

VARIEDADES RESISTENTES Y TÉCNICAS DE CONTROL BIOLÓGICO COMPLEMENTAN LOS TRATAMIENTOS CON FUNGICIDAS

Control integrado del oídio de las cucurbitáceas

En España cada año se obtiene del cultivo de las cucurbitáceas (sandía, melón, pepino, calabacín y calabaza) una producción de alrededor de 3 millones de toneladas, lo que supone una actividad económica de más de 1.100 millones de euros. Los cultivos de cu-

curbitáceas se ven afectados por el oídio, una enfermedad causada por el hongo ascomiceto *Podosphaera fusa*. En este artículo se resumen las distintas estrategias de control que forman parte de los programas de producción integrada.

D. Bellón-Gómez, A. Pérez-García,
A. de Vicente y J. A. Torés.

Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora, Universidad de Málaga-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IHSM-UMA-CSIC).

El oídio se ha descrito como una de las principales enfermedades que atacan a los cultivos de cucurbitáceas, tanto al aire libre como en invernadero. El ciclo de vida del oídio comienza con la germinación de los conidios sobre las plantas susceptibles. Posteriormente el hongo crece formando unas hifas que le permite colonizar la superficie de las hojas y otras partes de la planta (**foto 1**).

El hongo crece profusamente dando lugar a la aparición de manchas blancas pulverulentas (que le da el nombre común de ceniza), y que facilita el diagnóstico visual de la enfermedad (**fotos 2 y 3**). Dichas manchas pueden aparecer tanto en el haz como en el envés de las hojas, peciolo y tallos, y los órganos afectados acaban por marchitarse y secarse. Con ello la cosecha puede verse muy disminuida, y con frecuencia los frutos maduran prematuramente y carecen de sabor.

Control de la enfermedad

El control del oídio, al igual que la mayor parte de las enfermedades de los cultivos causadas por hongos, depende fundamentalmente de la aplicación de sucesivos tratamientos con productos fungicidas. Al ser hongos de desarrollo externo, estos tipos de compuestos entran fácilmente

en contacto con las hifas, produciendo un rápido efecto tóxico. No obstante es fundamental emplear junto con esta estrategia, otras como son el uso de variedades resistentes y el control biológico. Son estrategias imprescindibles en los programas de producción integrada para implementar en la medida de lo posible el manejo óptimo del cultivo, evitando incrementos de costes

y riesgos innecesarios para la salud o para el medio ambiente.

Control por mejora genética

La utilización de cultivares resistentes es muy importante en el control del oídio de las cucurbitáceas. En el catálogo Portagrano 2010-2011 aparecen numerosos cultivares de cucur-

FIGURA 1.

Mapa de distribución de resistencias a fungicidas QoI en la mitad sur de España. Campañas 2002, 2003 y 2004.





Foto 1. Estructuras de desarrollo de *Podosphaera fusca*, agente causal del oídio de las cucurbitáceas. (A) hifas, (B) conidios y (C) conidióforos de *P. fusca*.

bitáceas con resistencia a oídio. En pepino, calabacín y melón hay abundantes cultivares resistentes, sin embargo no se indican cultivares comerciales con resistencia a oídio ni en sandía ni en calabaza. A pesar de que en un mismo invernadero o parcela de cultivo al aire libre pueden existir diferentes razas de *P. fusca*, el control mediante cultivares resistentes es adecuado siempre que se conozca la raza predominante en el cultivo. También son útiles los cultivares de resistencia no específica de raza, lo que determina un desarrollo más lento del patógeno.

Control biológico

La elevada frecuencia con la que el oídio es capaz de desarrollar estirpes resistentes a materias activas fungicidas o sobrepasar genes de resistencia hacen que el control biológico pueda llegar a ser un método que ofrezca buenos resultados en campo. Probablemente uno de los especímenes con mayor potencial de control de *P. fusca* es *Ampelomyces quisqualis*, único organismo autorizado para el control del oídio en cucurbitáceas, con el nombre de AQ10. También se han propuesto bacterias del género *Bacillus*, especialmente *B. subtilis*, que ha demostrado capacidad para controlar el oídio de las cucurbitáceas en cultivos en invernadero con eficiencia similar a fungicidas comerciales. El principal inconveniente que presentan los agentes de control biológico de origen fúngico, es que necesitan de unas condiciones ambientales muy concretas para la germinación de las esporas e iniciar su desarrollo, y para que puedan llevar a cabo su acción. Por ejemplo, para desarrollarse requieren una humedad relativa elevada y son muy sensibles a la desecación y a los cambios de temperatura; por ello, en cultivos en invernadero se recomienda su aplicación a la caída de la tarde y en combinación con aceite mineral.



Foto 2. Aparición de los primeros síntomas de infección de oídio en melón.

Control químico

En este artículo nos centramos en el control químico de la enfermedad, debido a la gran importancia económica, ecológica e incluso social que ha adquirido este tema en nuestros días, como consecuencia de la necesidad de una agricultura segura y rentable a la vez que sostenible y respetuosa con el medio. En la actualidad existen catorce materias activas autorizadas contra el oídio de las cucurbitáceas en el registro de productos fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, que engloban cinco mecanismos de acción diferentes (**cuadro I**).

El azufre presenta un riesgo bajo a desarrollar resistencias debido a que el mecanismo de acción no es único, sino múltiple. No debe aplicar-

se a temperaturas superiores a 28°C ya que éstas favorecen su efecto tóxico como consecuencia de la generación de vapor.

El bupirinato es un compuesto específico frente a oídios que actúa inhibiendo la síntesis de ácidos nucleicos, por lo que inhibe la germinación de las esporas. Debido a que se transporta a través del xilema, puede aplicarse en el suelo o directamente sobre la parte aérea de la planta. Se recomienda realizar los tratamientos al observarse los primeros síntomas.

El metil tiofanato actúa inhibiendo la mitosis y la división celular de *P. fusca*. Su uso es necesario mediante alternancia o mezcla de fungicidas con un mecanismo de acción distinto y para el cual no se tenga constancia de resistencias cruzadas. Se recomienda aplicar este antioídio

solo hasta que aparezcan síntomas evidentes de la enfermedad y durante las primeras fases del ciclo del cultivo con el fin de evitar el desarrollo de resistencias.

Las estrobilurinas, también llamadas fungicidas Qol (*Quinone outside Inhibitors*); actúan inhibiendo la cadena respiratoria, lo que causa la muerte del hongo. Azoxistrobin, kresoxim-metil y trifloxistrobin son los tres antioídios que forman el grupo de las estrobilurinas. Desde su aparición en el mercado, las estrobilurinas han sido usadas contra grupos importantes de hongos fitopatógenos. Las estrobilurinas solo son absorbidas por la planta en una proporción relativamente baja y tienen acción translaminar. Extendiéndose en el interior de las hojas actúan sobre el micelio del hongo, sobre la fase de esporulación y durante la germinación de las esporas. Por ello, poseen efectos preventivos, curativos y erradicantes, así como un prolongado efecto residual. Se distribuyen homogéneamente por todos los tejidos sin acumularse en los bordes de las hojas. No obstante una parte del producto queda en la superficie de las hojas actuando a modo de vapor previniendo nuevas infecciones. En todos los casos se aconseja aplicar como máximo tres tratamientos con este tipo de fungicidas por cultivo y nunca realizar aplicaciones consecutivas con estrobilurinas. Además se recomienda tratar, o bien alternativamente o bien mediante mezcla con otro fungicida de mecanismo de acción diferente, preventivamente o coincidiendo con el inicio de los síntomas de la enfermedad.

La utilización de cultivares resistentes es muy importante en el control del oídio de las cucurbitáceas. En pepino, calabacín y melón hay abundantes cultivares resistentes, sin embargo no se indican cultivares comerciales con resistencia a oídio ni en sandía ni en calabaza

El quinoxifen provoca la inhibición de la transducción de señales en *P. fusca*. Es capaz de actuar en zonas no tratadas a través del vapor. Se emplea fundamentalmente como curativo.

Los fungicidas DMI, llamados así por sus siglas en inglés, (*DeMethylation Inhibitors*), inhiben la síntesis del ergosterol, el esteroide de membrana más importante en los hongos. La falta de este compuesto produce rápidamente la muerte del patógeno. Representan una de las clases de fungicidas más potentes disponibles para el control de muchos patógenos económicamente importantes. El modo en que estos

compuestos ejercen su función ha sido y es objeto de multitud de estudios. Actualmente existen recogidas siete materias activas para su uso en cucurbitáceas. Cuatro de ellas –ciproconazol, miclobutanil, tetraconazol y triadimenol–, no presentan restricciones en este cultivo, mientras que en el resto –flutriazol, hexaconazol y penconazol–, existen limitaciones. Son productos efectivos recomendados para el control de fases iniciales de la enfermedad, aunque también pueden ser empleados en tratamientos curativos, aplicando para ello dosis más altas. Se recomienda no repetir tratamientos con este tipo de productos en zonas en las que exista una alta presión del patógeno, y en las situaciones en las que no puedan evitarse las repeticiones, procurar que se realicen en alternancia o mezcla con otro producto sin resistencia cruzada conocida.

Resistencia a fungicidas

De las trece materias activas autorizadas, cuatro presentan un riesgo muy alto de aparición de resistencias y el resto un riesgo medio (FRAC code list 2011). La aparición de resistencias es un fenómeno evolutivo natural de los sistemas biológicos como consecuencia de la presión de selección del medio. Se entiende que es la habilidad, existente en la naturaleza y heredable, de algunos individuos dentro de una población del hongo, que les permite sobrevivir a la aplicación de un fungicida que, en condiciones normales, resultaría eficaz contra ese hongo. El oídio es considerado un hongo de alto riesgo para el desarrollo de resistencias a materias activas fungicidas, de forma que el empleo continuado de la misma materia activa (o varias con igual mecanismo de acción) favorecerá la aparición de estirpes resistentes a ella debido a la presión de selección positiva. En la actualidad se dispone de algunos datos sobre resistencia de *P. fusca* a fungicidas en España (Fernández-Ortuño *et al*, 2006; López-Ruiz *et al*, 2010). Para comprender mejor la distribución de la resistencia a fungicidas Qol, se ha elaborado un mapa (**figura 1**). Algunas regiones como Córdoba, Ciudad Real y Murcia presentan un porcentaje alto de estirpes resistentes.

Además se realizaron estudios de resistencia a otros fungicidas DMI, presentando también resistencia a compuestos como el fenarimol y el nuarimol, actualmente no autorizados y retirados del registro de productos fitosanitarios (**cuadro II**). Debido a ello, hacemos especial hincapié en

CUADRO I.

Materias activas autorizadas en el control de oídio de las cucurbitáceas en los distintos cultivos.

Mecanismo de acción	Fungicida	Cultivo					Riesgo de resistencia
		Calabacín	Pepino	Melón	Sandía	Calabaza	
Síntesis ácidos nucleicos	Bupirimato	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Medio
Mitosis y división celular	Metil tiofanato	No	No	Sí	No	Sí	Alto
Respiración (Qol)	Azoxistrobin	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Alto
	Kresoxim-metil	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Trifloxistrobin	Sí	Sí	Sí	No	No	
Transducción de señales	Quinoxifen	No	No	Sí	Sí	Sí	Medio
Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (DMI)	Flutriafol	No	No	Sí	Sí	No	Medio
	Ciproconazol	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Hexaconazol	Sí	Sí	No	No	No	
	Miclobutanil	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Penconazol	Sí	Sí	Sí	Sí	No	
	Tetraconazol	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	Triadimenol	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Múltiples dianas	Azufre	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Bajo

el empleo de productos con diferentes mecanismos de acción, lo cual ofrece oportunidades para un manejo de la resistencia más efectivo. Sin embargo, no hay que olvidar que el uso de fungicidas es solo un aspecto más del manejo del cultivo y que en ningún caso reemplaza la necesidad de poner en práctica otras medidas de control disponibles para el agricultor, como pueden ser el cultivo de variedades resistentes, el control biológico y unos adecuados usos culturales. El



Foto 3. Melón muy afectado por oidio.

CUADRO II.

Porcentaje de resistencia a algunos fungicidas DMI en los aislados muestreados.

	Badajoz	Ciudad Real	Córdoba	Murcia	Valencia	Almería
Fenarimol	31,40%	0%	0%	20,40%	0%	48,50%
Triadimenol	0%	0%	0%	11,40%	0%	16,20%

uso abusivo de productos químicos sin justificación agrava este problema y deben limitarse las aplicaciones lo máximo posible en todos los casos y contar con un asesoramiento adecuado.

A modo de resumen, hacemos una serie de recomendaciones generales:

- Seleccionar la estrategia más oportuna para el control de la enfermedad en cada momento.
- Recurrir al uso de fungicidas únicamente en casos justificados.
- Seguir en todos los casos las recomendaciones del fabricante y contar con un asesoramiento adecuado.
- Utilizar mezclas o alternancias de al menos tres materias activas con distintos mecanismos de acción. No basta con que pertenezcan a grupos químicos diferentes pues, como ya hemos visto, puede existir resistencia cruzada entre ellos. Todos los productos así empleados deben ser compatibles con el cultivo.
- Limitar el uso de fungicidas

con un riesgo elevado de desarrollar resistencias.

- Efectuar tratamientos, cuando sea posible, en las fases tempranas de la enfermedad.
- Usar las dosis recomendadas por el fabricante en tratamientos curativos.
- Tomar las debidas precauciones a la hora de aplicar el producto, tanto a nivel del aplicador como del medio ambiente. ●

Bibliografía ▼

Fernández-Ortuño D, Pérez-García A, López-Ruiz FJ, Romero D, De Vicente A, Tores JA, 2006. Occurrence and distribution of resistance to Qol fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain. *European Journal of Plant Pathology* 115, 215-222.

FRAC; Code list 2011. <http://www.frac.info/frac/publication/anhang/FRAC%20Code%20List%202011-final.pdf>.

López-Ruiz FJ, Pérez-García A, Fernández-Ortuño D, Romero D, García E, de Vicente A, Brown J, Torés JA, 2010. Sensitivity to DMI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain. *Pest Management Science* 66, Issue 7: 801-808.

MARM; Registro de productos fitosanitarios. http://www.marm.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos_fitosanitarios/registro/productos.

PORTAGRANO; Vademécum de semillas. José Marín Rodríguez, 2011-2012. <http://www.portagrano.net>.

EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN



ELECTROFERTIC

Bomba dosificadora eléctrica de gran capacidad de inyección, alta presión y regulación electrónica

CONTROLADORES

Controladores de Fertirrigación. Regulación de pH y EC. Dosificación proporcional

HIDRÁULICA PROPORCIONAL

Bombas dosificadoras volumétricas proporcionales

FERTIC

inyector hidráulico para la incorporación de abonos líquidos o solubles en la red de riego

AGITADOR DE TURBINA

Agitación por turbina direccional

MULTIFERTIC

Bomba dosificadora eléctrica modular de inyección independiente



Mar Adriàtic, 4
Pol. Ind. Torre del Rector
P.O. Box 60

Tel (+34) 93 544 30 40
Fax (+34) 93 544 31 61

Fresno, CA 93729
7991 USA
P.O. Box 27981

Tel 1 800 555 0013
Fax 1 559 261 4025

itc@itc.es
www.itc.es