

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

Physical and chemical soil treatment for the control of vascular wilt of carnation caused by *fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*

David L. García¹, Mario G. Arbeláez. y Germán Arbeláez T.²

RESUMEN

Los problemas fitosanitarios constituyen uno de los aspectos más importantes en el cultivo del clavel en Colombia, destacándose, entre ellos, el marchitamiento vascular del clavel, causado por el hongo *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*. Con el propósito de avanzar en el manejo de dicha enfermedad, se realizaron dos ensayos en dos fincas productoras de flores en la Sabana de Bogotá, comparando 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. 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 en cuanto a la reducción de la población del hongo en el suelo, altura de las plantas y la producción y la calidad de las flores. En el segundo experimento, donde se evaluaron diferentes variedades de clavel miniatura, se comparó la efectividad del fumigante 1,3-D Cloropicrina frente al fumigante Dazomet. 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 y de la población del hongo en el suelo, en el desarrollo de las plantas y en la producción y la calidad de las flores.

SUMMARY

Phytopathological problems are some of the most important aspects in the carnation industry in Colombia, vascular wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, being the most limiting disease. To find an efficient method to control the disease, two experiments were established in commercial farms, located in the Bogotá Plateau, comparing physical and chemical soil treatments. In the first experiment, with standard carnation varieties, soil application of the fumigant 1,3-D Chloropicrin (Telone C-17) was compared with steam sterilization. The two treatments were equally effective in reducing disease incidence and fungal population in the soil, and enhancing plant height and flower yield and quality. In the second experiment, with miniature carnation varieties, soil application of the fumigant 1,3-D Chloropicrin was more effective than fumigant Dazomet (Basamid) in reducing fungal population in the soil and disease incidence, as well as in improving plant development and flower yield and quality.

INTRODUCCIÓN

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* (Prill. et Del.) Snyder et Hansen (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, operarios y, a su vez, tiene una alta capacidad de supervivencia, factor que sumado a los anteriores puede llegar a inhabilitar el suelo para el cultivo del clavel (Arbeláez, 1988; Baker, 1980).

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

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

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 Philips, 1962; Arbeláez, 1987).

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, Dazomet, Formaldehído y, recientemente, 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina. Con la aplicación de fumigantes se han obtenido resultados variables de control y una erradicación del patógeno bastante parcial. Además, la aplicación de fumigantes es costosa, poco selectiva y ocasiona una reducción 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 el fumigante 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina (1,3-D Cloropicrina) 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 de 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, 1994, 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 de vapor de agua y del fumigante Dazomet (Basamid, BASF) para el control de *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* en cultivos comerciales de clavel estándar y de clavel miniatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

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

En los dos experimentos se midieron las siguientes variables:

- Población de *F. oxysporum* antes del tratamiento y después del tratamiento al suelo a dos profundidades: 0-25 cm y 26-50 cm, utilizando el método de las diluciones decimales en el medio selectivo de Komada para dicha especie (1975).
- Incidencia de la enfermedad, para lo cual se realizaron muestreos cada 15 días a partir de la semana ocho después de la siembra, por medio del conteo de las plantas con síntomas ocasionados por *F. 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 cuatro semanas.
- Producción y calidad de la flor cortada, para lo cual, 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 1,3-D Cloropicrina, se hizo en forma estándar para ambos ensayos, de acuerdo con 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 ESTANDAR

En la finca Inversiones Calypso S.A., se probó el fumigante 1,3-D Cloropicrina en una dosis de 100 cc/m², en comparación con el tratamiento del suelo con vapor de agua a 82°C, por una hora. Se trató un área de doce medias naves, seis medias naves tratadas 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 175,10 m² por media nave y un área total del ensayo de 2.101,20 m².

Por cada media nave, se sembraron un total de cuatro camas, a razón de 976 esquejes por cama, para un gran total de 48 camas en todo el ensayo. Las variedades resistentes sembradas fueron Delphy, Bogotá, Gigy y Hellas y las variedades susceptibles fueron Kaly, U.Conn y New Pink Ember. Se realizaron tres muestreos para determinar la población de *F. 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 con 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 de agua - Delphy

Tratamiento 2: Vapor de agua - Bogotá

Tratamiento 3: Vapor de agua - Gigy

Tratamiento 4: Vapor de agua - Hellas

Tratamiento 5: Vapor de agua - Kaly

Tratamiento 6: Vapor de agua - U.Conn

Tratamiento 7: Vapor de agua - 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

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 - vapor vs todas las variedades - 1,3-D Cloropicrina

Comparación 2: Variedades resistentes - vapor vs variedades resistentes - 1,3-D Cloropicrina

Comparación 3: Variedades susceptibles - vapor vs variedades susceptibles - 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

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., se probó el fumigante 1,3-D Cloropicrina, en comparación con el método utilizado regularmente por la finca para control de *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*, consistente en la aplicación del fumigante Dazomet. Se trató un área de seis medias naves; tres medias naves se trataron con 1,3-D Cloropicrina y tres medias naves se trataron con Dazomet. Las dimensiones de cada media nave fueron de 36,0 m por 6,8 m, lo que da 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 siembra 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 fumigantes, se hicieron cinco muestreos adicionales con intervalos de un mes, para estimar la población del hongo en el suelo.

El diseño experimental utilizado fué 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. En cada parcela experimental, se escogieron en forma aleatoria las unidades de muestreo, donde cada unidad correspondió a una cama, de cada una de las tres variedades sembradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EXPERIMENTO 1. CLAVEL ESTANDAR

Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo

Las áreas tratadas con el fumigante 1,3-D Cloropicrina y el vapor de agua, a una profundidad de 25 cm, presentaron niveles altos de la población del hongo antes de la aplicación de los tratamientos (Figura 1). A los quince días después de la aplicación de los tratamientos al suelo se redujo la población del hongo en forma apreciable. Sin embargo, a los 45 días

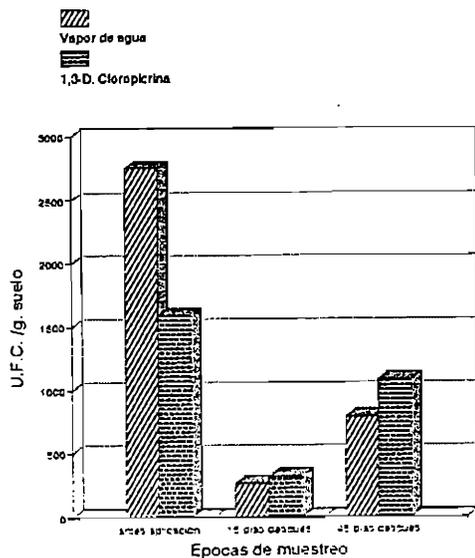


Figura 1. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, a una profundidad de 0-25 cm. (Experimento 1).

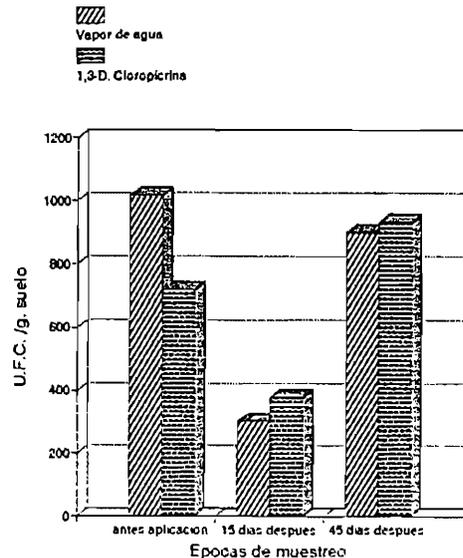


Figura 2. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, a una profundidad de 26-50 cm. (Experimento 1).

después de las aplicaciones, se manifestó una recuperación en los niveles poblacionales de *Fusarium oxysporum* en ambos tratamientos.

A una profundidad de 26-50 cm, se observó que los niveles iniciales de la población del hongo en el suelo fueron menores que los encontrados a una profundidad de 25 cm, lo que 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). 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 0-25 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. Ambos tratamientos presentaron una eficiencia similar en la reducción de las poblaciones del hongo en el suelo, aunque

no se observó una permanencia en el control a través del tiempo.

Aunque la población del hongo, a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos, en promedio, subió a niveles cercanos a 1.000 u.f.c./g de suelo, para ambas profundidades y para ambos tratamientos, lo cual puede considerarse como un nivel alto, 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 *F. oxysporum* y, por lo tanto, gran parte de la población del hongo aislada 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 al-

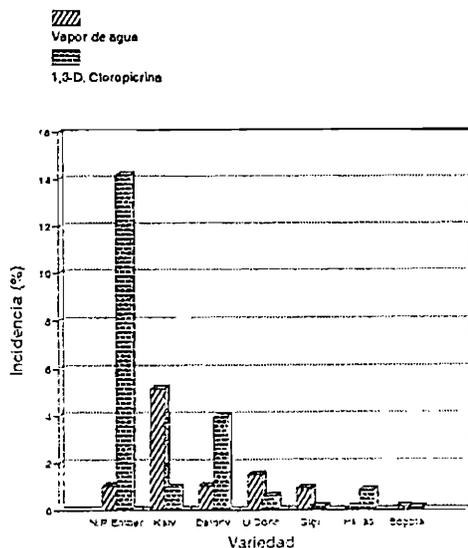


Figura 3. Porcentaje total de plantas afectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, a las 39 semanas después de la siembra (Experimento 1).

tamente significativas entre los tratamientos a favor del vapor de agua, pues la incidencia de la enfermedad en el tratamiento 1,3-D Cloropirrina 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 tratadas 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 redujo la población del hongo en el suelo y, por lo tanto, no se presentó una incidencia alta de la enfermedad en ninguna de las variedades evaluadas. En el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D Cloropirrina, 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 el suelo de 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 plantas de las variedades utilizadas. 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 Cloropirrina. En las variedades Gigy, Hellas, Kaly, U.Conn y Delphy, ocurrió lo contrario y la altura de sus plantas con la aplicación del fumigante 1,3-D Cloropirrina, siempre fue superior a aquellas con la aplicación de vapor de agua. En la variedad New Pink Ember, los promedios de altura de las plantas entre ambos tratamientos fueron muy similares. Sólo se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en plantas de la variedad Hellas a favor de 1,3-D Cloropirrina. Las plantas de 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 de las plantas, para ambos tratamientos y para las variedades evaluadas, fueron muy similares (Figura 4).

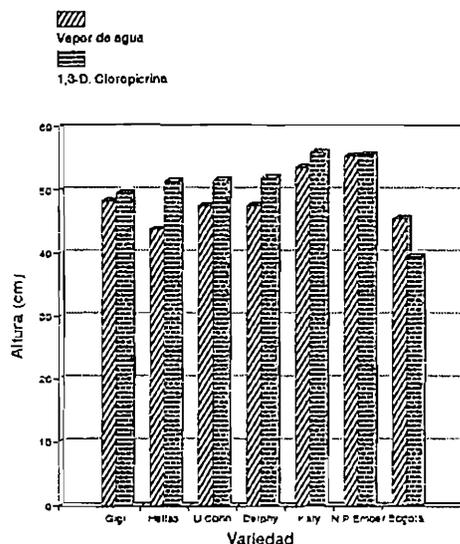


Figura 4. Altura de las plantas, a las 16 semanas después de la siembra (Experimento 1).

El tratamiento del suelo con el fumigante 1,3-D Cloropirina fue numéricamente superior en altura de las plantas al tratamiento con vapor en las variedades Delphy, Gigy, Hellas, Kaly y U.Conn; una altura de plantas similar se observó en la variedad New Pink Ember entre ambos tratamientos, mientras que el tratamiento con vapor de agua fué superior en la variedad Bogotá. La diferencia a favor del tratamiento con 1,3-D Cloropirina en las variedades Delphy, Gigy, Hellas, Kaly y U.Conn, pudo deberse a que el fumigante llegó a ser más radical en la reducción de las poblaciones de *F. oxysporum* f.sp. *dianthi* en el suelo. Otro factor para considerar en el por qué la mayor altura de las plantas en las áreas tratadas con el fumigante, pudo ser el efecto que tiene la preparación del suelo para su aplicación.

Aunque en las evaluaciones de altura de las plantas, el tratamiento con el fumigante mostró promedios mayores a las 16 semanas después de la siembra en cinco de las variedades evaluadas, en total se observó un 1% más de flores de calidad "Select" en el tratamiento con vapor de agua.

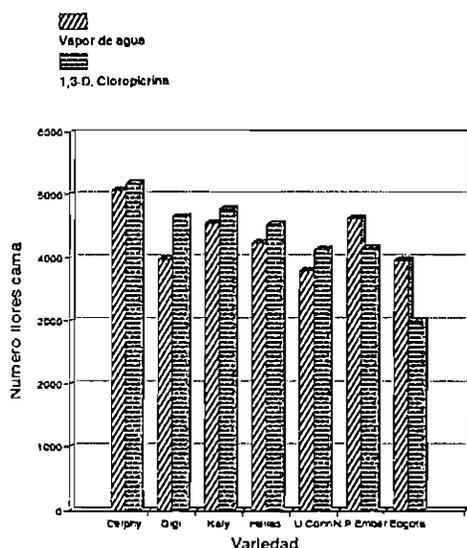


Figura 5. Número promedio de tallos por cama, para cada una de las variedades y para ambos tratamientos al suelo (Experimento 1).

Producción de flores

Los promedios de producción de flores por cama, hasta la finalización del período de cosecha, se pueden observar para todas las variedades y para los dos tratamientos al suelo en la Figura 5. Entre los dos tratamientos y entre las variedades de clavel no se encontraron diferencias estadísticas. El fumigante 1,3-D Cloropirina fué numéricamente superior en la producción de flores, en las variedades Hellas, Gigy, Delphy, Kaly y U.Conn, mientras que el vapor de agua fué superior en las variedades Bogotá y New Pink Ember.

Aunque los promedios de producción de flores por cama fueron superiores en las variedades Delphy, Gigy, Hellas, Kaly y U.Conn con el tratamiento 1,3-D Cloropirina que en el tratamiento con vapor de agua, es de anotar que parte de la producción en estas variedades se presentó antes con el tratamiento con el fumigante 1,3-D Cloropirina, pues se observó que, con el tratamiento con vapor de agua, 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 Cloropirina en estas variedades, se debió a que, en el momento de la detención de la toma de datos de producción, el tratamiento con 1,3-D Cloropirina llegó a la finalización de la cosecha de las flores antes que el tratamiento con vapor de agua.

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

La diferencia en producción de flores 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, para ninguna variedad, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados al suelo.

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 Cloropicrina fué ligeramente superior en esta calidad en las variedades Gigy y Hellas. En la calidad "Fancy", la situación fué inversa para ambos tratamientos.

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

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 Cloropicrina, pero, al considerarse ambas calidades y teniendo en cuenta la sumatoria de las mismas, el tratamiento 1,3-D Cloropicrina fué superior en un 1% al vapor de agua.

En las mediciones de altura de planta, se observó que el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D Cloropicrina fué numéricamente superior al tratamiento con vapor de agua en las variedades Gigy, Hellas, Kaly, U.Conn y Delphy. El vapor de agua fué superior en la variedad Bogotá y hubo una gran similitud entre ambos tratamientos en la variedad New Pink Ember. Una correlación entre la altura de las plantas y la calidad de las flores se encontró en las variedades Delphy, Hellas, Kaly, New Pink Ember y U.Conn.

En las variedades Bogota y Gigy, no se encontró relación entre los resultados de altura de las plantas y la calidad de las flores.

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 en los diferentes muestreos re-

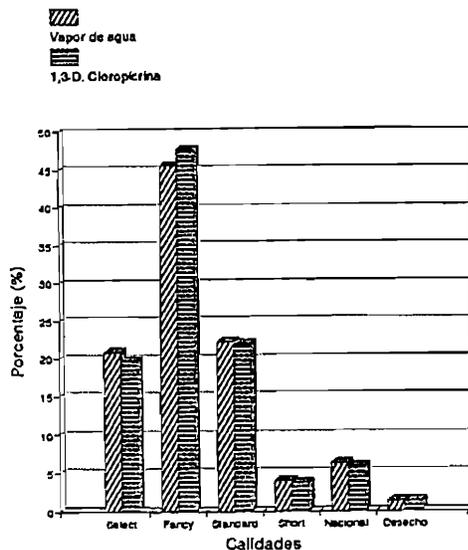


Figura 6. Porcentajes promedio totales de las calidades de exportación (Experimento 1).

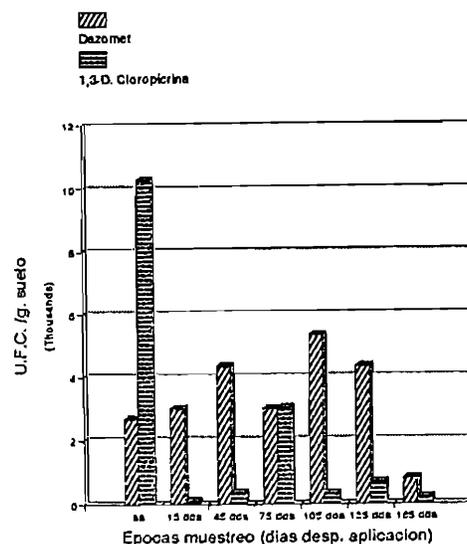


Figura 7. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, para los dos tratamientos, a una profundidad de 0-25 cm. (Experimento 2).

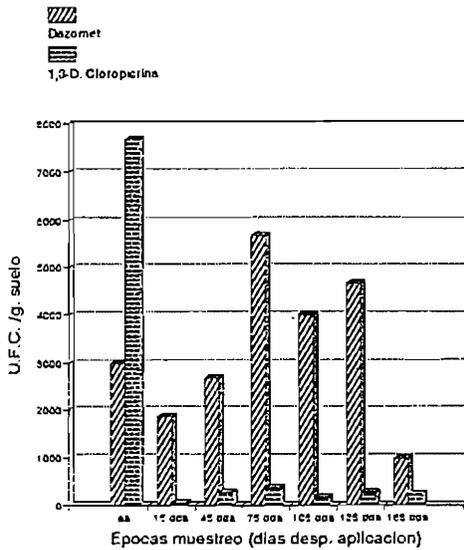


Figura 8. Población de *Fusarium oxysporum* en el suelo, para los dos tratamientos, a una profundidad de 26-50 cm. (Experimento 2).

alizados. Dicha población fué alta antes de la aplicación de los tratamientos al suelo. A los 15 días después de la aplicación, el fumigante 1,3-D Cloropirina redujo la población del hongo en el suelo a un nivel bajo, la cual mantuvo esa tendencia hasta la finalización del experimento. 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.

A una profundidad de 26-50 cm, ocurrió una situación similar a lo sucedido a la profundidad de 0-25 cm, 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 Cloropirina, a través de los muestreos posteriores a la aplicación y una baja reducción de las poblaciones del hongo en el suelo por el fumigante Dazomet (Figura 8).

El fumigante 1,3-D Cloropirina fue efectivo a 0-25 y a 26-50 cm de profundidad en el control del hongo, lo cual demuestra una penetración eficiente del producto hacia abajo, desde el punto de aplicación, la cual se realizó a 30 cm de profundidad.

El fumigante Dazomet no ejerció control del hongo a las dos profundidades analizadas; esta situación pudo deberse a la eficiencia del producto o 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 rotovalor.

La efectividad en el control de la población del hongo en el suelo en el tratamiento con 1,3-D Cloropirina 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 Dazomet, la incidencia de la enfermedad fué 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.

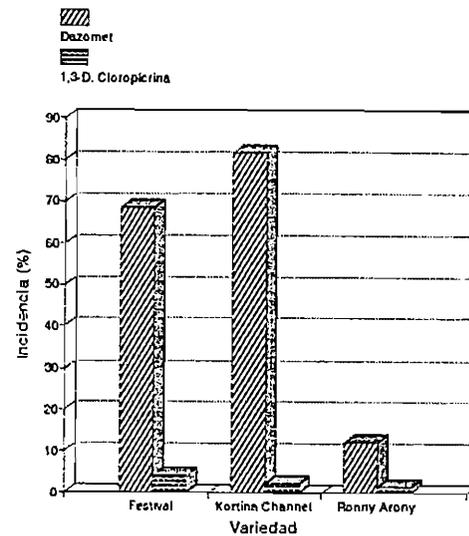


Figura 9. Porcentaje total de plantas afectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* a las 26 semanas después de la siembra, en los dos tratamientos aplicados (Experimento 2).

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 Cloropirrina mostró una incidencia baja de 1,3%, frente a la presentada en el tratamiento con Dazomet que fué de 12,6%, con diferencias altamente significativas entre los dos tratamientos.

En la variedad Festival, el área tratada con 1,3-D Cloropirrina 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 14 después de la siembra, se empezaron a observar diferencias en la incidencia de la enfermedad, situación que se mantuvo hasta el final del experimento.

En la variedad Kortina Channel, el área tratada con 1,3-D Cloropirrina 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 Cloropirrina fué eficiente en la reducción de la incidencia de la enfermedad a niveles muy bajos en las tres variedades, por la apreciable reducción de la población del hongo en el suelo.

El tratamiento al suelo con Dazomet no fué 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 que no redujo la población del hongo en el suelo.

Altura de planta

La altura de las plantas a las 24 semanas después de la siembra se puede observar en la figura 10. Las plantas pertenecientes a las tres variedades sembradas en el área tratada con el fumigante 1,3-D Cloropirrina, tuvieron promedios de altura de planta mayores que aquellas 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 Cloropirrina, fué superior a 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 realizadas. En el tratamiento con 1,3-D Cloropirrina se obtuvo una altura promedio 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 Cloropirrina tuvo un promedio de 83,2 cm, mientras que la altura de las plantas en el área tratada con Dazomet tuvieron un promedio de 63,4 cm; sin embargo, las diferencias entre los dos tratamientos no fueron estadísticamente significativas.

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. El tratamiento con 1,3-D Cloropirrina al-

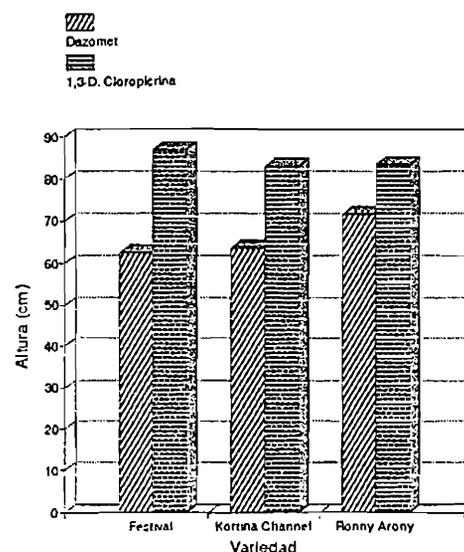


Figura 10. Altura de las plantas, a las 24 semanas después de la siembra de las variedades, en los dos tratamientos aplicados (Experimento 2).

canzó 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 plantas parece deberse a la mayor efectividad del fumigante 1,3-D Cloropicrina en la eliminación del patógeno y, posiblemente, de otros organismos del suelo pudiendo las plantas expresar su potencial en altura. También, hay que considerar los efectos que tiene la preparación del suelo en la aplicación del producto, los cuales pueden ser benéficos a las plantas en cuanto a toma de agua y desarrollo de raíces. Este aumento en la altura de las plantas ocasionó un aumento en la calidad de las flores.

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 clavel. La producción de flores fue mayor en las áreas tratadas con 1,3-D Cloropicrina para las tres variedades evaluadas.

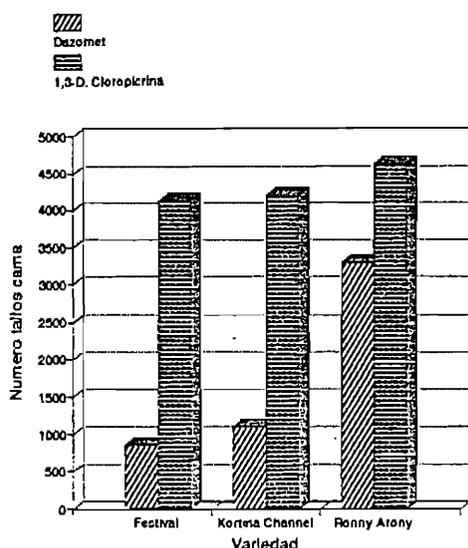


Figura 11. Producción promedio por cama, para cada variedad, en los dos tratamientos realizados (Experimento 2).

En la variedad Ronny Arony, cada cama produjo en promedio 4.630 flores para el área tratada con 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, pues, en el tratamiento con 1,3-D Cloropicrina, el promedio fué 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, ya que, 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.

Es claro, que el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D Cloropicrina fué determinante en las diferencias en producción de flores en 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 reducción eficiente de la población del hongo en el suelo por parte del fumigante 1,3-D Cloropicrina.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo no concuerdan con los reportes de la literatura sobre el fumigante Dazomet, aún teniendo en cuenta que se ha obtenido control efectivo de la enfermedad con la dosis de 60 gr/m², en suelos arcillo-arenosos y orgánicos, la cual es una dosis inferior a la usada en este experimento (70 gr/m²) (Semer, 1987); entonces, es posible deducir que se presentó algún factor que hizo que la aplicación del producto fallara o que no funcione en suelos colombianos similares en donde se realizó el experimento.

Calidad de las flores

En el tratamiento al suelo con 1,3-D Cloropicrina se produjo un mayor número de flores de calidad "Select", la cual es la calidad de exportación más importante por su mayor precio en el mercado en comparación con el tratamiento con Dazomet. La calidad "Fancy" fue similar para ambos tratamientos y, consecuentemente, 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, en todas las variedades, se presentó un mayor número de flores de calidad "Select" con el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D Cloropicrina, que en el tratamiento con Dazomet. En la calidad

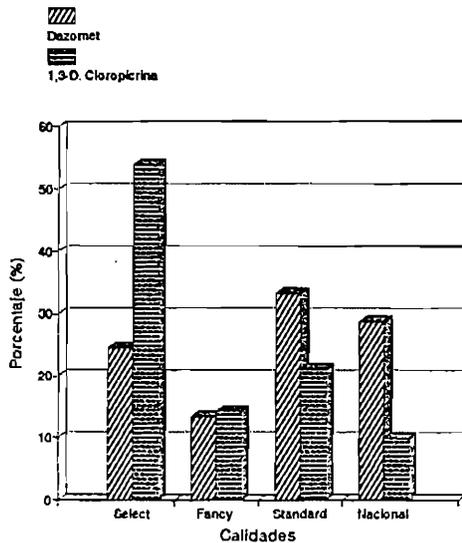


Figura 12. Porcentajes promedio totales de las calidades de flor, para los dos tratamientos (Experimento 2).

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

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

DISCUSIÓN

Aunque en el presente trabajo se observó que la aplicación al suelo del fumigante 1,3-D Cloropícrina fué una buena alternativa para el control del

marchitamiento vascular del clavel, hay que tener en cuenta que el uso de sustancias tóxicas, como los fumigantes aplicados al suelo, pueden causar efectos deletéreos en el ambiente y, especialmente, en los trabajadores, por lo cual el manejo de estos productos debe ser realizado en forma muy cuidadosa y por personal especializado.

En cambio, el uso de tratamientos físicos, como la aplicación al suelo de vapor de agua, es una práctica mucho más segura, lo que 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 sobre el equilibrio biológico de las poblaciones de diversos organismos en el suelo que tiene la aplicación de tratamientos físicos, como el vapor de agua y de los tratamientos químicos como los fumigantes, 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 nutrientes importantes para las plantas, tales como el nitrógeno, el fósforo, el azufre y el potasio, el efecto sobre el intercambio gaseoso que ocurre en el suelo por la presencia de estos organismos (Chet et al, 1991).

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

Además del impacto ambiental, se debe considerar el procedimiento para la aplicación de un fumigante o del vapor de agua. La aplicación de un fumigante es mucho más sencilla que la aplicación del vapor de agua, pues, para esta aplicación, se necesitan alrededor de unos 15 a 20 días para tratar una hectárea, mientras que, para aplicar un fumigante, se necesitan únicamente 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, según el producto y la dosis utilizada para la salida de los gases tóxicos. Para la aplicación del vapor de agua, es necesario que la empresa posea una caldera y demás implementos necesarios, mientras que la aplicación del fumigan-

te 1,3-D Cloropirrina se realiza por la empresa vendedora del producto.

La utilización de un tratamiento físico o químico al 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, entre otras.

La posible y futura utilización en grandes cantidades del fumigante 1,3-D Cloropirrina 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 los organismos del suelo, su efecto sobre las características físicas y químicas del suelo, 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 en el suelo, la contaminación de aguas subterráneas, entre otros factores.

CONCLUSIONES

1. En el experimento 1, la aplicación al suelo de vapor de agua y el fumigante 1,3-D Cloropirrina 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, además, se presentó una reducción apreciable de la incidencia de la enfermedad y una producción y una calidad aceptable de las flores cosechadas.
2. En el experimento 2, el tratamiento al suelo con el fumigante 1,3-D Cloropirrina fue muy superior al tratamiento al suelo 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.
3. En ambos experimentos realizados, el uso del fumigante 1,3-D Cloropirrina 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, en comparación con siembras anteriores en las áreas tratadas.

LITERATURA CITADA

1. ARBELAEZ, G. 1988. Enfermedades vasculares del clavel en Colombia: Aspectos históricos y situación actual. Primer Curso Internacional sobre patógenos vasculares del clavel. Asocollflore, Bogotá, Noviembre 8-11.
2. ARBELAEZ, G. 1992. Avances en el manejo del marchitamiento vascular del clavel ocasionado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. Agronomía Colombiana 8: 188-191.
3. ARBELAEZ, G., GUZMAN, S., LEON, J., GONZALEZ, M., 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.
4. BAKER, R. & PHILLIPS, D.J. 1962. Obtaining pathogen-free stock by shoot tip culture. Phytopathology 52: 1242-1244.
5. 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.) Snyd. et Hansen, y estimación de poblaciones del hongo en el suelo. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.
6. CHET, Y., GAMLIEL, A., STAPLETON, J.J., & AVIAD, T. 1991. Chemical, physical, and microbial changes related to plant growth in disinfested soils. Pp. 87-101 In: J. Katan & J.E.DeVay (Eds.). Soil solarization. CRC Press, Boca Raton.
7. GARIBALDI, A. & GULLINO, M. L. 1987. Fusarium wilt of carnation: present situation, problems and perspectives. Acta Horticulturae 216: 125-129.
8. KOMADA, H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. Rev. Plant Protect. Res. 8: 114-125.
9. MONTENEGRO, J. & CABRERA, A. 1994. Control integrado del marchitamiento vascular del clavel *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* (Prill. et Del.) Snyd. et Hansen en tres variedades.

- des de clavel (*Dianthus caryophyllus*) en la Sabana de Bogotá. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.
10. RAMIREZ, F., RUIZ, A., ARBELAEZ, G., & HERRERA, R. 1994. Control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* en clavel mediante tratamiento al suelo con vapor y el fumigante Telone C-17. Fitopatología Colombiana 18: 114-117.
 11. REUVEN, M. & NITZANI, Y. 1992. Distribution of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* inoculum in carnation greenhouses. Acta Horticulturae 307: 51-56.
 12. 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.