

## Penthiopyrad: nuevo fungicida de amplio espectro para el control eficaz de hongos fitopatógenos en cultivos hortícolas

Tomás Márquez (Marketing. DuPont Protección de Cultivos. Barcelona).  
Adolfo Rubio y David De-Scals (Desarrollo. DuPont Protección de Cultivos. Murcia).

### INTRODUCCIÓN

Penthiopyrad (DPX-LEM17) es una nueva molécula fungicida de amplio espectro perteneciente a la familia química de las carboxamidas. Fue descubierta por Mitsui Chemicals Agro y ha sido desarrollada por DuPont en Europa, América del Norte y del Sur, Australia y Nueva Zelanda, para la protección eficaz de diversos cultivos (hortícolas, frutales y cereales, entre otros).

Penthiopyrad ofrece muy buen control preventivo y curativo a dosis de 150-400 g .i.a/ha. Dentro de su espectro de actividad se incluyen hongos ascomicetos y basidiomicetos de gran relevancia, como botritis, esclerotinia, oídio, alternaria, roya, septoria o estemfilium en cultivos hortícolas, moteado, oídio, moniliosis y estemfilium en frutales de pepita y de hueso, y septoriosis y helmintosporiosis en cereales.

Penthiopyrad pertenece al grupo de los fungicidas SDHI. Está incluido en el grupo 7, según la clasificación del F.R.A.C. y no posee resistencia cruzada con otras familias de fungicidas.

Penthiopyrad actúa sobre la respiración del hongo, fijándose a las mitocondrias en el complejo respiratorio II. Bloquea la germinación de las esporas y el desarrollo del micelio, induciendo una rápida acción letal al privar al hongo de la energía necesaria para su normal funcionamiento. Penthiopyrad aporta un excelente control preventivo y una actividad de post-infección (control curativo) y posee una buena persistencia de acción. Está dotado de actividad translaminar, movimiento acropétalo de tipo local, una buena capacidad de redistribución y una excelente resistencia al lavado por lluvia.

El perfil de penthiopyrad es compatible con los requisitos de Producción Integrada y/o Gestión Integrada de Plagas y constituye una alternativa de interés para los programas de prevención y gestión de resistencias.

Actualmente este nuevo fungicida está en trámite de autorización en España, habiéndose presentado a registro un formulado SC conteniendo 200 g/litro de penthiopyrad (Fontelis®).

En este artículo se va a describir el uso de penthiopyrad para el control de botritis y esclerotinia en cultivos hortícolas, tanto de hoja como de fruto.

PALABRAS CLAVES: penthiopyrad, carboximida, SDHI, botritis, esclerotinia, cultivos hortícolas.

### Propiedades físico-químicas

Las propiedades físico-químicas de penthiopyrad aparecen reflejadas en la Tabla 1 y guardan una estrecha relación con el comportamiento de dicha molécula en el interior de los tejidos vegetales.

Penthiopyrad posee una baja solubilidad en agua. Sus propiedades lipofílicas le confieren asimismo una gran afinidad por las ceras epicuticulares y una buena resistencia al lavado por lluvia.

### Perfil toxicológico, ecotoxicológico y medioambiental

Penthiopyrad presenta un bajo riesgo para mamíferos, aves, abejas y fauna auxiliar, lombrices y microorganismos del suelo.

Penthiopyrad se degrada rápidamente en el suelo, mediante fenómenos de oxidación, actividad microbiana y fotólisis. La tasa de degradación ( $DT_{50}$ ) de penthiopyrad en condiciones de campo en Europa oscila entre 0.4-8.9 días.

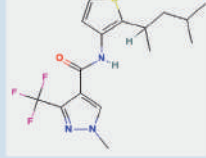
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PENTHIOPYRAD	
Nombre químico (IUPAC)	1-Methyl-N-[2-(4-methylpentan-2-yl)thiophen-3-yl]-3-(trifluoromethyl)pyrazole-4-carboxamide
Nombre común	penthiopyrad
Clase química	pirazol carboxamida
Código DuPont	DPX-LEM17
Nº CAS	183675-82-3
Estructura molecular	
Fórmula molecular	C <sub>23</sub> H <sub>39</sub> F <sub>3</sub> N <sub>3</sub> OS
Peso molecular	359.4097
Aspecto físico	sólido de color blanco e inodoro
Punto de fusión	103-105 °C
Densidad	1.3 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	1.38 mg/l (pH 7)
Presión de vapor	2.96 x 10 <sup>-6</sup> Pa ( 20°C)
Log P (Kow)	4.62 (pH 7)

Tabla 1. Propiedades físico-químicas.

El uso de penthiopyrad (Fontelis® 20% SC) de acuerdo con las Buenas Prácticas Agrícolas, ofrece un bajo riesgo desde el punto de vista toxicológico, ecotoxicológico y medioambiental, y es un fungicida compatible con los requisitos de seguridad para el usuario, el consumidor, la fauna y el medio ambiente (Tabla 2).

## Modo de acción

Penthiopyrad es un fungicida perteneciente a la familia química de las pirazol-carboximidias. Se fija a la proteína succinato dehidrogenasa (SDH) en el complejo respiratorio II, inhibiendo su actividad, de ahí que se englobe dentro del grupo de fungicidas comúnmente conocidos como SDHI.

Esta proteína juega un papel fundamental en 2 importantes rutas respiratorias, el ciclo del ácido cítrico y el transporte de electrones a nivel mitocondrial. El efecto directo de penthiopyrad provoca la inhibición de ambas rutas metabólicas.

A diferencia de otros fungicidas SDHI, penthiopyrad posee una potente actividad curativa de post-infección sobre un rango importante de hongos patógenos.

El anillo tiofeno conteniendo azufre (S) acoplado con su cola alifática (ver estructura molecular en Tabla 1) facilita que penthiopyrad pueda penetrar más rápidamente en las células fúngicas, bloqueando la capacidad de las mitocondrias de producir energía para el hongo. Una vez que esta capacidad celular se ve alterada, el hongo no puede regular sus propios procesos biológicos y, literalmente, se autodestruye.

Penthiopyrad actúa de forma preventiva inhibiendo la germinación de las esporas y el crecimiento del micelio. El control curativo durante la fase de incubación del hongo se manifiesta mediante la inhibición de su desarrollo y la destrucción del micelio que se hubiera formado.

## Comportamiento de penthiopyrad en el interior de la planta

Tras la aplicación, un porcentaje de penthiopyrad permanece en la superficie de los órganos vegetales tratados, ejerciendo un control preventivo y estando igualmente sometido a fenómenos de redistribución en los tejidos vegetales por efecto de la lluvia o del riego.

Un porcentaje importante de penthiopyrad, gracias a sus propiedades lipofílicas, permanece fuertemente asociado a las ceras epicuticulares presentes en hojas y frutos, quedando al abrigo del lavado potencial por lluvia y/o riego. Esta reserva de ingrediente activo se difunde lentamente, contribuyendo de este modo a potenciar su control preventivo y su óptima persistencia de acción (control residual). Una parte de esta reserva es absorbida y vehiculada localmente en el xilema (sistema acropétalo de tipo local) en el interior de los tejidos. Gracias a ello se facilita un excelente control de los hongos sensibles (control curativo) que se ve complementado con la actividad translaminar. Cabe resaltar que la actividad fungitóxica de penthiopyrad es independiente de las condiciones climáticas.

## Formulación

Penthiopyrad se comercializará en España bajo la marca Fontelis®, formulado como suspensión concentrada (SC), con un 20% de materia activa (200 g/l). Los datos generados hasta la fecha en los diferentes países confirman una excelente compatibilidad física con otros formulados susceptibles de ser utilizados en la protección fitosanitaria de los cultivos en los que se autorizará su uso. Las características particulares de la formulación facilitan que no se produzca manchado sobre la masa foliar o los frutos tratados, atributo especialmente valorado en el caso de los cultivos hortícolas.

TOXICOLOGÍA	
DL <sub>50</sub> oral aguda, rata	>2000 mg/kg pc (> 5000 mg/kg Fontelis®)
DL <sub>50</sub> dermal aguda, rata	>2000 mg/kg pc (> 5000 mg/kg Fontelis®)
Irritación ocular (conejo)	No irritante
Irritación cutánea (conejo)	No irritante
Sensibilización cutánea (cobaya)	No sensibilizante
Mutagénesis	Sin efectos
Reproducción	Sin efectos
Neurotoxicidad	Sin efectos
Carcinogénesis	Sin efectos
ECOTOXICOLOGÍA	
Aves	Baja toxicidad y bajo riesgo
Peces y microorganismos acuáticos	Bajo riesgo
Abejas	No tóxico para abejas
Artrópodos beneficiosos	Sin efectos adversos
Lombrices de tierra	Sin efectos adversos

Tabla 2. Toxicología, ecotoxicología y perfil medioambiental.



Figura 1. Síntomas de botritis en los cultivos hortícolas (de izqda. a drcha.: tomate, pimiento y calabacín).

Fontelis®, utilizado de acuerdo a las recomendaciones de la etiqueta, ofrece un excelente nivel de selectividad en los cultivos ensayados, en cualquier estado vegetativo. Cabe resaltar el perfil sumamente respetuoso con los cultivos hortícolas. En los numerosos ensayos realizados no se ha detectado ningún síntoma de fitotoxicidad ni ningún efecto adverso sobre el normal desarrollo (brotación, floración, crecimiento del fruto, maduración,...) ni sobre las cualidades organolépticas o gustativas de las hortalizas tratadas con dicho fungicida.

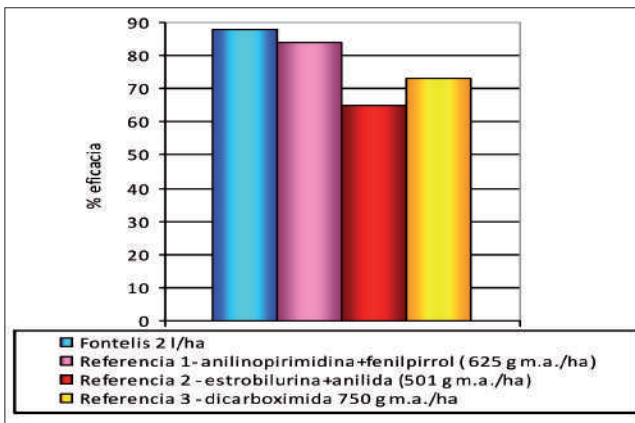
## Espectro de actividad en cultivos hortícolas

El espectro de actividad de penthiopyrad en hortalizas incluye un amplio número de enfermedades de gran relevancia: botritis (*Botrytis cinerea*), esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*), alternariosis (*Alternaria* spp.), oídio (*Oidiopsis* (*Leveillula taurica*, *Erysiphe* spp., *Oidiopsis* spp., *Sphaeroteca* spp), septoriosis (*Septoria* spp.), roya (*Puccinia* spp.), estemfiliosis (*Stemphyllium* spp.). Varios de estos hongos, de no ser adecuadamente controlados, son susceptibles de causar pérdidas importantes que impactan directamente en la calidad y la cantidad de cosecha.

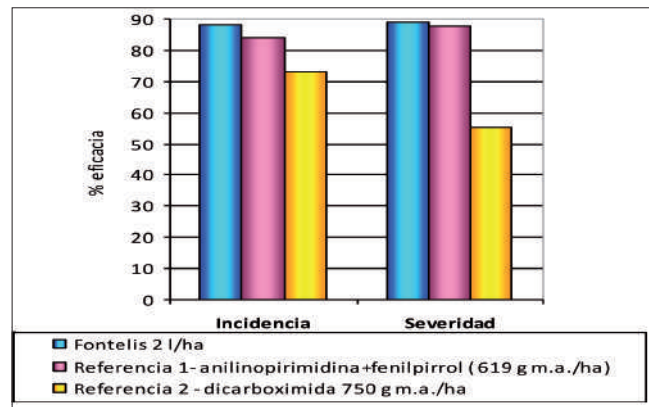
En España, en una primera fase, se han solicitado los usos autorizados de Fontelis® en botritis y esclerotinia, si bien se continuará con el trabajo de desarrollo de dicha molécula con el fin de poder incluir progresivamente otras enfermedades de interés.

## Prevención de resistencias

Penthiopyrad está incluido en el grupo 7 (carboximidias) según la clasificación del F.R.A.C. No presenta resistencia cruzada con otras familias de fungicidas (benzimidazoles, dicarboximidias, fenilpirroles anilinoimidinas, hidroxianilidas, pirazolinonas, DMI, Qoi,...). Es eficaz como herramienta de prevención y gestión



**Figura 3. Resultados de eficacia de penthiopyrad (Fontelis®) en el control de botritis en tomate (*B. cinerea*). Media de 8 ensayos realizados en España. Porcentaje medio de daño en fruto en testigo: 18%**



**Figura 4. Resultados de eficacia de penthiopyrad (Fontelis®) en el control de esclerotinia en lechuga (*S. sclerotiorum*). Media de 6 ensayos (incidencia) y 3 ensayos (severidad) realizados en España. Porcentaje medio de afectación en testigo: 25.4% (incidencia); 19.3% (severidad).**

de resistencias, al controlar cepas de hongos resistentes a otros fungicidas que poseen distinto mecanismo de acción.

Con el fin de prevenir y/o minimizar la aparición de resistencias, DuPont ha desarrollado penthiopyrad en línea con las estrategias correctas de prevención y gestión de resistencias, según las directrices del F.R.A.C. El grupo de trabajo para los fungicidas SDHI, en el caso de cultivos hortícolas recomienda con respecto al número total de tratamientos fungicidas utilizados en los programas por cultivo, no aplicar más de la tercera parte de los tratamientos a base de fungicidas SDHI en caso de utilizarse solos, o no más de la mitad en caso de aplicarse en mezcla.

### Condiciones de aplicación en cultivos hortícolas

El excelente perfil de penthiopyrad permite una fácil integración dentro de las estrategias o programas de tratamientos destinados al control de botritis y esclerotinia en cultivos hortícolas tanto de fruto (solanáceas, cucurbitáceas, fresa,..), como de hoja (lechuga).

Fontelis® puede aplicarse en cualquier estado vegetativo de los cultivos, gracias a su buena selectividad. Debe aplicarse en tratamientos preventivos, en los estados iniciales de desarrollo de las enfermedades a controlar, con el objetivo de evitar la instalación del hongo e impedir el inicio y/o el progreso de la infección.

La dosis óptima de penthiopyrad para el control de botritis y de esclerotinia en los cultivos mencionados anteriormente, y bajo condiciones de riesgo de enfermedad, es de 400 g/ha, equivalentes a 2 l/ha de Fontelis®.

En el dossier registro presentado al MAGRAMA se ha solicitado un máximo de 2 tratamientos de Fontelis® por ciclo de cultivo y unos plazos de seguridad que están perfectamente en línea con los requisitos necesarios para los cultivos hortícolas en los que estará autorizado su uso.

### Resultados de eficacia

La eficacia de Fontelis® en cultivos hortícolas ha sido contrastada a través de numerosos ensayos de campo realizados tanto en España como en otros países productores del Sur de Europa.

Fontelis® ofrece una eficacia de alto nivel sobre botritis y esclerotinia, generalmente superior a la de los estándares de referencia actualmente disponibles en el mercado.

### Conclusiones

Penthiopyrad es un nuevo fungicida perteneciente a la familia de las carboximidias. Posee un amplio espectro de actividad y un alto nivel de eficacia sobre diversos hongos problemáticos que afectan a cultivos tales como hortalizas y frutales, entre otros.

Penthiopyrad está dotado de un excelente control preventivo y curativo y una buena persistencia de acción. En lo que respecta a su comportamiento en la planta, posee actividad translaminar, sistema acropétalo local así como una buena capacidad de redistribución. Su afinidad por las ceras epicuticulares y su baja solubilidad en agua le confieren una excelente resistencia al lavado por lluvia.

Penthiopyrad se comercializará en España bajo la marca Fontelis®, una suspensión concentrada (SC) conteniendo 200 g/l de i.a.

El registro de Fontelis® en España se solicitará para el control de botritis y esclerotinia en hortícolas de fruto (solanáceas y cucurbitáceas) y de hoja (lechuga) con una dosis de uso de 400 g/ha de penthiopyrad, equivalente a 2 l/ha de Fontelis®.

El perfil de Fontelis® es compatible con los requisitos de Producción Integrada y/o Gestión Integrada de Plagas. Este nuevo fungicida de DuPont constituye una clara alternativa para ser integrada en los programas de control de botritis y esclerotinia en cultivos hortícolas.

## BIBLIOGRAFÍA

DUPONT INTERNAL DOCUMENTS - Penthiopyrad technical summary.

PEROTIN B., PIERRE S., SHEPHERD C., SMITH S., GEDDENS R. *Le penthiopyrad, un nouveau fongicide large spectre: mode d'action biologique sur blé.*

AFPP -10<sup>e</sup> conférence Internationales sur les maladies des plantes. Tours. Dec 2012

BERGOUNOUX P., ROUGIER P., HINH E. *Intérêt du penthiopyrad dans la lutte contre les principales maladies des fruits à pépins.*

AFPP -10<sup>e</sup> conférence Internationales sur les maladies des plantes. Tours. Dec 2012