



Núm. 405

Octubre 2017

Depósito Legal: V-2869-1981 / ISSN 0211-2728

Resistencia a múltiples fungicidas en *Botrytis cinerea* en fresa

Una de las enfermedades más comunes que afecta al cultivo de fresa es la podredumbre gris causada por el hongo *Botrytis cinerea*. En España, como en otras partes del mundo, la principal estrategia de control de esta enfermedad es a través del uso de diferentes clases de fungicidas. Sin embargo, *B. cinerea* ha sido catalogado como un hongo con alto riesgo para desarrollar resistencias al poco tiempo de ser estos compuestos empleados para su uso. Como parte de un programa de supervisión de resistencia a fungicidas llevado a cabo en 2014, 2015 y 2016 en Huelva y Málaga, se observaron altos niveles de resistencia a piraclostrobin y boscalida; niveles medios para ciprodinil, fenhexamida y pentiopirad; y bajos para iprodiona, fludioxonil, fluopyram y fluxapiroxad en aislados de *B. cinerea*. La mayoría de los aislados fueron resistentes a tres clases de fungicidas (piraclostrobin/boscalida/ciprodinil o piraclostrobin/boscalida/fenhexamida). La resistencia estuvo correlacionada con mutaciones puntuales en los correspondientes genes dianas. El descubrimiento de aislados de *B. cinerea* resistentes a múltiples fungicidas confirma la absoluta ineficacia de ciertas clases de fungicidas y justifica la implementación de programas continuos de monitorización de resistencia a fungicidas como el que se ofrece en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea (IHSM-UMA-CSIC) "La Mayora". (<http://www.ihsm.uma-csic.es/proyecto/patogenosdefresa/>).

PALABRAS CLAVE: Botritis, *Botrytis cinerea*, control químico, fresa, fungicidas, monitorización, podredumbre gris.

D. Fernández-Ortuño^{1,2}, A. Pérez-García², J.A. Torés¹, A. de Vicente²

¹ Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea "La Mayora". Universidad de Málaga-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IHSM-UMA-CSIC). Estación Experimental "La Mayora". Algarrobo-Costa (Málaga).

² IHSM-UMA-CSIC. Dept. de Microbiología. Facultad de Ciencias. Málaga.

En las últimas décadas el sector fresero ha aumentado su producción mundial considerablemente. El promedio anual de producción de fresas en el mundo, desde el año 1994 hasta el año 2014, ha sufrido un aumento considerable, pasando desde unas 3 millones de toneladas en 1994 hasta más de 8 millones de toneladas en 2014 (Anónimo, 2015). España se ha convertido en el principal productor y exportador europeo, siendo el 93% de la producción del país generada en Huelva (Anónimo, 2016). El alto nivel de tecnicidad y estructuras de distribución, junto con las condiciones de suelo, clima y disponibilidad de agua han favorecido muy positivamente el desarrollo del cultivo en esta provincia andaluza.

La enfermedad de la podredumbre gris en fresa

Entre las enfermedades producidas en fresas por hongos, destaca la botritis o podredumbre gris causada

por *Botrytis cinerea*. La enfermedad puede aparecer en cualquier momento del ciclo de cultivo, siendo las condiciones óptimas para el desarrollo de la misma una alta humedad relativa 95% y temperaturas entre 17-25 °C (Sutton, 1998). Aunque principalmente se encuentran atacados los frutos, también pueden verse afectados los peciols, hojas, yemas, pétalos y pedúnculos florales. Durante la aparición de podredumbre gris en la flor, los pétalos y pedicelos de éstas adquieren un color marrón y finalmente mueren. Respecto al fruto, en un estadio temprano de la enfermedad, el tejido afectado adquiere un color grisáceo debido a la abundante capa de conidióforos con conidios en la superficie de la fruta (**Figura 1**). A medida que avanza la enfermedad, las lesiones en el fruto se van agrandando lentamente hasta que lo cubren por completo y dan lugar a la deformación de estos (**Figura 2**; Jarvis, 1977). Esta enfermedad conlleva importantes pérdidas económicas

ya que no solo se presenta durante el periodo de cultivo, sino también después de la cosecha, durante el almacenamiento y el transporte.

Control químico de la podredumbre gris

Las importantes pérdidas económicas ocasionadas por *B. cinerea* hacen necesario establecer una serie de prácticas y controles encaminados a evitar o mitigar los daños producidos por la enfermedad. Debido a la ausencia de cultivos de fresas resistentes a *B. cinerea* y a que no suelen usarse métodos de control biológico para evitar la infección de los fresales, la principal forma de control de la podredumbre gris es mediante productos químicos.

Los productos químicos usados frente a hongos se conocen por el nombre de fungicidas, y engloban una gran familia que inhiben la germinación, crecimiento y reproducción del hongo.



Figura 1. Desarrollo inicial de la enfermedad de la podredumbre gris en frutos.

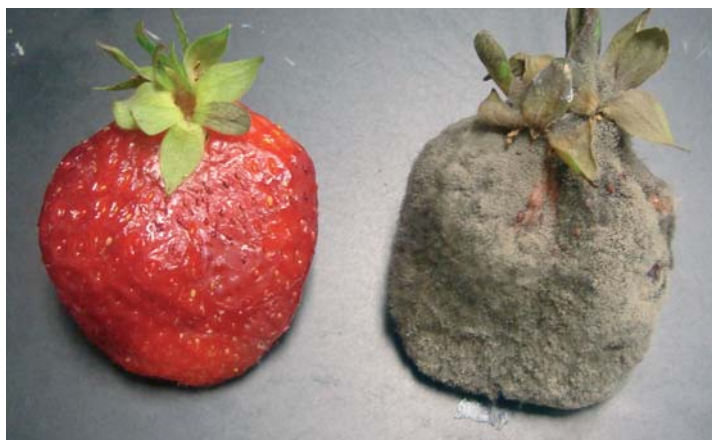


Figura 2. Estadio avanzado de la infección por *B. cinerea* en fresa.

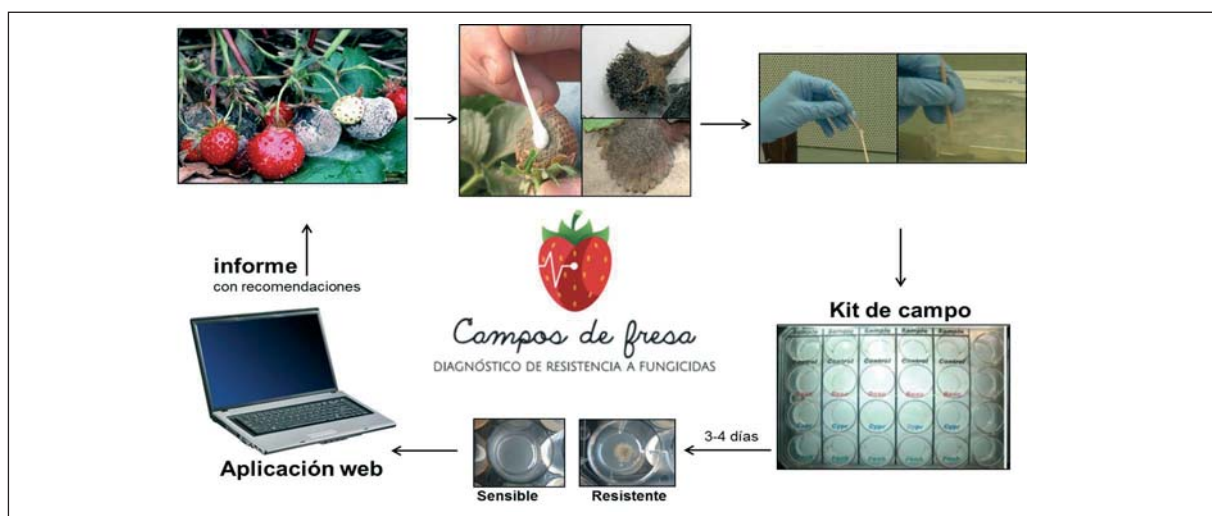


Figura 3. Programa de monitorización de resistencia a fungicidas en *B. cinerea* ofrecido en el IHSM-UMA-CSIC "La Mayora".

Vivero El Pinar

Planta de Fresa y Frambuesa



C/Marieles n14, 40216 (Chañe) Segovia, Spain
T. 0034 921155887

viveroelpinar.com
info@viveroelpinar.com

vivero
el pinar

Según el balance fitosanitario elaborado por la Red de Alerta e Información Fitosanitaria andaluza sobre la campaña de fresa 2016-2017 de la provincia onubense, el 48,1% de los tratamientos realizados correspondieron a fungicidas. Sin embargo, la utilización de estos compuestos químicos presenta el grave inconveniente de que determinados hongos fitopatógenos, como *B. cinerea*, desarrollan resistencia con facilidad a estos productos ocasionando importantes pérdidas en el cultivo. *Botrytis cinerea* se ha convertido en un enorme quebradero de cabeza para los agricultores y empresas de fitosanitarios debido a su gran capacidad para resistir a los fungicidas al poco tiempo de ser autorizados para su uso (Anónimo, 2013).

Por su modo de acción encontramos dos tipos de fungicidas, los llamados fungicidas de contacto y los denominados fungicidas sistémicos (Lucas, 1998). Los fungicidas de contacto actúan a nivel superficial de la planta y no son absorbidos por éstas, lo cual hace que sea necesario el uso de dosis altas de estos compuestos (Leroux, 2007). Los fungicidas de contacto actúan directamente sobre el patógeno, de modo que son muy efectivos como protectores en los puntos de entrada de éste. Al tener distintos puntos de actuación (inhibidores multisitio), el riesgo de aparición de resistencias a estos compuestos es poco probable (Leroux, 2007; Williamson *et al.*, 2007); sin embargo son considerados altamente tóxicos para el medio ambiente. Por otro lado, los fungicidas sistémicos si son absorbidos por la planta y transportados en su interior, siendo efectivos contra el patógeno antes o después de que la infección se haya establecido. Son compuestos muy específicos que suelen afectar a puntos muy concretos de una determinada ruta metabólica o función fisiológica, por ello, la aparición de resistencias a este tipo de compuestos químicos es muy frecuente. Normalmente, mediante la aparición de mutaciones en el gen de la diana del fungicida se modifica la afinidad de éste por la misma, lo que resulta en una pérdida importante de la eficacia. En nuestro país, son seis

Tabla 1. Fungicidas con mecanismos de acción específicos y múltiples autorizados en España para combatir la podredumbre gris en fresa.

Grupo químico	Ingrediente activo	Modo de acción
1. Anilino pirimidinas	Ciprodinil Mepanipirim Pirimetanil	Síntesis de aminoácidos
2. Dicarboximidas	Iprodiona	Transducción de señal
3. Inhibidores de la biosíntesis de esteroides clase III	Fenhexamida Fenpirazamina	Biosíntesis de membrana
4. Fenilpirroles	Fludioxonil	Transducción de señal
5. Inhibidores de la quinona externa (QoI)	Piraclostrobin Trifloxistrobin	Respiración
6. Inhibidores de la succinato deshidrogenasa (SDHI)	Boscalida Fluopyram Penthiopirad	Respiración
1. Ditiocarbamatos	Tiram	Multidiana
2. Cloronitrilos	Clortalonil Captan	Multidiana
3. Ftalimidas	Folpet	Multidiana

grupos químicos de fungicidas con acción específica (anilino pirimidinas, dicarboximidas, inhibidores de la biosíntesis de esteroides, fenilpirroles, inhibidores de la quinona externa y los inhibidores de la succinato deshidrogenasa) y tres con acción múltiple (ditiocarbamatos, cloronitrilos y ftalimidas) los que están autorizados para combatir la enfermedad de la podredumbre gris en fresa (**Tabla 1**) (Anónimo, 2017).

Resistencia a fungicidas con acción específica en aislados españoles de *B. cinerea*

La presencia de aislados de *B. cinerea* resistentes a múltiples fungicidas es un hecho bien descrito en numerosos países del mundo incluyendo el nuestro. Para conocer la situación de sensibilidad/resistencia a los seis grupos químicos de fungicidas con mecanismos de acción específicos, 367 aislados de *B. cinerea* se tomaron desde 14 fincas freseras (13 convencionales y 1 ecológica) durante 2014 y 2015 en Huelva. Los resultados obtenidos mostraron altas frecuencias de resistencia a piraclostrobin (74%) y boscalida (65%); frecuencias de resistencia medias para ciprodinil (37%) y fenhexamida (24%); y bajas para iprodiona (15%) y fludioxonil (1%) (Fernández-Ortuño *et al.*, 2016). La mayoría de los aislados

(35%) fueron resistentes a tres clases de fungicidas (piraclostrobin/boscalida/ciprodinil o piraclostrobin/boscalida/fenhexamida). La resistencia a boscalida, fenhexamida, iprodiona, y piraclostrobin estuvo correlacionada con mutaciones puntuales en los correspondientes genes dianas (*sdhB*, *erg27*, *bos1* y *cytB*, respectivamente) (Fernández-Ortuño *et al.*, 2016).

En estudios posteriores, se analizaron un mayor número de aislados del hongo frente a tres nuevos fungicidas inhibidores de la enzima succinato deshidrogenasa (SDHI). Por un lado los compuestos fluopyram y penthiopirad, recientemente introducidos en el mercado español en combinación con trifloxistrobin; y por otro lado, el fungicida fluxapiraxad, que será registrado en un futuro cercano para combatir la podredumbre gris en fresa en España. De los 580 aislados de *B. cinerea* analizados desde 27 fincas durante 2014, 2015 y 2016 en Huelva y Málaga, se obtuvieron frecuencias de resistencia media para penthiopirad (25%); y bajas para fluxapiraxad (13%) y fluopyram (7%). La resistencia estuvo nuevamente basada en mutaciones puntuales en el correspondiente gen diana (*sdhB*) (Fernández-Ortuño *et al.*, 2017).

Programa de monitorización de resistencia a fungicidas

Nuestros resultados confirman la absoluta ineficacia de ciertas clases de fungicidas, y justifica la implementación de programas continuos de monitorización de resistencia frente a los mismos. El uso inadecuado de estos compuestos químicos provoca, no solo un impacto negativo en las cosechas, sino también en el suelo, el agua y en la calidad del agroecosistema. Por ello, en el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea (IHSM-UMA-CSIC) "La Mayora" se ha desarrollado un novedoso programa de monitorización de resistencia a fungicidas en *B. cinerea* que proporciona información exacta para cada finca analizada, permitiendo al agricultor tener un plan de actuación rápido, y hacer frente a la enfermedad de la forma más breve posible (**Figura 3**). Contar con un servicio de este tipo evita pérdidas, reduce costes, beneficia al medio ambiente, y permite llevar a la práctica una agricultura más sostenible y productiva en el cultivo de fresa.

El programa de monitorización ofrecido en "La Mayora", consta de un kit de campo, que permite evaluar todas las clases de fungicidas que están autorizados para combatir la enfermedad de la podredumbre gris en España, y una aplicación web que, tras analizar los resultados, genera un informe que es enviado de forma personalizada a cada agricultor. El informe contiene recomendaciones generales y específicas por lo que cada agricultor conoce exactamente que fungicidas están funcionando y cuales debe descartar en su finca (**Figura 3**). De esta forma se evita el uso innecesario de productos químicos que además de no hacer nada, generan

resistencia y no evitan las pérdidas. Para beneficiarse de este servicio, el agricultor debe enviar (flores, hojas, o esporas tomadas desde frutas afectadas) desde su finca con la mayor rapidez posible tras observar la enfermedad, junto con información sobre su nombre, apellidos, fecha en la que tomo las muestras, localización de la parcela, teléfono y email de contacto a: Dolores Fernández Ortuño, (Biología y Control de Enfermedades de Plantas. Laboratorio de Micología. IHSM-UMA-CSIC "La Mayora", Avenida Dr. Wienberg s/n, 29750 Algarrobo-Costa, Málaga). Tras recibir las muestras para análisis, el agricultor conocerá en tan solo 4 días, el plan de actuación a seguir. En la propia web del IHSM "La Mayora" se explica cómo deben recoger las muestras (http://www.ihsm.uma-csic.es/proyecto/patogenosdefresa/muestras_botritis.html)

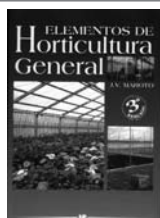
AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el programa Marie Curie COFUND U-Mobility, cofinanciado por la Universidad de Málaga, el séptimo programa marco de la Comisión Europea (número GA 246550) y el Ministerio de Economía y Competitividad (COFUND2013 40259); además de por la Fundación General CSIC (Programa ComFuturo).

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo.** 2013. Pathogen risk list of the Fungicide Resistance Action Committee http://www.frac.info/docs/default-source/publications/pathogen-risk/pathogen-risk-list.pdf?sfvrsn=669d419a_8
- Anónimo.** 2015. Estadísticas de la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (<http://www.fao.org/statistics/es/>)

- Anónimo.** 2016. Superficies y producciones anuales de cultivos Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>)
- Anónimo** 2017. Registro de Productos Fitosanitarios. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>)
- Fernández-Ortuño D., Torés J.A., Chamorro M., Pérez-García A., Vicente A.** 2016. Characterization of resistance to six chemical classes of site-specific fungicides registered for gray mold control on strawberry in Spain. *Plant Disease*. 100:2234-2239.
- Fernández-Ortuño D., Pérez-García A., Chamorro M., de la Peña E., de Vicente A., Torés J.A.** 2017. Resistance to the SDHI fungicides boscalid, fluopyram, fluxapyroxad and penthiopyrad in *Botrytis cinerea* from commercial fields in Spain. *Plant Disease*. 101:1306-1313.
- Jarvis W.R.** 1977. *Botryotinia* and *Botrytis* species: taxonomy, physiology, and pathogenicity. Monograph No 15, Research Branch Canada Department of Agriculture, Harrow, Ontario, Canada.
- Leroux P.** 2007. Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides. Pages 195-222 in: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Lucas J.A.** 1998. Disease Management. Pages: 191-265 in *Plant Pathology and Plant Pathogens* 3th ed. Blackwell Science, Oxford.
- Sutton J.C.** 1998. Botrytis fruit rot (gray mold) and blossom blight. Pages 28-31 in: *Compendium of Strawberry Diseases*, 2nd ed. J.L. Maas, ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P., van Kan J.A.L.** 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8:564-80.



ELEMENTOS DE HORTICULTURA GENERAL

Autor: J.V. Maroto. 480 pag. 3ª Edición. Fotos color. (2008).

INDICE: Generalidades: Horticultura. Historia, conceptos y acepciones. Sociedades hortícolas. Características más importantes del cultivo hortícola. Tipos de explotaciones. La Horticultura olerícola y ornamental en España. La Horticultura en el mundo. Legislación comunitaria sobre el sector hortícola, su evolución y su futuro. Los componentes del clima en Horticultura: La luz. La temperatura. El agua y sus formas. El viento. Técnicas de modificación del clima en Horticultura: Materiales utilizados en Horticultura como coberturas en la protección contra las bajas temperaturas. Técnicas e instalaciones de semiforzado. Invernaderos: aspectos generales. Calefacción en invernaderos. Regulación de la humedad y las temperaturas demasiado elevadas en invernaderos. Iluminación artificial y fertilización carbónica en invernaderos. Sistemas integrales de control climático. Comparación entre distintos tipos de invernaderos y sus respectivos sistemas de manejo. El suelo y la fertilización en Horticultura: Conceptos generales. Técnicas de modificación del suelo en Horticultura: Cultivos en turba. Hidropónicos. Enarenados. Técnicas de cultivo en Horticultura Multiplicación de plantas hortícolas. Aplicaciones de los cultivos "in vitro" en Horticultura. Labores de cultivo. El riego. Aplicación de los fitorreguladores y otras substancias especiales. Las rotaciones y alternativas de los cultivos hortícolas. Desinfección del suelo. La defensa fitosanitaria en Horticultura. Recolección y postrecolección de productos hortícolas: Normas generales a adoptar. Sistemas de recolección. Operaciones que suceden a la recolección. Conservación de flor cortada y plantas ornamentales. Centrales hortofrutícolas. Tipos de comercialización más usuales. Sistema de conservación y/o presentación. Anejo: Últimos datos de la Horticultura española (2005).

P.V.P. 39 €- IVA Incluido (+ gastos de envío). EDICIONES L.A.V., S.L. Tel.: 96/ 372 02 61 - pedidos@edicioneslav.com