

Las royas del trigo. Estrategias de control, con especial atención a roya amarilla y roya negra (II)

Jaume Almacellas Gort (Servicio de Sanidad Vegetal. Generalitat de Catalunya. Lleida. jalmacellas@gencat.cat).

Este artículo continúa y concluye el trabajo publicado por Jaume Almacellas en el número anterior de la revista PHYTOMA (290), en el que se abordan las últimas alertas sanitarias y novedades en la gestión de las royas del trigo en Europa, con especial atención a las recientes epidemias de roya amarilla. Una vez actualizada la información disponible sobre estos organismos patógenos, su progresión y las enfermedades que provocan, el autor explica ahora las diferentes estrategias de control contra las mismas.

Esta segunda parte del artículo mantiene la numeración original respecto de los elementos gráficos e incluye la bibliografía completa del trabajo.

Estrategias de control de roya amarilla del trigo

Actualmente es necesario plantear el control de enfermedades considerando la normativa europea y española. En este sentido, la Directiva 2009/128/CE por la cual se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas y el RD 1311/2012 que transpone esta directiva al Estado Español suponen el marco de referencia mediante el cual actualmente se está desarrollando la Gestión Integrada de Plagas (GIP) que, entre otras cosas, establece la prioridad de acciones fitosanitarias alternativas a los tratamientos químicos y propone que estos se utilicen como último recurso y justificadamente cuando las demás acciones no sean suficientes para evitar los daños y las pérdidas en el cultivo.

Las medidas y herramientas que podemos utilizar se pueden incluir en tres grupos que consistirán básicamente en: a) prácticas agronómicas para producir el mayor escape posible a la enfermedad o mitigar sus efectos, b) manejo de la resistencia de las variedades con un sentido agronómico y/o económico y c) control químico mediante el uso de tratamientos con productos fitosanitarios autorizados. Los comentamos a continuación.

Medidas agronómicas

La mejor herramienta de este tipo es la eliminación



Imagen 7. Roya amarilla del trigo. Uredósporas en hoja.

del rebrote o ricio de trigo en las parcelas después de la cosecha y siempre antes de la siembra, normalmente mediante labores de enterrado o bien aplicación de herbicida. Esta estrategia sirve para romper el ciclo del patógeno con lo que comporta una reducción de las fuentes de inóculo disponibles para las primeras infecciones una vez implantado el cultivo. Es una práctica que se utiliza frecuentemente en otros países donde la enfermedad es un problema importante, con el fin de romper la continuidad de desarrollo del patógeno, hecho que denominan puente verde o 'Green bridge' (Ali

y col., 2010; Beard y col., 2005; Hollaway, 2014; Murray y col., 2005). Si bien se conoce que *P. striiformis* puede completar su ciclo en el agracejo (*Berberis* spp.), el hecho más habitual en nuestras zonas productoras es que las epidemias se inicien a partir de infecciones en gramíneas espontáneas o plantas de trigo desarrolladas en épocas diferentes de las habituales para el cultivo, como puede ser en verano o a principios de otoño.

La práctica de eliminar el rebrote es poco habitual en nuestro país como herramienta fitosanitaria, si bien ante este nuevo problema puede hacerse

®

TH

Zenith®



ZENITH®

LA EVOLUCIÓN DE UN GRAN CLÁSICO



INSUMOS PARA AGRICULTURA ECOLÓGICA

- Nueva formulación con mayor eficacia y estabilidad.
- Origen natural y rápida disipación de los residuos.
- Compatible con Organismos de Control Biológico y polinizadores naturales.
- Excelente perfil toxico y ecotoxicológico.
- Amplio espectro.
- Modo de acción multidiana y anti-resistencias.

sipcamiberia.es



cada vez más frecuente si se desea controlar mejor esta enfermedad. Cabe pensar también que esta estrategia puede ser aún más interesante, si cabe, en zonas de secanos frescos, donde la maduración del cultivo del trigo es más tardía. Bajo esta consideración, se debe tener en cuenta que las siembras tempranas de otoño pueden favorecer las primeras infecciones de roya amarilla, por la disponibilidad de tejido susceptible y de condiciones adecuadas a la infección y al desarrollo epidémico. Por ello las siembras se deberán hacer en el momento más adecuado para la variedad y zona y lo más tarde que sea posible.

Se desconoce la contribución que la eliminación del rebrote puede suponer al control de la roya amarilla aunque se debe contemplar más como medida auxiliar que como una medida auto-suficiente. En este sentido y para un buen control, se debe acompañar esta con el uso de variedades resistentes y, si ello no fuera suficiente, con el control químico.

En un principio la roya amarilla no puede sobrevivir en los restos vegetales de la cosecha anterior (Hollaway, 2014), ya que al ser un organismo biótrofo obligado necesita siempre de tejido vegetal vivo. Según esto, la gestión de los restos de la cosecha anterior, en el caso de los rastrojos o de los restos de la paja, no contribuirá a la generación de las epidemias siguientes en la parcela por lo que no se consideran una influencia para el manejo de esta enfermedad. Sin embargo, se ha citado la posible supervivencia de la fase telial en los restos de cosecha, rastrojos y pajas (Tollenaar, 2012), hecho que tal vez podría producirse también en nuestras áreas.

P. striiformis no infecta la semilla, aunque por su capacidad de dispersión por el viento puede producir infestaciones de esporas (uredósporas) que se mezclen con ésta. Existe confusión sobre este concepto debido a que la roya amarilla puede infectar las cubiertas de la semilla (glumas) pero no el grano propiamente dicho. Teniendo en cuenta que las cubiertas se separan del grano de trigo en el momento de la recolección, es poco probable la transmisión del inóculo mediante la semilla de siembra. Por estas razones, la cantidad de inóculo que se puede evitar con el tratamiento de la semilla de siembra es muy baja. A pesar de lo dicho, el tratamiento de la semilla de siembra es una medida que se recomienda para variedades de comportamiento moderadamente susceptible o susceptible en zonas o países que pueden tener problemas graves de la enfermedad (Australia, EE. UU.), con el objetivo de evitar una vía más de



Imagen 8. Roya amarilla del trigo. Fase telial en hoja

entrada y para evitar infecciones muy tempranas en plántula (Beard y col., 2005; Duff y col., 2006; Hollaway, 2014; McLean y col., 2010; Murray y col., 2005; Wolf, 2010).

Uso de la resistencia de las variedades

Hasta el año 2012, la mayoría de las variedades de trigo cultivadas en nuestro país eran resistentes a las razas de roya amarilla presentes, hecho por el cual, los tratamientos fungicidas no eran necesarios. Sin embargo, la introducción de una nueva raza de roya amarilla muy virulenta y agresiva, ha producido una ruptura de la resistencia de las variedades cultivadas, afectando, también, a las recomendaciones sobre las variedades para la siembra. Este cambio se inició en el año 2000 cuando se encontraron dos nuevas razas en Estados Unidos, Australia, Europa, zona este de África y zonas centrales y oeste de Asia, que mostraban una mayor agresividad, aumentando con ello la severidad de las epidemias incluso en zonas más cálidas y no habituales para este patógeno (Hovmøller y col., 2008; Milus y col., 2009). Las nuevas razas se han extendido por el continente europeo desde el Reino Unido y países escandinavos hacia Europa central y del sur. En el año 2012 el INTIA de Navarra citaba que tanto las variedades Anza, Badiel o Bokaro, tradicionalmente susceptibles a la raza española como las variedades Andelos, Berdun, Nogal y Paledor, que hasta entonces se habían mostrado resistentes se vieron afectadas por la nueva raza Warrior/Ambition (Zúñiga y col., 2013) o también conocida por solamente Warrior

(Eurowheat; GRRC). Por todo ello, la situación ante esta enfermedad ha cambiado radicalmente y es necesario revisar y determinar la resistencia/susceptibilidad de las variedades cultivadas y las de nueva introducción para proporcionar a los agricultores información actualizada.

Existen diferentes niveles de expresión de la resistencia de las variedades a la enfermedad, que pueden variar desde la falta total de síntomas, a niveles severos de daño foliar. La estrategia utilizada tradicionalmente por los mejoradores para desarrollar variedades resistentes se ha basado principalmente en el uso de genes mayores que proporcionan resistencia total, es decir, falta de síntomas. Estos genes, sin embargo, son específicos para cada raza del patógeno, y pueden perder rápidamente su efectividad ante la introducción de una nueva raza o la mutación de las presentes. La agresividad de la nueva raza 'Warrior', se debe, en parte a su virulencia ante un amplio espectro de genes de resistencia (*Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr17*, *Yr25*, *Yr32* y *Yr_{sp}*), algunos de ellos ampliamente utilizados por los mejoradores. Existen, sin embargo, otras fuentes de resistencia más duraderas, como los genes de resistencia en planta adulta (APR) o la basada en genes menores, que pueden manifestarse en forma de diferentes niveles de infección en el campo. Este tipo de fuentes son cada vez más utilizadas en los programas de mejora y deben ser estudiadas para completar las herramientas disponibles de resistencia dirigidas al control.

La elección de variedades resistentes es una de las maneras más sostenibles de controlar la enfermedad. Para ello se debe tener en cuenta toda la información disponible. Por ejemplo, en los ensayos



fytosave

fitovacuna **vegetal**

*El mayor avance biotecnológico
para el control preventivo de Oídio.*

Nuevo fitosanitario de bajo riesgo

n° de registro ES-00209



LIDA
plant research



www.lidaplantresearch.com

agronómicos llevados a cabo por la red GENVCE durante la campaña 2013-14, las variedades infectadas más severamente fueron 'Sarina', 'Tiépolo', 'Paledor', 'Akim', 'Ciprés' y 'Guadalete', mientras que otras como 'Artur Nick', 'Gazul', 'Valbona', 'Algido', 'Alhambra', 'Belsito' o 'Candelo', mostraron valores bajos de infección (GENVCE, 2014). Para tomar una decisión sobre la variedad a sembrar, es importante tener en cuenta la información disponible y más actualizada posible sobre el comportamiento de la variedad ante la enfermedad en distintas condiciones y años. Esta información suele estar disponible en los resultados de los ensayos repartidos por el territorio nacional que establecen la Red GENVCE (ver página web en bibliografía), y en los resultados de las diferentes redes de ensayo y recomendación varietal autonómicas. A modo de ejemplo y como una primera información mostramos en la Tabla 2 los resultados hasta el año 2016 de la red de ensayos del IRTA en Cataluña. Cabe tener en cuenta que los datos de comportamiento de las variedades respecto a roya amarilla han ido variando a lo largo de los años, por lo que se han expuesto los más recientes disponibles.

El control químico

Los tratamientos fungicidas supondrán una posibilidad de control muy efectiva de la enfermedad, y más considerando que la mayoría de las sustancias activas son bastante o altamente eficaces, sobre todo los fungicidas triazoles y los del grupo de las estrobilurinas. Para conocer todas las sustancias activas disponibles y autorizadas actualmente en España proporcionamos la Tabla 3, que contempla las sustancias activas o mezclas de sustancias de las cuales el Registro de Productos Fitosanitarios español dispone de autorizaciones para este objeto.

En la Tabla 3 encontramos hasta trece sustancias activas diferentes para controlar roya amarilla, con lo que parecen más que suficientes, tanto utilizadas solas o incluidas en mezclas comerciales. Si bien esto es cierto y se ha demostrado que la mayoría de los productos comerciales son eficaces, ponemos una especial atención a la posibilidad de generar resistencias ante un potencial mayor uso de fungicidas que se pueda producir con el aumento de la presión de roya amarilla en muchas zonas productoras. De hecho, se ha constatado que los últimos años han aumentado las aplicaciones fungicidas en trigo en nuestra geografía, básicamente a causa de las recientes epidemias de roya amarilla que han alarmado los agricultores. Este aumento

Tabla 2. Nivel de resistencia a roya amarilla de variedades de trigo en base a evaluaciones realizadas en Cataluña entre las campañas 2008 y 2016. Fuente: IRTA.

Variedades de trigo de invierno	Variedades de trigo alternativo	Nivel de resistencia a roya amarilla evaluado
Alhambra Cahambo Soissons SY Alteo	Algido Anforeta RGT Cosaco Valbona	ALTO
Arezzo Avelino Botticelli Calabro Candelo Diamento Exotic García Marcopolo	Anapo Artur Nick Gazul	DE MEDIO A ALTO
Aguila Andelos Arabella Lazaro Rimbaud SY Moisson	Eneas	MEDIO
Berdún Paledor Sollarío Tiépolo	Galeón RGT Mikelino Trebujena	DE MEDIO A BAJO
Akim Adhoc Agape Bandera Bokaro CCB Ingenio Cipres Cruzado Idalgo Nogal Sofru	Anza Atomo Badiel Califa Sur Dollar Gades Guadaltete Nogal Odiel Palesio Sarina Sensas	BAJO

de tratamientos fungicidas que antes no eran habituales, nos conduce a poner una alerta ante el posible y probable abuso por repetición de algunas sustancias activas. Si no se tienen en cuenta las recomendaciones del FRAC (Brent, 1986; Brent y col., 2007a, 2007b; Russell, 2004) para el manejo de las resistencias, puede suceder que pronto tengamos problemas con algunas sustancias activas que se utilicen masivamente debido a su eficacia y también al precio del producto formulado. En este sentido, hemos elaborado la Tabla 4 con las sustancias activas anteriores clasificadas según los criterios del FRAC, para evidenciar si las herramientas de la Tabla 3 son tan diversas como el número de sustancias. En la Tabla 3, pues, se puede observar que todas las sustancias químicas autorizadas se pueden reunir en solamente cuatro grupos de acción fungicida: 11, 3, 5 y M3 o lo que es lo mismo, Qol

(estrobilurinas), DMI (triazoles y similares), morfollinas y ditiocarbamatos. Además, se debe tener en cuenta que la sustancia activa mancozeb es un fungicida protector que puede proporcionar un control bajo de roya amarilla, por lo que no suele ser una opción para el agricultor. Según lo anteriormente dicho, recomendamos combinar sustancias activas de código FRAC diferente para tratamientos sucesivos o para mezclas de sustancias activas en un mismo tratamiento.

Respecto a los umbrales de intervención para roya amarilla, recomendamos que mientras no se conozcan umbrales más precisos ante esta nueva situación epidémica, o hasta que ésta se estabilice con los años, los tratamientos se realicen cuando se detecte la enfermedad o con niveles bajos, inferiores al 3% de severidad en hoja (porcentaje de hoja afectada por la enfermedad en una muestra de

Tabla 3. Productos fungicidas autorizados en España para el control de royas en general y roya amarilla en particular, sobre cereales de invierno. Revisado a partir de la página oficial del Registro de Productos Fitosanitarios del MAGRAMA en fecha 01/02/2017.

Ingrediente/s activo/s Grupo químico (código FRAC): nombre químico	Trigo	Avena	Cebada	Centeno	Triticale	Otras autorizaciones
Azoxistrobin C3(11): QoI	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada)
Azoxistrobin + ciproconazol C3(11)+G1(3): QoI+IBS	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada)
Bixafen + procloraz C2(7)+G1(3): QoI+IBS	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada), Fusariosis
Bromuconazol + tebuconazol G1(3)+G1(3): triazolintionas+IBS	X					Septoriosis, Fusariosis
Ciproconazol G1(3): IBS	X	X	X	X	X	Oídio
Ciproconazol + picoxistrobin G1(3)+C3(11): IBS+QoI	X	X	X	X	X	Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada), Fusariosis
Ciproconazol + trifloxistrobin G1(3)+C3(11): IBS+QoI	X		X			Oídio, Septoriosis (trigo)
Epoxiconazol G1(3): IBS	X	X	X	X	X	Oídio, Fusariosis (trigo, triticale), Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada)
Epoxiconazol + piraclostrobin G1(3)+C3(11): IBS+QoI	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis, Rincosporiosis (cebada)
Fenpropimorf G2(5): morfolinás	X	X	X		X	Oídio, Rincosporiosis (cebada)
Flutriafol G1(3): IBS	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Septoriosis
Fluxapiroxad C2(7): SDHI	X	X	X	X	X	Oídio, Helmintosporiosis, Mal del pie, Mancha oval, Ramulariosis, Rincosporiosis, Septoriosis
Fluxapiroxad + metconazol C2(7)+G1(3): SDHI+IBS	X		X		X	Oídio, Helmintosporiosis, Rincosporiosis, Septoriosis, Fusariosis
Mancozeb Multi-site(M3): ditiocarbamatos	X	X	X	X	X	Oídio, Septoriosis, Rincosporiosis
Metconazol G1(3): IBS	X		X			Oídio, Septoriosis, Fusariosis
Piraclostrobin C3(11): QoI	X	X	X	X	X	Helmintosporiosis (cebada), Rincosporiosis (cebada), Roya coronada (avena), Roya parda
Procloraz + propiconazol G1(3)+G1(3): imidazoles+IBS	X		X			Oídio, Septoriosis
Procloraz + tebuconazol G1(3)+G1(3): imidazoles + IBS	X		X			Oídio, Cercosporiosis (trigo), Helmintosporiosis (cebada), Fusariosis (trigo), Septoriosis, Rincosporiosis (cebada)
Propiconazol G1(3): IBS	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Rincosporiosis, Septoriosis
Procloraz + tebuconazol G1(3)+ G1(3): triazolintionas+IBS	X	X	X	X	X	Oídio (menos centeno), Helmintosporiosis (cebada), Fusariosis, Roya (menos triticale), Rincosporiosis (cebada y centeno), Roya parda (trigo)
Tebuconazol G1(3): IBS	X		X			Oídio, Helmintosporiosis, Rincosporiosis (cebada), Septoriosis
Triadimenol G1(3): IBS	X		X		X	Oídio, Rincosporiosis (cebada)

la parcela) pero no antes de principios de abril en la mayor parte de las zonas. En el caso de niveles de severidad en hoja superiores al 3%-5%, realizar

un primer tratamiento y observar el comportamiento de la enfermedad en las semanas posteriores. Para un mejor y más preciso uso de los umbrales, se

sugiere consultar con los servicios técnicos locales y autonómicos, los cuales conocen con detalle el momento más adecuado para optimizar el control.

Tabla 4. Substancias activas fungicidas autorizadas actualmente en España para el control de roya amarilla en trigo clasificadas según los criterios del FRAC para el manejo de las resistencias.

Modo de acción (MOA)	Código y sitio de acción	Nombre de grupo	Grupo químico	Nombre común	Riesgo de resistencias	Código FRAC
C Respiración	C2 Complejo II: Succinato Dehidrogenasa	SDHI-fungicidas	Pirazol-4- carboxamidas	Bixafen Fluxapiroxad	Resistencias conocidas De riesgo medio a elevado	7
			Metoxi-acrilatos	Azoxistrobin		
	C3 Complejo III: citocromo bc1	QoI-fungicidas	Metoxi-carbamatos	Piraclostrobin	Resistencias conocidas Resistencia cruzada Riesgo elevado	11
		Oximino-acetatos	Trifloxistrobin			
G Biosíntesis esterol en membranas	G1 Biosíntesis del C-14-demetilasa en esteroles	DMI-fungicidas	Imidazoles	Procloraz	Riesgo medio Resistencia cruzada	3
			Triazoles	Bromuconazol Ciproconazol Epoconazol Flutriafol Metconazol Propiconazol Tebuconazol Triadimenol		
				Triazolintionas		
	G2 Reductasa e isomerasa en biosíntesis esteroles	Aminas	Morfolinas	Fenpropimorf	De bajo a medio riesgo	5
Desconocido	Multi-sitio	Ditiocarbamatos	Ditiocarbamatos	Mancozeb	Bajo riesgo	M03
		Cloronitrilos	Cloronitrilos	Clortalonil	Bajo riesgo	M05
		Fenilacetamidas	Fenilacetamidas	Ciflufenamida	Manejo de resistencia requerido	U06

Conclusiones

Ponemos a continuación un resumen de las orientaciones a tener en cuenta para el control de roya amarilla.

1. La roya parda infecta los trigos hacia finales de ciclo en la mayor parte de las zonas, con lo que se produce un escape a la enfermedad. Sin embargo hay que tenerla en cuenta donde suceden epidemias habituales.
2. La roya negra del tallo no representa hasta el momento un riesgo elevado en nuestras zonas productoras si no se produce una introducción por vías no naturales.
3. Para favorecer el control de roya amarilla es recomendable eliminar los ricios o rebrotes de trigo en las parcelas con el objetivo de romper el ciclo de la enfermedad.
4. Para evitar epidemias severas de roya amarilla y

roya parda, sembrar variedades recomendadas por la red GENVCE y por las redes autonómicas que actualizan cada año la información de la capacidad de resistencia de las variedades comerciales presentes en el mercado.

5. La mayoría de las sustancias químicas con productos registrados para las royas son eficaces. Se recomienda, sin embargo, no repetir la misma sustancia en tratamientos sucesivos y tener en cuenta las recomendaciones del FRAC para evitar la aparición de las resistencias del patógeno a los fungicidas o para manejar la situación ante los descensos de eficacias.
6. Ocasionalmente se puede plantear el tratamiento de la semilla con fungicida si la posibilidad de infestación de la semilla es alta.
7. Parar roya amarilla, tratar químicamente al detectar la enfermedad, normalmente a partir del

mes de abril, pero no antes de no ser que se superen severidades en hoja entre el 3% y 5%.

8. En cualquier caso, consultar los servicios técnicos disponibles para un mayor ajuste de los tratamientos fungicidas.

Abstract: This article aims to provide a review of the effects of rust on wheat, especially by revising the latest developments with regard to yellow rust, which has had major protagonism in recent years for causing severe epidemics in Spain, and stem rust for an episode in Sicily in 2016 that, unpredictably and singularly, has generated an alert situation in scientific, professional and governmental organizations.

Keywords: Yellow (stripe) rust of wheat, stem rust of wheat, leaf rust of wheat, *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis*, *Puccinia recondita*.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali S, Gladieux P, Leconte M, Gautier A, Justesen AF, Hovmøller MS, Enjalbert J y de Vallavieille-Pope C. 2014. Inferring the contribution of sexual reproduction, migration and off-season survival to the temporal maintenance of microbial populations: a case study on the wheat fungal pathogen *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*. *Mol Ecol*. 23(3): 603-17. DOI: 10.1111/mec.12629
- Ali S, Leconte M, Walker AS, Enjalbert J y de Vallavieille-Pope C. 2010. Reduction in the sex ability of worldwide clonal populations of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Fungal Genetics and Biology*, 47:828-838. DOI: 10.1016/j.fgb.2010.07.002
- Almacellas J, López A, Álvaro F, Serra J, Capellades G y Marín JP. 2013. La roya amarilla de los trigos, un problema emergente. *Vida Rural*, 370: 32-42.
- Aparicio N, Caminero C y Puertas J. 2014. El desarrollo de la roya amarilla en los trigos de Castilla y León. Instituto Tecnológico Agrario, Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería, Informe 2014.
- Bayles RA, Flath K, Hovmøller MS y de Vallavieille-Pope C. 2000. Breakdown of the *Yr17* resistance to yellow rust of wheat in northern Europe – a case study by the yellow rust sub-group of COST 817. *Agronomie (Paris)* 20: 805-811.
- Beard C, Loughman R y Thomas G. 2005. Managing stripe rust and leaf rust. *Farmnote* núm. 43/2005. Department of Agriculture. Government of Western Australia.
- Brown JKM y Hovmøller MS. 2002. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science* 297: 537-541. DOI: 10.1126/science.1072678
- BGRI – Borlaug Global Rust Initiative. Página web: <http://www.globalrust.org/>
- Biffen RH. 1931. The cereal rusts and their control. *Trans British Mycol Soc*, 16: 19-37.
- Bolton MD, Kolmer JA y Garvin DF. 2008. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology* 9(5): 563-575. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2008.00487.X
- Brent KJ. 1986. Detection and monitoring of resistant forms: an overview. In *Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management*. National Academy Press, Washington DC, 298-312.
- Brent KJ y Hollomon DW. 2007a. Fungicide resistance in crop pathogens: How can it be managed? FRAC Monograph No. 1 (second, revised edition). Publicación del Fungicide Resistance Action Committee. 60 p.
- Brent KJ y Hollomon DW. 2007b. Fungicide resistance: The assessment of risk. FRAC Monograph No. 2 (second, revised edition). Publicación del Fungicide Resistance Action Committee. 28 p.
- Carleton MA. 1915. A serious new wheat rust in this country. *Science* 42: 58-59.
- Chen XM. 2013. High-temperature adult-plant resistance, key for sustainable control of stripe rust. *American Journal of Plant Science*, 4: 608-627.
- Chen XM. 2005. Epidemiology and control of stripe rust *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* on wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 27: 314-337.
- Chen XM y Line RF. 1995a. Gene action in wheat cultivars for durable high-temperature adult-plant resistance and interactions with race-specific, seedling resistance to stripe rust caused by *Puccinia striiformis*. *Phytopathology*, 85: 567-572.
- Chen XM y Line RF. 1995b. Gene number and heritability of wheat cultivars with durable, high-temperature, adult-plant resistance and race-specific resistance to *Puccinia striiformis*. *Phytopathology*, 85: 573-578.
- de Vallavieille-Pope C, Ali S, Leconte M, Enjalbert J, Delos M y Rouzet J. 2012. Virulence dynamics and regional structuring of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in France between 1984 and 2009. *Plant Dis*. 96:131-140.
- Eriksson, J., and E Henning. 1896. Die Getreiderosle. Ihre Geschichte und Natur sowie Massregeln gegen dieselben. P. A. Norstedt and Saner, Stockholm. 463 p.
- Duff C, Hamblin P y Poole N. 2006. Stripe rust management in wheat. Grains Research & Development Corporation (GRDC). Australia.
- Enjalbert J, Duan X, Leconte M, Hovmøller M y de Vallavieille-Pope C. 2005. Genetic evidence of local adaptation of wheat yellow rust (*Puccinia striiformis* f.sp.*tritici*) within France. *Molecular Ecology*, 14 (7), 2065-2073. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2005.02566.x
- EuroWheat. Página web: <http://www.eurowheat.org/EuroWheat.asp>
- FAO – Food and Agriculture Organisation of United Nations media website: <http://www.fao.org/news/story/en/item/469467/icode/>
- Flor HH. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Annual Review of Phytopathology*, 9 275-296. DOI: 10.1146/annurev.py.09.090171.001423
- FRAC. 2013. Fungicide Resistance Action Committee. Página web: www.frac.info
- GENVCE. Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España. Fichas relativas a las variedades de trigo. <http://www.genvce.org/>
- González R. 1926. Las royas de los cereales. Publicación Estación Patología Vegetal 1: 41-48.
- GRRC. Global Rust Reference Center. Página web: <http://wheatrust.org/>
- AHDB, Cereals & Oilseeds. Página web: <https://cereals.ahdb.org.uk/markets.aspx>
- Hollaway G. 2014. Stripe rust of wheat. Victorian Government Department of Environment and Primary Industries, Melbourne, Australia.
- Hovmøller MS, Yahyaoui AH, Milus EA, Justesen AF. 2008. Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. *Molecular Ecology* 17: 3818-3826. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2008.03886.x
- Index Fungorum. Página web: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>
- Jin Y, Szabo LJ y Carson M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host. *Phytopathology* 100: 432-435. DOI: 10.1094/PHYTO-100-5-0432