

## INFORME TÉCNICO

### CONTROL DEL MARCHITAMIENTO DEL TOMATE DEBIDO A *Furarium oxysporum* f sp. *lycopersici* y f. sp. *radicis-lycopersici* en TOMATE

**Agentes causales y diseminación de la enfermedad:** El marchitamiento del tomate debido a *F. oxysporum* es debido a dos formas especiales que difieren en su capacidad parasitaria: *F.o. f. sp. lycopersici* (FOL) y *F.o. f. sp. radicis-lycopersici* (FORL). FOL es conocida como fusariosis vascular del tomate y FORL es conocida como fusariosis del cuello y raíces del tomate. Ambas se diferencian fundamentalmente en la temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad: FORL se ve favorecida en clima fresco (temperatura media óptima del suelo-substrato de 18-20°C y reducción de enfermedad por encima de 25°C) y FOL en clima cálido (temperatura óptima de suelo de 28°C). FORL además forma unas estructuras en el cuello de la planta que producen esporas que son diseminadas por el aire o por insectos. Ambas formas se mantienen en el sustrato y las estructuras del invernadero durante mucho tiempo.

Al final de este documento se adjunta un extracto de la publicación de Vida Rural del 2005 (**FIGURAS 3 (1) y 3(2)**), donde se da una buena explicación sobre la fusariosis en cultivo hidropónico en tomate y su forma de diseminación.

Por las condiciones climáticas de los invernaderos del País Vasco, de los dos tipos de fusariosis del tomate, la importante es FORL. Por el contrario, FOL apenas presenta importancia por sus mayores requerimientos térmicos. Únicamente se ha registrado un diagnóstico de FOL en invernadero en tierra en Bakio (Bizkaia) en los años 80 en el que también había infección por el nematodo *Meloidogyne* (Berra, 2015; comunicación personal). En las condiciones de los invernaderos mediterráneos se invierte la situación, FOL predomina sobre FORL (esté último en unos pocos invernaderos de Almería y en algunos de Murcia) (Gómez-Vázquez, 2005).

#### **Control:**

**Control químico.** Los fungicidas no suelen ser muy eficaces una vez que la infección ya se ha desarrollado, aunque hay una amplia gama de ellos autorizados por el MAGRAMA para tomate y *Fusarium*. En la **FIGURA 1** se muestran las formulaciones autorizadas y una breve frase sobre su uso y condicionantes: para más información se debe consultar la página del MAGRAMA. (Cuidado con la dosis a aplicar en cultivos hidropónicos para evitar daños por fitotoxicidad. Este es el caso del fungicida Terrazole (materia activa etridiazol 48% (EC) P/V) que se recomienda a las dosis de 2 L/ha en cultivo en tierra pero debe reducirse a 0,2 L/ha en cultivo hidropónico).

**Variedades y patrones resistentes.** Los métodos de control más eficaces frente a ambas fusariosis se basan en la utilización de variedades resistentes o el injerto sobre patrones resistentes cuando la variedad es sensible. Las variedades híbridas de tomate suelen tener genes de resistencia a FOL (distintas razas) pero no a FORL. La variedad más cultivada en los invernaderos del País Vasco es Jack (Seminis-Monsanto), siendo resistente a FOL (razas 0 y 1)

pero sensible a FORL. El injerto de la variedad Jack sobre patrones con resistencia completa a FORL (Maxifort, Beaufort ó Kingkong) se presenta como la alternativa más eficaz y la actualmente utilizada en los invernaderos de Gipuzkoa desde los años 2008-2009 (Arizmendi, 2015; comunicación personal).

En un reciente trabajo del año 2012 (**Figura 2**), se ha estudiado en España la resistencia de distintos patrones a F.o. f. sp. *radicis-lycopersici*; en el resumen adjunto se nombran aquellos, que en condiciones controladas han resultado resistentes.

**Fertilización:** En la fertilización y como norma general, las enfermedades debidas a *F-oxysporum* está favorecidas por:

- Plantas con baja disponibilidad de N, baja de P y alta de K
- pH bajo
- Días cortos y baja intensidad lumínica
- Las fuentes amoniacales de N incrementan la virulencia del patógeno, no así las fuentes de N a partir de nitratos.

**Limpieza e higiene de invernaderos.** La bibliografía revisada indica como forma de control más eficaz, la higiene de los invernaderos y desinfección de estructuras; hay que tener en cuenta que estos hongos pueden ser saprófitos, capaces de crecer sobre material muerto y restos de cultivo; las esporas sin germinar también pueden mantenerse en las estructuras de los invernaderos, el suelo, tanques de riego, etc. La turba también se ha implicado como fuente de introducción de enfermedad en el sistema de cultivo. Un 28% de 18 muestras de turba utilizadas en semilleros de hortalizas españoles, tanto de producción nacional como importadas, presentaron alguna especie de *Fusarium* (Tello, 1991). Se han obtenido aislados de *Fusarium oxysporum* en turbas en los que se comprobó la presencia de algunas formas especializadas al inocularlos sobre tomate (Tello, 1991).

La transmisión aérea de esporas de FORL (macroconidias 20-30 micras, microconidias 3-4 micras y clamidosporas) por corrientes de aire o por adultos muy móviles de “moscas y mosquitos de la humedad” que pueden actuar como vectores explican la alta incidencia de FORL en cultivos hidropónicos de tomate.

FORL es el hongo no zoospórico<sup>1</sup> más destructivo en cultivo hidropónico. Sus esporas aéreas se identifican como una fuente importante de introducción en los invernaderos así como de unos a otros (Rowe et al., 1977). En el caso de insectos vectores del tipo *Bradysia* spp. (Diptera: Sciaridae) la contaminación se produce externamente y en el caso de *Scatella stagnalis* (Diptera: Ephydrinae) se produce por ingestión de las esporas del patógeno en el cuello de las plantas infectadas (Stanghellini y Rasmussen, 1994).

FORL presenta mayor gravedad en cultivo hidropónico que en cultivo en tierra. Si no se recurre al injerto sobre un patrón resistente, la experiencia muestra que en invernaderos hidropónicos en recirculación que han sufrido FORL en el cultivos previo de tomate, a pesar de todas las

---

<sup>1</sup> Hongos zoospóricos (*Phytophthora*, *Pythium*): hongos que producen zoosporas o esporas con flagelos capaces de nadar y moverse activamente a través del medio acuático de un sistema de cultivo hidropónico.

medidas de higiene realizadas como desinfectar todo el sistema de riego, desinfectar la estructura del invernadero y poner sacos nuevos de sustrato, se vuelven a producir nuevas infecciones de FORL en el cultivo siguiente. Otras medidas de higiene incluyen: eliminar plantas y sacos con plantas enfermas y colindantes para reducir la diseminación de enfermedad al resto del cultivo, control de acceso al cultivo de personas, limpieza calzado en pediluvio o uso de calzas, desinfectar la solución nutritiva en recirculación y tratamientos dirigidos al cuello con fungicida autorizado.

En el cultivo en tierra, se ha comprobado que FORL se extiende desde una planta infectada a las siguientes a través de la infección de las raíces y hasta una distancia de 4,4 m en un solo ciclo de cultivo, tratándose de una enfermedad de naturaleza policíclica (varios ciclos biológicos del patógeno en cada ciclo del cultivo) y no monocíclica (un único ciclo del patógeno en cada ciclo del cultivo) como debería corresponder a un patógeno de suelo no zoospórico (Rekah et al., 1999).

En experiencias previas realizadas en cultivos hidropónicos de tomate afectados por FORL en Gipuzkoa, se ha observado que la desinfección biológica de la solución nutritiva recirculante por medio de un sistema de filtrado biológico en el que se utilizaban partículas de una arena de fina granulometría como filtro lento, no resultó eficaz para eliminar el patógeno. Se detectó que en las partículas de arena del filtro se alojaba una importante cantidad de inóculo de FORL, que no era totalmente eliminada por la desinfección biológica pues también se detectaba inóculo del hongo en el agua de salida del tanque de filtrado biológico. Por lo tanto, para eliminar totalmente el inóculo de FORL del sistema de recirculación hubo que proceder a una desinfección más energética que la biológica (Berra, 2015, comunicación personal). La desinfección biológica de la solución nutritiva se basa en la actividad antagonista frente a los patógenos de raíces por parte de la flora microbiana bacteriana retenida en los numerosos poros de una arena de fina granulometría.

La eliminación total del inóculo de FORL del sistema de recirculación es una tarea laboriosa pues hay que llegar a realizar una correcta desinfección de todas y cada una de las estructuras del sistema. La eliminación del inóculo de FORL de las tuberías de riego y de los goteros es factible mediante una solución de agua con una concentración de 10 gr. de cloro activo por litro de agua, manteniéndola 10 minutos y procediendo a su lavado posterior para eliminar el cloro (Berra, 2015, comunicación personal).

#### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- García-Rodríguez C., Ruíz C.A., Palmero D., de Cara M., Díaz M., Camacho F., Tello J.C. 2012. Comportamiento de patrones de tomate frente a la patogeneidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Actas de Horticultura 60: 318-320.
- Gómez-Vázquez J. 2005. Las enfermedades causadas por hongos del suelo en cultivos hidropónicos. Vida Rural, marzo: 30-36.
- Rekah Y., Shtienberg D., Katan J. 1999. Spatial distribution and temporal development of *Fusarium crown and root rot* of tomato and pathogen dissemination in field soil. *Phytopathology* 89: 831-839.
- Rowe R.C., Farley J.D., Coplin D.L. 1977. Airborne spore dispersal and recolonization of steamed soil by *Fusarium oxysporum* in tomato greenhouses. *Phytopathology* 67: 1513-1517.
- Stanghellini M.E., Rasmussen S.L. 1994. Hydroponics: A Solution for Zoosporic Pathogens. *Plant Disease* 78: 1129-1138.
- Vos C.M., Yang Y., Coninck B. De, Cammue B.P.A. 2014 Fungal (-like) biocontrol organisms in tomato disease control. *Biological control* 74: 65-81

Formulados	
<a href="#">DITIANONA 75% [SC] P/V</a>	PREVENTIVO. APLICACIONES AL SUELO POR AGUA DE RIEGO
<a href="#">DODINA 40% [SC] P/V</a>	EFFECTO CURATIVO. PULPERIZACION HASTA FLORACION
<a href="#">ETRIDIAZOL 48% [EC] P/V</a>	PULVERIZACION EN INVERNADERO AL CUELLO DE PLANTAS
<a href="#">METIL TIOFANATO 45% [SC] P/V</a>	AMPLIO ESPECTRO. PULVERIZACION DURANTE EL CULTIVO
<a href="#">METIL TIOFANATO 50% (ESPI) [SC] P/V</a>	AMPLIO ESPECTRO. PULVERIZACION DURANTE EL CULTIVO INVERNAD Y AIRE LIBRE
<a href="#">METIL TIOFANATO 50% [SC] P/V</a>	AMPLIO ESPECTRO. PULVERIZACION (SOLO AIRE LIBRE) Y GOTEO DURANTE CULTIVO ( INVERNADERO Y AIRE LIBRE)
<a href="#">METIL TIOFANATO 70% ((ESP)) [WP] P/P</a>	AMPLIO ESPECTRO. PULVERIZACION (AIRE LIBRE E INVERNADERO AUTOMATIZADO) Y GOTEO DURANTE CULTIVO ( INVERNADERO Y AIRE LIBRE)
<a href="#">METIL TIOFANATO 70% [WG] P/P</a>	AMPLIO ESPECTRO. PULVERIZACION Y POR GOTEO DURANTE EL CULTIVO
<a href="#">METIL TOLCLOFOS 20% + TIRAM 30% [WP] P/P</a>	PULVERIZACION NORMAL AL SUELO. P.s. 90 días
<a href="#">PROCLORAZ 45% [EW] P/V (ESP)</a>	RIEGO LOCALIZADO
<a href="#">TRICHODERMA HARZIANUM 0.5% (1X10E8 UFC/G) + TRICHODERMA VIRIDE 0.5% (1X10E8 UFC/G) [WG] P/P</a>	RIEGO POR GOTEO

**FIGURA 1: FORMULADOS AUTORIZADOS. MAGRAMA, 4 DE DICIEMBRE DE 2015.**

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/>

ACTAS DE HORTICULTURA N° 60

## Comportamiento de patrones de tomate frente a la patogenicidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

C. García Rodríguez<sup>1</sup>, C. A. Ruíz Olmos<sup>1</sup>, D. Palmero Llamas<sup>2</sup>, M. de Cara García<sup>1</sup>, M. Díaz Pérez<sup>1</sup>, F. Camacho Ferre<sup>1</sup>, J. C. Tello Marquina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal. Grupo de Investigación AGR-200. Universidad de Almería. Cañada de San Urbano s/n. 04120. Almería. España.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Madrid. E.U.I.T. Agrícola. Ciudad Universitaria s/n. 28040. Madrid. España.

**Palabras clave:** mancha chocolate, fibra de coco, resistencia patrones.

### Resumen

La fusariosis del cuello y de las raíces del tomate (“mancha chocolate”), causada por el hongo *F. o. f. sp. radicis-lycopersici*, es una micosis cada vez más extendida en los cultivos de tomate de las provincias de Almería y Granada. Su gravedad es alta, llegando a alcanzar al 78 % de las plantas en algún invernadero con cultivo sobre fibra de coco. Ante esta situación, se estimó necesario evaluar la resistencia de patrones utilizados para injertar variedades de tomate. Así, 16 patrones fueron valorados frente a una cepa muy patógena del hongo. Los patrones fueron: CLXTPG01, AR9704, AR97015, AR97009, Morgan, Spirit, Heman, Armstrong, Arnold, Big Power, Emperador, 61-071, Montezuma, Beaufort, Multifort, Maxifort, Tovi Star y Alegro. Dos ensayos sobre plantas en estado de 6-8 hojas verdaderas bien formadas, mostraron que todos los patrones expresaron una resistencia completa, exceptuando los denominados CLXTPG01 y AR97015. Entendemos que esta información es necesaria debido a la escasa disponibilidad.

**FIGURA 2: Extracto de la publicación Actas de Horticultura nº 60, 2012.**

**Enfermedades causadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* en tomate**

Una de las enfermedades más graves de los cultivos sin suelo de tomate de otros países es la podredumbre de las raíces ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*.

Sus daños sólo han revestido gravedad en algunos cultivos de la provincia de Murcia. La enfermedad se manifiesta por un marchitamiento generalizado de toda la planta, combinado o no, con un amarilleamiento de las hojas viejas. Los síntomas más graves suelen presentarse en el momento de la recolección de los primeros frutos. El sistema radicular presenta podredumbres de color marrón, que en los casos más extremos implican en su totalidad a las raíces principales y secundarias. El cuello de la planta muestra, a veces, una podredumbre que rodea la zona de unión entre las raíces y el tallo. La necrosis interna de la zona vascular de la planta puede llegar a una altura de unos 50 cm. La muerte de la planta no es sistemática; en condiciones climáticas favorables para el cultivo, la planta puede volver a formar su sistema radicular. El hongo puede formar en la base del tallo fructificaciones de color rosa-anaranjado que son una de las fuentes de diseminación de la enfermedad.

A diferencia de las fusariosis vasculares clásicas, esta enfermedad se ve favorecida por temperaturas bajas (18-20°C). Se propaga a través de las conidias que, formadas en las lesiones de los tallos, son transportadas mediante el aire. Estas esporas son muy resistentes a la desecación y a variaciones considerables de la temperatura. Se pueden conservar en las fisuras y en los rincones de las estructuras, en los sustratos y paredes de los contenedores durante varios años. Los residuos de cultivos precedentes enfermos que se han dejado próximos a los invernaderos o en un lugar ventilado pueden ser también fuentes de contaminación. Los trabajadores que pasan de un cultivo a otro pueden transportar las esporas del suelo y también en sus manos, calzado y vestimenta.

En los cultivos sin suelo de la provincia de Almería solamente se han observado en pocas ocasiones los síntomas característicos de la enfermedad imputables a *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, y las inoculaciones realizadas con los aislados obtenidos sobre tomate en cámara de cultivo confirmaron la pertenencia a la forma especializada *radicis-lycopersici*.



**FIGURA 3 (1):** Extracto del artículo de Julio Gómez Vázquez. Centro de investigación la **Mojonera** de Almería. “Las enfermedades causadas por hongos del suelo en cultivos hidropónicos”. Vida Rural, 2005 marzo: 30-36



#### En tomate por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

El agente causal de la fusariosis vascular del tomate es *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. La marchitez temporal, más infrecuentemente irreversible, acusada en las horas más cálidas del día suele ser el síntoma típico de la enfermedad, acompañado por el amarilleamiento y posterior necrosis de las hojas, que comenzando por las más bajas suele desembocar en la muerte de la planta (foto 5). Un corte transversal del tallo pone de manifiesto una coloración anormal del xilema, desde marrón intenso hasta el gris. La temperatura óptima para su desarrollo es de 28°C.

Las razas 0 y 1 del patógeno se encuentran en la provincia de Murcia. Aunque la aparición de la raza 1 data del año 1983, todavía no se ha producido su extensión a la colindante provincia de Almería, donde la importancia de la enfermedad ha desaparecido prácticamente con la introducción de las variedades con el gen de resistencia I, efectivo contra la raza 0 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Solamente en los cultivos sin suelo donde se producen algunas variedades de tomate tipo cereza sin resistencia a la raza 0 se detecta la enfermedad.

#### ► Métodos de control para las enfermedades vasculares

Las dos formas especializadas de *F. oxysporum* se conservan en los diversos materiales utilizados debido fundamentalmente a las clamidosporas, que pueden sobrevivir en condiciones adversas por un espacio de tiempo comprendido entre los dos y los doce años. Ambas enfermedades pueden transmitirse por las semillas y por las plántulas procedentes de semillas contaminadas. Las conidias, formadas frecuentemente en los tallos de las plantas enfermas, pueden diseminarse por el viento, el agua, las herramientas y el calzado de los operarios.

Es necesario el uso de un sustrato libre de estos patógenos. Una de las principales fuentes de inóculo suele ser el sustrato una vez usado y el suelo de un invernadero contaminado



Foto 5. Síntomas ocasionados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en tomate.

donde se instala el cultivo sin suelo. Como ya se ha comentado anteriormente, hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones existe un extenso desarrollo radicular que, saliendo del saco, tabla o contenedor del sustrato por los agujeros de drenaje, se localiza entre la parte baja de éstos y el plástico colocado normalmente para su implantación. O en ocasiones, en el caso de no existir éste, de un verdadero enraizamiento de parte del cultivo sobre el suelo del invernadero.

Una vez detectada la enfermedad, los métodos de control que pueden utilizarse parecen totalmente ineficaces. De todas formas, las plantas muertas deberán ser eliminadas rápidamente, manteniendo el invernadero y sus alrededores libres de restos vegetales contaminados para reducir en lo posible la extensión rápida de la enfermedad. Para el cultivo siguiente, existen variedades resistentes a las razas 0, 1 y 2 de *F. oxysporum* f. sp. *meionis* y a la raza 0 y 1 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. El injerto sobre patrones resistentes suele ser una medida eficaz de control. Si no se puede utilizar ninguna de estas dos técnicas, además de cambiar o desinfectar el sustrato contaminado, convendrá desinfectar o solarizar el suelo del invernadero o cubrirlo totalmente con plástico, grava o cualquier otro material que evite las salpicaduras del suelo al sustrato. ■

FIGURA 3 (2): Extracto del artículo de Julio Gómez Vázquez. Centro de investigación la **Mojonera** de Almería. “Las enfermedades causadas por hongos del suelo en cultivos hidropónicos”. Vida Rural, 2005 marzo: 30-36