

Criterios de elección y aplicación de fungicidas en soja

Carmona M.A., Sautua F.J.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de
Fitopatología

La elección de fungicida y la determinación del momento oportuno de la aplicación para el manejo de enfermedades foliares en soja no resulta una tarea sencilla. Existe una gran complejidad en el abordaje de su estudio con variadas dificultades que deben enfrentarse, principalmente cuando el objetivo es asistir a los productores y asesores con metodologías prácticas que aseguren la sustentabilidad económica y ambiental. A pesar de que muchos investigadores están de acuerdo en que los fungicidas deberían ser aplicados durante el período crítico de generación del rendimiento del cultivo de soja, no abunda la información científica publicada acerca del momento más apropiado de aplicación de fungicidas, dentro de esa amplia ventana fisiológica de aplicación, que relacione ambiente, epidemiología, daños y umbrales de daño económicos.

Enfermedades de Fin de Ciclo de la soja (EFC). Conceptos y características biológicas vinculadas para su control químico

Las EFC conforman un complejo de enfermedades que afectan tanto el número y peso de los granos como la calidad de las semillas. La mayoría presentan períodos de incubación y latencia largos (desde la infección hasta la aparición de los primeros síntomas, y hasta la aparición de las fructificaciones o signos, respectivamente), es decir, hay infecciones previas que no son visibles como ocurre en otras enfermedades. Como consecuencia, hay un aumento de severidad hacia el final del ciclo del cultivo, que incluso se puede confundir con la senescencia natural, dificultando la toma de decisión del control químico.

La mayoría de sus organismos causales son patógenos necrotróficos que sobreviven en semilla y rastrojo. Por lo tanto, el manejo sanitario de la semilla y la rotación de cultivos son las medidas preferenciales de control. Además, en su mayoría, con excepción de *C. kikuchii*, presentan fructificaciones hidrofílicas, que necesitan agua para la liberación, remoción, diseminación y germinación de las esporas (Kantolycy Carmona, 2012). Esta es la razón por la cual un mayor número y frecuencia de horas de mojado foliar también explicarían un incremento de la intensidad de todas las EFC (Yorinori, 2011). Por lo cual, las precipitaciones pueden ser consideradas como una importante variable que influye en la epidemiología de estas enfermedades.

El uso de fungicidas constituye una herramienta táctica de gran utilidad y debe formar parte de una estrategia definida del manejo integrado de las enfermedades. En este sentido, se deben estudiar las características particulares que poseen las EFC, que a diferencia de otras enfermedades como la mancha ojo de rana (MOR) y la roya asiática de la soja (RAS), presentan períodos de incubación y latencia largos (Kulik, 1984; Sinclair, 1991; Larran et al., 2002; Klingelfussy Yorinori, 2001; Yorinori, 2011; Carmona et al., 2017a). Hay infecciones que avanzan lentamente y que no son visualizadas, como sí sucede con otras enfermedades. Por ello, los síntomas de las EFC desarrollan más intensamente hacia el final del ciclo del cultivo, en los estadios R6-R7 (Klingelfussy Yorinori, 2001). Esto, dificulta la adopción del control químico, ya que en esos estadios avanzados del cultivo el daño causado por las EFC ya se produjo durante el período crítico de generación del rendimiento (R3-R5,5) y es tarde para realizar una aplicación de fungicidas.

¿Como decidir el momento óptimo de aplicación y la elección moléculas?

Actualmente gran parte de las decisiones químicas están frecuentemente determinadas por el estado fenológico del cultivo (visión fitocéntrica que indica aplicar en R3 o R5), obteniendo resultados erráticos e inestables y muy vinculados a las condiciones ambientales particulares de cada campaña agrícola. Este problema debería ser resuelto mediante el desarrollo de conocimiento y tecnología que permita indicar con precisión el momento de la aplicación de fungicidas, su relación con el ambiente

(SwobodayPedersen, 2009), y garantizar un uso racional de productos y el retorno económico al productor.

Para abordar esta problemática en Argentina, siguiendo con la línea de investigación de Stuckey et al. (1984), TeKrony et al. (1985) y de WratherySweets (2000) en EE.UU., se desarrolló y validó a campo un sistema de puntuación para orientar la decisión de aplicación de fungicidas para el manejo de las EFC, especialmente para mancha marrón (*S. glycines*) y tizón púrpura (*C. kikuchii*). El sistema determina qué condiciones ambientales y agronómicas favorecen ataques severos, de tal manera que el control químico de estas enfermedades tenga un impacto económico (Carmona y Reis, 2012; Carmona, 2013; Carmona et al., 2013; Carmona, 2014). A su vez, el sistema orienta el momento óptimo de aplicación de fungicidas para el control de las EFC, evitando aplicaciones innecesarias o fijas por fenología, y asegurando una respuesta en los rendimientos con un margen neto rentable. En Argentina, este es el único sistema con base experimental y científica que existe para orientar o auxiliar la toma de decisiones para decidir las aplicaciones de fungicidas.

Las lluvias constituyen un factor muy importante dentro de la valoración relativa de este sistema, debido a que en general los fungicidas aplicados para el control de las EFC en períodos de sequía no incrementan significativamente el rendimiento ya que esas condiciones no permiten el desarrollo epidémico de esas enfermedades (Backman et al., 1979; Hoffmann, 2002; Carmona, 2006). Debe destacarse que el sistema de puntuación desarrollado considera las lluvias entre inicios de R3 y R5, ya que son las que mejor se correlacionan estadísticamente con la respuesta a la aplicación de fungicidas y la respuesta de rendimiento (Carmona et al., 2011). El productor/asesor podrá utilizar el sistema tantas veces requiera o cuando se produzcan cambios en algunos de los factores que lo integra (por ejemplo: lluvias, rendimiento potencial, aparición de síntomas, etc.). El sistema podrá indicar “aplicar o no aplicar” y eso será independiente del estado fenológico, ya que el sistema debe funcionar desde inicios de R3 en adelante, pero la decisión podrá realizarse en R3, R4 o inclusive en R5. Para los casos en que el sistema registre una situación de incertidumbre, es decir presente como resultado entre 23 y 33 puntos, el productor/asesor podrá esperar la ocurrencia de lluvia para que el sistema finalmente con más puntos defina la toma de decisión o confiar en

pronósticos que anticipen esas lluvias. De esta manera, se puede proceder a la aplicación inmediatamente antes de ese pronóstico, especialmente en los casos que se quiera tomar más riesgos o por dificultades derivadas de la infraestructura o logística, siempre que la suma de puntos este más cercana a 33, que exista el pronóstico en cuestión y que las condiciones de crecimiento del cultivo no esté bajo stress térmico o hídrico. De manera general, el sistema permitió ubicar correctamente la aplicación de fungicidas dentro del período R3-R5, algunos ensayos mostraron mayores rendimientos en R3 o R4 o R5 dependiendo del resultado de puntos provisto por el sistema. En relación al margen neto, las variaciones en el mismo siguieron la misma tendencia que las respuestas al rendimiento. Cuando el sistema recomendó no aplicar, las aplicaciones fijas por fenología obtuvieron márgenes negativos demostrando, en estos casos, que el uso de fungicida más que un beneficio hubiera sido un perjuicio. Contrariamente cuando el sistema recomendó aplicar independientemente que sea R3, R4 o R5, los márgenes netos siempre fueron positivos y en general, siempre los mayores posibles (Carmona et al., 2015).



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

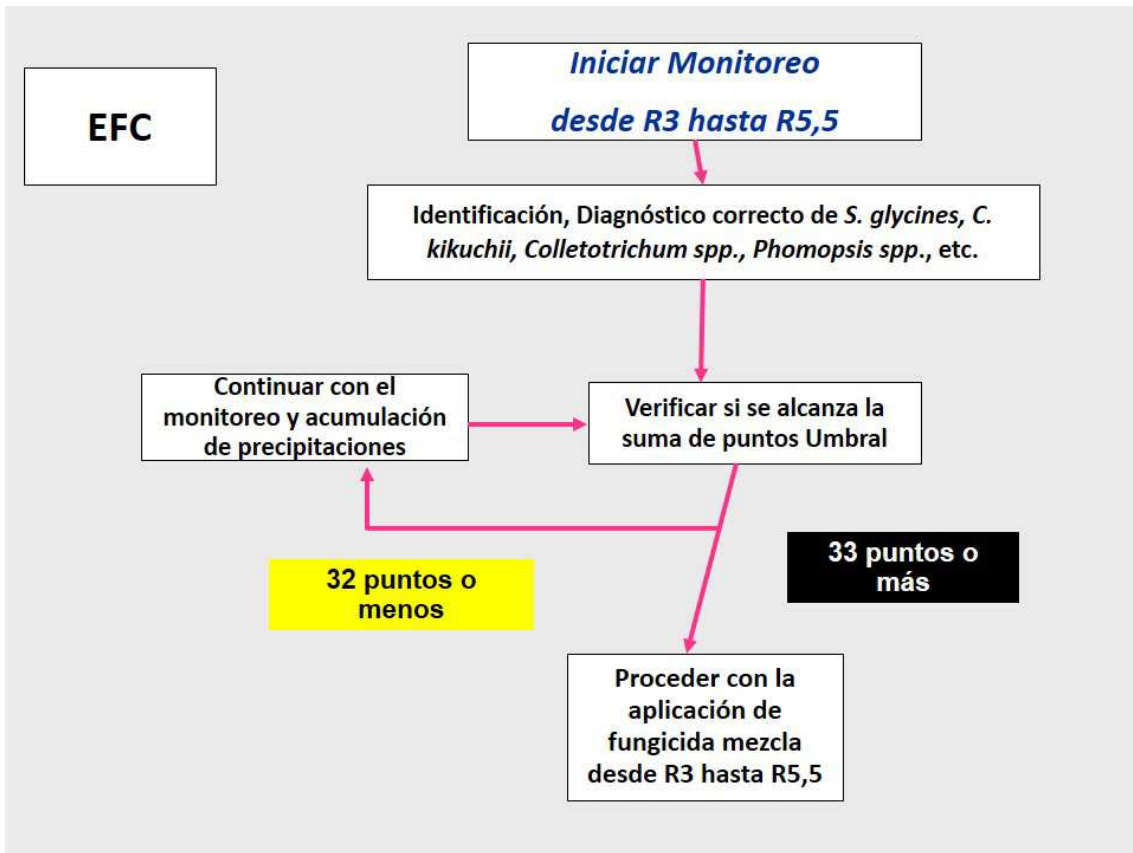


Figura 1. Árbol de decisión de aplicación de fungicidas para el manejo de las EFC de soja en base al sistema de puntuación desarrollado por Carmona et al. (2015). Fuente: Carmona, 2014.

Concluyendo, se elaboró un sistema de puntuación que permite orientar la aplicación de fungicidas para las EFC en el cultivo de soja. La validación de dicho sistema en diferentes años y regiones mostró que las recomendaciones propuestas por el sistema de puntos siempre arrojaron los mayores rendimientos y márgenes netos independientemente de la localidad y año considerado (Carmona et al., 2015).

Características de las moléculas más utilizadas para el manejo químico de las EFC

Las moléculas más frecuentemente utilizadas para el control de las EFC son las mezclas de estrobilurinas más triazol (Carmona et al., 2017b) que ofrecen mayor persistencia, amplio espectro de control, acción protectora y curativa, y evitan la

generación de resistencia fúngica (Reis y Carmona, 2013). Recientemente se han incorporado las carboxamidas en mezcla con estrobilurinas en triple mezcla con estrobilurina y triazol. Desde el punto de vista biológico, la elección de una mezcla debería contener al menos dos moléculas con diferente acción de interferencia en la etapa de patogenicidad de las EFC: una de ellas debería poseer principalmente acción preventiva (estrobilurina o carboxamida) y la otra acción curativa (triazol/bencimidazol). Esto se fundamenta en que los agentes causantes de EFC poseen latencia larga y se dispersan por lluvia, lo que obliga a “curar” lo que penetró y se establece dentro de la planta, y a prevenir nuevas infecciones luego de la aplicación.

Resumen en 10 tips

- 1) Las enfermedades foliares de fin de ciclo más prevalentes e importantes son: Mancha marrón (*Septoriaglycines*) y Tizón púrpura (*Cercosporakikuchii*). La primera se ubica preferencialmente en el estrato inferior y la segunda en el estrato medio-superior. Los daños oscilan entre 10 al 30%. ***Existe una relación entre la precipitación pluvial y la severidad foliar de estas EFC estimada entre los estadios R6-R7 de la soja***, que permite predecir la intensidad de ataque en base a las precipitaciones caídas o pronosticadas entre R3 y R5.
- 2) ***La cuantificación visual de las EFC (incidencia en hojas o severidad) no es un buen estimador para prever o estimar reducciones en el rendimiento y productividad de soja***. Por lo tanto, se podrían subestimar folíolos “aparentemente” sanos que están infectados en forma latente (la incubación-latencia es el “estado del hospedante” que a pesar de estar infectado no muestra síntomas ni fructificaciones del patógeno). Asimismo, no existe información científica publicada que relacione incidencia o severidad (visualmente cuantificada), con momento de aplicación, ambiente e impacto del uso de fungicidas sobre el rendimiento de soja.
- 3) ***La aplicación de fungicidas en base a la cuantificación visual de síntomas tiene un valor limitado, errático e inestable***, debido principalmente a que la infección temprana y el desarrollo *asintomático* de las enfermedades, resulta en el desarrollo

de síntomas mayormente hacia el final del ciclo, cuando el rendimiento ya ha sido definido y el daño por EFC producido. Esto explica en parte, la baja correlación entre síntomas y variabilidad en los rendimientos en los estadios en donde deberían aplicar fungicidas (por ej. R3, R4, R5). Dicha asociación para las EFC en general no es significativa, a diferencia con lo que ocurre con otros patógenos que poseen incubación y latencia cortas, como por ejemplo la RAS o la MOR (Carmona et al., 2017a), como así también con enfermedades en otros cultivos como trigo y cebada.

- 4) ***Las respuestas de rendimiento agronómico por las aplicaciones de fungicida difieren significativamente entre campañas agrícolas, siendo las precipitaciones entre R3 a R5 las que mejor explican la variabilidad del impacto del uso de fungicidas en el rendimiento*** (más del 80 % de la variabilidad en las respuestas de rendimiento a la aplicación de fungicida es explicada por la cantidad de lluvia acumulada entre R3 y R5 ($P < 0.001$) (Carmona et al., 2011, 2015). El beneficio potencial de la acción de los fungicidas en el rendimiento de soja depende de la cantidad de lluvia registrada en el intervalo R3-R5, pero el momento preciso de la aplicación dependerá del ambiente y las lluvias durante dicho período crítico. Dependiendo de las condiciones ambientales, la aplicación de fungicida podría realizarse en R3, R4 o R5. Hay dos opciones: (i) medir la cantidad de lluvias desde R3 en adelante y cuando las lluvias acumuladas alcancen 40-50mm, proceder con la aplicación del fungicida, o (ii) Proceder en base a un pronóstico climático muy preciso (momento de inicio y cantidad de precipitación). En este caso, cuando el pronóstico predice la ocurrencia de 50-60 mm de lluvia entre R3 y R5, proceder a la aplicación antes del comienzo de las precipitaciones. En este último caso hay más riesgo, pues depende de la exactitud del pronóstico. ***Las lluvias entre R1 a R3 no son significativas para explicar respuesta al uso de fungicidas.***

- 5) A pesar de que los efectos fisiológicos de los fungicidas a base de estrobilurinas están bien documentados, especialmente en cereales, en el cultivo de la soja estas moléculas presentan baja probabilidad de aumentar los rendimientos por otros

mecanismos diferentes que no sean el del control de las enfermedades. ***Por ello, no se recomienda aplicar fungicidas tomando como criterio principal este efecto fisiológico sin considerar las lluvias entre R3 a R5, y el cultivo antecesor.***

- 6) ***En años lluviosos las mezclas de estrobilurina y triazol o de triazol más carboxamida o las triple mezcla de estrobilurina más triazol más carboxamida impactan en el control generandouna mayor respuesta de rendimiento en comparación con otras moléculas individuales (triazoles, bencimidazoles). Probablemente, la actividad protectora de las estrobilurinas y/o carboxamidas mejoran el control de las EFC, particularmente en años lluviosos cuando estos patógenos son más activos otorgando además mayor período de protección. No aplique desde R5.5 en adelante, mezclas que contengan estrobilurinas (tallo verde, problemas de cosecha, etc.). En ese caso utilice triazoles o mezclas de triazol más bencimidazol.***
- 7) ***En años de bajas precipitaciones entre R3 y R5 la aplicación de fungicidas puede resultar en un margen neto negativo.***
- 8) ***En años en donde durante el periodo entre R3-R5 presente 100 mm o más, debido a la necesidad de aumentar el periodo de protección e incrementar la prevención, es recomendable utilizar, en aquellos fungicidas a base de la mezcla de estrobilurina y triazol que propongan un rango de uso, la mayor dosis comercial,***
- 9) ***La respuesta en el rendimiento es mayor para las aplicaciones en R3 en comparación con las de R5, cuanto más lluviosos sea el año. Si llueve 50-60 mm las respuestas son semejantes para ambos momentos, pero a medida que la lluvias se incrementan, las aplicaciones realizadas en R3 son significativamente superiores a las de R5 (por ejemplo con 120 mm la respuesta en R3 es de 400 kg/ha y en R5 de 320 kg/ha) (Carmona et al., 2015).***

- 10) *Con periodos lluviosos entre R3-R5, monocultivo y presencia de inóculo o síntomas de EFC en el campo (sin necesidad de cuantificar los mismos), la respuesta al uso está garantizada.* Comience a pulverizar los lotes con mayor riesgo (mayor número de años de monocultivo, presencia de enfermedades en el lote, cultivares susceptibles). Pulverice tan pronto indique el sistema de puntuación (**Agrodecisor EFC**), ya que el retraso de la aplicación en años lluviosos puede disminuir la respuesta al uso de fungicidas.

BIBLIOGRAFIA

- Backman PA, Rodríguez Cabaña R, Hammond JM, Turlow DL. 1979. Cultivar environment and fungicide effects on foliar disease losses in soybean. *Phytopathology* 69: 562-564.
- Carmona M. 2006. Importancia de las enfermedades de fin de ciclo: su relación con la ecofisiología y el uso estratégico de fungicidas en el cultivo de soja. *Proceedings of Mercosoja 2006, 3er Congreso de Soja del Mercosur, Workshop de enfermedades de hoja, tallo y raíz.* ACSOJA, Rosario. pp. 321-324.
- Carmona M, Sautua F, Perelman S, Reis EM, Gally M. 2011. Relationship between Late Soybean Diseases Complex and rain in determining grain yield responses to fungicide applications. *Journal of Phytopathology* 159: 687-693.
- Carmona M, Reis EM. 2012. Capítulo 7. Sistema de pontuação auxiliar na tomada de decisao para a aplicaçãode fungicidas visando ao controle das doenças de final de ciclo. 333-347 pp. En: *Doenças da soja* 436 p. E. M. Reis & R. T. Casa Editores. ISBN 978-85-7912-082-4.
- Carmona M. 2013. Sistema de pontuação auxiliar indicador do momento para aplicação de fungicidas no controle de doenças de final de ciclo na cultura da soja. *Capitulo 11: 133-157 Indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doençasnas culturas da soja e do trigo 2da edição revista e ampliada* Compilador, E. M. Reis Ed BertherPasso Fundo, Brasil, 246 pp.
- Carmona M, Sautua F, Gally M, Mónaco C, Reis EM. 2013. Sustainable chemical control of frog eye leaf spot and late season diseases of soybean in Argentina. *Abstract 228: World Soybean Research Conference 2013.* Durban, South Africa. February 17-22, 2013.

- Carmona M. 2014. Enfermedades de fin de ciclo y mancha ojo de rana en el cultivo de soja: Desarrollo y validación de un sistema de puntuación y determinación del umbral de control. Tesis Doctoral UNLP, 180p.
- Carmona M, Sautua F, Perelman S, Gally M, Reis EM. 2015. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in Argentina. *Crop Protection*, *Crop Protection* 70: 83-91, 2015. doi: 10.1016/j.cropro.2015.01.019.
- Carmona MA, Reis EM, Sautua F. 2017a. Chapter 9 Sustainable Chemical Control of Main Soybean Diseases in South America 203-245 pp In: Fletcher, B. (Ed). *Soybeans: Cultivation, Nutritional Properties and Effects on Health* Editors. NOVA. ISBN978-1-63485-866-3
- Carmona M, Sautua F, Scandiani M, Bello R, López V, Luque A. 2017b. *In vitro* sensitivity assessment for late season soybean pathogens to fungicide mixtures. *Australasian Plant Dis. Notes* 12:20 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13314-017-0244-7/fulltext.html>
- Hoffmann LL. 2002. Controle de oídio e doenças de final de ciclo em soja. M. Sc. Tesis. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil. 68 pp.
- Kantolic A, Carmona M. 2012. Bases ecofisiológicas para a geração do rendimento: relação com o efeito de doenças foliares e com o uso de fungicidas em soja. En: *Doenças da soja*. E.M. Reis & R.T. Casa (organizadores). Ed. Passo Fundo: Berthier. pp. 12-54.
- Klingelfuss LH, Yorinori JT. 2001. Infecção latente de *Colletotrichum truncatum* e *Cercospora kikuchii* em soja. *Fitopatologia Brasileira* 26: 158-164.
- Kulik MM. 1984. Symptomless infection, persistence, and production of pycnidia in host and non-host plants by *Phomopsis batatae*, *Phomopsis phaseoli*, and *Phomopsis sojae*, and the taxonomic implications. *Mycologia* 76: 274-291.
- Larran S, Rollán C, Bruno Ángeles H, Alippi HE, Urrutia MI. 2002. Endophytic fungi in healthy soybean leaves. *Invest. Agr., Prod. Prot. Veg.* Vol. 17(1):173-178.
- Reis EM, Carmona MA. 2013. Classification of fungicides. In: *Fungicides: Classification, Role in Disease Management and Toxicity Effects*. pp 91-104. Editorial Nova Science Publishers, Inc. 400 Oser Avenue, Suite 1600 Hauppauge, NY 11788.
- Sinclair JB. 1991. Latent infection of soybean plants and seeds by fungi. *Plant Dis.* 75:220-222.
- Stuckey RE, Moore WF, Wrather JA. 1984. Predictive systems for scheduling foliar fungicides on soybeans. *Plant Dis.* 68(8):743-744.



El tiempo de los nativos sustentables

- Swoboda C, Pedersen P. 2009. Effect of Fungicide on Soybean Growth and Yield. *Agronomy Journal* 101: 352-356.
- Tekrony DM, Stuckey R, Egli DB, Tomes L. 1985. Effectiveness of a point system for scheduling foliar fungicides in soybean seed fields. *Plant Dis.* 69:962-965.
- Wrather JA, Sweets L. 2000. Point system to determine the advisability of spraying soybeans with a foliar fungicide. *Soybean disease Management. Agricultural UM Guide. University of Missouri-Columbia.* Available at <http://muextension.missouri.edu/xplor>. (verified Sept. 2012).
- Yorinori JT. 2011. Dfc e Mancha alvo. 5° Congreso de la Soja del Mercosur, Mercosoja 2011 pp 1- 4.