El Moho Gris, o Pudrición de Fresa

Guía de Producción por Steven T. Koike & Mark Bolda

Publicación 13 Julio 2016

Las guías de producción se publican por parte de la Comisión de la Fresa de California en cooperación con los científicos que hacen investigaciones relacionados con la producción de fresa. Estas guías son herramientas para agricultores y proveen información científica indispensable sobre enfermedades y plagas comunes en la producción de fresa en California. Para copias de esta guía u otros en la serie, por favor visite www.calstrawberry.com.

Guía de producción por:
Steven T. Koike
UC Cooperative Extension
Monterey County
stkoike@ucanr.edu
p. 831.759.7350

Mark Bolda
UC Cooperative Extension
Santa Cruz County
mpbolda@ucanr.edu
p. 831.763.8040

© 2016 Comisión de la Fresa de California

Introducción y significado

De los numerosos patógenos que causan enfermedades en la fruta, el hongo de moho gris (*Botrytis cinerea*) es el de mayor extensión e importancia en California y en otras regiones del mundo donde se cultiva la fresa. Esta enfermedad es conocida como pudrición de la fresa, o moho gris de la fruta. Botrytis en la fresa se encuentra extendida en todo el Estado, causando pérdidas significativas antes y después de la cosecha debido a que se desarrolla tanto en el campo como en el almacenaje y en tránsito. Botrytis es uno de los patógenos más difíciles de controlar cuando las condiciones ambientales favorecen su crecimiento y desarrollo.

Figura 1. Flores, con tejidos descoloridos y de color café, infectados con *Botrytis cinerea*.

Figura 2. Flores, con tejidos descoloridos y de color café, infectados con *Botrytis cinerea*.

Síntomas y signos

La manifestación del moho gris varía dependiendo de la parte de la planta infectada y del estado fisiológico de ese tejido. Las hojas nuevas, recientemente expandidas, se infectan sin mostrar síntomas debido a que el hongo permanece inactivo (latente) en estos tejidos. Cuando las hojas infectadas maduran, al iniciar la senescencia, el hongo puede activarse y producir una cubierta aterciopelada gris en las partes muertas de la hoja. Además, *B. cinerea* puede infectar las flores y causar su pudrición. Las flores sintomáticas muestran lesiones de color café en los pétalos y en el receptáculo (la parte central, pequeña y verde, de la flor que eventualmente se desarrolla en fruta), y en los sépalos (Figuras 1 y 2). Si el moho gris continúa desarrollándose en la flor, el patógeno matará al pedículo (el tallo verde en el que se apoya la fruta) (Figura 1), causando la marchitez y muerte tanto de la flor entera como de la fruta inmadura.

En muchos casos, la flor infectada no mostrará síntomas debido a que *B. cinerea* puede colonizar los tejidos internos de la flor mientras permanece inactivo. Una vez que estas

frutas comienzan a expandirse, el patógeno se vuelve activo y causa una pudrición dura, de color café en el extremo de la fruta donde se ubica el cáliz (Figura 3) y también una pudrición dura similar en las etapas de fruta blanca, rosada y roja. La fruta bien madura es especialmente susceptible a las infecciones de *Botrytis* después de daño físico (Figura 4), lo cual permite que el patógeno colonice rápidamente el tejido dañado y que se propague por toda la fruta. Si las condiciones ambientales favorecen al hongo, cualquier parte de la planta colonizada por *B. cinerea* puede cubrirse con el moho velludo y gris del patógeno. En la fruta madura roja en el campo, los casos de moho gris avanzados resultan en la fruta entera cubierta con una alfombra de esporas (Figura 5). La infección en una fruta puede fácilmente extenderse hacia otras frutas cercanas. Este patrón de "anidación" resulta en agrupaciones o racimos de frutas infectadas (Figura 5). Si se deja en la planta, la fruta infectada se marchitará, volviéndose seca y dura. En la fruta ya cosechada y almacenada en frío, el moho gris puede aparecer más blanco debido a que el patógeno requiere luz para desarrollar el color gris de las esporas.

Organismo Causal

Botrytis cinerea es uno de los hongos patógenos más comunes, ya que tiene la capacidad de infectar más de 200 distintas plantas huéspedes. Además de ser un patógeno agresivo, *B. cinerea* es un organismo versátil, capaz de crecer y reproducirse en tejidos dañados, senescentes y muertos de la fresa, vegetales, y otras plantas. *B. cinerea* se reproduce principalmente por medio de esporas asexuales, o conidios. Las masas de conidios grises se extienden fácilmente por el aire, por salpicaduras de agua, y por actividad física/mecánica. Bajo magnificación se puede apreciar el distintivo "botryose" (nombre derivado del griego para "racimo de uvas", la palabra raíz del nombre "Botrytis"), que se refiere a los racimos de esporas (Figura 6). Como muchos otros hongos, *B. cinerea* tiene una segunda fase sexual nombrada *Botryotinia fuckeliana* que consiste en una estructura pequeña en forma de champiñón (apotecio) que contiene un tipo de espora (ascospora). Sin embargo, esta fase no se ha encontrado en los campos de fresa en California, ni en otras regiones.

Bajo ciertas condiciones, *B. cinerea* puede producir una estructura invernal, el esclerocio, que es una estructura dura, negra, de forma oblonga a esférica, de hasta ½ pulgada de largo. Los esclerocios pueden resistir condiciones secas, calurosas y frías. Bajo condiciones propicias, los esclerocios germinarán para formar micelios que pueden colonizar un huésped y producir esporas. En California, los esclerocios no se encuentran comúnmente en los campos de fresa, aunque en otros países los esclerocios parecen ser más abundantes y son una fuente importante de inóculo primario.

La investigación reciente ha demostrado que el moho gris puede ser causado por más de una especie de *Botrytis*. Algunos investigadores tienen evidencia molecular que la llamada *"Botrytis cinerea"* en actualidad, es una entidad compleja, compuesta por distintas especies estrechamente relacionadas (*B. cinerea* y *B. pseudocinerea*). Aunque estas especies pueden diferenciarse sobre la base de análisis de ADN, en el campo o en el laboratorio es prácticamente imposible distinguirlas. La presencia de más

Figura 3. Deterioro color café claro de la fruta y el pedículo que resulta de la infección de la flor de fresa.

Figura 4. Las etapas tempranas del moho gris en la fruta muestran lesiones hundidas y el crecimiento inicial del micelio gris y de los esporos.

Figura 5. En las etapas avanzadas, la fruta infectada se cubre completamente con *Botrytis* y se extiende a la fruta adyacente por contacto directo (anidar).

de una especie de *Botrytis* no se ha demostrado en la fresa en California, aunque ha sido detectado en el arándano en el valle de San Joaquín. En el futuro, se podría investigar si más de una especia de *Botrytis* está presente en la fresa de California y, en caso afirmativo, si su presencia conlleva alguna implicación práctica.

Figura 6. *Botrytis* en un microscopio de magnificación de 400x. *Botrytis* produce grandes números de esporas de células simples que se extienden fácilmente por el aire, las salpicaduras de aire, y por contacto físico.

Ciclo de la Enfermedad

El patógeno puede ser introducido por diferentes medios: (1) los trasplantes del vivero pueden venir contaminados con esporas de *Botrytis*, o colonizados por micelios creciendo en las hojas y tejidos senescentes y muertos; (2) las estructuras invernales (los esclerocios) sobreviven en el suelo o en los residuos de plantas no recogidos del campo; (3) los micelios invernales están presentes en los residuos muertos o deteriorados que permanecen del cultivo previo; (4) *Botrytis* activo, que produce esporas, está presente en los cultivos adyacentes, incluyendo siembras cercanas de vegetales y de fresas de segundo año.

Bajo condiciones frescas y húmedas, el hongo de moho gris de cualquiera de estas fuentes producirá masas de conidios que se esparcen por viento y agua que salpica el cultivo de la fresa. Para que la infección tome lugar, las esporas requieren humedad libre en los tejidos de las plantas. De esta forma, las infecciones de moho gris pueden ser extensivas cuando hay períodos prolongados de hojas mojadas y después de las lluvias que salpican esporas en las plantas. La producción de esporas aumenta junto con la duración de humedad libre, y ocurre en un rango amplio de temperaturas, con la temperatura óptima de 58 a 72° F (15 a 22° C).

Las esporas que caen en hojas nuevas, no expandidas, pueden causar una infección sin síntomas. El patógeno reside internamente en un estado inactivo dentro del tejido de la hoja hasta que la hoja pase por la madurez y comience la senescencia; en este momento *B. cinerea* se vuelve activa, coloniza todavía más los tejidos senescentes, y produce esporas que pueden volar hacia otras flores y frutas de fresa. Las hojas maduras completamente expandidas no se encuentran sujetas a la infección. Las esporas caen en las flores y causan la fase de la enfermedad conocida por la pudrición de las flores. Estas flores deterioradas desarrollan lesiones, y luego se vuelven en fruta malformada o se mueren. Una vez que los tejidos de las flores infectadas están muertos, el hongo de moho gris produce aún más esporas que resultan en ciclos múltiples de infecciones y enfermedades.

En algunos casos, las esporas que caen en las flores germinan y comienzan a colonizar las flores, pero no causan lesiones de color café. En este caso, las flores no desarrollan la pudrición de la flor. En cambio, el micelio de *B. cinerea* crecerá por el estambre y otros tejidos de la flor, hasta alcanzar el receptáculo muy pequeño y verde, y permanecen allí en un estado inactivo (latente). Cuando el receptáculo comienza a expandir y acumular azucares y otros nutrientes, *Botrytis* puede volverse activa y causar una enfermedad de fruta verde (Figura 3). El desarrollo de las lesiones en la fruta se retrasa y no se ve hasta que la fruta este en el estado blanco, rosado o rojo. La fruta madura que tiene lesiones a causa de la abrasión física, del daño por insectos, o por otras causas, puede desarrollar el moho gris si las esporas caen en las lesiones. El hongo de moho gris puede reproducirse por esporas en la fruta enferma, produciendo más esporas, que puede resultar en ciclos de infección y enfermedades.

La pérdida de fruta después de la cosecha puede ocurrir por muchas razones: (1) las infecciones inactivas (latentes) pueden activarse en una etapa más tardía en el desarrollo de la fruta, y fruta roja infectada, aparentemente sana, es cosechada; (2) la fruta con áreas dañadas, o fruta que se lesiona durante la cosecha, se contamina con esporas y puede desarrollar el moho gris después de la cosecha; (3) la fruta sana se almacena en contacto con fruta enferma y se infecta por contacto directo, conocido como “anidación.”

Manejo

Fungicidas: El uso cuidadoso y estratégico de los fungicidas sigue siendo el medio principal para manejar el moho gris en la producción convencional de la fresa. Debido a que las fresas florecen por un largo período de varios meses, se requiere aplicaciones múltiples a lo largo de la temporada, utilizando productos diversos con distintos modos de acción. Se debe programar las aplicaciones para maximizar la protección de las flores nuevas y recién abiertas. *Botrytis* es notorio por volverse resistente (no sensible) a los fungicidas debido a su alta variabilidad genética, la producción abundante de esporas, y los ciclos múltiples de producción de esporas y desarrollo de enfermedades. El sistema de producción de fresas en California puede fomentar el desarrollo de resistencia debido a la temporada larga y la necesidad de aplicaciones de fungicidas frecuentes en cada ciclo convencional. Los fungicidas con el modo de acción de sitio-único son más arriesgados para fomentar la resistencia en *Botrytis*. A nivel global, se ha confirmado cepas de moho gris en la fresa resistentes a casi todos los fungicidas con modos de acción de sitio-único (Tabla 1). Especialmente problemáticas son las cepas resistentes a múltiples modos de acción. En los estados de Carolina Norte y Sur, por ejemplo, se encontraron cepas de la *Botrytis* en la fresa que tenían resistencia simultánea a fenhexamid, a azoxystrobin, y a boscalid.

Tabla 1. Fungicidas usados para controlar el moho gris o la Botrytis y reportes de resistencia

Químico	Producto	grupo FRAC[1]	*B. cinerea* de la fresa resistante fuera de California	*B. cinerea* de la fresa resistante dentro de California
thiophanate-methyl	Topsin M	1	sí	sí
iprodione	Rovral	2	sí	no
boscalid	Endura	7	sí	no [2]
cyprodinil	Vangard	9	sí	no
pyrimethanil	Scala	9	sí	no
pyraclostrobin	Cabrio	11	sí	no [2]
fludioxonil	Scholar	12	sí	no
fenhexamid	Elevate	17	sí	sí
captan	Captan	M4	sí	no
thiram	Thiram	M3	no	no
cyprodinil + fludioxonil	Switch	9 y 12	sí	sí
pyraclostrobin + boscalid	Pristine	11 y 7	sí	sí

[1] FRAC = Comité de Acción sobre Resistencia de Fungicidas (por sus siglas en inglés)

[2] En California, cepas resistentes de *B. cinerea* no se han documentado para los productos individuales pyraclostrobin o boscalid aunque se ha confirmado resistencia al producto combinado Pristine (pyraclostrobin + boscalid).

La examinación más reciente (vea Mercier, et al.) sobre la resistencia de *B. cinerea* en campos de California proviene de una encuesta de campos costeros. Investigadores encontraron que más de la 90% de las 65 muestras de cepas de *B. cinerea* de Oxnard y de Watsonville eran resistentes a cyprodinil + fludioxonil (Switch), a fenhexamid (Elevate), a pyraclostrobin + boscalid (Pristine), y a thiophanate-methyl (Topsin) (Tabla 1). Esta misma encuesta encontró que varias de las cepas de moho gris eran resistente a fungicidas múltiples y que una cepa resistía a cada uno de los cuatro productos.

La elevada proporción de resistencia y la existencia de resistencias múltiples determina la necesidad de un programa de control de enfermedades que permita coordinar el uso de fungicidas entre los viveros y las operaciones de producción de fruta.

La aplicación repetida de los mismos fungicidas en los viveros y en los sitios de producción de fruta aumenta la presión selectiva y fomenta el desarrollo de resistencia. Los programas de fungicidas deben incluir rotaciones y mezclas de productos con distintos modos de acción. El Comité de Acción sobre la Resistencia de Fungicidas (FRAC por sus siglas en inglés) proporciona un sistema de numeración de grupos para clasificar los fungicidas según su modo de acción (Tabla 1). Los fungicidas como captan y thiram muestran significativamente menor riesgo para desarrollar la resistencia en *B. cinerea* porque estos materiales tienen actividad multi-sitio contra varias vías metabólicas en el patógeno. Una estrategia es combinar (mezclar en tanque) dos fungicidas, mientras uno sea un producto de actividad multi-sitio.

Para la producción de fresa orgánica, no se encuentran disponibles fungicidas efectivos. Los productores deben implementar, cuanto antes, prácticas integradas de manejo (de IPM, por sus siglas en inglés) que incluyan las prácticas culturales indicadas abajo. Antes de usar cualquier fungicida verifique con su oficina local del Comisionado Agrícola y consulte las etiquetas de los productos para el estatus actual del producto, su registro, restricciones e información sobre el uso.

Higiene del campo: Las medidas para limpiar el campo, como recoger y retirar las hojas muertas de la fresa y las frutas enfermas apenas disminuyen la incidencia del moho gris y no pueden reemplazar la dependencia en programas de fungicidas. Dada la dificultad logística y el costo de estas medidas, el esfuerzo de limpiar el campo no resulta práctico para la mayoría de los productores comerciales.

Prácticas Culturales: Ampliar el espacio entre las plantas podría promover el movimiento de aire y el secado de las plantas de fresa. Sembrar con espacios más anchos puede disminuir ligeramente la incidencia del moho gris pero no compensa la disminución de producción debido al número reducido de plantas por acre. Otras estrategias que podrían reducir el crecimiento del moho gris incluyen la selección de variedades que no producen follaje extensivo y la manipulación de las horas de frío para controlar el crecimiento vegetativo de los trasplantes. El uso de riego a goteo, en contraste a riego de aspersor, es una práctica clave para reducir los problemas con el moho gris y se ha establecido como una práctica común en California. Mientras el cultivo de fresa en California se conoce por las siembras abiertas en el campo, en otras regiones la fresa se cultiva bajo túneles de plástico o en invernaderos. En estos cultivos protegidos, se puede reducir el moho gris debido la menor humedad libre, con menos hojas húmedas por el rocío, y por la exclusión de lluvias que podrían propagar las esporas a las flores y a la fruta.

Resistencia del huésped: Actualmente no hay variedades de fresa que resistan al moho gris, aunque parece que sí hay, entre las variedades, variaciones ligeras en el grado de susceptibilidad a *B. cinerea*. Sin embargo, estas variaciones no parecen ser suficientemente significativas como para indicar cambios en el manejo de la enfermedad en el campo.

Cosecha y manejo pos-cosecha: La fresa es una fruta extremadamente sensible al daño. Así que se debe minimizar el manejo físico para reducir las lesiones en la fruta durante la cosecha y el empaque. Es esencial enfriar la fruta a 32 a 37 F (0 a 3 C) tan pronto como sea posible; se ha demostrado que el retraso de una sola hora aumenta las pérdidas al moho gris. Es necesario almacenar y mantener estas temperaturas bajas para retrasar el crecimiento del moho gris y la respiración de la fruta.

Referencias

Fernandez-Ortuno, D., Grabke, A., Bryson, P. K., Amiri, A., Peres, N. A., and Schnabel, G. 2014. Fungicide resistance profiles in *Botrytis cinerea* from strawberry fields of seven southern U.S. states. Plant Disease 98:825-833.

Mercier, J., Kong, M., and Cook, F. 2010. Fungicide resistance among *Botrytis cinerea* isolates from California strawberry fields. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2010-0806-01-RS.

Mertely, J. C., MacKenzie, S. J., and Legard, D. E. 2002. Timing of fungicide applications for *Botrytis cinerea* based on development stage of strawberry flowers and fruit. Plant Disease 86:1019-1024.

Nunes, M. C. N., Morais, A. M. M. B., Brecht, J. K., Sargent, S. A., and Bartz, J. A. 2005. Prompt cooling reduces incidence and severity of decay caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry. HortTechnology 15:153-156.

Walker, A. S., Gautier, A., Confais, J., Martinho, D., Viaud, M., Pecheur, P., le Dupont, J., and Fournier, E. 2011. *Botrytis pseudocinerea*, a new cryptic species causing gray mold in French vineyards in sympatry with *Botrytis cinerea*. Phytopathology 101:1433-1445.

Comisión de la Fresa de California
P.O. Box 269
Watsonville, CA 95077
p. 831.724.1301
f. 831.724.5973
www.CalStrawberry.com

© 2016 Comisión de la Fresa de California