

## Epidemias de Mildiu en cultivos de soja: Diagnóstico y manejo de la enfermedad.

**Carmona Marcelo y Sautua Francisco**

*Cátedra de Fitopatología. FAUBA. Av. San Martín 4453. Capital Federal.*

Esta enfermedad es común en Argentina pero durante los últimos días se ha registrado un crecimiento sorpresivo de mildiu de la soja. Se trata de una enfermedad que ocurre en numerosos países del mundo. En Brasil fue bien manejada genéticamente hasta que resurgió luego de la introducción clandestina de cultivares transgénicos desde la Argentina. (Reis, Com Per)

El mildiu afecta a variedades susceptibles de soja cuando el ambiente registra temperaturas entre 20 y 22 °C, lluvias abundantes, períodos prolongados con elevada humedad relativa y rocío (agua libre o humedad muy elevadas). La esporulación de este patógeno ocurre de 10-25 °C, cesando a los 30 °C o abajo de los 10 °C.

El agente causal es un pseudohongo *Peronospora manshurica*, parásito biotrófico y específico de la soja (algunos informes relatan su presencia también en alfalfa). Hace algunos años, pertenecía al reino de los hongos, pero ahora pertenece al reino eucariontes (Ex-hongo), Clase: Oomycetes Orden Peronosporales, Familia Peronosporaceae, *Peronospora manshurica* (Naoumoff) Sydow.

Sus síntomas consisten en áreas irregulares amarillo-verdosas, "tipo lavandina" en la cara superior de las hojas. En correspondencia con estas manchas, en el envés de las hojas se observa una "vellosidad" blanco-grisácea que corresponde a las fructificaciones (esporangios) del pseudohongo (Carmona, et al 2009b). Cuando la enfermedad avanza, el centro de la mancha se necrosa, permaneciendo el halo clorótico dando apariencia de una mancha foliar que puede llevar a confusiones. Los síntomas son más evidentes en hojas jóvenes (más susceptibles). El patógeno también puede infectar vainas y pasar a la semilla, formando una costra blanquecina de oosporas (fructificación sexual) sobre los tegumentos, distinguible a simple vista. Algunos autores informaron que estas oosporas pueden sobrevivir hasta 8 años (Francis, 1981). Por ello la semilla puede introducir el patógeno en el campo. En general los daños que causa son bajos pero pueden ser de hasta 7-10 %. De acuerdo con Athow (1973), el mildiu puede reducir el rendimiento de soja hasta un 8%. Dunleavy y col (1966) citan daños de hasta 6%. En el NEA una importante epidemia ha generado defoliación y detención del crecimiento (Cabrera et al., 2004). Asimismo en tres provincias de la región pampeana fue registrada una epidemia en la campaña 2004 (Ridao et al., 2004).

Las fuentes de inóculo pueden ser la semilla y rastrojo infestado. El pasaje del pseudohongo desde la semilla puede ser sistémica vía xilema pasando al primer par de hojas unifoliadas. En general la infección sistémica puede ocurrir cuando se siembran semillas infestadas o cuando se siembran semillas sanas que entran en contacto con rastrojo infestado en la superficie del suelo. Luego en las hojas del suelo el hongo esporula abundantemente convirtiéndose en fuente de inóculo adicional. Las hojas enfermas generan más inóculo haciendo crecer la enfermedad en el lote. De esta forma, también se producen infecciones localizadas a través de la diseminación por el viento.

Siempre fue considerada una enfermedad secundaria pero potencialmente grave que la ubica en un protagonismo creciente.

**Manejo de la enfermedad:** Al tratarse de un patógeno biotrófico *la resistencia genética* constituye una estrategia preferencial, pero en esta campaña se observó que un gran número de los genotipos son susceptibles. A pesar de tratarse de un hongo biotrófico, la presencia de rastrojo proveniente de un cultivo infectado determina una mayor concentración de oosporas. Además se transmite por semillas, y por lo tanto su manejo es semejante al de las enfermedades causadas por necrótrofos: *rotaciones* (en lo posible alargarlas) (Ridao, 2004), *siembra de semilla sana o tratada* con fungicidas específicos para oomycetes.

## Control químico

### Semilla:

Las semillas pueden ser portadoras de oosporas del mildiu, por ello si se detecta su presencia se recomienda tratarlas con metalaxyl. No mezcle las semillas provenientes de campos enfermos con las de otros sanos. Coseche en forma separada y analice sanitariamente la semilla en laboratorios especializados.

### Control foliar:

Debido a la limitada información disponible, es difícil hacer una recomendación generalizada que satisfaga plenamente a los productores y asesores. No existen publicaciones relativas al control químico específico del mildiu en soja. Algunas consideraciones interesantes para discutir se detallan a continuación:

1) Al tratarse de un pseudohongo, los triazoles (inhibidores de la síntesis del ergosterol) no funcionan. La ruta bioquímica del ergosterol es una característica de la mayoría de los hongos (Ascomycetes, Deuteromycetes y Basidiomycetes), pero está ausente en los Oomycetes (*Peronospora*, *Plasmopara*, *Phytophthora*, *Pythium*, etc). Estos últimos son insensibles a los triazoles, porque no sintetizan el ergosterol, satisfaciendo sus necesidades por la absorción micelial del compuesto a partir del sustrato. Esta diferencia es la base de la selectividad de los inhibidores de la biosíntesis de esteroides, que no se pueden utilizar para el control de las enfermedades causadas por Oomycetes (Reis, et al 2010).

2) Las estrobirulinas de amplio espectro (no son específicas para Oomycetes) pueden controlarlos pero con eficiencias relativamente bajas a medias, y dependiendo del momento de aplicación (acción preventiva).

3) Existen fungicidas específicos contra Oomycetes (deberían ser llamados oomiceticidas) que se usan en mildiu de otros cultivos (vid) o en el tizón de la papa o en general para Oomycetes por ejemplo: cimoxanil, propamocarb, metalaxyl foliar (mefonoxam), benalaxyl, ofurace, zoxamida, fenamidona, oxadixil, fenfuran. Estos son algunos ejemplos pero no existen datos de

ensayos ni de resultados económicos en mildiu de la soja y podrían ser costosos por ha de soja. Otros fungicidas como, oxiclóruo de Cu, mancozeb o clorotalonil de mayor espectro (incluyendo el control del Oomycete *Phytophthora*) usados en papa, no son penetrantes ni móviles (protectores) por lo que puede resultar ineficaces cuando ocurre una lluvia por ejemplo de 10-15mm (porque los lava) o porque el patógeno ya entró en el hospedante, requiriendo por lo tanto varias aplicaciones.

4) Una alternativa interesante a investigar es el uso de fosfitos (Al, K, Cu) y de acibenzolar-S-methyl (ASM). Ambos son reconocidos como inductores de las defensas de las plantas y han mostrado una disminución de la intensidad de ataque de algunas enfermedades de la soja. Para el caso particular del ASM en la campaña 2006/7 ASM redujo la incidencia de mildiu en planta y folíolos del 48 % y 56 %, respectivamente, comparada con los controles no tratados (Romero et al., 2009).

En la mayoría de los casos, la aplicación de inductores de defensas es recomendada en forma temprana con muy bajos niveles de enfermedad o aún en su ausencia, ya que cuando la enfermedad está instalada y en crecimiento, la función de aumentar las defensas, se ve disminuida. Por ejemplo en soja pueden ser utilizados antes que aparezca las principales epidemias (por ej R1-R2) para “preparar” a las plantas frente a posteriores ataques de los patógenos.

Para el caso particular de los fosfitos, éstos son utilizados cada vez más como parte del manejo integrado de enfermedades en cultivos como papa, tomate, vid, hortalizas, césped, etc. A los fosfitos se les reconoce, además de ser inductor de defensas, un efecto “antifúngico” importante contra Oomycetes dentro del cual estaría incluido al agente causal del mildiu de la soja. La comprobación como acción antifúngica de estas sustancias fue realizada precisamente en los Oomycetes: *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Plasmopara*, *Pythium*, *Albugo*, *Bremia*. Los efectos sobre este grupo de microorganismos consisten en la inhibición del crecimiento micelial (fungistático), cambios metabólicos que influyen directamente en el pseudohongo y supresión de germinación y esporulación (Cohen & Coffey, 1986; Garbelotto *et al.*, 2009). Desde este punto de vista, muchos consideran a los fosfitos como un “fungicida” verdaderamente sistémico ya que se mueve por xilema y floema (único que iría por ambas vías).

Pero esta propiedad de los fosfitos de actuar como “fungicida” es solo atribuible frente a los Oomycetes (Fenn and Coffey, 1984; Guest and Grant, 1991). Para el resto de las enfermedades causadas por los hongos verdaderos (por ejemplo EFC y/o MOR), el efecto es indirecto, ya que activan mecanismos de defensa general que también dan como resultado la disminución de enfermedades. En este último caso, no sería aquí considerado el fosfito como fungicida, sino como un inductor de defensas por tratarse de un efecto indirecto. En aquellos lotes en que exista muy baja infección de mildiu o ataques muy tempranos donde sea posible detectar el comienzo de la epidemia o en variedades susceptibles aún sin enfermedad, experiencias con fosfitos de Al, Cu o K o con ASM podrían resultar promisorias para el manejo del mildiu por lo que será necesario más investigación al respecto.

### *Mezcla de fungicidas clásicos más fosfitos*

Si además hay que pulverizar fungicidas para MOR y EFC (siempre que no se exceda el umbral para MOR y se siga el sistema de decisión para EFC \*) una opción podría consistir en mezclar los típicos fungicidas con dosis de fosfito. Los fosfitos además de combatir mildiu (si esta a bajos niveles) ayudarán a mejorar las defensas de las plantas y complementarán el efecto de los fungicidas contra otras enfermedades.

Existen muy buenos resultados de fosfitos mas fungicidas para EFC y MOR, (Carmona et al., 2996, 2008, 2009 a y b). Se realizaron 9 ensayos con fosfitos entre los años 2005 a 2008 (campañas agrícolas 2004/2005, 2005/2006 y 2007/2008), 8 con fosfito de potasio y uno con fosfito de cobre. Los ensayos muestran que las aplicaciones de fosfitos en soja para las EFC generaron aumentos en los rendimientos cuya magnitud dependió del año, dosis y características de los ensayos. Asimismo resultó muy interesante la mezcla complementaria de un fungicida mezcla (estrobilurina más triazol) más fosfito de K, que aumentó el rendimiento un 14 % más en relación al promedio obtenido por utilizar la mezcla de fungicidas en forma individual en 9 ensayos (481 vs 420 kg/ha).

Si bien no fue posible determinar a campo cual fue la función principal de los fosfitos aplicados a los cultivos de soja (antifúngico o inductor de defensas o ambas), todos estos datos resultan promisorios para considerar a los fosfitos como herramienta complementaria al uso de fungicidas en un programa de manejo integrado. Sin embargo son necesarios aún más ensayos e investigaciones.

\* Sistema de decisión para EFC y MOR Convenio FAUBA-BAYER  
[www.baydir.com.ar](http://www.baydir.com.ar)

### **Bibliografía**

Athow, K.L.1973 Fungal diseases. In: CALDWELL, Ed. The soybeans: improvement. Production and uses. Madison American Society of Agronomy. p. 459-89.

Cabrera, M.G., M.A. Cúndom, R.E.Alvares, S.A.Gutierrez y M.R. Raimondo. 2004. Importantes ataques de mildiu (*Peronospora manshurica*) en cultivos de soja de la provincia de Chaco. En: [www.unne.edu.ar/cyt/2002/05-Agrarias/A-063.pdf](http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/05-Agrarias/A-063.pdf)

Carmona M., Abello A., Sautua F., Gally M. 2006. Fertilizantes foliares para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja en el sur de Santa Fe. Mercosoja 2006, 3er Congreso de Soja del Mercosur, Rosario 27 al 30 de junio de 2006: pp. 326-328

Carmona, M.; Sautua, F y Gally, M. 2008. Efecto de fosfito de potasio y fungicidas en el control de enfermedades de fin de ciclo de la soja. Libro de

resúmenes, Primer Congreso Argentino de Fitopatología, mayo de 2008, Córdoba; P 206.

Carmona M.; Sautua F. y Mendoza C. 2009a. Los fosfitos y la nutrición mineral como una herramienta complementaria para el manejo de las EFC en el cultivo de soja. Horizonte A Nro 25, 34-36, pp.Convenio FAUBA-AAPRESID.

Carmona, M; Gally, M Sautua, F. 2009b Identificación y Manejo de las Enfermedades pp 99-127. En: Manual del cultivo de soja / Fernando Oscar García; Ignacio Antonio Ciampitti; Héctor Baigorri. Editores- 1a ed. - Buenos Aires: International Plant Nutrition Institute, 2009. 180 p. ISBN 978-987-24977-0-5.

Dunleavy, J.M.; Chamberlain, D.W.; Ross, J.P 1966. .Soybean diseases. Washington. Department of Agriculture, p.5,6 (Agriculture Handbook, 302).

Francis, S. M.1981 *Peronospora manshurica*. [Descriptions of Fungi and Bacteria]. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria 69, Sheet 689.

Fenn, M.E., Coffey M.D. 1984. Antifungal activity of Fosetyl-AI and phosphorous acid, Phytopathology 74:606-611

Garbelotto M., Harnik T.Y., Schmidt D.J. 2009. Efficacy of phosphonic acid, metalaxyl-M and copper hydroxide against *Phytophthora ramorum* in vitro and in planta. Plant Pathol. 58: 111-119.

Guest D.I., Grant B.R. 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. Biol. Rev. 66: 159-187.

Reis, E. M; Reis, A.C. y Carmona M. 2010. Manual de fungicidas Controle quimico de doencas de plantas. (en portuges) ISBN 97885-7515-464-9 Ed: Universidade de Passo Fundo, Passo fundo , Brasil, 226 pp.

Ridao, A.; Carmona, M.; Pereyra Iraola, M.; Barreto, D.; Pérez, B. 2004. Soybean downy-mildew in three provinces of Argentina. Fitopatología Brasileira 29, p.296.

Ridao, A. 2004. El Mildiu de la soja: Un problema potencial. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/soja/MildiuSojaSint.htm>

Romero A.M., Gally M.E., Carmona M.C., Liener N. 2009. Inductores de la Resistencia: una Alternativa para el Manejo de Enfermedades Foliares en Soja XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santiago del Estero, 30 de setiembre al 2 de octubre, 2009



Figura 1 Áreas irregulares amarillo-verdosas, “tipo lavandina” en la cara superior de las hojas



Figura 2 Fructificaciones de *Peronospora* en el envés.



Figura 3 Cuando la enfermedad avanza, el centro de la mancha se necrosa, permaneciendo el halo clorótico dando apariencia de una mancha foliar que puede llevar a confusiones (Foto: E. M Reis).