

Eficacia y viabilidad de diferentes fumigantes de suelo en el control de la Fusariosis Vascular del clavel

M.D. Vela-Delgado¹, M. J. Basallote-Ureba² y M. J. Zanon-Alonso³

¹. IFAPA Chipiona, Camino de la Esparragosa, Apdo. 51, 11550 Chipiona (Cádiz), España e-mail: mdolores.vela@juntadeandalucia.es

². IFAPA Las Torres-Tomejil, Apdo. Oficia, 41200 Alcalá del Río (Sevilla), España

³. CERTIS Europe B.V. Spain. Severo Ochoa 18, 03203 Elche (Alicante), España

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la eficacia como fumigantes de suelo de tres formulados comerciales, en el control de la Fusariosis vascular del clavel. Para ello, durante 2012-2014 se realizó un experimento en un invernadero del IFAPA de Chipiona infestado naturalmente por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* siguiendo un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones de los siguientes tratamientos: dos desinfectantes químicos, ATOMAL 13 (disulfuro de dimetilo DMDS 94,1%, 60g.m⁻²) y BASAMID (dazomet 98%, 50 g.m⁻²), y un testigo no tratado combinados o no con TUSAL (granulado de *Trichoderma atroviride* y *T. asperellum*). El efecto de dichos tratamientos se evaluó en dos cultivares de clavel de distinta susceptibilidad al patógeno, ‘Master’ (moderadamente susceptible) y ‘Atenea’ (resistente). A lo largo del ciclo bienal del cultivo se realizaron observaciones de síntomas y se recolectaron semanalmente los tallos de clavel. Al finalizar el experimento se analizaron el porcentaje final de plantas muertas y las producciones, según los distintos tratamientos. BASAMID aplicado sin TUSAL fue el tratamiento más efectivo en el control de la enfermedad en el clavel susceptible ‘Master’ reduciendo el número de plantas muertas en un 45%, respecto al testigo, mientras que el porcentaje de plantas muertas en ‘Atenea’ fue muy baja (<17%) en todos los tratamientos. Las mayores producciones se obtuvieron con BASAMID en ambos cultivares, y con BASAMID combinado con TUSAL en ‘Atenea’. Sin embargo, la mayor proporción de claveles de calidad Extra (43,5%, longitud de tallos de 60-70 cm) se obtuvo en las parcelas de ‘Atenea’ que fueron tratadas con ATOMAL 13 + TUSAL. Cuando el granulado compuesto por *Trichoderma atroviride* y *T. asperellum* (TUSAL) se utilizó individualmente no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de plantas muertas respecto del testigo no tratado, en ninguno de los cultivares.

Palabras clave: ATOMAL 13, BASAMID, *Dianthus caryophyllus*, *F. oxysporum* f. sp. *dianthi*, TUSAL

INTRODUCCIÓN

El clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) es uno de los principales cultivos que se destinan a flor cortada en el mundo, siendo España uno de los principales productores. Andalucía representa más del 50% de la producción nacional de flor cortada, que se distribuye mayoritariamente entre las provincias de Cádiz y Sevilla (MARM, 2010). La Fusariosis vascular del clavel (FVC) es un importante factor limitante para la producción de clavel, que se cultiva habitualmente en dos años consecutivos en las zonas productoras andaluzas. Dicha enfermedad está causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, que sobrevive en el suelo durante años en ausencia de la planta huésped en forma de clamidosporas. Se han descrito hasta 10 razas diferentes de éste

patógeno en el mundo, pero en España sólo se han detectado tres, las razas 1, 4 y 2, siendo ésta última la más ampliamente distribuida en nuestro país (Prados-Ligero *et al.*, 2007). Entre las principales prácticas culturales que se utilizan en la lucha contra la enfermedad está el uso de variedades resistentes de clavel, pero la existencia de diferentes razas del patógeno obliga a utilizarlas con cierta prudencia (Rodríguez-Kabana, 1997). Tradicionalmente, para el control de la FVC se ha utilizado la fumigación del suelo con bromuro de metilo antes de la plantación. La retirada de éste producto en la UE en 2005, por el daño que ocasiona en la capa de ozono ha obligado a la búsqueda de alternativas eficaces y viables para la desinfestación de los suelos en cultivos de flor cortada. Se ha probado anteriormente la efectividad de disulfuro de dimetilo (DMDS), BASAMID y diferentes cepas de *Trichoderma* spp. en el control de la FVC, pero aunque han mostrado su potencial en el control de la enfermedad (Basallote *et al.*, 2010; Segarra *et al.*, 2013) es necesario optimizar las dosis y los métodos de aplicación para conseguir una mayor eficacia. El objetivo de este trabajo ha sido estudiar la eficacia de ATOMAL 13 y BASAMID solos o en combinación con TUSAL.

MATERIAL Y MÉTODOS

En junio de 2012 se estableció, en el Centro IFAPA de Chipiona (Cádiz), un experimento en un invernadero con infestación natural por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, raza 2. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones de 0,8 x 7,5 m² (unidad experimental) de los siguientes tratamientos: dos desinfestantes químicos, ATOMAL 13 (disulfuro de dimetilo DMDS 94,1%) y BASAMID (dazomet 98%, Registro nº 11736 del MAGRAMA), y un testigo no tratado, combinados o no con TUSAL (granulado de *Trichoderma atroviride* T11 y *T. asperellum* T25, registrado como fungicida biológico nº 24244 del MAGRAMA). Antes de la aplicación de los fumigantes químicos se realizaron labores en el suelo y se humedeció este hasta un 50-70 % de la capacidad de campo. ATOMAL 13 se aplicó mediante riego por goteo 60 g.m⁻², mientras que BASAMID se aplicó mecánicamente (20-25 cm profundidad) en forma de microgranulado (50 g.m⁻²). Posteriormente, las parcelas correspondientes se sellaron con plástico VIF y se dejaron actuar ATOMAL 13 durante 14 días y BASAMID durante 21 días. Transcurrido ese tiempo mínimo de acción se retiraron los plásticos y el suelo se aireó con rotavator. Después de una semana de aireación se tomaron muestras de suelo, para comprobar antes del trasplante de los esquejes de clavel que no había gases retenidos en el suelo. TUSAL (0,3 g.m⁻²) se aplicó en cinco veces a intervalos quincenales mediante riego por goteo, desde 10 días después del trasplante.

Antes del trasplante cada repetición (parcela) se dividió en dos, una para clavel 'Master' y la otra para 'Atenea' susceptible y resistente a la FVC, respectivamente. Se realizaron observaciones de síntomas desde noviembre de 2012 hasta mediados de abril de 2014 y se recolectaron los tallos de clavel semanalmente hasta la finalización del experimento. Los tallos producidos se clasificaron según las siguientes categorías comerciales: extra (longitud de tallos de 70-60 cm), primera (longitud de tallos de 60-50 cm), segunda (longitud de tallos de 50-40 cm) y destrío (tallos no comerciales). Al finalizar el experimento se analizaron estadísticamente: el porcentaje final de plantas muertas y los rendimientos acumulados a lo largo del ciclo del cultivo (tallos/m² y porcentaje de las distintas categorías comerciales) en las 32 plantas centrales de cada parcela (unidad experimental). Los datos porcentuales se transformaron angularmente

antes de la realización de los ANOVA. Además, se estudiaron las curvas de progreso de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo para los distintos tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos en el desarrollo de la FVC

En el cultivar susceptible Master, BASAMID aplicado sin TUSAL, retrasó en casi cuatro meses el comienzo de la epidemia de FVC y tras dos años de cultivo fue el tratamiento más efectivo en el control de la enfermedad, reduciendo el número de plantas muertas en un 45%, respecto al testigo (Fig.1). Esto está en desacuerdo con los resultados obtenidos con el DMDS en trabajos previos, debido posiblemente a diferencias experimentales como momento, dosis y forma de aplicación del compuesto (Basallote *et al.*, 2010). En 'Atenea', resistente a la enfermedad, los primeros síntomas se observaron 6 meses después de la plantación en dos de las parcelas testigo (Fig. 2). Antes de la siega, el porcentaje de plantas con síntomas varió entre 1,6 (BASAMID y ATOMAL 13) y 7,8% (BASAMID + TUSAL), y sólo se detectó una planta muerta en una parcela testigo a la que se aplicó TUSAL. Tras dos años de cultivo el porcentaje de plantas muertas fue muy baja (<17%) en todas las parcelas (Fig. 2) tratadas con BASAMID. TUSAL no fue efectivo en el control de la enfermedad, aunque se ha referido previamente que *T. asperellum* en combinación con diferentes enmiendas orgánicas y en condiciones controladas redujo la severidad de la FVC (Segarra *et al.*, 2013).

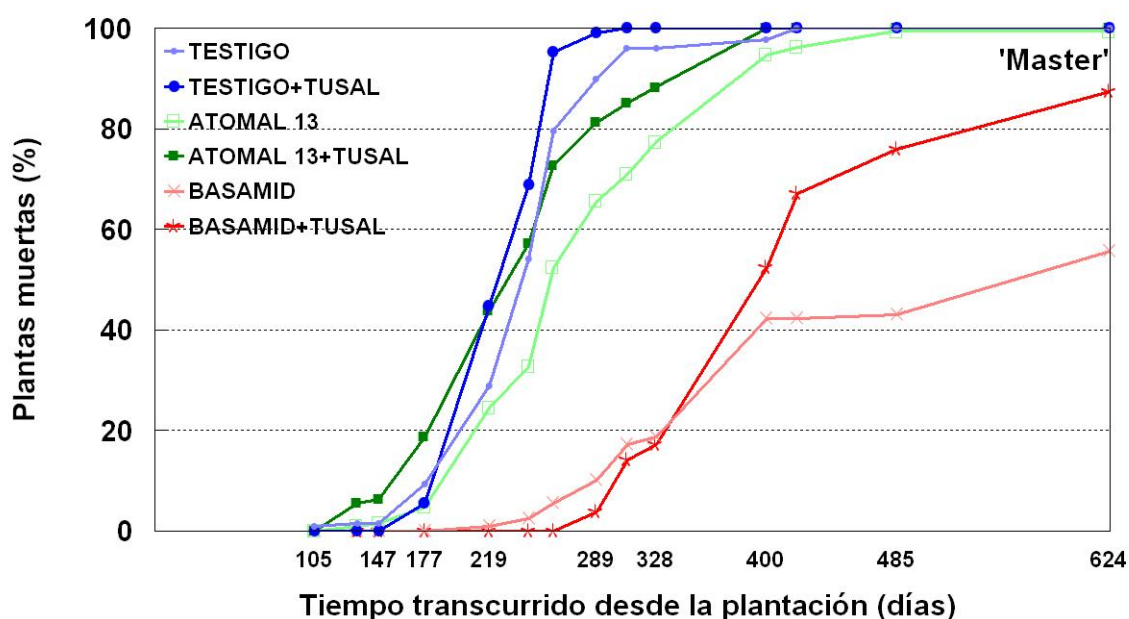


Figura 1.. Progreso epidémico de la Fusariosis Vascular del clavel según diferentes tratamientos de suelo en el cultivar Master susceptible a la enfermedad

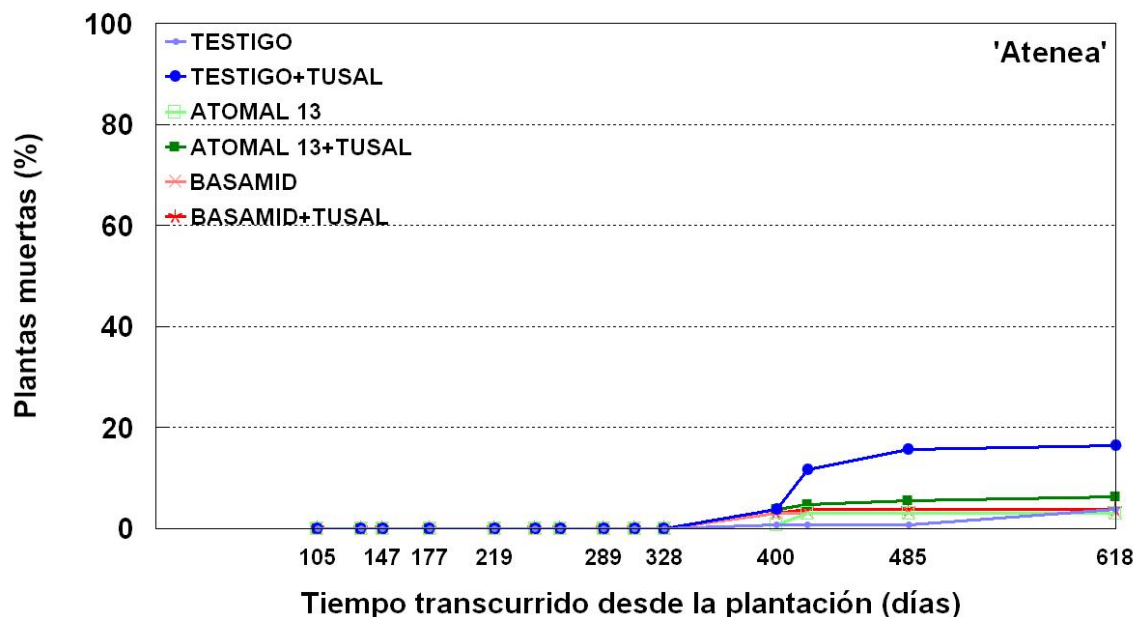


Figura 2. Progreso epidémico de la Fusariosis Vascular del clavel según diferentes tratamientos de suelo en el cultivar Atenea resistente a la enfermedad

Efecto de los tratamientos en la producción de tallos de clavel

El mayor número de tallos por m² se obtuvo en las parcelas de ‘Master’ y ‘Atenea’ tratadas con BASAMID que fue 5,4 y 1,4 veces mayor que en las correspondientes testigo (Tablas 1 y 2). En ‘Atenea’ el tratamiento con BASAMID combinado con TUSAL (Tabla 2) tuvo un efecto similar al de BASAMID.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en la calidad de los tallos en el clavel ‘Master’, excepto por el mayor porcentaje de tallos de la categoría segunda observado en el testigo no tratado. Por el contrario, en las parcelas de ‘Atenea’ que fueron tratadas con ATOMAL 13 + TUSAL se observó la mayor proporción de claveles de categoría extra (43,5%), mientras que en las tratadas con BASAMID se obtuvo el menor porcentaje de dicha categoría y una proporción de claveles de primera y destrío significativamente mayor que en los restantes tratamientos. En las parcelas tratadas sólo con TUSAL no se observaron efectos significativos sobre la calidad del cultivo (Tablas 1 y 2) debido, probablemente, a una ineficiente colonización del suelo por *Trichoderma* spp.

Tabla 1. Efecto de tres desinfectantes de suelo en las producciones de clavel ‘Master’ en un invernadero naturalmente infestado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*^x

Tratamientos	Producción (tallos/m ²)	Categorías comerciales			
		Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)	Destrío (%)
Testigo	69 a	9,8 a	37,5 a	43 a	9,5 a
Testigo + TUSAL	65 a	4,3 a	39,8 a	38,5 ab	17,3 a
ATOMAL 13	176 ab	12,3 a	37,0 a	32 abc	19,0 a
ATOMAL 13 + TUSAL	111 a	19,3 a	35,8 a	20,8 c	24,5 a
BASAMID	374 c	12,8 a	45,5 a	27,8 bc	13,8 a
BASAMID + TUSAL	249 bc	12,5 a	42,3 a	27 bc	18,5 a

^xLa unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 0.8x3,75 m². De noviembre de 2012 hasta abril de 2014 se recolectaron los tallos de las 32 plantas centrales de cada parcela. En base a la longitud

de los mismos se clasificaron en las categorías: extra (70-60 cm), primera (60-50 cm), segunda (50-40 cm) y destrío (no comerciales). Los datos porcentuales fueron analizados tras la transformación angular. En cada columna valores seguidos por la misma letra no difirieron entre sí según el test LSD ($P=0,05$).

Tabla 2. Efecto de tres desinfectantes de suelo en las producciones de clavel ‘Atenea’ en un invernadero naturalmente infestado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*^x

Tratamientos	Producción (tallos/m ²)	Categorías comerciales			
		Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)	Destrío (%)
Testigo	343 a	37,8 ab	45,2 ab	15,0 ab	2,0 a
Testigo + TUSAL	373 ab	37,0 ab	46,3 bc	14,0 a	3,0 a
ATOMAL 13	423 bc	36,5 ab	44,8 ab	15,5 ab	3,3 a
ATOMAL 13 + TUSAL	376 ab	43,5 a	41,3 a	13,3 a	2,3 a
BASAMID	472 c	27,3 c	50,3 c	19,8 bc	16,5 b
BASAMID + TUSAL	462 c	30,0 bc	43,8 ab	20,5 c	5,5 a

^xLa unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 0.8x3,75 m². De noviembre de 2012 hasta abril de 2014 se recolectaron los tallos de las 32 plantas centrales de cada parcela. En base a la longitud de los mismos se clasificaron en las categorías: extra (70-60 cm), primera (60-50 cm), segunda (50-40 cm) y destrío (no comerciales). Los datos porcentuales fueron analizados tras la transformación angular. En cada columna valores seguidos por la misma letra no difirieron entre sí según el test LSD ($P=0,05$).

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha puesto de manifiesto la efectividad de BASAMID en el control de la FVC en el cultivar susceptible de clavel Master, reduciendo significativamente el porcentaje de plantas muertas e incrementando la producción respecto al resto de los tratamientos. La mayor proporción de tallos de categoría extra se obtuvo en el cultivar ‘Atenea’ con ATOMAL 13 combinado con TUSAL. No obstante, cuando este granulado se utilizó individualmente no fue eficaz en el control de la enfermedad ni tuvo efecto sobre la producción de los cultivares evaluados. En este estudio se ha demostrado también la elevada resistencia del cultivar ‘Atenea’ frente a la FVC causada por la raza 2 de *F. oxysporum* f. sp. *dianthi*.

Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado a través del Convenio CEM12-70 IFAPA (CAPDR, Junta de Andalucía) y la empresa CERTIS.

Referencias

- Basallote-Ureba, M.J., Vela-Delgado, M.D., Macías, F.J., López-Herrera, C.J., Melero-Vara, J.M., 2010. Soil chemical treatments for the control of *Fusarium* wilt of carnation in Spain. *Acta Hort.* 883, 175-179.
- MARM, 2010. Anuario de Estadística Agraria, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Prados-Ligero, A. M., Basallote-Ureba, M. J., López-Herrera C..J. and Melero-Vara J. M. 2007. Evaluation of susceptibility of carnation cultivars to *Fusarium* Wilt and determination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* races in Southwest Spain. *Hortscience* 42: 596-599.
- Rodríguez-Kabana, R. 1997. Alternativas no químicas al bromuro de metilo en el control de patógenos de suelo. Líneas prioritarias de Investigación. En: Alternativas al Bromuro de Metilo en Agricultura. Bello, A, Gonzalez, J. A., Pérez, J., Tello, J. C. Colección: Congresos y Jornadas 44/97. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, Almería, p: 31-32.

Segarra, G., Sant, D., Trillas, M. I., Casanova, E., Noguera, R., Castillo, C., Borrero, C., Avilés, M. 2013. Efficacy of the microbial control agent *Trichoderma asperellum* strain T34 amended to different growth media against soil and plant leaf pathogens. International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis. Acta Horticulturae (ISHS) 1013: 515-520.