

# RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS (TRIAZOLES Y ESTROBIRULINAS) EN SOJA, SOBRE LA GENERACIÓN DE BIOMASA Y EL RENDIMIENTO.

M.P. Vilariño y D.J. Miralles  
Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.  
Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires. Tel. 011-4524-8075/8040  
E mail: mdpvilar@agro.uba.ar

## Introducción

Las enfermedades de soja constituyen un importante factor reductor del rendimiento potencial del cultivo, resultando en pérdidas de rendimiento estimadas entre 8% y 10 % (Ploper *et al.*, 2003; Vallone, 2003).

Un grupo de enfermedades importantes son las llamadas enfermedades de fin de ciclo (EFC), que inciden en las etapas reproductivas del cultivo. Este grupo, conformado por los patógenos ***Septoria glycines***, ***Cercospora kikuchii***, ***Cercospora sojina***, ***Alternaria spp*** y ***Colletotrichum spp*** entre otros, ha ido en aumento en los últimos años debido a cambios en la tecnología del cultivo, entre ellos la falta de remoción del suelo (Vallone y Gadbán, 2005). En años recientes, ha aparecido la roya de la soja, ***Phakopsora pachyrhizi***, infectando potreros, fundamentalmente en la zona norte del país. La roya y las EFC reducen el área foliar verde y, en consecuencia, disminuyen la cantidad de radiación absorbida por el cultivo, precisamente durante la etapa más crítica para la determinación del rendimiento, cuando el cultivo está fuertemente limitado por fuente, comprometiendo seriamente el rendimiento (Borrás *et al.*, 2004).

Los fungicidas recomendados para el control de las EFC tienen efecto sobre el área foliar funcional, al evitar el avance del patógeno que induce clorosis y senescencia. En los últimos años se han informado efectos directos de fungicidas, especialmente del grupo de las estrobirulinas, sobre el mantenimiento del área foliar verde (Bertelsen *et al.*, 2001; Cromey *et al.*, 2004). Sin embargo, no es claro su efecto sobre los atributos fisiológicos de la generación de biomasa y su impacto sobre el rendimiento y sus componentes.

Este trabajo tiene como objetivos: i) Evaluar la evolución del área foliar funcional en plantas expuestas a enfermedades de fin de ciclo (EFC) y su efecto sobre la biomasa y el rendimiento, así como ii) evaluar los efectos ecofisiológicos de fungicidas de distinto grupo químico en la etapa de llenado de granos, en forma conjunta con la evaluación de su efectividad para controlar EFC.

## Materiales y Métodos

Diseño y tratamientos: Los tratamientos surgieron de la combinación de 2 variedades DM 4800 y DM 50048, y tres tratamientos con fungicidas: tratado con estrobirulina (T1), fungicida mezcla de Pyraclostrobin + Epoxiconazole; tratado con triazol (T2), mezcla de Epoxiconazole + Carbendazín, ambos aplicados en 4 momentos post anthesis; y testigo, sin tratar (T3). La variedad DM 4800 tuvo dos tratamientos adicionales (T4), 3 aplicaciones de estrobirulina post R4, y (T5), dos aplicaciones post R5. Las dosis de los fungicidas fueron las recomendadas. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (DBCA), con 4 repeticiones. Cada tratamiento correspondió a una parcela de 3 surcos de 4,7 m de largo, separados a 45 cm. La siembra se realizó en condiciones de campo, el 10/1/ 2005, utilizándose una densidad de 45 plantas.m<sup>-2</sup>.

Se cosechó la biomasa aérea en el equivalente a 0,1 m<sup>2</sup> de los surcos centrales de cada parcela en R2, R4, R6 Y R7. Las hojas fueron separadas y analizadas mediante la técnica de análisis de imágenes, utilizando el programa Assess: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification (2002, The American Phytopathological Society), para discriminar tejido verde y no verde (enfermo o senescente). Se obtuvo, en consecuencia, el IAF total y el amarillo, y se calculó la severidad de las enfermedades presentes. La biomasa aérea total se secó en estufa a 60 °C para la obtención de la materia seca producida.

Para estimar la tasa de pérdida de agua en grano, se cosecharon periódicamente 4 vainas de posiciones inmediatamente por debajo del último nudo del tallo principal, se registró su peso fresco y, posteriormente al secado, el peso seco, a fin de calcular la dinámica de pérdida de agua del grano. A madurez, se cosecharon las plantas encontradas en una superficie de 0.5 m<sup>2</sup> en los surcos centrales de cada parcela.

## Resultados

**Enfermedades Presentes:** En etapas vegetativas no se observaron síntomas de enfermedades, mientras que a partir de R4 se observaron síntomas de *Cercospora kikuchii* (tizón de la hoja) y *Peronospora manshurica* (mildiu), aunque con porcentajes de severidad bajos (entre 0.16 y 1.64 %, en R6).

**Biomasa:** La dinámica de acumulación de biomasa mostró la misma tendencia en ambas especies. El T1 (estrobirulina) acumuló más biomasa entre los estadios de R6 y R7, respecto de los tratamientos con triazol (T2) y control (T3) (Figura 1). Las diferencias fueron estadísticamente significativas únicamente en la variedad DM 4800, en el estadio R7 (p=0.03). Debido a la escasa severidad de las EFC y a las diferencias encontradas respecto al otro fungicida utilizado (T2), esta mayor acumulación de biomasa en etapas finales podría adjudicarse a un efecto directo de la estrobirulina.

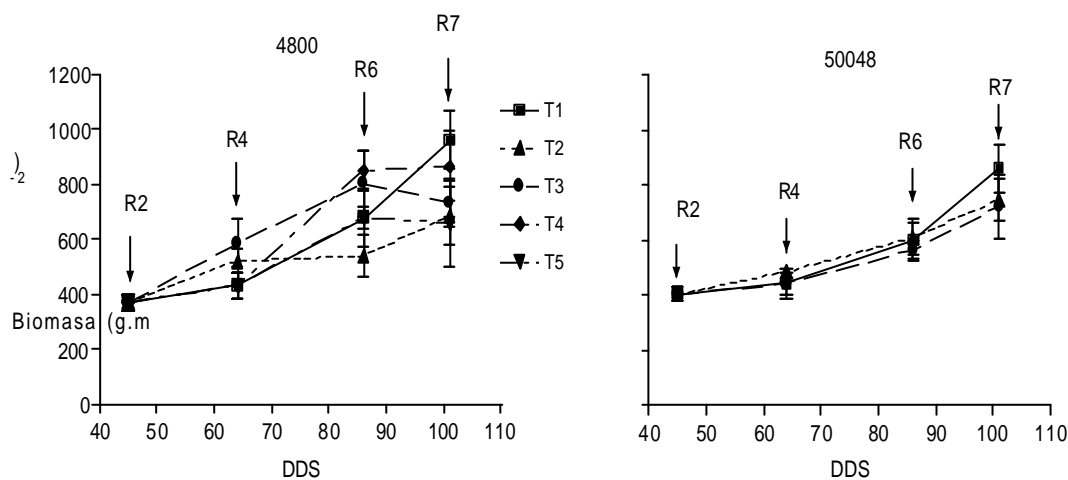


Figura 1: Biomasa acumulada para cada tratamiento en función a los días desde la siembra (DDS), para los cultivares DM 4800 y DM 50048.

**Área foliar:** En ambas variedades, los tratamientos en que se aplicó estrobirulina, mostraron una menor pérdida del área foliar funcional durante el llenado de granos (Figura 2). Los valores del índice de área foliar logrados fueron mayores al crítico, asegurando plena interceptación de la radiación durante todo el período crítico para la determinación del rendimiento (R3- R6), con excepción del T2 (triazol) en la variedad DM 4800, en que el IAF verde cayó por debajo del crítico con anterioridad a R6. En DM 50048, el tratamiento control (T3) y el tratado con triazol (T2) tuvieron una caída por debajo del IAF crítico anterior al T1. La duración del área foliar (DAF) fue mayor en los tratamientos con estrobirulinas que

en los controles o en los tratamientos con triazol. Los valores logrados en DM 4800 fueron 146.3, 158.3 y 147.2 m<sup>2</sup>. día, para T1, T4 y T5, respectivamente; mientras que para los tratamientos T3 (control) y T2 (triazol) los valores logrados fueron 122.5 y 116.1 m<sup>2</sup>.día, respectivamente. Similarmente en DM 50048, se obtuvieron valores de DAF de 141.4, 126.8 y 123.2 m<sup>2</sup>.día, para T1, T2 y T3, respectivamente.

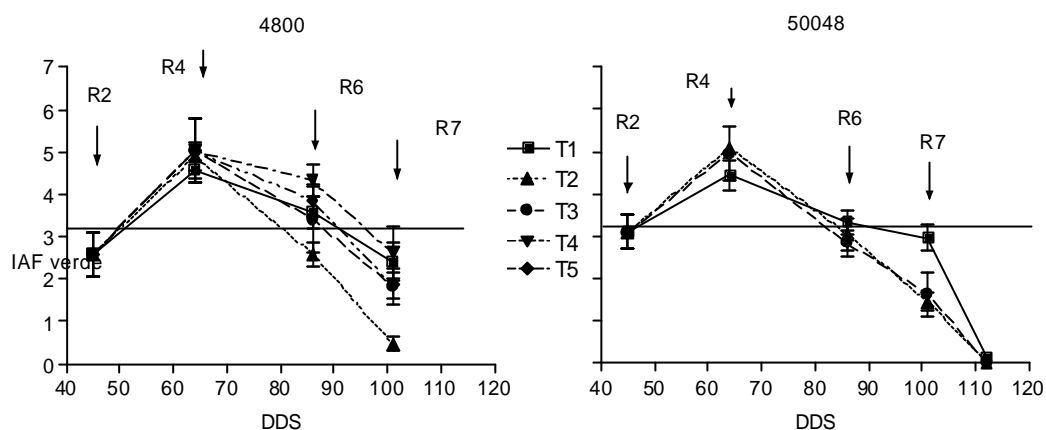


Figura 2: Evolución temporal del Índice de Área Foliar (IAF) verde en cada tratamiento. La línea negra paralela a las abscisas representa el IAF crítico del cultivo.

**Rendimiento:** Los rendimientos obtenidos fueron mayores en los tratamientos con estrobirulinas (en promedio, 650 Kg. ha<sup>-1</sup>) respecto a T3 y T2 en la variedad DM 4800 (p=0.03). En esta variedad el T2 logró rendimientos muy bajos, en concordancia con la mayor caída en el IAF verde y la menor biomasa acumulada. Los tratamientos 4 y 5 tuvieron resultados similares al T1 (Figura 3). La variedad DM 50048 no mostró diferencias significativas entre tratamientos debido, probablemente, a haber mantenido el IAF por sobre el crítico hasta R6, en todos los tratamientos.

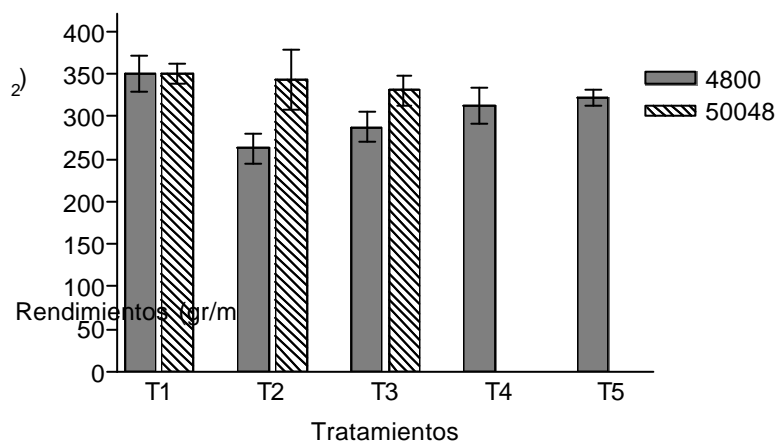


Figura 3 Rendimiento en grano (gr. m<sup>-2</sup>) para los distintos tratamientos

**Pérdida de agua en grano:** La evolución del contenido de humedad del grano muestra una disminución del porcentaje de agua más rápida en las etapas iniciales, respecto de las finales. La tasa de pérdida de agua en las etapas finales fue menor en el T1 (2.6 % en DM 4800 y 2.9 % en DM 50048) que en los controles, T3 (3% y 3.6% para DM 4800 y DM 50048, respectivamente). Para el tratamiento con triazol (T2) la tasa de pérdida fue mayor o similar al tratamiento control (3.2% y 3.6% para DM 4800 y DM 50048, respectivamente) (Figura 4). El

T4 en DM 4800 presentó un comportamiento similar al T1, mientras que el T5 perdió agua a una tasa mayor.

El peso seco del grano se mantuvo estable en el período evaluado, lo que indica que ya se había superado madurez fisiológica. El peso final del grano para DM 4800 fue mayor en el T1, 157.4 mg, que en el T2, 146.2 mg y el T3, 144.0 mg. Para la variedad DM 50048 el tratamiento con estrobirulina (T1) tuvo también mayor peso de granos, 158.3 mg, el menor peso lo obtuvo el T2 (triazol) con 144.6; el T3 tuvo un peso de 153.2 mg.

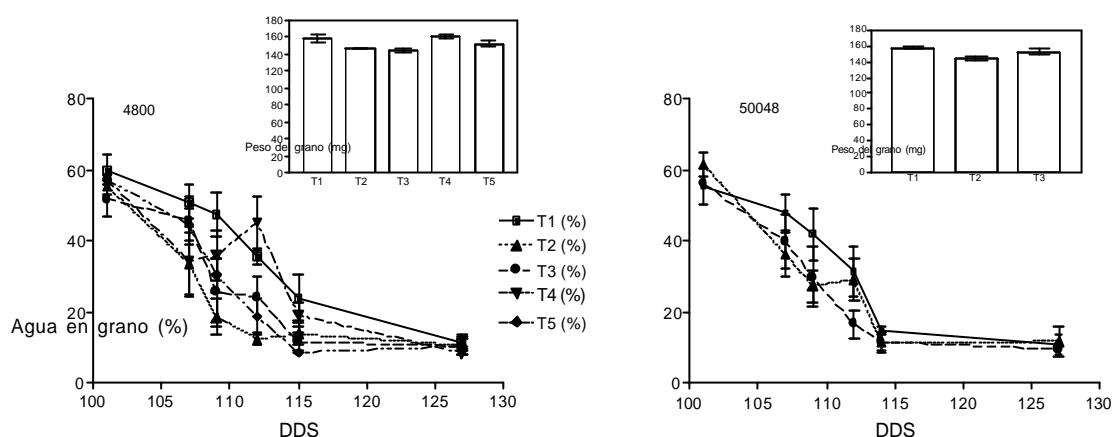


Figura 4: Evolución del contenido porcentual de agua, en función de los días desde la siembra, para las variedades DM 4800 y DM 50048.

### Conclusiones

Aunque los niveles de severidad de las enfermedades presentes no fueron importantes, el impacto sobre la biomasa y el rendimiento (y sus componentes) dependió en gran medida de cuanto el IAF se mantuvo por encima del valor crítico.

En ambas variedades, el fungicida a base de estrobirulina tuvo un efecto marcado en las etapas finales del ciclo del cultivo (llenado de grano), manteniendo el IAF verde por mayor tiempo, lo que se tradujo en mayores rendimientos solamente en la variedad DM 4800, debido principalmente, a un mayor peso de granos. En la variedad DM 50048, la mayor duración del área foliar obtenida con las estrobirulinas, no tuvo efecto sobre la biomasa acumulada, ni sobre el rendimiento.

El secado del grano fue más lento en los tratamientos con estrobirulinas, lo que podría significar una desventaja, especialmente en los cultivos de segunda y en zonas donde se exploren condiciones de alta humedad hacia cosecha.

### Bibliografía

- BERTELSEN J.R., de NEERGAARD E., and SMEDEGAARD-PETERSEN V. 2001. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter. *Plant Pathology* 50, 190-205.
- BORRÁS L., SLAFER G.A., OTEGUI, M.E. 2004. Seed dry weight response to sourcesink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 86, 131-146.
- CROMEY M.G., BUTLER R.C., MACE M.A. and COLE A.L.J. 2004. Effects of the fungicides azoxystrobin and tebuconazole on *Didymella exitialis*, leaf senescence and grain yield in wheat. *Crop Protection*. 23, 1019-1030.
- PLOPER L.D., GÁLVEZ M.R., GONZÁLEZ V., JALDO H.E., ZAMORANO M.A., CORONEL N.D., DÍAZ C.G. y DEVANI M.R. 2003. Panorama sanitario del cultivo de soja en el Noroeste Argentino. En: E. Satorre *et al*, (Eds.). *El libro de la soja*. Servicios y Marketing Agropecuario, Buenos Aires, pp. 123-132.
- VALLONE S.D. de. 2003. Enfermedades de soja. En: E. Satorre *et al*, (Eds.). *El libro de la soja*. Servicios y Marketing Agropecuario, Buenos Aires, pp. 123-132.
- VALLONE S.D. de y GADBÁN L. 2005. Enfermedades de fin de ciclo. En: *Actas del Congreso Mundosoja*. Buenos Aires 23 y 24/6/05, pp.163-169.