

Control químico del oídio de cucurbitáceas

Materias activas autorizadas y manejo de dichas materias para evitar resistencias en los patógenos

El oídio es una de las enfermedades más importantes en los cultivos hortícolas del sur de España y constituye un factor limitante en la producción, especialmente en invernadero. La estrategia más empleada para combatir la enfermedad es el control químico, teniendo en cuenta que los productos fungicidas utilizados, con mayor incidencia en los sistémicos, son propensos a desarrollar resistencias, apareciendo cepas con una sensibilidad menor o nula a dichos productos.

F. López Ruiz¹,
D. Fernández Ortuño¹,
I. Cánovas¹, A. Pérez García²,
A. De Vicente² y J.A. Torés¹.

¹ Estación Experimental La Mayora (CSIC).
29750 Algarrobo-Costa Málaga.

² Departamento de Microbiología.
Facultad de Ciencias (UMA).
29071 Málaga.

En España, cada año se dedica al cultivo de cucurbitáceas (sandía, melón, pepino, calabacín y calabaza) una superficie de aproximadamente 70.000 hectáreas, localizándose más del 43% de dicha superficie en Andalucía; es la provincia de Almería la región preferente en cuanto a producción, ya que dedica a este tipo de cultivo en torno a las 17.000 hectáreas.

Son muchas las enfermedades que a lo largo del ciclo de cultivo pueden atacar a las cucurbitáceas; el oídio es una de las más importantes, ya que constituye un factor limitante en lo que a producción se refiere de este tipo de hortalizas, sobre todo en invernadero, debido a los elevados cos-

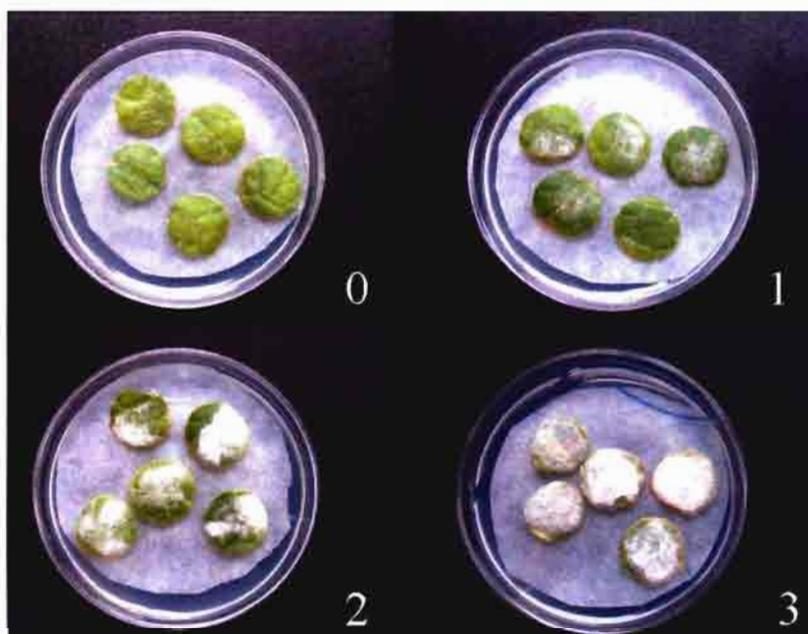
tes derivados de su control, eminentemente químico. Esta enfermedad, conocida comúnmente como ceniza por los síntomas característicos que manifiestan las plantas atacadas (manchas pulverulentas de color blanco en hojas y tallos), está causada en el sur de España por el hongo patógeno *Podosphaera* (Sin.: *Sphaerotheca*) *fusca*, aunque en otras partes del mundo pueden ser otros dos hongos, *Golovinomyces cichoracearum* (Sin.: *Erysiphe orontii*) y *Leveillula taurica* en menor medida, los causantes de la enfermedad. El patrón de distribución de estos patógenos en las regiones productoras de cucurbitáceas de la Península es cambiante, ya que con anterioridad a los años noventa el agente

causal de la enfermedad en España era descrito como *G. Cichoracearum*, lo cual nos hace pensar que ha debido producirse una sustitución de una especie por la otra, al igual que ha ocurrido en otros países. Debido a que producen síntomas similares, es necesario recurrir a la microscopía óptica para poder distinguir estos tres hongos, ya que *P. fusca* presenta conidios elípticos y con inclusiones en su interior, mientras que los conidios de *G. cichoracearum* y *L. taurica* carecen de inclusiones y exhiben una morfología diferente.

P. fusca es un hongo ascomi-ceto que pertenece al orden *Erysiphales*, y dentro de éste, forma parte de una única familia denominada *Erysiphaceae*, constituida por alrededor de 650 especies. Como todos los oídios, es un hongo biotrofo incapaz de ser cultivado en medios artificiales, que se desarrolla sobre la superficie de la planta y que forma unas estructuras llamadas haustorios, que penetran en las células de la misma y extraen los nutrientes necesarios de éstas. Como consecuencia, el rendimiento de las plantas atacadas disminuye, lo cual se manifiesta, entre otras cosas, en la producción de frutos pobres en azúcares.

Estrategias de control

Como ya se ha indicado anteriormente, el uso



Escala empleada en la evaluación de la resistencia a fungicidas en *Podosphaera fusca*.

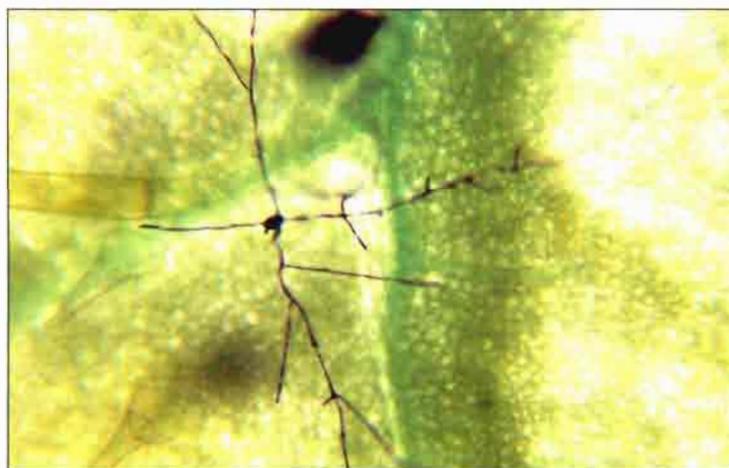
de fungicidas en el control de este hongo, y en general de todos los oídios, constituye hoy por hoy la estrategia más empleada para combatir la enfermedad tanto en campo como en cultivo protegido, debido fundamentalmente a que, al ser en general hongos de desarrollo externo, este tipo de productos entra fácilmente en contacto con los mismos provocando un rápido efecto tóxico. Esta ventaja de los antioídios constituye en realidad un arma de doble filo, debido a que la facilidad de contacto, unida al hecho de que este tipo de hongos son propensos a desarrollar resistencias, favorece la aparición de cepas con una sensibilidad menor o nula para el caso de algunos fungicidas como las estrobilurinas. En este artículo nos centraremos 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. No obstante, es fundamental emplear junto con esta estrategia de control otras, como son el uso de variedades resistentes y el control biológico, que es de uso imprescindible en los programas de producción integrada, para implementar en la medida de lo posible el manejo óptimo del cultivo y así evitar incrementos de costes y riesgos innecesarios para la salud. Siguiendo con esta línea, existen preparados a base de los hongos *Ampelomyces quisqualis* y *Trichoderma harzianum* que han resultado efectivos en el control del oídio en distintas especies vegetales.

Control químico

Los fungicidas han sido utilizados desde hace más de doscientos años frente a hongos patógenos de plantas, pero no es hasta después de la segunda guerra mundial cuando, como consecuencia de su incremento de uso y efectividad debido a su gran desarrollo, se convierten en la principal herramienta en el con-



Sintomas de oídio en hojas de pepino.



Desarrollo de *P. fusca* tras tres días de infección.

trol de las enfermedades de plantas de origen fúngico. Desde entonces hasta ahora, hemos asistido a la continua introducción de nuevos productos y formulaciones cada vez más potentes que, en la mayoría de los casos, han ido sustituyendo a los fitosanitarios más antiguos, debido en general a la pérdida de eficacia de éstos unida a su menor seguridad tanto a nivel del consumidor como del medio ambiente; no obstante, algunos productos que han sido utilizados desde la antigüedad, como el azufre, continúan hoy día empleándose en muchos cultivos.

Los productos fitosanitarios utilizados en el control químico pueden clasificarse en dos grandes grupos en función de la manera en que ejercen su efecto; de un lado estarían aquéllos que ac-

túan directamente sobre el fitopatógeno o también denominados "de contacto", que se emplean como preventivos. De otro, en-

Al uso de fungicidas hay que añadir otras medidas de control como el empleo de variedades resistentes, control biológico y adecuados usos culturales

contraríamos a los que ejercen su acción a nivel de toda la planta y que al penetrar en su interior sufren un transporte distribuyéndose por la totalidad de ésta, por lo que se han venido a llamar fungicidas sistémicos. Este último tipo de fungicidas es efectivo tanto como preventivo como curativo y un claro ejemplo lo constituyen los inhibidores de la biosíntesis del ergosterol y las estrobilurinas, dos grupos de fungicidas que son objeto de estudio en nuestro laboratorio.

Fungicidas de contacto para control de oídio

Por norma general, los fungicidas de contacto suelen ser muy tóxicos y constituyen un grupo minoritario dentro de los antioídios, ya que sólo existen cinco materias activas autorizadas actualmente en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Presentan un riesgo bajo de desarrollar resistencias, a diferencia de los fungicidas sistémicos, cuyo riesgo es moderado o alto en algunos casos. Esto es debido a que el mecanismo de acción de los fungicidas de contacto no es único como en el caso de los productos sistémicos, sino múltiple, y afecta al hongo a varios niveles. A continuación hacemos una descripción breve de dichas materias activas:

Azufre

Esta sustancia se ha empleado en viñas y cultivos de cereal desde muy antiguo y aún hoy sigue estando indicada para el control de muchas patógenosis de plantas, entre ellas la causada por el oídio en las cucurbitáceas. Aunque el azufre está autorizado para combatir el oídio en todas las cucurbitáceas, no es compatible con los programas de producción integrada y biológica, ya que su gran toxicidad elimina en gran parte la microfauna útil, además de provocar problemas de fitotoxicidad a nivel del cultivo. No debe aplicarse a temperaturas

CUADRO I. MATERIAS ACTIVAS AUTORIZADAS EN EL CONTROL DEL OÍDIO DE LAS CUCURBITÁCEAS EN LOS DISTINTOS CULTIVOS.

*EL ASTERISCO INDICA QUE EL PRODUCTO ES CARCINOGENICO

Mecanismo de acción	Fungicida	Cultivo					Riesgo de aparición de resistencia
		Calabacín	Pepino	Melón	Sandía	Calabaza	
Síntesis de ácidos nucleicos	Bupirimato	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	MEDIO
Mitosis y división celular	*Metil tiofanato	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	ALTO
Respiración	Azoxistrobin	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	ALTO
	*Kresoxim-metil	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	ALTO
	Trifloxistrobin	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	ALTO
Transducción de señales	Quinoxifen	NO	NO	SÍ	NO	NO	MEDIO
Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol	Fenarimol	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	MEDIO
	Imazalil	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Triflumizol	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	
	Ciproconazol	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Hexaconazol	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	
	Miclobutanil	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Penconazol	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	
	Tebuconazol	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	
Tetraconazol	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
Triadimenol	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ		
Síntesis de pared celular y glucanos	Polioxina B	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	MEDIO
Múltiples dianas	Azufre	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Permanganato potásico	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Dinocap	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	*Clortalonil	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	
	Quinometonato	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	BAJO

superiores a 28 °C ya que éstas favorecen su efecto tóxico como consecuencia de la generación de vapor. Por debajo de 20 °C se recomienda combinarlo con permanganato potásico para favorecer su acción a bajas temperaturas.

Permanganato potásico

Autorizado también para su uso en todas las cucurbitáceas, puede formularse con azufre micronizado (nunca coloidal) para aumentar su efecto sobre otros patógenos como ácaros. Tiene una alta capacidad oxidante, por lo que no suele ser compatible con otros fitosanitarios, ya que interacciona negativamente con los mojanteros y adherentes más habituales. Debido a que transforma el etileno y otros productos orgánicos en CO₂ y H₂O y puesto que el etileno constituye una señal de maduración de muchos frutos y el CO₂ un inhibidor de la respiración de éstos, la disminución de etileno y la acumulación de CO₂ provoca por un lado un re-

traso en la maduración del fruto y por otro el envejecimiento del mismo como consecuencia de la inhibición de la respiración. Una posible solución a esto podría ser el lavado de los frutos antes del transporte o almacenaje, para así eliminar el producto adherido a éstos.

Dinocap

Este fungicida del grupo de los dinitrofenoles se ha empleado con éxito desde hace más de treinta años sin haberse detectado resistencias en los oídios. Está autorizado para su empleo en todas las cucurbitáceas y, a pesar de ser un antioídio de contacto, presenta actividad curativa además de preventiva, pero, debido a su toxicidad sobre todo en los procesos reproductivos de mamíferos, deben extremarse las precauciones en la aplicación. Es activo hasta los 3 °C de temperatura, no debe aplicarse por encima de 33 °C, no es fitotóxico en cucurbitáceas a las dosis establecidas y podemos encon-

trarlo formulado junto con azufre y miclobutanil.

Clortalonil

Fungicida de amplio espectro del grupo de los hidrocarburos aromáticos, pero que a diferencia de éstos, que son sistémicos, es de contacto y tiene múltiples dianas. Al igual que el dinocap, presenta acción preventiva y curativa frente al oídio. Está autorizado para su uso en todas las cucurbitáceas excepto en el calabacín y se formula también con metil tiofanato y tetraconazol. Este producto está catalogado como carcinogénico, por lo que debe aplicarse con precaución.

Quinometonato

Pertenece al grupo de las quinoxalinas y es efectivo en el control preventivo y curativo de los oídios, ejerciendo cierta acción antiesporulante. A diferencia de los anteriores fungicidas de contacto, tiene una única diana que es la membrana celular del hongo. Está autorizado para su uso en to-

das las cucurbitáceas, aunque no debe utilizarse con otros productos fitosanitarios ni en estrategias de control en las que se emplee el hiperparásito *Ampeomyces quisqualis*, ya que es altamente tóxico para éste.

Fungicidas sistémicos para control de oídio

Éste es el grupo con mayor representación dentro de los antioídios, pero también es el grupo con un mayor índice de resistencias detectadas y un riesgo más elevado de aparición de nuevas resistencias. De las diecisiete materias activas autorizadas, cuatro presentan un riesgo muy alto de aparición de resistencias y el resto un riesgo medio. En este caso, la descripción de estos antioídios se hará agrupada y atendiendo al modo de acción específico de cada grupo:

Inhibidores de la síntesis de ácidos nucleicos

En este grupo únicamente hay un representante de este tipo de fungicidas que es el bupirimato, un compuesto específico frente a oídios que inhibe la germinación de las esporas. Está autorizado para todas las cucurbitáceas y, 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. Presentan un riesgo medio de aparición de resistencias que pueden ser cruzadas frente a otros fitosanitarios sistémicos (**cuadro I**).

Inhibidores de la mitosis y la división celular

El metil tiofanato es el único representante de este grupo y está indicado para el control del oídio, excepto en la sandía. Podemos encontrarlo combinado junto con triflumizol para combatir oídios y royas al mismo tiempo. También es efectivo frente a endoparásitos como el oídio del tomate *Leveillula taurica*, para lo cual también se formula con clor-

talonil. El riesgo de aparición de resistencias es alto y la resistencia cruzada se ha descrito entre otros miembros del grupo. Por ello es necesario el uso 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 emplear este antioídio sólo 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. Al igual que el clortalonil, este producto está catalogado como carcinogénico, por lo que debe aplicarse con precaución (cuadro I).

Inhibidores de la respiración

Azoxistrobin, kresoxim-metil y trifloxistrobin son los tres antioídios de la familia de las estrobilurinas que forman este grupo. Introducidos en el mercado en una fecha relativamente reciente, 1996, estos fungicidas combaten hongos muy alejados taxonómicamente mediante la inhibición de la germinación de las esporas, el crecimiento miceliar y la esporulación, presentando actividad preventiva, curativa y erradicante. El trifloxistrobin se considera un fungicida mesosistémico, ya que aunque actúa principalmente por contacto, se transporta translaminarmente por difusión y es capaz de actuar sobre otras plantas del cultivo por vapor. Presenta restricción de uso en sandía y calabaza, mientras que azoxistrobin y kresoxim-metil están autorizados en todas las cucurbitáceas. Se caracterizan por tener un elevado riesgo de desarrollo de resistencia que es cruzada entre los tres fungicidas sin excepción. En todos los casos se aconseja aplicar como máximo tres tratamientos con este tipo de fungicida por cultivo y nunca realizar aplicaciones consecutivas con estrobilurinas. Además, se recomienda tratar, o bien alternativamente o bien mediante mezcla compatible, con otro fungicida con un mecanismo de acción diferente preventiva-

mente o coincidiendo con el inicio de los síntomas de la enfermedad. El kresoxim-metil es un producto carcinogénico, por lo que deben tomarse las medidas oportunas tanto en la aplicación como en la manipulación posterior (cuadro I).

Inhibidores de la transducción de señales

El quinoxifen es el único antioídio autorizado de este grupo y está permitido únicamente en el control del oídio del melón. Provoca la inhibición de la germinación de la espora del hongo y es capaz de actuar en zonas no tratadas a través del vapor, al igual que ocurría con el trifloxistrobin. Se emplea fundamentalmente como preventivo y como curativo, pero en este caso mezclado junto con otro fungicida compatible, debido a que el riesgo de aparición de resistencias es moderado (cuadro I).

Inhibidores de la demetilación de esteroides

Los fungicidas inhibidores de la demetilación (DMI) son hoy por hoy el único grupo de inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE) recogidos en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios para su uso en cucurbitáceas frente al oídio. Representan una de las clases de fungicidas más potentes disponibles para el control de muchos patógenos económicamente importantes y de las veintidós materias activas autorizadas en cucurbitáceas, diez son inhibidores de la demetilación, lo cual nos da una idea de la relevancia de dichos compuestos en el control de la enfermedad causada por este hongo. Empleados desde la década de los setenta tanto en medicina como en agricultura, los DMI se encuentran divididos a su vez en varios grupos y su acción se basa en la modificación cualitativa de los lípidos de la membrana fúngica, y son muy efectivos frente a Ascomycetos, Basidiomycetos y Deuteromycetos.

Los grupos de fungicidas DMI se pueden resumir en:



La Agricoltura de Calidad parte de las raíces

TOP 24



Nueva Transplantadora TOP 24
Un Operador cada 2 hileras
Distancia entre hileras regulable
de cm 60 a cm 120



Tecnologías para horticultura
Tecnologías para horticultura

PREGUNTEN NUESTRO CATALOGO.

ACOLCHADORAS • TRASPLANTADORAS TAMBIEN COMBINADAS
ENTABLONADORAS • PLANTADORAS DE PAPAS • APORCADORES
ARRANCADORAS DE PAPAS

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA
Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611
www.checchiemagli.com info@checchiemagli.com

Pirimidinas

El fenarimol es el único antioído de este grupo y está autorizado para el tratamiento de la enfermedad en todas las cucurbitáceas. De naturaleza localmente sistémica, ejerce una acción tanto curativa como preventiva frente a muchos hongos, aunque se recomienda realizar los tratamientos preventivamente y, en el caso de que deba aplicarse de forma curativa, es aconsejable usar dosis altas al principio y continuar con las dosis normales de aplicación del producto (**cuadro I**).

Imidazoles

Imazalil y triflumizol se encuadran en este otro grupo de fungicidas DMI. El primero se encuentra autorizado para su uso en todas las cucurbitáceas, aunque únicamente en aquellas cultivadas en invernadero, ya que en cultivos al aire libre queda prohibido su uso debido al elevado riesgo de contaminación de las aguas. El segundo, sin embargo, puede aplicarse en ambos tipos de cultivos, aunque su uso se restringe a pepino, melón y sandía, quedando excluidos calabaza y calabacín. Este producto se caracteriza por penetrar muy rápidamente en la hoja, actúa así sobre ecto y endoparásitos (como *Leveillula taurica*) y presenta actividad tras una lluvia producida después de la aplicación del producto. Puede combinarse con azufre en tratamientos preventivos en los que se empleará la dosis mínima (**cuadro I**).

Triazoles

Actualmente existen recogidos siete productos de este grupo para su uso en cucurbitáceas. Cuatro de ellos, ciproconazol, miclobutanil, tetraconazol y triadimenol, no presentan restricciones en este cultivo, mientras que en el resto, hexaconazol, tebuconazol y penconazol, existen limitaciones, ya que los dos primeros únicamente están indicados para calabacín y pepino y el tercero en melón y sandía. Son productos efectivos recomendados para el control de las fases iniciales de la enfermedad, aunque también pueden ser empleados en trata-

mientos curativos, aplicando para ello dosis más altas. En algunos casos, la adición de un buen mojante mejora la acción de estos productos (**cuadro I**).

Todos son fungicidas sistémicos o localmente sistémicos, como es el caso del fenarimol, usados como preventivos y curativos, aunque presentan grandes diferencias en cuanto a espectro de acción, por lo que para mejorar esto y de paso evitar la aparición de resistencias, es cada vez más habitual encontrarlos formulados junto con un antioído de contacto o bien con un producto específico con un mecanismo de acción diferente, como hemos visto en la mayoría de productos comentados anteriormente. El riesgo de aparición de resistencias en estas sustancias es moderado, y se

cas particulares del cultivo, no sea posible nada de lo anterior, deben reservarse aplicaciones de DMI para las fases críticas de dicho cultivo.

Resistencia

La aparición de resistencias es un fenómeno evolutivo natural de los sistemas biológicos como consecuencia de la presión de selección del medio. En el caso de un cultivo, el fungicida aplicado por el agricultor constituye un agente selectivo que empuja al patógeno a evolucionar para desarrollar resistencia y poder hacer frente a dicho agente selectivo. Como consecuencia de esto, el uso prolongado de un fungicida en particular, generalmente sistémico, provoca el desarrollo rápido



Micrografía de fluorescencia del desarrollo de oidio sobre una hoja de melón. Los puntos fluorescentes corresponden a lugares de penetración de los haustorios del hongo.

ha demostrado en ciertos casos que este tipo de resistencia es cruzada en fungicidas DMI activos frente a un mismo hongo. No obstante, no parece existir, o por lo menos aún no se ha detectado, resistencia cruzada con otros grupos de fungicidas IBE. Por ello 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. Cuando, debido a las característi-

de resistencia en las poblaciones del patógeno debido a la presión continua ejercida por el fungicida sobre éste, mientras que el empleo de la alternancia o mezcla de productos con distinto mecanismo de acción, frena la aparición de resistencias debido a que el patógeno es sometido a una presión selectiva cambiante y por tanto más difícil de superar. La introducción de nuevas clases de químicos ofrece nuevas oportunidades para un manejo de la resistencia más efectivo, y los distintos mecanismos de acción actualmente disponibles deben ser utilizados para conseguir un ópti-

mo rendimiento en cuanto a producción y protección de los cultivos. Sin embargo, no hay que olvidar que el uso de fungicidas es sólo 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 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 que nos permita determinar la estrategia adecuada a seguir. A modo de resumen, hacemos a continuación una serie de recomendaciones generales que, en cada caso, deberán adaptarse al producto en cuestión y que pueden hacerse extensibles al control de otras enfermedades:

- 1.- Seleccionar la estrategia más oportuna para el control de la enfermedad en cada momento.
- 2.- Recurrir al uso de fungicidas únicamente en casos justificados.
- 3.- Seguir en todos los casos las recomendaciones del fabricante y contar con un asesoramiento adecuado.
- 4.- Utilizar mezclas o alternancias de dos o más productos con distinto mecanismo de acción. No basta con que pertenezcan a grupos químicos deferentes pues, como ya hemos visto, puede existir resistencia cruzada entre ellos. Todos los productos así empleados deben ser compatibles con el cultivo.
- 5.- Limitar el uso de fungicidas con un riesgo elevado de desarrollar resistencias.
- 6.- Efectuar los tratamientos, cuando sea posible, en las fases tempranas de la enfermedad.
- 7.- Usar las dosis recomendadas por el fabricante en tratamientos curativos.
- 8.- Tomar las debidas precauciones a la hora de aplicar el producto, tanto a nivel del aplicador como del medio ambiente. ■