of the fungus in the soil; there were not significant differences in the height of plants, or in the quality and yield of flowers. In the second experiment, with miniature carnation, the effect of the fumigants 1,3-D. Chloropicrin and Dazomet were compared. The application of 1,3-D. Chloropicrin to the soil before planting was more efficient than Dazomet in the reduction of the population of the fungus in the soil and disease incidence. Production and quality of flowers was significantly better with 1,3-D. Chloropicrin than with Dazomet.

INTRODUCCION

Los problemas fitosanitarios constituyen uno de los aspectos más limitantes en el cultivo del clavel en Colombia, destacándose entre éstos, el marchitamiento vascular causado por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* (Arbeláez, 1988).

El patógeno antes mencionado infesta, de manera progresiva, los suelos a través de diferentes formas, como esquejes infectados, herramientas, equipos de labranza, agua y operarios; a su vez, este patógeno tiene una alta capacidad de supervivencia, factor que, sumado a los anteriores, puede llegar a causar la inhabilidad del suelo para el cultivo del clavel (Arbeláez, 1988; Baker, 1980).

Uno de los métodos más importantes, para prevenir el establecimiento del patógeno en el suelo, consiste en la producción de esquejes libres de la enfermedad (Baker y Phillips, 1962; Arbeláez, 1987a).

Para lograr una disminución significativa del patógeno una vez establecido en el suelo, se ha utilizado la aplicación de vapor de agua y de fumigantes antes de la siembra.

Entre los fumigantes utilizados en Colombia, están Metam-Sodio, Metil isotiocianato, Bromuro de metilo, Formaldehído y, recientemente, 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina. Con la aplicación de fumigantes, se han obtenido resultados variables de control y una reducción del patógeno bastante parcial. Además, la aplicación de fumigantes al suelo es costosa, poco selectiva y oca-

siona una disminución apreciable de organismos saprófitos en el suelo (Garibaldi y Gullino, 1987; Arbeláez, 1992).

En investigaciones recientes realizadas en diferentes empresas de la Sabana de Bogotá, se ha encontrado que la aplicación del fumigante 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina (Telone C-17) ha sido el producto más eficiente para la reducción del patógeno en el suelo y de la incidencia de la enfermedad; en algunos casos, la eficiencia de este fumigante ha sido superior o similar a la aplicación del vapor de agua al suelo, resultado que no se había encontrado con ninguno de los fumigantes anteriormente usados (Arbeláez et al, 1993; Ramírez et al, 1993; Montenegro y Cabrera, 1994).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad del fumigante 1,3 Dicloropropeno (74%) + Cloropicrina (17%) (Telone C-17, DowElanco de Colombia), en comparación con la aplicación del Vapor de agua y del fumigante Dazomet (Basamid, BASF) para el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* en dos cultivos comerciales de clavel estándar y de clavel miniatura.

MATERIALES Y METODOS

Aspectos generales

Para evaluar el efecto del tratamiento al suelo con métodos físicos y químicos, se diseñaron dos experimentos, ubicados en fincas diferentes, con distintos niveles de infestación del patógeno. El experimento 1 se realizó en la Empresa Inversiones Calypso S.A., localizada en el municipio de Facatativá y el experimento 2 en la Empresa Agrícola Los Arboles S.A., situada en el municipio de Madrid. En los dos experimentos se sembraron variedades de clavel susceptibles y resistentes a *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, para determinar la efectividad de los tratamientos.

En los dos experimentos se midieron las siguientes variables:

- Población de *Fusarium oxysporum* antes y después del tratamiento al suelo a dos pro-

fundidades: 0-25 cm. y 26-50 cm, utilizando el método de las diluciones decimales en el medio de cultivo selectivo de Komada, para dicha especie (1975).

- Incidencia de la enfermedad, para lo cual se realizaron muestreos cada quince días, a partir de la semana ocho después de la siembra, por medio del conteo de las plantas con los síntomas típicos ocasionados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*.
- Fenología de las plantas, mediante la determinación de la altura, desde la semana cuatro después de la siembra y con intervalos de 4 semanas.
- Producción y calidad de la flor cortada; para tal fin, la flor cosechada de cada parcela, se clasificó de acuerdo a los estándares comerciales para exportación, labor que se hizo en forma diaria, desde el momento de la iniciación de la producción de flores hasta la finalización del experimento.

La aplicación del fumigante 1,3-D. Cloropicrina (Telone C-17), se hizo en forma estándar para ambos ensayos, de acuerdo a la manera recomendada por la empresa productora. Las labores agronómicas del cultivo se realizaron de la manera convencional utilizada por cada finca.

EXPERIMENTO 1. Clavel estándar

En la finca Inversiones Calypso S.A., localizada en el municipio de Facatativá, Cundinamarca, se probó el fumigante 1,3-D. Cloropicrina en una dosis de 100cc/m², en comparación con la esterilización del suelo con vapor de agua a 82°C, por un espacio de una hora. Se utilizó un área de doce medias naves, en donde seis medias naves se trataron con 1,3-D. Cloropicrina y seis medias naves se trataron con vapor. Las dimensiones de cada media nave fueron de 33,35 m. por 5,25 m., con un área de 175,1 m² por media nave y un área total del ensayo de 2.101,2 m².

Por cada media nave, se sembraron cuatro camas, a razón de 976 esquejes por cama, para un total de 48 camas en todo el ensayo. Las variedades resistentes sembradas fueron Delphy, Bo-

gotá, Gigy y Hellas y las variedades susceptibles fueron Kaly, U.Conn y New Pink Ember. Se realizaron tres muestreos para determinar la población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, antes de la aplicación de los tratamientos y a los 15 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos.

El diseño experimental usado fué completamente al azar, donde se tomaron 14 tratamientos, los cuales estaban constituidos por la interacción método de desinfección del suelo y variedad de clavel, de la siguiente manera:

Tratamiento 1:	Vapor - Delphy;
Tratamiento 2:	Vapor - Bogotá;
Tratamiento 3:	Vapor - Gigy;
Tratamiento 4:	Vapor - Hellas;
Tratamiento 5:	Vapor - Kaly;
Tratamiento 6:	Vapor - U.Conn;
Tratamiento 7:	Vapor - New Pink Ember;
Tratamiento 8:	1,3-D. Cloropicrina - Delphy;
Tratamiento 9:	1,3-D. Cloropicrina - Bogotá;
Tratamiento 10:	1,3-D. Cloropicrina - Gigy;
Tratamiento 11:	1,3-D. Cloropicrina - Hellas;
Tratamiento 12:	1,3-D. Cloropicrina - Kaly;
Tratamiento 13:	1,3-D. Cloropicrina - U.Conn; y
Tratamiento 14:	1,3-D. Cloropicrina - New Pink Ember.

Para la determinación de las diferencias estadísticas, se utilizaron comparaciones entre los diferentes tratamientos, las cuales fueron las siguientes:

Comparación 1: Todas las variedades en Vapor vs todas las variedades en 1,3-D. Cloropicrina;

Comparación 2: Variedades resistentes en Vapor vs variedades resistentes en 1,3-D. Cloropicrina;

Comparación 3: Variedades susceptibles en Vapor vs variedades susceptibles en 1,3-D. Cloropicrina;

Comparación 4: Vapor - Delphy vs 1,3-D. Cloropicrina - Delphy;

Comparación 5: Vapor - Bogotá vs 1,3-D. Cloropicrina - Bogotá;

Comparación 6: Vapor - Gigy vs 1,3-D. Cloropicrina - Gigy;

Comparación 7: Vapor - Hellas vs 1,3-D. Cloropicrina - Hellas;

Comparación 8: Vapor - U.Conn vs 1,3-D. Cloropicrina - U.Conn;

Comparación 9: Vapor - Kaly vs 1,3-D. Cloropicrina - Kaly; y

Comparación 10: Vapor - New Pink Ember vs 1,3-D. Cloropicrina - New Pink Ember.

Experimento 2: Clavel miniatura

En la finca Agrícola Los Arboles S.A., localizada en el municipio de Madrid, Cundinamarca, se probó el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, en comparación con el método utilizado convencionalmente por la finca para el control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, consistente en la aplicación del fumigante Dazomet (Basamid). Se trató un área de seis medias naves; tres medias naves tratadas con 1,3-D. Cloropicrina y tres medias naves tratadas con Dazomet. Las dimensiones de cada media nave fueron de 36,0 m. por 6,8 m., con un área de 244,8 m² por media nave, para un área total del ensayo de 1.468,8 m².

Se sembraron 30 camas, con una densidad de 1.040 plantas por cama, con variedades de clavel miniatura, a razón de cinco camas por media nave. La variedad tolerante utilizada fue Ronny Arony y las variedades susceptibles fueron Kortina Channel y Festival.

Además de los muestreos de suelo hechos antes y después de la aplicación de los productos, se hicieron cinco muestreos adicionales con intervalos de un mes, para estimar la población del hongo en el suelo.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar. Cada bloque estaba constituido por dos parcelas experimentales, una de las cuales se trató con 1,3-D. Cloropicrina y la otra se trató con Dazomet.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1: Clavel estándar.

Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo.

Las áreas tratadas con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina y con vapor de agua, presentaron niveles altos de la población del hongo en el suelo, antes de la aplicación de los tratamientos, a una profundidad de veinticinco centímetros (Figura 1). A los quince días después de la aplicación de

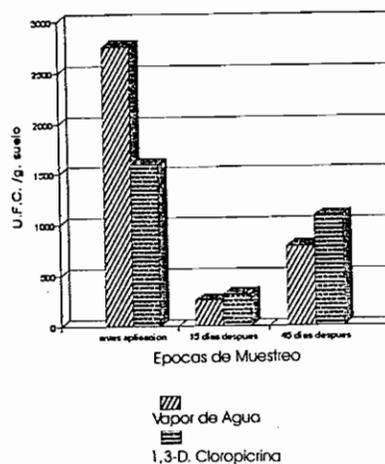


FIGURA 1. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, a una profundidad de 0-25 cm. (Experimento 1)

los tratamientos, se observó que ambos redujeron la población del hongo en forma ostensible. Sin embargo, a los 45 días después de las aplicaciones, se manifestó una recuperación en los niveles poblacionales de *Fusarium oxysporum* en ambos tratamientos.

A una profundidad de 50 centímetros, se observó que los niveles iniciales de la población del hongo en el suelo fueron menores que los encontrados a una profundidad de veinticinco centímetros, lo cual concuerda con observaciones hechas por Reuven y Nitzani (1992) y por Camargo y Sanabria (1993), quienes encontraron un gradiente diferencial del hongo en el suelo, el cual se reduce a medida que se profundiza en él (Figura 2).

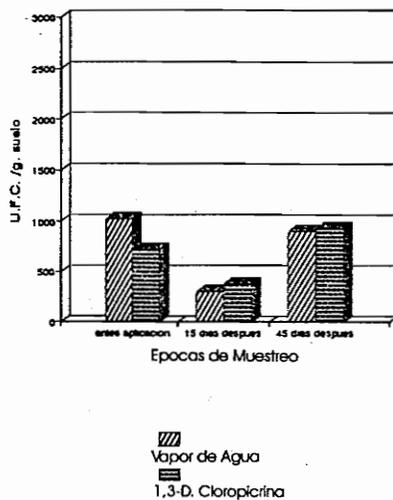


FIGURA 2. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, a una profundidad de 26-50 cm. (Experimento 1)

En cuanto a los resultados encontrados después de la aplicación de los tratamientos, se observó un comportamiento similar de la población del hongo con respecto a la profundidad 25 cm., a los 15 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos, o sea, una reducción de la población y, luego, un aumento de la misma.

En ninguno de los muestreos realizados y en ninguna de las profundidades analizadas se encontraron diferencias estadísticas entre los dos tratamientos aplicados al suelo. Se observó, claramente, que ambos tratamientos presentaron una eficiencia similar en la reducción de la población del hongo en el suelo, aunque no se observó una permanencia en el control del hongo a través del tiempo.

Aunque la población del hongo a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos, subió a niveles cercanos a 1.000 u.f.c./g. de suelo, en promedio para ambas profundidades y para ambos tratamientos, lo que puede considerarse como un nivel alto, esto no se tradujo en un aumento de la incidencia de la enfermedad en el campo; es posible inferir, a partir de estos resultados, que no todo el *Fusarium oxysporum* encontrado en el análisis del suelo sea patógeno al clavel, lo cual coincide con lo observado por Camargo y Sanabria (1993); esto se debe a que el medio específico de Komada (1975) favorece el crecimiento de cualquier tipo de *Fusarium oxysporum*, por lo tanto, gran parte de la población del hongo aislado podría corresponder a formas saprófitas.

Incidencia de la enfermedad

En la Figura 3, se observa la incidencia de la enfermedad en las diferentes variedades evaluadas hasta las 39 semanas después de la siembra. La variedad New Pink Ember presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos a favor del vapor de agua, pues la incidencia de la enfermedad en el tratamiento 1,3-D. Cloropicrina fue alta. En el resto de las variedades, no se encontraron diferencias estadísticas entre los dos tratamientos al suelo. En las variedades Delphy y Kaly, las parcelas trata-

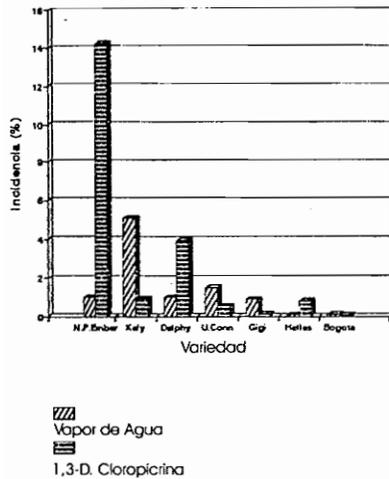


FIGURA 3. Porcentaje total de plantas afectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, a las 39 semanas después de la siembra (Experimento 1).

das no presentaron una incidencia mayor del 5% y en las variedades Bogotá, Gigy, Hellas y U.Conn, la incidencia de la enfermedad, para ambos tratamientos, no sobrepasó valores mayores del 2%.

Resumiendo, se puede decir que el tratamiento al suelo con vapor de agua fue eficiente en la reducción de la población del hongo en el suelo y, por lo tanto, no se presentó una alta incidencia de la enfermedad en ninguna de las variedades evaluadas. En el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropirina se presentó una alta incidencia de la enfermedad en la variedad New Pink Ember, debido a la baja reducción de la población del hongo en las áreas donde se sembró esta variedad, mientras que, en el resto de las variedades, no se llegó a niveles altos de la enfermedad.

Altura de planta

En la figura 4, se puede observar la altura de las plantas a las 16 semanas después de la siembra de las variedades. En la variedad Bogotá, la altura promedio de las plantas siempre fue superior en el tratamiento con vapor de agua que en el tratamiento con 1,3-D. Cloropirina. En las variedades Gigy, Hellas, Kaly, U.Conn y Delphy, ocurrió lo contrario y con la aplicación del fumigante 1,3-D. Cloropirina la altura siempre fue superior a aquella con aplicación de vapor de agua. En la variedad New Pink Ember, los promedios entre ambos tratamientos fueron muy similares. Sólo se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en la variedad Hellas a favor de 1,3-D. Cloropirina. Las variedades Delphy, Bogotá, Gigy, Kaly, U.Conn y New Pink Ember no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos al suelo. Los promedios de altura, para ambos tratamientos y en todas las variedades evaluadas, fueron muy similares (Figura 4).

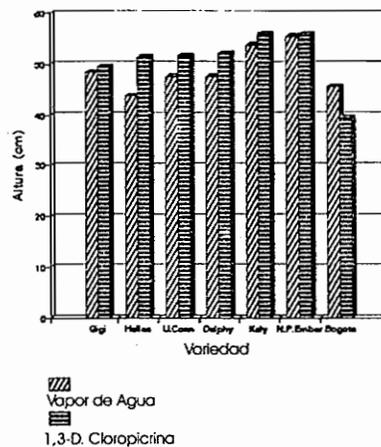


FIGURA 4. Altura de las plantas, a las 16 semanas después de la siembra (Experimento 1).

El tratamiento del suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue numéricamente superior en altura en cinco de las variedades al tratamiento con vapor de agua; una altura similar se presentó en una variedad entre ambos tratamientos al suelo y el vapor de agua fue superior en una de las variedades. La diferencia a favor del tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina en cinco de las variedades, pudo deberse a que el fumigante llegó a ser más radical en la reducción de las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* en el suelo. Otro factor a considerar es que la mayor altura de las plantas en las áreas tratadas con el fumigante pudo ser debida al efecto que tiene la preparación del suelo para su aplicación.

Aunque en las evaluaciones de altura de las plantas, el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina mostró promedios mayores a las 16 semanas después de la siembra en cinco de las variedades evaluadas que el tratamiento con vapor de agua, en total se observó un incremento del 1% en la calidad Select en el tratamiento con vapor de agua sobre el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina.

Producción de flores

Los promedios de producción de flores por cama, hasta la finalización del período de cosecha, se pueden observar en la Figura 5, para todas las variedades y para ambos tratamientos al suelo. Entre los dos tratamientos y en ninguna de las variedades se encontraron diferencias estadísticas. El fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue numéricamente superior en la producción de flores en las variedades Hellas, Gigy, Delphy, Kaly y U.Conn, mientras que el vapor fue superior en las variedades Bogotá y New Pink Ember.

Aunque los promedios de producción de flores por cama fueron superiores en el tratamiento 1,3-D. Cloropicrina en cinco de las variedades (Delphy, Gigy, Hellas, Kaly, U.Conn) en comparación con el tratamiento con vapor de agua, es de anotar que parte de la producción en estas variedades se presentó antes en el tratamiento con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, pues se observó que, en el tratamiento con vapor de agua,

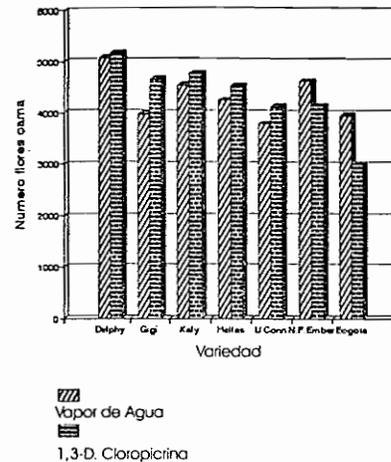


FIGURA 5. Número promedio de tallos por cama, para cada una de las variedades y para ambos tratamientos al suelo (Experimento 1)

la producción de las flores aún no había llegado a su finalización. Entonces, es posible aducir que parte de la diferencia a favor del tratamiento 1,3-D. Cloropicrina en estas variedades, se debió a que, en el momento de la suspensión de la toma de datos de producción, el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina llegó antes que el vapor de agua a la finalización de la cosecha de las flores.

En el caso de la variedad Bogotá, el momento en que se suspendió la toma de datos de producción de flores, se observó que, en ambos tratamientos, aún no se había llegado al punto de máxima cosecha y menos aún, a la finalización de ésta; además, el vapor de agua siempre estuvo por encima del fumigante 1,3-D. Cloropicrina desde la iniciación del corte de las flores, lo cual explica las diferencias entre ambos tratamientos en esta variedad.

La diferencia en producción para la variedad New Pink Ember a favor del tratamiento con vapor de agua se debió a la gran incidencia de la enfermedad en el tratamiento con 1,3-D. Cloropirina.

Calidad de las flores.

En la figura 6, se pueden observar los promedios de las calidades de las flores en el ensayo, para los dos tratamientos y para todas las variedades de clavel. En ninguna de las calidades evaluadas se encontraron diferencias estadísticas en ninguna variedad y entre los tratamientos aplicados al suelo.

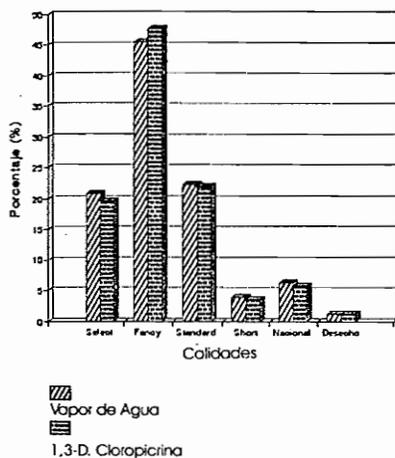


FIGURA 6. Porcentajes promedios totales de las calidades de las flores (Experimento 1).

Las calidades más importantes para exportación de clavel estándar son "Select" y "Fancy", debido a que tienen un mejor precio en el mercado que las calidades subsiguientes "Standard" y "Short". En las variedades Bogotá, Delphy, Kaly, U.Conn y New Pink Ember, se encontró un porcentaje ligeramente mayor de la calidad Select en el tratamiento al suelo con vapor de agua, mientras

que el tratamiento 1,3-D. Cloropirina fue ligeramente superior en esta calidad en las variedades Gigy y Hellas. En la calidad Fancy, la situación fue a la inversa para ambos tratamientos.

Si se tiene en cuenta la sumatoria de ambas calidades para ambos tratamientos, se observó que el tratamiento con el fumigante 1,3-D. Cloropirina fue superior en las variedades Bogotá (3,6%), Gigy (3,1%), Hellas (1,8%) y Kaly (1,5%); en la variedad Delphy los promedios fueron muy similares para ambos tratamientos. El vapor de agua superó al fumigante 1,3-D. Cloropirina en las variedades New Pink Ember (2,0%) y U.Conn (0,9%). En el resto de las calidades se observó una gran similitud entre ambos tratamientos, en todas las variedades.

En la figura 6, se observa que la calidad Select fue superior en el tratamiento con vapor de agua en un 1% y, subsecuentemente, hubo 2% más de flores de calidad Fancy en el tratamiento con 1,3-D. Cloropirina, pero, teniendo en cuenta la sumatoria de estas dos calidades, el tratamiento 1,3-D. Cloropirina fue superior en un 1% que el vapor de agua, al considerar ambas calidades.

En las mediciones de altura de planta, se observó que el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropirina fue numéricamente superior al tratamiento con vapor de agua en las variedades Gigy, Hellas, Kaly, U.Conn y Delphy. El vapor de agua fue superior en la variedad Bogotá y se presentó una gran similitud entre ambos tratamientos en la variedad New Pink Ember. Se encontró una correlación entre la altura de las plantas y la calidad de las flores en las variedades Delphy, Hellas, Kaly, New Pink Ember y U.Conn, pues comparando las cinco variedades, se observó cierta relación entre la diferencia en altura de las plantas entre los tratamientos y la calidad de las flores obtenida en los mismos. En las variedades Bogotá y Gigy, no se encontró una relación entre los resultados de altura y calidad. Era de esperarse que la diferencia en altura de las plantas se hubiese expresado en mayor calidad Select de las flores en el tratamiento 1,3-D. Cloropirina que en vapor de agua, lo que no ocurrió y, sólo, se encontró diferencia teniendo en cuenta la sumatoria de las calidades Select y

Fancy, donde 1,3-D. Cloropicrina superó al vapor de agua en un 1%.

EXPERIMENTO 2: Clavel miniatura

Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo

En la figura 7, se puede observar la población del hongo en el suelo durante los diferentes muestreos realizados. La población del hongo en el suelo fue alta antes de la aplicación de los tratamientos al suelo; a los 15 días después de la aplicación, el fumigante 1,3-D. Cloropicrina redujo a un nivel muy bajo la población del hongo en el suelo, la cual se mantuvo en ese nivel hasta la finalización del muestreo. El tratamiento al suelo con el fumigante Dazomet no redujo la población del hongo en el suelo y se observó cierta tendencia a su aumento a través de los diferentes muestreos realizados.

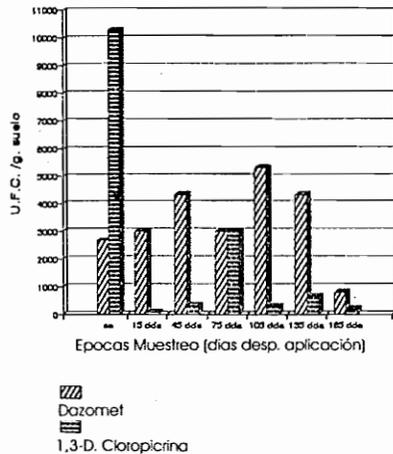


FIGURA 7. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, para los dos tratamientos, a una profundidad de 0-25 cm. (Experimento 2)

A una profundidad de 26 a 50 centímetros, ocurrió una situación similar a lo sucedido a la profundidad de 0 a 25 centímetros, o sea, que se encontró una población alta del hongo antes de la aplicación de los tratamientos y se observó un control efectivo por parte del fumigante 1,3-D. Cloropicrina, a través de los muestreos posteriores a la aplicación y una baja reducción de las poblaciones del hongo en el suelo por parte del fumigante Dazomet (Figura 8).

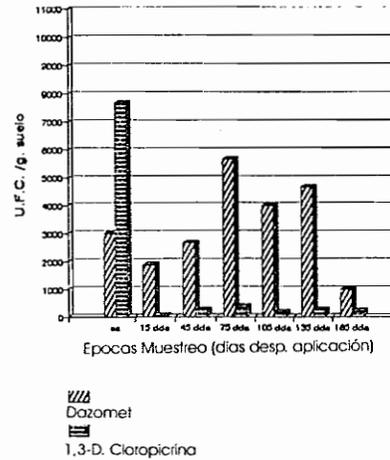


FIGURA 8. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo para los dos tratamientos, a una profundidad de 26-50 cm. (Experimento 2)

El fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue efectivo, en el control del hongo, a 25 y 50 centímetros de profundidad, lo cual demuestra una penetración eficiente del producto hacia abajo, desde el punto de aplicación, la cual se realizó a 30 centímetros de profundidad.

El fumigante Dazomet no ejerció un control eficiente del hongo a las dos profundidades utiliza-

das; esta situación pudo deberse a la eficiencia del producto o a su forma de aplicación, la cual consistió en localizarlo en forma homogénea sobre la superficie del suelo y, luego, incorporarlo a 15-20 cm. de profundidad con un rotovator.

La efectividad en el control de las poblaciones del hongo en el suelo, para el tratamiento con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, se demostró con la baja incidencia de la enfermedad en las variedades sembradas, donde no superó un valor del 4%. En cambio, en las áreas tratadas con el fumigante Dazomet, la incidencia de la enfermedad fue alta para todas las variedades evaluadas, debido que no hubo control por parte de éste en la población del hongo.

Incidencia de la enfermedad.

En la figura 9, se muestra la incidencia de la enfermedad a las 26 semanas después de la siembra, en las tres variedades evaluadas en este ensayo.

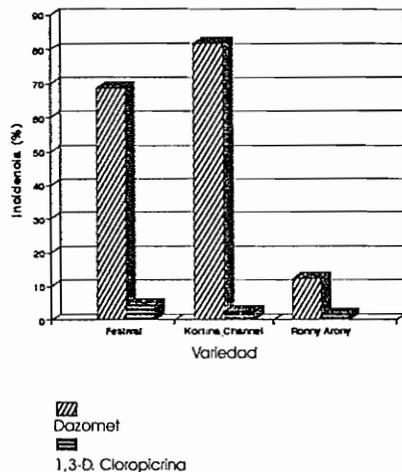


FIGURA 9. Porcentaje total de plantas afectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* a las 26 semanas después de la siembra, en los dos tratamientos aplicados (Experimento 2)

La menor incidencia de la enfermedad se observó en la variedad resistente Ronny Arony en los dos tratamientos aplicados. El tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina mostró una incidencia baja del 1,3%, frente a la presentada en el tratamiento con Dazomet que fue de 12,6%, con diferencias altamente significativas entre los dos tratamientos.

En la variedad Festival, el área tratada con 1,3-D. Cloropicrina mostró una baja incidencia de la enfermedad al final del experimento, la cual fue de 4,2%, mientras que el área tratada con Dazomet presentó una incidencia de 68,5%. A partir de la semana catorce después de la siembra, se empezaron a observar diferencias en la incidencia de la enfermedad, situación que se mantuvo hasta el final del experimento; estas diferencias fueron altamente significativas estadísticamente.

En la variedad Kortina Channel, el área tratada con 1,3-D. Cloropicrina presentó una incidencia de 2,3% al final del experimento, mientras que el área tratada con Dazomet presentó una incidencia del 81,8%. Entre los dos tratamientos al suelo, se encontraron diferencias altamente significativas a partir de la semana 22 después de la siembra, situación que se mantuvo hasta la finalización del experimento.

El tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue eficiente en la reducción de la incidencia de la enfermedad a niveles muy bajos en las tres variedades, por la gran reducción de la población del hongo en el suelo.

El tratamiento al suelo con Dazomet no fue efectivo en la reducción de la incidencia de la enfermedad en las variedades susceptibles, la cual llegó a niveles muy altos, por lo cual las parcelas fueron erradicadas al final del ensayo; en la variedad resistente, la incidencia de la enfermedad en el tratamiento con Dazomet alcanzó niveles que no pueden considerarse como una disminución significativa de la enfermedad en el campo. La alta incidencia de la enfermedad en las áreas tratadas con el fumigante Dazomet se debió a su ineficiencia en la reducción de la población del hongo en el suelo.

Altura de planta.

La altura de las plantas, a las 24 semanas después de la siembra de las variedades sembradas se puede observar en la figura 10.

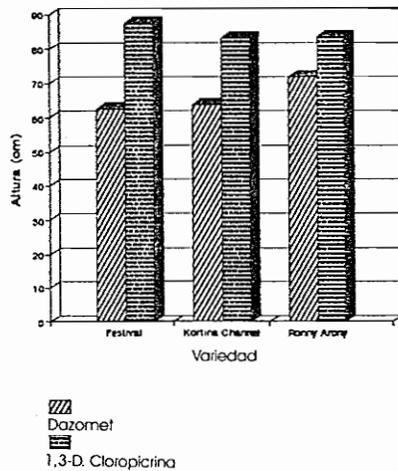


FIGURA 10. Altura de las plantas, a las 24 semanas después de la siembra de las variedades, en los dos tratamientos aplicados (Experimento 2)

Las plantas pertenecientes a las tres variedades, las cuales se sembraron en el área tratada con el fumigante 1,3-D. Cloropirina, tuvieron promedios de altura mayores que las sembradas en las áreas tratadas con el fumigante Dazomet. Además, la altura de las plantas en las tres variedades, en el tratamiento 1,3-D. Cloropirina, estuvo por encima de los estándares de altura que se tienen en la finca en donde se realizó el experimento.

En la variedad Festival, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos al suelo, en ninguna de las cinco observaciones re-

alizadas. En el tratamiento con 1,3-D. Cloropirina se obtuvo una altura promedio de las plantas a las 24 semanas después de siembra de 87,1 cm, mientras que con Dazomet se alcanzó una altura promedio de 62,4 cm.

La variedad Kortina Channel presentó diferencias en la altura de las plantas, a las 24 semanas después de la siembra; el área tratada con el fumigante 1,3-D. Cloropirina tuvo un promedio de 83,2 cm, mientras que la altura de las plantas en el área tratada con Dazomet fue en promedio de 63,4 cm; sin embargo, las diferencias entre los dos tratamientos no fueron significativas estadísticamente.

En la variedad Ronny Arony, las diferencias en la altura de las plantas fueron menores entre los dos tratamientos, en comparación con las otras dos variedades. Entre los dos tratamientos, no se encontraron diferencias estadísticas. El tratamiento con 1,3-D. Cloropirina alcanzó una altura promedio de 83,5 cm. a las 20 semanas después de la siembra, mientras que, en el tratamiento con Dazomet, las plantas, sólo alcanzaron una altura promedio de 71,8 cm.

Una de las razones de la diferencia en altura de las plantas parece deberse a la mayor efectividad del fumigante 1,3-D. Cloropirina en la eliminación del hongo patógeno y, posiblemente, otros organismos del suelo, con lo cual, las plantas pudieron expresar su potencial en altura. También, hay que considerar el efecto que tiene la aplicación del producto en la preparación del suelo, el cual puede traer efectos benéficos a las plantas por una mayor toma de agua y una mayor aireación. El aumento en la altura de las plantas ocasionó un aumento en la calidad de la flor.

Producción de flores.

La figura 11 muestra la producción promedio de flores por cama, para los dos tratamientos al suelo y para las tres variedades de clave. La producción de flores fue mayor en las áreas tratadas con 1,3-D. Cloropirina, para las tres variedades evaluadas.

En la variedad Ronny Arony, cada cama produjo en promedio 4.630 flores para el área tratada con

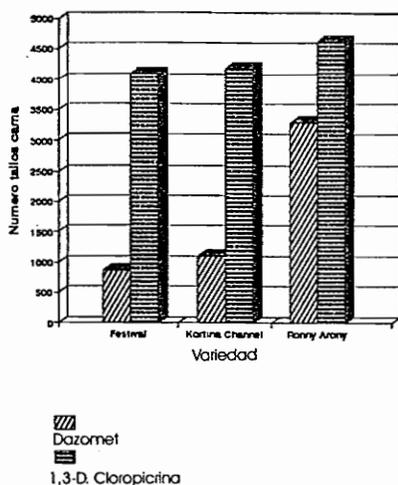


FIGURA 11. Producción promedio de flores por cama, para cada variedad, en los dos tratamientos realizados (Experimento 2)

1,3-D. Cloropicrina, mientras que, en el área tratada con Dazomet, el promedio de producción de flores fue de 3.305 por cama. En la variedad Festival, la diferencia fue mayor en el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina, con un promedio de 4.111 flores por cama, mientras que en el tratamiento con Dazomet, sólo alcanzó una producción de 869 flores por cama. Lo mismo ocurrió en la variedad Kortina Channel, pues, con 1,3-D. Cloropicrina, se obtuvo un promedio de 4.201 flores por cama y, con Dazomet, sólo se obtuvieron 1.111 flores por cama. Se observaron diferencias altamente significativas en todas las variedades, entre los dos tratamientos al suelo, a favor del 1,3-D. Cloropicrina. Es claro, que el tra-

tamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue determinante en las diferencias en producción de flores de las tres variedades de clavel. Estos resultados se correlacionan con la incidencia de la enfermedad en ambos tratamientos, donde se observó una mayor eficiencia en el control de la enfermedad con el tratamiento 1,3-D. Cloropicrina que en el tratamiento con Dazomet, situación debida a la mayor reducción de la población del hongo en el suelo por parte del fumigante 1,3-D. Cloropicrina.

Aunque las áreas tratadas con el fumigante Dazomet mostraron producciones de flores bajas, lo cual está directamente relacionado con la reducción de la población del hongo en el suelo, la literatura registra control del marchitamiento vascular en cultivos de clavel con dicho fumigante. Los resultados obtenidos en el presente trabajo no concuerdan con los reportes de la literatura sobre este producto, aún teniendo en cuenta que se ha obtenido control efectivo en dosis de 60 gr/m², en suelos arcillo-arenosos y orgánicos, la cual es una dosis inferior a la usada en este ensayo (70 gr/m²) (Semer, 1987); entonces, es posible aducir que se presentó algún factor que hizo que la aplicación del producto fallara o que no funcione en suelos colombianos similares a aquellos donde se realizó el experimento.

Calidad de las flores.

En el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, se presentó un mayor número de flores de calidad Select, la cual es la calidad de exportación más importante por su mayor demanda y su mayor precio en el mercado, en comparación con el tratamiento con el fumigante Dazomet. La producción de flores de calidad Fancy fue similar para ambos tratamientos y, subsecuentemente, Dazomet presentó un mayor número de flores en las calidades inferiores Standard y Nacional, que son calidades de menor precio e interés en el mercado (Figura 12).

Analizando cada variedad en forma individual, se presentaron mayor número de flores de calidad Select en el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, en todas las variedades, que

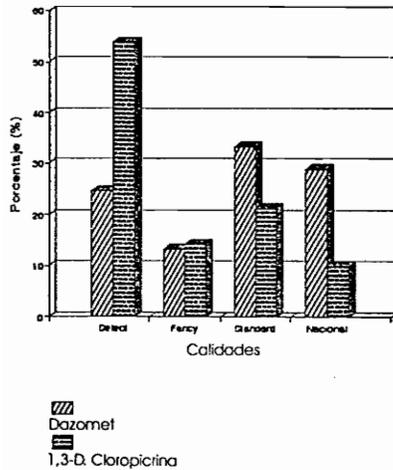


FIGURA 12. Porcentajes promedio totales de las calidades de las flores, para los dos tratamientos (Experimento 2)

en el tratamiento con Dazomet. En la calidad Fancy, los resultados obtenidos fueron ligeramente similares entre ambos tratamientos y, consecuentemente, en el tratamiento con Dazomet, un alto porcentaje de las flores se produjo en las calidades Standard y Nacional, mientras que, en el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina, los resultados en estas calidades fueron mucho más bajos. No se encontraron diferencias estadísticas en ninguna de las calidades de las flores, en ninguna de las variedades, entre los dos tratamientos realizados.

En la variedad resistente Ronny Arony, para el tratamiento con 1,3-D. Cloropicrina, las calidades Select, Fancy, Standard y Nacional fueron de 61,7%; 14,7%; 20,1% y 3,6%, respectivamente, mientras que para el tratamiento con Dazomet estas calidades fueron de 51,8%; 17,9%; 25,1% y 5,2%, respectivamente.

En la variedad susceptible Festival, las calidades Select, Fancy, Standard y Nacional fueron de 52,1%; 14,0%; 25,7% y 8,2%, respectivamente; en Dazomet, las mismas calidades fueron 7,0%; 13,2%; 43,0% y 36,8%, respectivamente.

En la variedad susceptible Kortina Channel, las calidades Select, Fancy, Standard y Nacional fueron de 47,8%; 14,0%; 20,2% y 18,0%, respectivamente; en el tratamiento Dazomet, las mismas calidades fueron de 14,9%; 8,8%; 31,7% y 44,6%, respectivamente.

Las grandes diferencias observadas en la calidad Select, en las variedades susceptibles, cuando se aplicó al suelo el fumigante 1,3-D. Cloropicrina, se correlacionan en forma directa con los resultados obtenidos en las mediciones de la altura de las plantas, donde los promedios para el tratamiento 1,3-D. Cloropicrina fueron mayores que en el Dazomet en más de 20 centímetros.

En la variedad resistente Ronny Arony, no se presentó una diferencia en las calidades de la flor tan alta entre ambos tratamientos como en las otras dos variedades, porque las diferencias en altura entre los dos tratamientos fueron del orden de 12 centímetros.

DISCUSION GENERAL

Aunque, en el presente trabajo se demuestra que la aplicación al suelo del fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue una buena alternativa para el control del marchitamiento vascular del clavel, hay que tener en cuenta que el uso de sustancias tóxicas, como la aplicación de fumigantes al suelo, puede causar efectos deletéreos en el medio ambiente y, especialmente, en los trabajadores, por lo cual el manejo de estos productos debe realizarse en forma muy cuidadosa y por personal calificado.

En cambio, el uso de tratamientos físicos, como la aplicación de vapor de agua al suelo, es una práctica mucho más segura, tanto para los seres humanos, como para el medio ambiente, lo cual hace parte de un manejo más acorde dentro de la nueva tendencia de la agricultura hacia el menor uso de plaguicidas.

Otro punto muy importante para considerar es el impacto que tiene la aplicación de tratamientos físicos como el vapor de agua y de tratamientos químicos, como los fumigantes, en el equilibrio biológico de las poblaciones de diversos organismos en el suelo, aspecto que debería evaluarse en investigaciones posteriores. El equilibrio biológico en el suelo es importante, porque gran parte de los organismos que contiene contribuyen a diferentes procesos químicos, biológicos y físicos, tales como la formación de la materia orgánica, el ciclo de algunos elementos importantes para las plantas, tales como el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, el intercambio gaseoso que ocurre en el suelo por la presencia de estos organismos (Chen et al, 1991).

Entonces, el punto para tener en cuenta es, cual de las alternativas, la física o la química, es la menos drástica en el impacto biológico que es causado en el suelo por la aplicación de una u otra alternativa, además de la eficiencia de éstas en el control de la enfermedad.

Debido al "vacío biológico" creado en el suelo después de la aplicación de estos tratamientos físicos y químicos, se debe plantear la introducción de organismos antagonistas, tales como diversos hongos, bacterias y actinomicetos, para que colonicen los suelos tratados y evitar, así, la reinfestación por organismos patógenos.

Además del impacto ambiental, se debe considerar el procedimiento para la aplicación de un fumigante o del vapor de agua al suelo. La aplicación de un fumigante al suelo es mucho más sencilla que la aplicación del vapor de agua, pues para esta aplicación se necesitan unos 15 días para tratar una hectárea, mientras, que para aplicar un fumigante se necesitan apenas uno o dos días por hectárea. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, después de la aplicación del fumigante, se deben dejar de tres a siete días para que el producto actúe y, luego, se requiere un tiempo de espera de 7 a 21 días, para la salida de los gases tóxicos, según el producto y la dosis utilizada. Para la aplicación del vapor de agua, es necesario que la empresa posea una caldera y demás implementos necesarios, mientras que la aplicación del fumigante 1,3-D. Cloro-

picrina es realizada por la empresa vendedora del producto.

La utilización de un tratamiento físico o químico del suelo no garantiza que éste no se recontamine; por lo tanto, se debe buscar la implementación de prácticas de sanidad muy estrictas y, muy especialmente, buscar un manejo integrado de la enfermedad, mediante el uso del control biológico, de algunas prácticas culturales, del uso de material de propagación sano, de medidas que eviten la diseminación del hongo, como el aislamiento de aquellas áreas con alta incidencia de la enfermedad, la limpieza de equipos de labranza, etc.

La posible y futura utilización en grandes cantidades del fumigante 1,3-D. Cloropicrina en cultivos de clavel en la Sabana de Bogotá, exige la realización de una mayor investigación sobre este producto, en cuanto al estudio de los efectos que tiene en el ambiente, o sea, su efecto sobre la micro y mesofauna del suelo, su efecto sobre las características físicas y químicas del mismo, la toxicidad en seres humanos durante el período de espera entre la aplicación y el retiro del plástico utilizado para cubrir el suelo bajo condiciones de la Sabana de Bogotá, la residualidad del producto en el suelo, la contaminación de aguas subterráneas, entre otros factores.

CONCLUSIONES

De los resultados de los dos experimentos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- 1a. En el experimento 1, realizado en la empresa Inversiones Calypso S.A., la aplicación al suelo de vapor de agua y del fumigante 1,3-D. Cloropicrina fueron alternativas eficientes para el control del marchitamiento vascular del clavel, ocasionado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, debido a que redujeron, en forma apreciable, la población del hongo en el suelo, las plantas presentaron un buen desarrollo y se presentó una reducción apreciable de la incidencia de la enfermedad y una producción y una calidad aceptable de las flores cosechadas.

- 2a. En el experimento 2, realizado en la empresa Agrícola Los Arboles, el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D. Cloropicrina fue muy superior al tratamiento con el fumigante Dazomet en la reducción de la población del hongo en el suelo, en el desarrollo de las plantas, en una disminución importante de la incidencia de la enfermedad y en una mayor producción y una mejor calidad de las flores cosechadas.
- 3a. En ambos experimentos realizados, el uso del fumigante 1,3-D. Cloropicrina demostró ser una alternativa eficiente para el control del marchitamiento vascular del clavel, porque redujo la incidencia de la enfermedad a niveles bajos en las diferentes variedades probadas en los dos experimentos de clavel, en comparación con siembras anteriores en las áreas tratadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las empresas DowElanco de Colombia, Inversiones Calypso S. A., Agrícola Los Arboles por la financiación otorgada y a Rafael Herrera, Anselmo Fandiño, Mauricio Rodríguez, Victoria Suárez, Yolanda Torres, Rosabel Torres, Alvaro Ortiz y Orlando Martínez por su apoyo y colaboración para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. **Arbeláez, G. 1987.** Control of *Fusarium oxysporum* and *Phialophora cinerescens* on carnation by combined soil treatment and application of antagonists. *Acta Horticulturae* 216: 77-81.
2. **Arbeláez, G. 1988.** Enfermedades vasculares del clavel en Colombia: Aspectos históricos y situación actual. Primer Curso Internacional sobre patógenos vasculares del clavel. Asocolflores, Bogotá, Noviembre 8-11..
3. **Arbeláez, G. 1992.** Avances en el manejo del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. *Agronomía Colombiana* 8: 188-191.
4. **Arbeláez, G., González, M., Guzmán, S., León, J., Molina, J. C., Parra, J., Angulo, J. F. & Alvarez, J. D. 1993.** Control integrado del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. *Agronomía Colombiana* 10: 68-89.
5. **Baker, R. & Phillips, D. J. 1962.** Obtaining pathogen-free stock by shoot tip culture. *Phytopathology* 52: 1242-1244.
6. **Baker, R. 1980.** Measures to control *Fusarium* and *Phialophora* wilt pathogens of carnations. *Plant Disease* 64: 743-749.
7. **Camargo, O. & Sanabria, J. C. 1994.** Estudio de algunos aspectos epidemiológicos del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* (Prill. et Del.) Snyder et Hansen y estimación de poblaciones del hongo en el suelo. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
8. **Chen, Y., Gamliel, A., Stapleton, J. J. & Aviad, T. 1991.** Chemical, physical and microbial changes related to plant growth in deinfested soils. p. 87-101. In: J. Katan and J. E. DeVay (Eds.). *Soil solarization*. ORC Press, Boca Raton, Florida.
9. **Komada, H. 1975.** Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. *Rev. Plant Protect. Res.* 8: 114-125.
10. **Montenegro, J. & Cabrera, A. 1994.** Control integrado del marchitamiento vascular ocasionado por el hongo *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *dianthi* (Prill et Del.) Snyder et Hansen en tres variedades de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
11. **Ramírez, F., Ruiz, A., Herrera R., & Arbeláez, G. 1993.** Control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* en clavel. XIV Congreso

Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, Ascolfi. Santa Marta, Agosto 25-27.

12. **Reuven, M. & Nitzani Y. 1992.** Distribution of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* inoculum in carnation greenhouses. *Acta Horticulturae* 307: 51-56.
13. **Semer, C. R. 1987.** Basamid and Methyl Bromide compounds as fumigants in carnation and chrysanthemum production in selected propagation media. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100: 330-334.