



Foto: Silvana González

INCIDENCIA DE HONGOS EN LA CALIDAD DE LAS SEMILLAS DE SOJA: efecto de la aplicación foliar de fungicidas y su relación con la época de cosecha

Bach. Agustín Torterolo¹, Ing. Agr. MSc Silvana González²,
Ing. Agr. MSc Carlos Rossi², Lic. Biol. PhD Silvana
Stewart³

¹Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrarias - UDE

²Unidad de Semillas - INIA La Estanzuela

³Protección Vegetal - INIA La Estanzuela

Para producir semillas de soja de calidad la cosecha se debería realizar próximo a madurez fisiológica, punto en el cual la semilla alcanza la máxima calidad fisiológica. Para ello, es necesario tener estructuras de secado, de lo contrario, las semillas deberán perder humedad en el campo hasta la cosecha. Si este período es muy extenso, la incidencia de hongos en las semillas se incrementa, y la germinación y el vigor se reducen. Este artículo analiza los resultados de la aplicación foliar de fungicidas y su relación con el momento de cosecha en la calidad de semillas de soja.

LA PROBLEMÁTICA

En Uruguay, uno de los factores que limita la producción de semillas de soja de calidad, es la ocurrencia de abundantes precipitaciones durante el llenado de grano y/o en la etapa de madurez a cosecha. Esto favorece el desarrollo de hongos y daño ambiental en las semi-

llas, lo que afecta su calidad y genera inseguridad en su abastecimiento. El último evento de estas características ocurrió en la zafra 2016-2017, observándose lotes de semillas con elevada incidencia de hongos como *Fusarium* spp. (92%), *Cercospora kikuchii* (56%) y, en menor medida, *Phomopsis* spp. (10%) (González, 2016 sin publicar).

Fusarium spp. y *Phomopsis* spp. reducen la germinación y el vigor y pueden provocar muerte de plantas en pre y/o pos-emergencia. *Cercospora kikuchii* en combinación con daños de chinche y daño ambiental favorece la pudrición de cotiledones y reduce la germinación y el vigor. Semillas sanas de buena germinación y vigor tienen mayor tolerancia a condiciones de estrés pos-siembra. Incrementan la velocidad de emergencia y de cobertura del suelo y la competencia con malezas difíciles, lo que se traduce en una mayor eficiencia del uso del agua.

Entonces, ¿la aplicación foliar de fungicidas podría proteger a las semillas de la contaminación por hongos? ¿qué sucede cuando se producen demoras de cosecha?

EL ABORDAJE

Se realizaron dos experimentos, uno para el cultivar Génesis 5501 (GM 5.5) y otro para el cultivar Génesis 6602 (GM 6.6).

Los tratamientos en cada experimento consistieron en un arreglo factorial de tres fungicidas y tres estrategias de aplicación, más un control sin tratar (Cuadro 1).

En el cuadro 2 se resumen las fechas de siembra, de madurez completa (R8) y de cosecha para los dos cultivares. Las épocas de cosecha fueron: próximo a madurez completa (R8) (2 y 12 días posteriores a R8 según el cultivar) y tardía (22 y 34 días desde R8 según el cultivar).

Se cuantificó la severidad de las enfermedades en el estadio R6-R7. A las semillas cosechadas se les determinaron: el rendimiento y peso de mil semillas, los principales géneros de hongos con el método de papel de filtro (Scandiani *et al*, 2009), la germinación en rollos de papel sin aplicación de fungicida a las semillas y la viabilidad mediante la *prueba topográfica por tetrazolio (ISTA, 2019).

Sobre dos cultivares de soja se evaluaron tres fungicidas y tres estrategias de aplicación.

Cuadro 1 - Descripción de los tratamientos: fungicidas, dosis y estado del desarrollo en que se realizó la aplicación.

Nombre comercial	Ingrediente activo y concentración en g/L	Dosis de aplicación		Etapa del desarrollo ⁽¹⁾
		⁽²⁾ L/ ha	g i.a./ha	
Cripton	Protiocanazol: 175 +	0.4 +0.3	70+45	R5
	Trifloxistrobin: 150			R5.8
				R5 + R5.8
Fixture 250	Difenoconazol: 250	0.3	75	R5
				R5.8
				R5 + R5.8
Bencarb-L	Carbendazim: 500	1.5	750	R5
				R5.8
				R5 + R5.8
Control sin tratar				

⁽¹⁾ Según la Escala de desarrollo del cultivo de soja Fehr y Caviness (1977)

⁽²⁾ Producto comercial

Cuadro 2 - Fecha de siembra, de madurez completa (R8) y de cosecha de los cultivares.

Cultivar	Siembra	Madurez completa (R8)	Época de cosecha	
			Próximo a R8	Tardío
Génesis 5501	30/11/2018	01/05/2019	03/05/2019	23/05/2019
Génesis 6602	03/12/2018	02/05/2019	14/05/2019	04/06/2019

* prueba bioquímica que diferencia los tejidos vivos de muertos.

Clima

Hubo condiciones favorables para la implantación y crecimiento de los cultivos. Desde la siembra a la cosecha llovieron 844 mm, 85% más que el promedio histórico. No obstante, durante el llenado de grano ocurrieron escasas precipitaciones que se incrementaron al llegar la cosecha. Es así que, en los primeros 20 días de mayo hubo siete días de lluvias que acumularon un total de 89 mm (Figura 1).

Enfermedades foliares

La enfermedad predominante fue Roya Asiática (causada por *Phakopsora pachyrhizi*). Mancha púrpura (causada por *Cercospora kikuchii*) se presentó en niveles de severidad bajos (<10%).

Rendimiento y peso de mil semillas

Los fungicidas controlaron las enfermedades, pero no tuvieron efecto significativo ($p=0,06$) sobre el rendimiento, que en promedio fue de 3800 kg y 3458 kg para el cultivar Génesis 5501 y Génesis 6602 respectivamente. La doble aplicación de Cripton, las aplicaciones de Fixture en R5.8 y Bencarb- en R5 presentaron mayor ($p<0,05$) peso de mil semillas promedio (164 g) que los testigos sin tratar (156 g).

Incidencia de hongos en las semillas

Los hongos de mayor prevalencia fueron *Fusarium* spp. y *Cercospora kikuchii*. En menor medida se registraron *Phomopsis* spp., *Alternaria* spp. y *Cladosporium* spp. cuyos resultados se prescinden para esta publicación. La infección de las semillas por *Fusarium* spp. fue

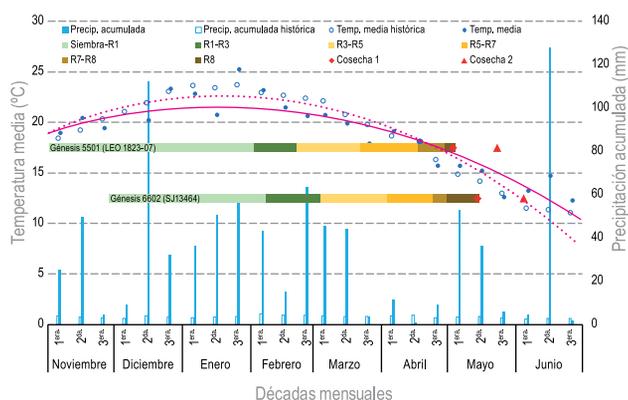


Figura 1 - Estados fenológicos de los cultivos, temperatura y precipitaciones desde noviembre 2018 a junio 2019 contrastado con los promedios históricos (1965-2018) para INIA La Estanzuela.

moderada y se incrementó ($p<0,0001$) de 2 a 13% (promedio para los dos cultivares) con el atraso de la cosecha. La disminución de la incidencia de *Fusarium* spp. en las semillas por la aplicación de fungicidas foliares fue de poca magnitud, (12% a 7% testigo sin tratar vs fungicidas) y solo para el cultivar Génesis 5501 ($p=0,03$). No hubo diferencias en los momentos de aplicación.

La severidad de mancha púrpura en los cultivos fue baja, sin embargo, la incidencia en las semillas fue moderada a alta y se incrementó con el retraso de la cosecha de 10% a 19% y de 21 a 36% para el cultivar Génesis 5501 y Génesis 6602 respectivamente ($p=0,0001$).

Cuadro 3 - Incidencia de *Cercospora kikuchii* en semillas del cultivar Génesis 5501 cosechadas próximo a madurez completa (dos días post-R8) y tardío (22 días post-R8) para los diferentes tratamientos.

Nombre comercial	Etapa del desarrollo ⁽¹⁾	<i>Cercospora kikuchii</i> (%)			
		Época de cosecha			
		Próximo a R8		Tardía	
Cripton	R5	14	BC	20	A B C D
	R5.8	22	A	22	A B C
	R5 + R5.8	8	DE	24	A B
Fixture 250	R5	7	DE	15	DE
	R5.8	5	E	19	BCD
	R5 + R5.8	9	CDE	16	DE
Bencarb-L	R5	4	E	12	E
	R5.8	11	CD	17	CDE
	R5 + R5.8	8	DE	17	CDE
Control sin tratar	—	18	AB	27	A
p-valor		****		****	

⁽¹⁾ Escala de desarrollo del cultivo de soja Fehr y Caviness (1977) (2) ****($p<0,0001$).

Cuando el cultivar Génesis 5501 se cosechó próximo a R8 las semillas de los tratamientos con Bencarb-L y Fixture presentaron en promedio menor incidencia de *Cercospora kikuchii* (7%) que las del testigo sin tratar (18%) y no hubo diferencias en el momento de aplicación, en cambio Cripton controló la enfermedad solo con dos aplicaciones.

El efecto de los fungicidas permaneció hasta la segunda época de cosecha (22 días post-R8) y las semillas de los tratamientos con Bencarb-L y Fixture presentaron en promedio menor incidencia de *Cercospora kikuchii* (16%) que las de Cripton (23%), que no se diferenció del testigo sin tratar (27%). Al igual que para la primera fecha de cosecha no hubo diferencias en el momento de aplicación (Cuadro 3).

Cuando el cultivar Génesis 6602 se cosechó próximo a R8 el tratamiento que presentó menor incidencia del patógeno fue la doble aplicación de Fixture, seguido de su aplicación en R5 y la doble aplicación de Cripton. No obstante, el efecto de los fungicidas no permaneció hasta la segunda época de cosecha (Cuadro 4).

Germinación

Con el atraso de la cosecha la germinación se redujo de diferente forma para los cultivares, de 97 a 81% y de 92 a 69% para el cultivar Génesis 5501 y Génesis 6602 respectivamente. Esto se debió a que la demora de la cosecha fue mayor para el cultivar Génesis 6602 (34 días) que para el cultivar Génesis 5501 (22 días). Aunque las precipitaciones para el período R8 cosecha tardía fueron similares para ambos cultivares (95 mm), existió una importante diferencia en el número de días con más de 10 horas de Humedad Relativa superior a 90% (11 días G5501 vs 17 días G6602).

El efecto de los fungicidas permaneció hasta la segunda época de cosecha (22 días post-R8).

Cuando el cultivar Génesis 5501 se cosechó próximo a R8 la germinación promedio fue 97% y no dependió de la aplicación de fungicidas ($p>0,05$). Pero cuando se cosechó tardío, los tratamientos con Cripton, Fixture aplicado en R5 y Bencarb-L aplicado en R5 y en R5+R5.8 presentaron en promedio mayor ($p<0,01$) germinación (86%) que el testigo sin tratar (72%) (Figura 2).

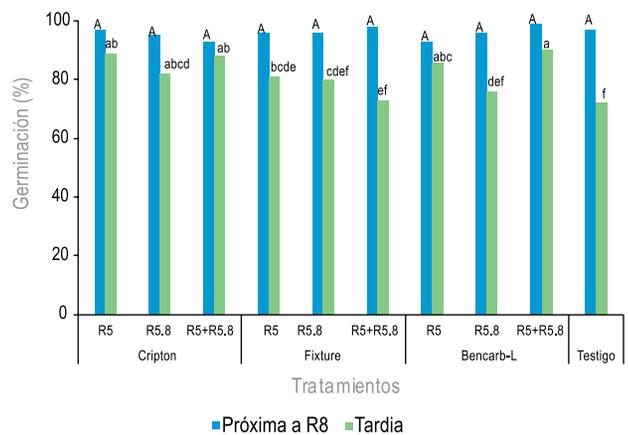


Figura 2 - Germinación de las semillas del cultivar Génesis 5501 cosechadas próximo a R8 (2 días post-R8) y tardía (los 22 días post-R8) para los diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p\leq 0,05$) dentro de cada época de cosecha.

Cuadro 4 - Incidencia de *Cercospora kikuchii* en semillas del cultivar Génesis 6602 cosechadas próximo a madurez completa (12 días post-R8) y tardía (34 días post-R8) para los diferentes tratamientos.

Nombre comercial	Etapa del desarrollo ⁽¹⁾	<i>Cercospora kikuchii</i> (%)		
		Época de cosecha		
		Próximo a R8		Tardía
Cripton	R5	24	B	30
	R5.8	20	BC	34
	R5 + R5.8	14	D	30
Fixture 250	R5	17	CD	29
	R5.8	24	B	39
	R5 + R5.8	7	E	38
Bencarb-L	R5	24	B	40
	R5.8	24	B	37
	R5 + R5.8	30	A	37
Control sin tratar	—	30	A	44
p-valor		****		ns

⁽¹⁾Escala de desarrollo del cultivo de soja Fehr y Caviness (1977) ****($p<0,0001$), ns (no significativo $p<0,05$)

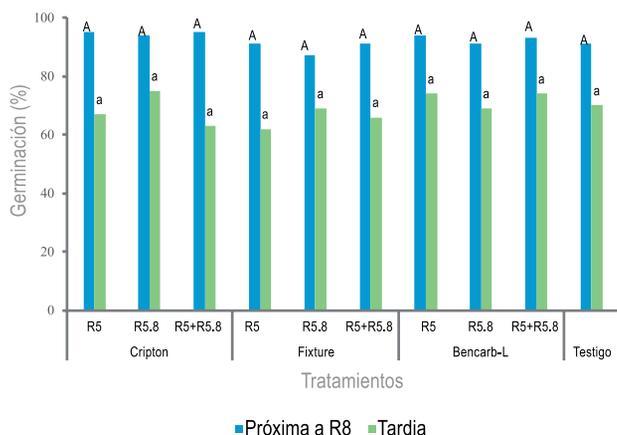


Figura 3 - Germinación de las semillas del cultivar Génesis 6602 cosechadas próximo a R8 (12 días post-R8) y tardía (los 34 días post-R8) para los diferentes tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) dentro de cada época de cosecha.

Para el cultivar Génesis 6602 no se observó un incremento de la germinación debido a la aplicación de fungicidas para ninguna de las épocas de cosecha. Estos resultados indicaron la importancia de la cosecha oportuna para conservar la calidad de las semillas (Figura 3).

Viabilidad

Fueron comparados los tratamientos con aplicación doble (R5+R5.8) vs. los testigos sin tratar en los dos momentos de cosecha para los dos cultivares. La viabilidad de las semillas fue excelente en ambos cultivares y no se redujo con la época de cosecha ($p > 0,05$). Las dobles aplicaciones de los fungicidas incrementaron ($p = 0,012$) la viabilidad de las semillas en cuatro puntos promedio con respecto a los testigos sin tratar (Cuadro 5). La germinación se redujo en 22 puntos promedio por demoras de la cosecha ($p = 0,0001$), esto se debió a la presencia de hongos en las semillas. La doble aplicación de fungicidas incrementó la germinación de las semillas en cuatro puntos promedio comparado con los testigos sin tratar ($p = 0,04$) y no interaccionaron con el cultivar ni con la época de cosecha ($p = 0,07$).

Cuadro 5 - Germinación y viabilidad de las semillas de los tratamientos con Cripton, Fixture y Bencarb-L en doble aplicación (R5+R5.8) y del testigo sin tratar para los cultivares Génesis 5501 y Génesis 6602 en dos épocas de cosecha (próxima a R8 y tardía).

Cultivar	Época de cosecha	Germinación (%)		Viabilidad (%)	
		Testigo	R5+R8	Testigo	R5+R8
Génesis 5501	Próximo a R8	97	97	95	98
	Tardía	72	84	95	98
Génesis 6602	Próximo a R8	91	94	88	93
	Tardía	67	68	91	96

La viabilidad de las semillas fue excelente en ambos cultivares y no se redujo con la época de cosecha.

COMENTARIOS FINALES

- Cuando las semillas llegan a la madurez deberían permanecer el menor tiempo posible en el campo, de lo contrario la incidencia de *Fusarium* spp. y *Cercospora kikuchii* se puede incrementar y reducir la germinación
- Algunos tratamientos redujeron la incidencia de mancha púrpura en las semillas en épocas de cosecha temprana y en algún caso su efecto se extendió hasta la cosecha tardía. Sin embargo, cuando la cosecha se retrasó demasiado con respecto a la madurez, los fungicidas foliares tuvieron efecto limitado o nulo.
- La viabilidad de las semillas, en este caso, no se redujo con el atraso de la cosecha. Cuando esto ocurre, la aplicación de fungicidas curasemillas es una excelente herramienta para incrementar la germinación.
- Debido a que el llenado de grano transcurrió sin lluvias las semillas tuvieron baja infección por *Fusarium* spp. y *Phomopsis* spp. Trabajos futuros deberían explorar el uso de fungicidas en años con condiciones favorables para el desarrollo de estos patógenos.

AGRADECIMIENTOS

A los Téc. Agrs. Rafael Clavijo, Marcelo Rodríguez y Liliana Benedetto por su invaluable contribución en la actividad experimental.

BIBLIOGRAFÍA

Fehr, W.R y Caviness, C.E. (1977) Stages of soybean development. Iowa State University. Cooperative Extension Service. Special Report no. 80. pp. 929-931.

ISTA. 2019. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland. 284 p.

Scandiani, M.; Luque, A. 2009. Identificación de patógenos de semilla de soja. Análisis de semilla, Vol 2: 187 p.