

Control de enfermedades en cereales de invierno

María del Mar Cátedra Cerón.

Dra. Ingeniera Agrónoma. IFAPA-Centro Rancho de la Merced. Jerez Frontera. (Cádiz). Junta de Andalucía.

La incidencia de enfermedades criptogámicas foliares constituye uno de los principales factores limitantes de la producción de cereales de invierno en España. Las pérdidas económicas asociadas dependen del patógeno, del cultivo y de las condiciones ambientales para su desarrollo. El conocimiento de estos factores es la clave para establecer las estrategias de control de estas enfermedades.

A nivel mundial, los cereales suponen más de dos terceras partes de los alimentos de origen vegetal, ocupando más del 56% de la tierra arable del mundo. En España se cultivan actualmente 6,3 millones de hectáreas (Mha) de cereales. De ellas, 5,7 corresponden a cereales de invierno, repartidas entre cebada (3,2 Mha), trigo harinero (1,3 Mha), trigo duro (0,5 Mha) y otros cereales (avena, centeno y triticale). La producción correspondiente durante la campaña 2006/07 ha sido de 11,6 millones de toneladas (Mt) de cebada, 5,1 Mt de trigo harinero y 1,2 Mt de trigo duro (MAPA, 2007).

La incorporación de nuevas variedades de cereales de invierno procedentes de programas de mejora públicos y/o privados han aportado material vegetal, principalmente de trigo duro y trigo harinero, que se adapte a la demanda del sector cerealista, siendo objetivos prioritarios la obtención de variedades comerciales con productividad elevada y estable, calidad del grano y de la sémola, fenología adaptada a las zonas de cultivo y resistencia a estrés de tipo biótico (plagas y enfermedades) y abiótico.



Paralelamente al desarrollo de variedades de alto rendimiento se ha producido un incremento del uso de fitosanitarios para el control de enfermedades, ya que no cabe duda de que son las enfermedades, y concretamente las fúngicas, las que limitan la producción de rendimientos en el cultivo de cereales en general, y en los trigos en particular. Determinar la incidencia, severidad y evolución de estas enfermedades resulta imprescindible para la conseguir no sólo elevados rendimientos sino también para procurar la sostenibilidad de estos cultivos.

Las enfermedades foliares causadas por hongos constituyen uno de los principales factores limitantes del rendimiento y calidad de los cereales de invierno en la actualidad. El control de estas enfermedades permite obtener mayores rendimientos y contribuye a reducir las oscilaciones de producción de unos años a otros. Las principales enfermedades fúngicas que afectan a los cultivos de cereales de invierno en España se describen a continuación.

Síntomas y pérdidas económicas causadas por enfermedades foliares

Royas

Las royas son una de las enfermedades más importantes de muchos cultivos y afectan a los cereales de invierno en todas las áreas de cultivo de los mismos, causando importantes pérdidas económicas en las explotaciones agrarias.

Las royas de los cereales de invierno, causadas por diversas especies del género *Puccinia*, son consideradas como el grupo de enfermedades más importantes de los cereales y han sido asociadas con relevantes pérdidas económicas a nivel mundial.

La roya de la hoja o roya parda, producida por el hongo *Puccinia triticina* es la más extendida a nivel mundial, pudiendo causar epidemias en todas las áreas de cultivo del trigo duro, trigo harinero y triticale. Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan con pústulas ovaladas de color marrón rojizo, diseminadas por las vainas foliares y en el haz de las mismas, donde emergen a través de la epidermis exponiendo las masas de esporas (urediosporas) (**fotos 1 y 2**). Para su desarrollo óptimo se necesita humedad elevada y temperaturas medias en torno a 15-25°C, pudiendo llegar a colonizar la mayor parte de la superficie fotosintética de la planta si las condiciones ambientales favorables se mantienen durante dos o tres semanas. En España, las condiciones que favorecen el desarrollo de esta enfermedad suelen coincidir con las condiciones que favorecen al cultivo, por lo que su principal efecto consiste en limitar el rendimiento y calidad los años de mayor potencial productivo.

La roya de la hoja de la cebada producida por *Puccinia hordei* se presenta en extensas áreas de cultivo de cebada a nivel mundial. La etiología, patogénesis y ciclo de vida es muy similar a *P. triticina*, por lo que temperaturas en torno a 20°C suelen ser óptimas para su desarrollo.



Fotos 1 y 2. *Puccinia triticina*.

La roya de la hoja de la avena, causada por *Puccinia coronata*, es una enfermedad importante de este cereal, pero no afecta a otros cereales cultivados. Su sintomatología se caracteriza por presentar pústulas principalmente en hojas, pequeñas, ovales, de color anaranjado brillante. Su desarrollo se ve favorecido por condiciones ambientales similares a las que favorecen el desarrollo de *P. triticina* y *P. hordei*.

La roya amarilla o lineal, causada por el hongo *Puccinia striiformis*, es una enfermedad que ataca seriamente al trigo duro, trigo harinero y cebada y es moderadamente patogénica para triticale, centeno y algunos pastos. Sus síntomas se caracterizan por líneas de esporas angostas y amarillas, preferentemente en hojas y espiguillas (**foto 3**). El desarrollo de esta enfermedad se ve favorecido por ambientes con temperaturas más bajas que las óptimas para el desarrollo de la roya parda, en torno a los 10-15°C. Temperaturas medias superiores a 20°C suelen detener el progreso de la enfermedad.

La roya del tallo o roya negra (*Puccinia graminis*) es una enfermedad que afecta a los cultivos de trigo, cebada, triticale, avena y centeno. Los síntomas de la enfermedad aparecen más comúnmente en tallos y vai-

La elevada diversidad biológica y genética de los microorganismos que causan enfermedades en los cereales permite que se distribuyan en todos los ambientes de crecimiento de estos cultivos y produzcan importantes pérdidas económicas que justifican tomar medidas de control



Foto 3. Roya amarilla.

Foto 4. *Septoria tritici*.

nas foliares, pero hojas y espigas pueden también infectarse. Las pústulas son más grandes que las producidas por la roya parda y la roya amarilla, ovaladas o alargadas de color marrón oscuro y con residuos de tejido epidérmico en sus márgenes. Su desarrollo se ve favorecido por temperaturas superiores a 20°C, por lo que no suele producir epidemias en las áreas de cultivo de cereales de la Península, al encontrarse el cultivo en estados de senescencia y maduración, debido a un mecanismo de escape a la enfermedad.

Septoriosis

Las septoriosis del trigo están consideradas como una de las principales enfermedades del trigo a nivel mundial. La distribución de la enfermedad es general, produciéndose ataques de importancia econó-

mica en todas las áreas de cultivo del trigo. En España es considerado como uno de los patógenos de trigo responsable de las mayores pérdidas de rendimiento de este cultivo.

La mayor parte de las epidemias de septoria son producidas por *Septoria tritici* (teleomorfo: *Mycosphaerella graminicola*). Los primeros síntomas de la infección sobre la superficie foliar del cultivo de trigo se manifiestan como lesiones cloróticas irregulares que suelen aparecer cinco o seis días después de la penetración de la picnidiospora. Cuando se desarrolla la enfermedad, en un periodo comprendido entre los 14 y 40 días desde el inicio de la infección, las lesiones se extienden con rapidez y tornan a color ceniza (lesiones necróticas), apareciendo los picnidios (puntos negros) de color oscuro distribuidos por toda el área necrótica (foto 4), que pueden llegar a coalescer y ocupar el área foliar. Cuando los picnidios maduran liberan las picnidiosporas. La dispersión de estas conidias por las salpicaduras de las gotas de lluvia resulta ser el factor determinante para producir epidemias severas, debido al movimiento vertical de la enfermedad en sentido ascendente, colonizando el patógeno las hojas superiores de la planta y pudiendo de este modo llegar a ocupar la totalidad del área foliar. El grado de contaminación de la enfermedad es elevado en años de intensas lluvias y, especialmente, cuando las lluvias primaverales tardías persisten desde el fin de la fase de ahijamiento hasta el espigado. Si la humedad y la temperatura son favorables, en torno a 10-15°C y elevada humedad ambiental, la enfermedad se propaga con rapidez. De forma contraria, la sequía y el clima cálido previenen la infección y la diseminación de la enfermedad.

En la década de los 90 tan sólo en dos ocasiones, en 1996 y 1998, se produjeron epidemias naturales de *Septoria tritici* causando daños de importancia económica en el cultivo del trigo duro en el sur de España. Sin embargo, en los últimos años se han producido epidemias naturales de este patógeno en numerosas localidades de Andalucía, lo que está motivando el uso generalizado de fungicidas. En muchos casos han sido necesarias dos o más aplicaciones por la larga duración de las epidemias que fueron seguidas de otras igualmente graves de roya de la hoja, *Puccinia triticina*, motivando importantes pérdidas de rendimiento.

Oídio

El oídio es una enfermedad foliar de los cereales producida por *Blumeria graminis*. Es una enfermedad bastante extendida que incide de forma particular sobre áreas húmedas de cultivo de trigo harinero, trigo duro y cebada, aunque también afecta a triticale, avena y centeno. Su desarrollo se ve favorecido por clima húmedo (75-100% humedad relativa) y temperaturas en torno a 15-22°C.

El agente patógeno que causa la enfermedad es un hongo biotrofo. Los primeros signos de la enfermedad aparecen como colonias de micelio blanquecino sobre la superficie foliar (foto 5) y tallos, pudiendo llegar a extenderse hasta la espiga si las condiciones para su desarrollo son favorables. Los años con inviernos caracterizados por periodos secos tras las primeras lluvias suelen favorecer el desarrollo de la enfermedad en las variedades susceptibles, dando lugar a epidemias tempranas que pueden llegar a ser muy graves. Temperaturas medias,

El conocimiento científico está permitiendo un progreso continuo en el control de las enfermedades de los cereales mediante resistencia genética, métodos químicos y prácticas culturales



Foto 5. *Blumeria graminis* sp. *tritici*.

elevada humedad relativa y gran densidad de plantas favorecen el desarrollo del patógeno. Dichas condiciones ambientales óptimas son frecuentes especialmente durante la fase de ahijamiento y encañado.

El manejo de esta enfermedad debería basarse en la utilización de variedades resistentes ya que la persistencia de los fungicidas disponibles no es suficiente para proteger a la planta durante casi todo su ciclo y, dada la creciente importancia de otras enfermedades foliares, como son royas y septoria, que obligan al agricultor a realizar tratamientos en el momento de desarrollo de la hoja bandera, se hace prioritaria la incorporación de genes de resistencia a oídio en las nuevas variedades comerciales para evitar la necesidad de tratamientos adicionales en los estados juveniles del cultivo.

Helminthosporiosis

Varias especies del género *Helminthosporium* son patógenos importantes de los cultivos de cereales de invierno. *H. sativum* ataca los cultivos de trigo, cebada, triticale y algunos pastos, mientras que centeno y avena no suelen afectarse. Sus síntomas se caracterizan por presentar manchas foliares necróticas, así como pudriciones de raíces y coronas. Su desarrollo se ve favorecido por humedad y temperaturas superiores a 20°C.

La mancha amarilla de la hoja es una enfermedad producida por el hongo *H. tritici-repentis* (teleomorfo *Pyrenophora tritici-repentis*). Afecta a los cultivos de trigo duro, trigo harinero, triticale, y en menor medida a cebada y centeno. Sus síntomas se inician con pequeñas manchas de color oscuro en las hojas rodeadas de un halo necrótico ovalado con bordes amarillos (foto 6). Las temperaturas adecuadas para su desarrollo oscilan entre los 15-25°C. Los periodos de intenso rocío favorecen la diseminación de la infección. Se ha constatado la importancia creciente de esta enfermedad en áreas trigueras del sur de España durante las últimas campañas. Por otra parte, la helminthosporiosis de la

cebada causada por el hongo *H. teres* presenta manchas foliares necróticas rodeadas por un halo amarillento. Al igual que la enfermedad producida por *H. tritici-repentis*, *H. teres* necesita humedad y temperaturas suaves (15-20°C) para su desarrollo, y constituye una enfermedad común de este cultivo en nuestro país.

Rincosporiosis

La rincosporiosis o escaldado de la cebada es una enfermedad criptogámica producida por el hongo *Rhynchosporium secalis* muy importante en zonas de cultivo de este cereal. Sus síntomas se caracterizan por presentar lesiones ovales o alargadas de color grisáceo rodeadas de un borde marrón en la superficie foliar del cultivo. Las infecciones, el desarrollo y la diseminación se producen en épocas lluviosas y de bajas temperaturas, entre los 4 y los 25°C (la temperatura óptima es de 15-20°C). Las esporas se diseminan a plantas cercanas gracias a las salpicaduras de la lluvia y el viento.

Métodos de control de enfermedades

El control de estas enfermedades contribuye a reducir las pérdidas de cosecha inducidas por los patógenos. El objetivo fundamental es optimizar los beneficios minimizando los costes, tanto los económicos como los de índole medioambiental dado que se podrían obtener, progresivamente, reducciones de pérdidas de cosecha asociadas con incrementos en los costes de los métodos de control utilizados y con beneficios económicos decrecientes. Las estrategias de control que podemos utilizar son de diversa índole.

Prácticas de cultivo

Existen numerosas prácticas de cultivo que pueden ayudar a controlar las principales enfermedades criptogámicas de los cereales que afectan a la superficie foliar. La siembra de mezclas de variedades con distintos genes de resistencia para evitar la formación de una masa de esporas de la misma raza tiene el inconveniente de la heterogeneidad, aunque reduce la incidencia de enfermedades foliares. Esta heterogeneidad se considera un inconveniente tanto a nivel del agricultor, por la dificultad de homogeneizar la producción obtenida, como a nivel de política agraria, según la cual la unidad de superficie sembrada de cereal debe corresponder a una misma variedad comercial.

Una adecuada política de siembra de variedades a nivel regional o nacional, donde en cada comarca se sembraran diferentes variedades con distintos genes de resistencia, podría llegar a evitar la propagación



Foto 6. *Helminthosporiosis tritici-repentis*.



Foto 7. Inoculación artificial de roya parda para evaluar resistencia en cereal.

Para lograr un control eficiente de las enfermedades de los cereales es recomendable la integración de los métodos disponibles dentro del concepto agricultura sostenible, manteniendo la rentabilidad de la explotación con mínimos insumos, calidad y sanidad de los alimentos obtenidos y reducción del impacto ambiental

del inóculo. Pero la elección de la variedad de trigo en la siembra depende de múltiples factores de índole agrícola (ciclo, fenología, potencial productivo, calidad, etc.), económica (coste de la semilla, precio de futuro de la producción, etc.), política (normativas oficiales, listas de variedades aprobadas por la Oficina Española de Variedades Vegetales, etc.) y social (organizaciones de productores, cooperativas agrarias, distribuidores, etc). Todas ellas limitan la posibilidad de elección u organización de la semilla de siembra y se han considerado prioritarias respecto a esta posible medida.

La rotación de cultivos disminuye el riesgo de epidemias de enfermedades criptogámicas. La rotación cereal-oleaginosa-leguminosa es considerada suficiente para minimizar la cantidad de inóculo que queda en los residuos del suelo. En condiciones mediterráneas con siembra de secano el periodo aumenta llegándose a proponer rotaciones de un mínimo de tres a cinco años para poder reducir las enfermedades.

El laboreo tradicional, con inversión de horizontes, y la quema de restos de cultivo disminuyen la cantidad de inóculo. No obstante, las nuevas técnicas de agricultura de conservación aconsejan mantener los residuos del cultivo anterior el máximo tiempo posible con la finalidad de proteger el suelo frente a la erosión y a la compactación. El efecto del laboreo de conservación sobre las enfermedades es poco conocido, aunque se demuestra que influye indirectamente sobre las enfermedades mediante la modificación del ambiente físico, químico y biológico del suelo, que actúa sobre el patógeno o sobre sus vectores, o bien sobre la planta, facilitando o impidiendo el desarrollo de las enfermedades. Los estudios realizados en Andalucía a este respecto muestran que en el cultivo de trigo no existen diferencias significativas entre

el laboreo convencional y el no laboreo para las enfermedades de este cultivo.

Por otra parte se ha demostrado la utilidad de retrasar la fecha de siembra para disminuir la severidad de las epidemias de *S. tritici*.

Control biológico

Existen numerosas especies de bacterias y hongos que disminuyen el desarrollo de enfermedades criptogámicas en los cereales. Sin embargo, la disminución de la severidad ha demostrado ser eficaz sólo bajo condiciones controladas. Hasta ahora, el control de estas enfermedades en campo no ha tenido resultados concluyentes aplicando este tipo de estrategia.

Resistencia genética

La resistencia se define como la capacidad que posee la planta para restringir la instalación y el crecimiento del parásito una vez que se produce el contacto entre ambos. En la naturaleza, la resistencia de las plantas a los microorganismos es la norma, y la enfermedad la excepción.

El problema crítico de la resistencia es su limitada durabilidad. Una resistencia es durable si permanece efectiva durante mucho tiempo durante el cual es aplicada a gran escala en un ambiente propicio para la enfermedad. En Mejora Vegetal se han desarrollado diversas estrategias para obtener resistencia durable, que incluyen tanto la búsqueda de tipos de resistencia más durable de por sí, como el diseño de estrategias de uso racional de la resistencia no durable. La resistencia varietal a todas estas enfermedades es una vía de resolución del problema muy valiosa, aunque tiene limitaciones derivadas de la rápida adaptación del hongo a la nueva variedad. En este sentido la vida útil de una variedad resistente puede ser corta y tendremos que aprovechar esta característica positiva lo antes posible. En la medida en que una variedad ocupa una gran área de cultivo el riesgo de pérdida de su resistencia va en incremento. La resistencia genética constituye el método de control más rentable para todas las enfermedades foliares de los cereales, tanto económicamente como desde el punto de vista ecológico, y es uno de los objetivos prioritarios de los mejoradores en la actualidad (foto 7).

Control químico

El desarrollo paulatino de compuestos químicos con actividad fungicida ha marcado la existencia de diferentes familias y generaciones según su origen, mecanismo de acción y cronología de aparición.

La lucha de la ciencia contra los hongos de los vegetales realizada con un mínimo de criterio y eficacia comenzó con los fungicidas de primera generación a finales del siglo XIX. Se trataba de compuestos químicos inorgánicos. La segunda generación estaba conformada por compuestos químicos orgánicos como los ditiocarbamatos y las organotinas que actuaban como protectores de la superficie vegetal. La tercera generación dio lugar a compuestos orgánicos con capacidad para penetrar en los tejidos de la planta y, por tanto, con una mayor capacidad para controlar las infecciones ya establecidas. Otra generación posterior, aún sin efectividad demostrada, la constituyen diversos compuestos sin actividad fúngica in vitro pero que activan mecanismos intrínsecos de resistencia a este tipo de infecciones.

Los fungicidas comercializados varían en cada país. En España se utilizan más de 80 materias activas distribuidas en unos 600 productos comerciales con actividad fungicida:

- Fungicidas inorgánicos. Los compuestos de cobre y azufre se usan desde hace más de un siglo para prevenir el mildiu.

- Ditiocarbamatos. Desarrollados durante la década 1930-1940. En la actualidad siguen teniendo relativa importancia como fungicidas protectores de frutas, vegetales y cereales. Controlan casi todas las enfermedades endoparasitarias, así como mildius, royas, moteados, septo-



SOLA

riasis, alternarias, monilias, botrytis, antracnosis y cercosporas.

- Guanidinas y compuestos organofosforados. La introducción de compuestos de actividad sistémica se inició a partir de 1950 con el desarrollo de las guanidinas. La capacidad de penetración en los tejidos de la planta y, por tanto, con poder curativo sobre la enfermedad, supuso un gran avance en el control de enfermedades criptogámicas.

- Benzimidazoles. Grupo de fungicidas sistémicos introducidos a partir de la década 1960-1970. Una de las materias activas de este grupo, la carbendazima, ha sido ampliamente utilizada en el control de enfermedades criptogámicas de cereales y continúa aplicándose en la actualidad.

- Inhibidores de la síntesis del ergosterol. Los esteroides son un tipo de compuestos muy abundantes en la naturaleza con funciones muy variadas, una de las cuales es la de formar parte estructural de las membranas celulares. Los fungicidas inhibidores de la biosíntesis de los esteroides producen una alteración de la cantidad y naturaleza de los componentes lipídicos de la célula. Dentro de este grupo se incluyen diferentes familias de fungicidas sistémicos con un mismo mecanismo de acción al inhibir la síntesis del ergosterol:

- Morfolinas.
- Pirimidinas.
- Imidazoles.
- Triazoles.

La aparición de resistencias cruzadas entre estos compuestos constituye uno de los principales riesgos del sector agronómico, por lo que proponen diversas causas, como tratamientos tardíos, dosis reducidas, programas de tratamientos mal adaptados, poca cantidad de agua al pulverizar y mala calidad del tratamiento. La estrategia para evitar la posible aparición de resistencias debe planificarse asegurando la máxima eficacia de la materia activa a emplear y minimizando el efecto selectivo sobre las poblaciones del patógeno.

- Dicarboximidas. Grupo de fungicidas con actividad sistémica o de contacto, según la especie química a considerar.

- Estrobirulinas. Fungicidas de acción oligosistémica. Controlan un amplio espectro de enfermedades fúngicas en cereales, tales como septoriosis, oídio, royas y helmintosporiosis. En la actualidad constituyen, junto a los triazoles, los fungicidas más utilizados para el control de enfermedades criptogámicas del trigo y, en España, las últimas formulaciones comercializadas o en vías de registro son mezclas triazol-estrobirulina.

Ensayos realizados

Diversos estudios realizados durante las últimas campañas mostraron unos resultados óptimos en el control de las enfermedades foliares de los cereales mediante la aplicación de estrobirulinas e inhibidores de la síntesis del ergosterol. En nuestras condiciones, con importantes oscilaciones de rendimiento en el cultivo, y donde las epidemias foliares no ocurren todos los años ni en todas las zonas, es difícil justificar los tratamientos químicos rutinarios. En países con rendimientos elevados se han llegado a desarrollar guías prácticas que indican el umbral de tratamiento, teniendo en cuenta el estado fenológico del cultivo y el desarrollo de la enfermedad, la susceptibilidad de la variedad, el rendimiento potencial de la misma y las condiciones medioambientales. La resistencia constituye el método de control más eficiente, económico y ecológico. No obstante, debido a las dificultades inherentes a la mejora genética de estos cultivos para obtener material vegetal que integre de forma eficaz y estable todos los objetivos que definen una buena variedad, unido al valor de la producción que estos cereales suponen en el Producto Interior Bruto, justifican, hoy por hoy, la necesidad de utilizar métodos de control químico para minimizar las pérdidas acaecidas por estas enfermedades. ■



TAMBIÉN OPCIÓN
SIEMBRA DIRECTA

prosem K

**SEMBRADORA
NEUMÁTICA
MONOGRANO**