

EFECTO DE LOS PROCESOS DE COMPOSTACION Y LOMBRICULTURA DE RESIDUOS DE CLAVEL SOBRE LA POBLACION DE *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. *

Effect of the processes of composting and lombricomposting of carnation residues on the population of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*

Fabio Alejandro Pardo¹, Carlos Fernando Fandiño¹ y Germán Arbeláez²

RESUMEN

El manejo de los residuos vegetales es uno de los problemas que actualmente enfrenta la floricultura colombiana. El objetivo de la investigación fue estudiar el efecto de la descomposición de residuos de clavel mediante los procesos de compostación y lombricultura sobre la población de *Fusarium oxysporum* en una finca productora de flores localizada en la Sabana de Bogotá. Los procesos de compostación y lombricultura redujeron de manera apreciable la población del hongo, obteniéndose la mayor reducción en el tratamiento de plantas de rosa más plantas de clavel enfermo. De 235 aislamientos de *F. oxysporum* inoculados en esquejes de clavel de la variedad "Navidad", 37 (16%) fueron patogénicos y pertenecen a *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*, mientras que 198 aislamientos (84%) correspondieron a formas no patogénicas de *F. oxysporum* o a formas patogénicas de la especie, diferentes a la forma especial *dianthi*. La utilización de compost o de humus de lombriz que proven-

ga de plantas enfermas de clavel presenta riesgos fitopatológicos importantes para su aplicación al suelo.

Palabras claves: *Dianthus caryophyllus*, *Eisenia foetida*, residuos de rosa.

SUMMARY

The management of plant residues is a very important problem of the Colombian floriculture. The objective of the research was to study the effect of descomposition of carnation plant residues with the processes of compostation and lombricompostation on the population of *Fusarium oxysporum* on a commercial farm located at the Bogota Plateau. Compostation and lombricompostation processes reduced significantly the population of *F. oxysporum*. The highest reduction was obtained with the treatment of a mixture of rose plants plus carnation diseased plants. From 235 isolates of *F. oxysporum* inoculated on carnation cuttings of the variety "Navidad", 37 (16%) were pathogenic and belong to *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*, 198 isolates (84%) did not cause disease on carnation plants, so they belong to other formae specialis or they are non-pathogenic isolates of *F. oxysporum*. The application of compost or humus to the soil from carnation diseased plants has important pathological risks.

* Recibido en Septiembre de 1998

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

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

Key words: *Dianthus caryophyllus*, *Eisenia foetida*, rose residues.

INTRODUCCION

El manejo de los residuos vegetales es uno de los problemas actuales de la floricultura colombiana. Una de las posibilidades de solución a dicho problema es la descomposición de dichos materiales, mediante los procesos de compostación y de lombricultura, los cuales se están utilizando, cada vez con mayor frecuencia, en diversas empresas de flores colombianas.

En el caso de los residuos de clavel, los productores tienen una gran inquietud sobre el efecto de dichos procesos sobre las poblaciones del hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, agente causal de la enfermedad más limitante de la floricultura de la Sabana de Bogotá.

En algunos trabajos anteriores se ha encontrado una reducción importante de la población de *Fusarium oxysporum* en residuos de clavel, pero sin lograr una eliminación completa del hongo (Martínez y Salamanca, 1993; Arboleda *et al*, 1994).

La compostación de desechos orgánicos es un proceso biológico con un producto final, el cual posee características microbiológicas, químicas y físicas de gran utilidad al ser aplicadas al suelo (Golueke, 1972).

Bollen y Volker (1996) observaron que la destrucción de organismos fitopatógenos durante el proceso de compostación se debe a la temperatura relativamente alta producida durante el proceso, a la acción de algunos compuestos químicos generados y al antagonismo microbial; de estos factores, la temperatura parece ser el factor más importante para la reducción de las poblaciones de diversos organismos fitopatógenos, entre ellos *Fusarium oxysporum*.

Golueke (1972) considera que durante el proceso de compostación de residuos vegetales, es posible lograr la reducción o la eliminación completa de algunos hongos fitopatógenos, tales como *Fusarium*

oxysporum, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Botrytis cinerea* y *Pythium irregulare*.

Bollen (1985) menciona que las temperaturas letales para la destrucción de diversas formas especiales de *Fusarium oxysporum* fluctúan entre 55,0 y 65,5°C y entre 57,5 y 60,0°C para *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, lo cual quiere decir que durante el proceso de compostación de residuos vegetales, se podrían lograr temperaturas cercanas o superiores a las temperaturas letales de dichos patógenos.

En varios cultivos de flores se ha utilizado la lombricultura como un proceso para el manejo de residuos vegetales, mediante su descomposición con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), con resultados aceptables. Sin embargo, no se tiene mayor información sobre el efecto de este proceso sobre las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, así como, tampoco, se encontraron registros en la literatura sobre su efecto en otros hongos fitopatógenos.

El objetivo de la investigación fue el estudio del efecto de los procesos de compostación y de lombricultura de residuos de clavel en forma individual o en mezcla con residuos de rosa sobre las poblaciones de *Fusarium oxysporum* y la determinación de cuantos de los aislamientos del hongo, obtenidos durante las diferentes fases de los procesos correspondían a *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, mediante pruebas de patogenicidad en plantas de clavel.

MATERIALES Y METODOS

La obtención de residuos de plantas de rosa y de clavel, así como los procesos de compostación y lombricultura, se realizaron en la finca "El Roble" de la empresa "Natuflora Ltda.", localizada en el municipio de Subachoque, Cundinamarca, durante el segundo semestre de 1996 y el primer semestre de 1997.

Los tratamientos utilizados en los procesos de compostación y lombricultura fueron los siguientes:

1. Plantas de clavel estándar con síntomas característicos de la enfermedad ocasionada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*
2. Mezcla de plantas de clavel estándar libres de la enfermedad más plantas de clavel enfermas, en proporción de 1:1
3. Mezcla de plantas de clavel estándar enfermas más plantas de rosa, en proporción de 1:1
4. Plantas de rosa
5. Mezcla de plantas de clavel estándar sanas más plantas de rosa, en proporción de 1:1
6. Plantas de clavel estándar sanas
7. Plantas de clavel estándar provenientes del arranque, al final de su etapa comercial de producción.

El material correspondiente a plantas de clavel sano y a plantas de rosa provenían de la sala de clasificación, mientras que el material correspondiente a plantas de clavel enfermo y a plantas de arranque provenían directamente del campo y eran plantas completas.

El material vegetal para la formación de las pilas de compost se picó con una máquina industrial, obteniendo materiales con tamaños de tres a cuatro centímetros de longitud. Estos materiales se colocaron en pilas de 1,0 m de largo, 1,0 m de ancho y 1,5 m de alto, las cuales se localizaron dentro de un invernadero con cubierta plástica.

El material de las pilas de compostación se regó y se volteó mensualmente para asegurar una adecuada descomposición aeróbica. La temperatura de las pilas de compostación se determinó una vez por semana a profundidades de 20 y 50 cm.

El material final obtenido en los siete tratamientos de compostación se sometió en forma separada, al proceso de descomposición por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), según el procedimiento utilizado en la empresa.

Mensualmente, se tomaron muestras de cada una de las pilas de compostación y de las parcelas de lombricultura y, en cada una de ellas, se estimaron las poblaciones del hongo *Fusarium oxysporum*, utilizando el medio de cultivo selectivo de Komada, en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía. Además, de cada uno de los análisis y de los distintos tratamientos, se obtuvieron alrededor de 600 aislamientos del hongo, de los cuales se seleccionaron 235 para las pruebas de patogenicidad, con la finalidad de determinar cuales correspondían a *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* y cuales no eran patogénicos al clavel.

Para las pruebas de patogenicidad, los aislamientos del hongo se multiplicaron en frascos de vidrio de 125 ml, los cuales contenían 50 ml del medio de cultivo Caseína Hidrolizada. Los frascos con el medio de cultivo se esterilizaron a 121 °C durante 15 minutos, posteriormente se inocularon con tres pequeños trozos de micelio del hongo y se colocaron en un agitador rotatorio a 125 r.p.m. durante ocho días.

Al final de la incubación, de cada uno de los aislamientos del hongo se prepararon suspensiones a una concentración de un millón de esporas por mililitro. Cada aislamiento se inoculó en cinco esquejes de la variedad "Navidad", altamente susceptible a la raza 2 del patógeno, mediante la inmersión de sus raíces en la suspensión de esporas durante 20 minutos, inmediatamente antes de la siembra. Los esquejes inoculados se sembraron en bolsas de polietileno negro que contenían un kilogramo de suelo de textura franco-limosa.

Como Testigo Absoluto se sembraron 30 esquejes, cuyas raíces se sumergieron en agua destilada estéril durante 20 minutos antes de la siembra.

Las plantas se evaluaron en forma semanal, para observar la presencia o ausencia de los síntomas de la enfermedad durante seis meses.

Para los tratamientos de compostación y de lombricultura, se utilizó un diseño Completamente al Azar con dos repeticiones.

Para el análisis estadístico, se calculó el porcentaje de reducción de la población del hongo con relación con la lectura inicial. Este porcentaje no se ajustó a una distribución probabilística normal y, por lo tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis para diseños completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Registro de temperatura durante el proceso de compostación

El proceso de compostación para todos los tratamientos utilizados tuvo una duración de cinco meses, durante los cuales se observó una elevación de la temperatura a partir de la primera semana de iniciado el proceso y durante las primeras seis semanas, para luego decrecer progresivamente.

Cuadro 1. Comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostación en los diferentes tratamientos.

Semana	Arranque Clavel	Rosa	Rosa + Clavel Sano	Clavel Sano	Clavel Sano + Clavel enfermo	Clavel Enfermo	Rosa + Clavel Enfermo
	Profund. cm.	Profund. cm.	Profund. cm.	Profund. cm.	Profund. cm.	Profund. cm.	Profund. cm.
	20 50	20 50	20 50	20 50	20 50	20 50	20 50
0	22 22	22 22	22 22	22 22	22 22	22 22	22 22
1	53 51	62 * 63*	56 53	51 44	52 54	52 53	38 38
2	48 53	56 63*	58* 60*	46 38	42 43	42 43	32 29
3	48 53	38 54	54 56	39 31	57 49	27 32	21 21
4	55 60*	45 51	39 52	48 42	49 39	26 30	38 38
5	46 59*	26 35	37 43	37 35	39 28	42 38	43 45
6	37 49	30 37	37 42	35 28	41 38	65* 54	26 27
7	57 51	43 50	29 36	38 31	29 27	35 31	18 21
8	44 37	33 37	28 31	31 25	28 24	24 23	33 34
9	39 34	27 32	21 24	21 23	24 24	51 46	20 23
10	33 34	25 26	14 20	29 29	23 24	26 29	20 21
11	23 25	19 19	26 28	22 19	26 21	26 22	18 20
12	37 38	15 18	20 19	20 17	23 21	21 20	17 19
13	48 46	27 29	18 19	17 19	21 21	21 19	13 16
14	35 27	24 23	17 19	18 19	17 18	13 17	20 21
15	27 21	21 21	18 19	20 19	19 17	25 23	20 22
16	37 33	24 23	19 18	20 19	16 21	22 19	20 22
17	29 31	24 24	16 18	19 19	18 17	19 19	19 19
18	26 25	21 19	17 1	18 17	18 17	19 18	19 18
19	20 18	17 19	15 13	18 17	17 17	18 18	18 18
20	19 18	17 17	17 16	29 25	17 17	17 17	18 18

* Temperaturas mayores a 57,5 °C, letales para *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*.

El comportamiento de la temperatura observada en los diferentes tratamientos utilizados durante el proceso de compostación se presenta en el Cuadro 1.

La mayor temperatura obtenida en la segunda semana de compostación fue en el tratamiento de residuos de plantas de rosa, la cual fue de 62 y 63 °C a 20 y 50 cm de profundidad, respectivamente.

En el tratamiento en donde se mezclaron residuos de plantas de rosa con los residuos de plantas de clavel sano, se observó que la temperatura se incrementó a 58 y 60 °C en la segunda semana del proceso a las dos profundidades, mientras que en la tercera semana se redujo ligeramente a 54 y 56 °C, para luego disminuir sensiblemente en las semanas siguientes. En el tratamiento con clavel sano, las temperaturas observadas a las dos profundidades fueron de 46 y 38 °C, respectivamente (Cuadro 1).

En el tratamiento de plantas de clavel enfermo, se observó la temperatura más alta en la investigación, la cual fue de 65,0 °C en la semana sexta después de iniciado el proceso.

Temperaturas por encima de 57,5 °C, la cual es considerada por Bollen (1985) como la temperatura letal para el hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, solamente se observaron en los tratamientos de arranque de plantas de clavel en la cuarta y la quinta semana a una profundidad de 50 cm, en las plantas de clavel enfermo, en la semana sex-

ta a la profundidad de 20 cm, en los tratamientos de plantas de rosa y en la mezcla de plantas de rosa y plantas de clavel sano a ambas profundidades, durante las primeras semanas del proceso (Cuadro 1). Sin embargo, en estos dos últimos tratamientos, no se encontró la presencia de la forma especial *dianthi* en las pruebas de patogenicidad.

2. Población de *Fusarium oxysporum*

2.1. Proceso de compostación

Durante el proceso de compostación, no se observó la presencia de colonias de *Fusarium oxysporum* en los tratamientos de plantas de rosa, plantas de clavel sano y en la mezcla de plantas de rosa más plantas de clavel sano, lo cual era de esperarse.

En los tratamientos de plantas de clavel enfermo, mezcla de plantas de clavel sanas y enfermas y en el arranque de plantas de clavel, se observaron diferentes niveles poblacionales de *Fusarium oxysporum*, los cuales se redujeron progresivamente a medida que transcurría el proceso de descomposición de los materiales.

La mayor reducción en la población del hongo se logró en las plantas de clavel enfermo, la cual inició con 390.000 unidades formadoras de colonias por gramo (u.f.c./g) y finalizó con 4.500 u.f.c./g (Cuadro 2).

La menor población del hongo se obtuvo en la mezcla de plantas de clavel sano más plantas de clavel enfermo y en la mez-

Cuadro 2. Población de *F. oxysporum* durante el proceso de compostación en los diferentes tratamientos

Semana	Rosa	Rosa + Clavel Sano	Clavel Sano	Clavel Sano + Clavel enfermo	Clavel Enfermo	Rosa + Clavel Enfermo	Arranque Clavel
0	0	0	0	60.000 ufc	390.000 ufc	30.000 ufc	125.000 ufc
4	0	0	0	50.000 ufc	85.000 ufc	35.000 ufc	80.000 ufc
8	0	0	0	3.000 ufc	31.500 ufc	1.150 ufc	70.000 ufc
12	0	0	0	16.500 ufc	27.000 ufc	26.500 ufc	25.000 ufc
16	0	0	0	2.500 ufc	4.500 ufc	3.000 ufc	24.000 ufc
20	0	0	0	2.500 ufc	4.500 ufc	3.000 ufc	11.500 ufc

Cuadro 3. Reducción de las poblaciones de *F. oxysporum* durante el proceso de compostación.

TRATAMIENTO	REDUCCION
Clavel enfermo	98,8 %
Clavel sano + Clavel enfermo	95,8 %
Arranque de clavel	90,8 %
Rosa + Clavel enfermo	90,0 %

cla de plantas de rosa más plantas de clavel enfermo, con una población final de 2.500 y 3.000 u.f.c./g, respectivamente (Cuadro 2).

La reducción de la población de *F. oxysporum* durante las 20 semanas del proceso de compostación fue de 98,8% para el tratamiento de plantas de clavel enfermo, de 95,8% para la mezcla de plantas de clavel sano y plantas de clavel enfermo, de 90,8% para el arranque de plantas de clavel y de 90,0% para las plantas de clavel enfermo (Cuadro 3).

2.2. Proceso de lombricultura.

En general, durante el proceso de lombricultura se logró una reducción en la población de *F. oxysporum*, aunque en menor proporción a la observada durante el proceso de compostación.

La reducción de la población del hongo al finalizar el proceso de lombricultura fue completa (100%) en el tratamiento de plantas de rosa más plantas de clavel enfermo, de 92% en plantas de clavel sano y plantas de clavel enfermo, de 90% en plantas de arranque de clavel y, apenas de 66,6%, en plantas de clavel enfermo (Cuadro 4). Estos

resultados coinciden con las investigaciones realizadas por Martínez y Salamanca (1993) y por Arboleda *et al* (1994).

2.3. Combinación de los procesos de compostación y lombricultura.

En conjunto, el proceso de compostación, seguido del proceso de lombricultura sobre los diferentes tratamientos logró reducir la población del hongo en su totalidad en el tratamiento de plantas de rosa y clavel enfermo, en 99,7% en plantas de clavel sano y plantas de clavel enfermo, en 99,6% en plantas de clavel enfermo y en 99,1% en plantas de arranque de clavel (Cuadro 5).

3. Pruebas de patogenicidad

De los 235 aislamientos de *F. oxysporum* obtenidos durante los procesos de compostación y lombricultura de los diferentes tratamientos, los cuales fueron inoculados posteriormente en plantas de clavel, 37 de ellos, lo cual corresponde al 16%, resultaron patógenos en las plantas de clavel inoculadas y, por lo tanto, dichos aislamientos corresponden a *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. Los restantes 198 aislamientos del hongo (84%) corresponden

Cuadro 4. Reducción de la población de *F. oxysporum* durante el proceso de lombricultura.

TRATAMIENTO	REDUCCION
Rosa + Clavel enfermo	100,0 %
Clavel sano + Clavel enfermo	92,0 %
Arranque de clavel	90,0 %
Clavel enfermo	66,6 %

Cuadro 5. Porcentaje total de reducción de la población de *F. oxysporum* durante los procesos de compostación y lombricultura.

TRATAMIENTO	REDUCCION
Rosa + Clavel enfermo	100,0 %
Clavel sano + Clavel enfermo	99,7 %
Clavel enfermo	99,6 %
Arranque de clavel	99,1 %

a *Fusarium oxysporum* no patógeno o a formas patógenas diferentes a la forma especial *dianthi*, ya que no ocasionaron síntomas de la enfermedad en los esquejes de clavel inoculados (Cuadro 6).

El mayor número de aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *dianthi* se obtuvieron en los tratamientos de la mezcla de plantas de clavel enfermas y de plantas de rosa (22,0%) y en el tratamiento de plantas de clavel enfermas (21,5%). En el tratamiento de la mezcla de plantas de clavel enfermas y de plantas de clavel sanas, 15% de los aislamientos se identificaron como *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*, al igual que el 5,0% de los aislamientos en el tratamiento de arranque de plantas de clavel (Cuadro 6).

Estos resultados indican que el mayor aporte del patógeno se obtuvo en los tratamientos en donde se utilizó clavel enfermo, el cual tenía síntomas claros de la enfermedad. Las plantas de arranque de clavel aportaron una menor cantidad del patógeno.

No obstante la significativa reducción de las poblaciones del patógeno de *F. oxysporum* obtenida en la investigación, la aplicación del compost o de humus de lombriz que contenga plantas o partes de plantas de clavel infectadas por *F. oxysporum* f.sp. *dianthi* a suelos nuevos o de baja infestación por el patógeno tiene riesgos patológicos muy importantes. En suelos de mediana o alta infestación por *F. oxysporum* f.sp. *dianthi*, la aplicación de compost o de humus de lombriz que contenga poblaciones bajas del patógeno como las observadas en los tratamientos utilizados en esta investigación, se debe ver compensada ampliamente por el aporte de formas no patógenas de *F. oxysporum* y de otros antagonistas y, por lo tanto, los riesgos de su aplicación serán mucho menores.

Agradecimientos. Los autores expresan su especial agradecimiento a la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores, Asocolflores y a la empresa Natuflora

Cuadro 6. Resultado de las pruebas de patogenicidad

TRATAMIENTO	ASLAMIEN- TOS INOCULADOS	PATOGENICOS	NO PATOGENICOS
Arranque de clavel	60	3(5%)	57 (95%)
Rosa + Clavel Enfermo	50	11 (22%)	39 (78%)
Clavel Enfermo	60	9 (21%)	51 (78%)
Clavel sano + Clavel enfermo	65	14 (15%)	51 (85%)
TOTAL	235	37 (16%)	198 (84%)

Ltda., por la financiación económica dada al proyecto, a la empresa Propagar Plantas S.A., por el suministro de los esquejes de clavel y a los doctores Luisa Ortega, Guillermo Ricaurte y Rodolfo La Rotta, por el apoyo dado a la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- ARBOLEDA, M.L., S. PARDO Y E. GROSE.** Efecto del manejo del desecho de clavel sobre el patógeno vascular del clavel *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. Memorias del Simposio sobre el manejo de desechos vegetales. Asocolflores. Santafé de Bogotá, Octubre. P. 114. 1994.
- BOLLEN, G.J.** Lethal temperatures of soil fungi. In C. Parker, A.D. Rovira, K.J. Moore and P.T.W. Wong (Eds.). Ecology and management of soilborne plant pathogens. The American Phytopathological Society. St. Paul. p. 191-193. 1985.
- BOLLEN, G.J. AND D. VOLKER.** Phytohygienic aspects of composting. p. 233-246. In M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi (Eds.). The science of composting. Blackie Academic & Professional. London. 1996.
- GOLUEKE, C.** Composting. A study of the process and its principles. Rodale Press. London. 262 p. 1972.
- MARTINEZ D. Y G. SALAMANCA.** Presencia de los hongos *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Trichoderma* sp. durante el proceso de compostación de residuos vegetales de una finca productora de clavel en la Sabana de Bogotá. Tesis de Grado. Carrera de Bacteriología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá 83 p. 1993.