

DAÑOS ASOCIADOS AL SÍNDROME DE LA MUERTE SÚBITA EN EL CULTIVO DE SOJA

M. Carmona¹, D. Alvarez², A. Luque³, M. Ferri, F. Sautua¹, M. Scandiani^{*3,4}

¹ FAUBA, ² Agritest, ³ CEREMIC, ⁴ Laboratorio Agrícola Río Paraná.

Ruiz Moreno 225, San Pedro, 2930, Buenos Aires, Argentina, Teléfono 54-3329-423511
labagricola@sanpedro.com.ar

Palabras claves: soja, muerte súbita, *Fusarium virguliforme*, *Fusarium tucumaniae*, daños

Introducción

El síndrome de la muerte súbita (SMS), conocido también como el síndrome de la muerte repentina, es una importante enfermedad que afecta al cultivo de soja. Las pérdidas en Estados Unidos (EEUU) desde 1999 a 2004, fueron de 190 millones de dólares por año, convirtiéndola entre las 4 enfermedades más importantes de la soja (Bird et al. 2010).

Los agentes causales comprenden 4 especies de *Fusarium*, morfológica y filogenéticamente diferentes: *F. virguliforme* O'Donnell & T. Aoki, *F. tucumaniae* T. Aoki, O'Donnell, Homma & Lattanzi, *F. brasiliense* T. Aoki & O'Donnell, y una especie aún en estudio *Fusarium sp.* Previamente a la realización de estos estudios el agente causal era conocido como *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. En Argentina, desde 2004, se viene realizando el relevamiento de lotes y análisis de plantas con síntomas foliares típicos de SMS, que han permitido crear una colección de cultivos puros. Recientemente, estas cepas fueron estudiadas mediante análisis de *multilocus genotyping* utilizando la tecnología Luminex. Se determinó que en nuestro país se encontraron los 4 agentes causales, con predominio de *F. tucumaniae*, seguido de *F. virguliforme*, siendo esta última especie la dominante en Estados Unidos (Scandiani et al. 2004, O'Donnell et al. 2010).

Los primeros síntomas generalmente se manifiestan a partir de floración, aunque pueden observarse en etapas vegetativas, y consisten en clorosis con posterior necrosis internerval (semejante a las causadas por *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*, cancro del tallo, *Cadophora gregata*, pudrición de médula parda *Rhizoctonia croccorum* y *Heterodera glycines*). Frecuentemente, se produce la caída de los folíolos, quedando los pecíolos adheridos al tallo. El sistema radicular es afectado y se observa menor desarrollo y podredumbre de raíces, lo cual determina que las plantas afectadas puedan ser fácilmente extraídas del suelo, y la médula permanece blanca (Roy et al. 1997, Rupe y Hartman, 1999). Las plantas se marchitan, mueren prematuramente en forma aislada, pero más comúnmente en grupos, o a veces distribuidas por todo el campo. En infecciones severas puede observarse manchado rojizo en el cuello de la planta.

Las condiciones ambientales para el establecimiento de la enfermedad incluyen suelos productivos fértiles, húmedos, cultivos bajo siembra directa con muchos años de soja sin rotación. La severidad es mayor con tiempo fresco, húmedo y suelos compactados, con drenaje deficiente. En Estados Unidos, se la encuentra asociada al ataque por nematodos (*Heterodera glycines*), pero dicha interacción, si bien se ha observado, no ha sido comprobada en Argentina.

El objetivo del trabajo fue la cuantificación de la incidencia de la enfermedad y de los daños causados en el rendimiento en un lote en condiciones de infección severa.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó sobre un lote sembrado con la variedad de soja DM 4670 en la localidad de Fontezuela, partido de Pergamino (Buenos Aires). El sistema de producción fue el de siembra directa con antecesor maíz. Para determinar y confirmar el o los agentes causales presentes, se extrajeron plantas con síntomas foliares. En laboratorio, con las

mismas se procedió al aislamiento de los patógenos involucrados de acuerdo al protocolo de aislamiento directo de macroconidios (Scandiani et al. 2011), obtener cultivos puros y realizar la identificación de acuerdo a la macro y micromorfología de las colonias (Aoki et al. 2005, Colleto et al. 2007).

Para cuantificar la enfermedad y los daños se demarcaron sobre un lote severamente infectado, 6 líneas de siembra de 10 metros cada una constituyendo un total de 6 repeticiones. Cada una de estas líneas de siembra estaba separada aproximadamente 20 metros entre sí. La incidencia de la SMS fue determinada a través del porcentaje de plantas que presentaban síntomas foliares típicos visibles al estadio R3 respecto al número total de plantas. Para ello se procedió a marcar en la base del tallo con precintos azules, las plantas enfermas y con rojos, a las sanas y se calculó la incidencia con la siguiente fórmula: **$I P (\%) = \frac{\text{Número Pe}}{\text{Tp}} \times 100$** (donde: **Pe**=plantas enfermas, **Tp**=Total de plantas).

Cada repetición fue cosechada separadamente, determinando el rendimiento expresado en gramos y posteriormente transformado a kg/ha y el peso de 1000 granos. La humedad fue previamente corregida al 13%. La cuantificación de daños fue realizada mediante: 1) Cálculo del rendimiento potencial (RENDPOT) que es el rendimiento que se hubiera obtenido si no se hubiese presentado la enfermedad. Para su estimación se consideró el rendimiento de las plantas sanas de cada línea y se lo ajustó de acuerdo al número total de plantas de cada línea. 2) Cálculo del rendimiento real (RENDREAL), que es el rendimiento cosechado en cada una de las líneas del ensayo. Para su estimación se sumaron el rendimiento de las plantas sanas y el rendimiento de las plantas enfermas. 3) Los daños se estimaron a través de la diferencia de RENDPOT – RENDREAL.

Se aplicó el test t de Student para diferencias entre muestras apareadas a un nivel de 5% de probabilidad.

Resultados y Conclusiones

La enfermedad se presentó en forma generalizada en el lote y distribuida al azar. Por ello, el diseño establecido en líneas de siembras de 10 metros resultó adecuado.

Mediante el aislamiento de plantas enfermas, se determinó la coexistencia en el lote de las especies predominantes en Argentina, ***F. virguliforme*** y ***F. tucumaniae***. Los patógenos aislados de las plantas enfermas correspondieron a ***Fusarium virguliforme*** (55%), ***Fusarium tucumaniae*** (22%) y los no identificados, pero correspondientes a ***Fusarium*** de crecimiento lento (22%). Como se ha mencionado en trabajos previos, la identificación en base a la morfología de los aislamientos causantes del SMS de la soja es una tarea compleja. Los conidios en forma de coma no siempre se observan en los cultivos de ***F. virguliforme***. El tamaño de los macroconidios de ***F. virguliforme*** y de ***F. tucumaniae*** observados en nuestro país, en algunas ocasiones, no presentan las diferencias tan notables como las descriptas en la bibliografía (Aoki et al. 2005). Además, en nuestro país existen ***F. brasiliense*** y ***Fusarium sp.*** causales también de SMS, lo que dificulta aún más la identificación por métodos clásicos.

La demarcación de las plantas enfermas versus sanas en cada una de las 6 líneas de siembra, resultó sencilla por el diagnóstico visual de los síntomas foliares causados por la enfermedad. La incidencia promedio fue del 51% con un rango de 36 - 75%, indicando una variación de la incidencia de la enfermedad en las diferentes repeticiones (Cuadro 1).

De acuerdo al test estadístico aplicado, existieron diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento potencial y el real ($p < 0.05$). Las pérdidas promedio fueron de 1514 kg/ha (rango 192 - 3770 kg/ha) lo que significa una pérdida promedio de 22% (rango 4 - 46%). Estas, fueron similares a las obtenidas por Freitas et al. (2004) donde en parcelas de ensayos informaron pérdidas de 1423 kg/ha.

Asimismo, los resultados del presente trabajo fueron semejantes a lo informado por Conley, de la Universidad de Wisconsin en Bird et al. (2010), que mencionó registros entre 20 y 50%, y con los determinados en 2009 en Michigan (EEUU), que redujeron en forma significativa el rendimiento (Chilvers 2010, Chilvers y Brown-Rytlewski 2010). Otros investigadores como Hartman et al. (1995) observaron una disminución en el rendimiento de hasta 46,2% en parcelas con alta incidencia (mayor del 50%). De igual forma, disminuciones de rendimiento de hasta un 80% se informaron en regiones de un lote y de hasta 40% en lotes completos en Indiana (Shaner et al. 1998).

En Argentina, los ensayos realizados en 2003, en Los Molinos (Santa Fe), sobre Pioneer 9492 RR (GM IV) y A 6445 RG (GM VI), en plantas apareadas, permitieron observar que el cultivar precoz fue el más afectado. Sobre Pioneer 9492 RR se determinó una reducción aproximada al 60% en el número de vainas, número de semillas y rendimiento/planta, en las plantas enfermas con respecto a las testigos. En A 6445 RG se observó una reducción del 7% en el peso de 1000 semillas (Colletto 2008). Scandiani et al. (2006) han encontrado pérdidas de rendimiento de hasta 647 kg/ha en variedades resistentes en Salto (Buenos Aires) causadas por ***F. virguliforme***.

El 75% de los lotes relevados en el área de Marcos Juárez, en la campaña 2005/06, presentaron incidencias que variaron entre 1 y 20 % (Distéfano y Gadbán 2006), con un 14% de estimación de pérdida de rendimiento en un lote comercial (Lenzi et al. 2006). En Marcos Juárez (Córdoba) se encontraron disminuciones significativas de rendimiento de hasta el 41,9% (Lenzi et al. 2007).

En el peso de 1000 granos, las diferencias entre plantas enfermas versus sanas también fueron significativas, del 17,3% (169g en las plantas sanas versus 140g en plantas enfermas); de esta manera se confirma que el peso es uno de los componentes del rendimiento afectados por esta enfermedad.

Los daños en el rendimiento son variables y dependientes del genotipo, ambiente, condiciones edáficas, fecha de siembra, disponibilidad de K, macroporosidad y pH del suelo, biotipos presentes del/los patógenos y posiblemente de otros factores también involucrados (Shaner et al. 1998, Chong et al. 2005).

Cuadro 1. Incidencia (%) de plantas enfermas por SMS, rendimiento potencial, real, peso de 100 semillas y pérdidas (Fontezuela, 2011).

Línea N° (repetición)	Rend. Potencial (kg/ha)	Rend. Real (kg/ha)	Pérdida (kg/ha)	Pérdida (%)	Peso 1000 granos (g)		Incidencia Muerte Súbita (%)
					Plantas Sanas	Plantas Enfermas	
1	8123	4353	3770	46	172	137	75
2	4303	3590	713	17	177	149	55
3	4310	4118	192	4	161	124	41
4	9428	6749	2679	28	175	130	51
5	5186	4227	959	18	166	140	36
6	5114	4344	771	15	162	158	47
Media	6077 a	4564 b	1514	22	169a	140b	51

Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según test de Student ($p < 0,05$).

Bibliografía

- AOKI T., O'DONNELL K.L., SCANDIANI M.M. 2005. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *Fusarium cuneirostrum* sp. nov., *Fusarium tucumaniae* and *Fusarium virguliforme*. *Mycoscience* 46(3):162-183.
- BIRD G., BOND J., CIANZIO S., CONLEY S., DIERS B., ESKER P., LEANDRO L., MALVICK ., PEDERSEN P., YANG X.B. 2010. Soybean sudden death síndrome 12 pp
http://www.planthealth.info/pdf_docs/SDS_Update_2010.pdf Capturado en mayo 2011.
- CHILVERS M. Soybean sudden death syndrome (SDS) - *Fusarium virguliforme*
<http://ipmnews.msu.edu/fieldcrop/fieldcrop/tabid/56/articleType/ArticleView/articleId/3030/Soybean-sudden-death-syndrome-SDS-Fusarium-virguliforme.aspx> Capturado en mayo 2011.
- CHILVERS M.I., BROWN-RYTLETSKI D.E. 2010. First report and confirmed distribution of soybean sudden death syndrome caused by *Fusarium virguliforme* in Southern Michigan. *Plant Disease* 94:164.
- CHONG S.K., HILDEBRANDA K.K., LUOB Y., MYERS O., INDORANTEC S.J., KAZAKEVICIUSAND A. RUSSIN J. 2005. Mapping soybean sudden death syndrome as related to yield and soil/site properties. *Soil and Tillage Research* 84(1): 101-107.
- COLLETO A., LUQUE A., SALAS G., GONZALEZ V., PLOPER D., RUBERTI D., SCANDIANI M. 2007. Relevamiento y taxonomía de cepas de *Fusarium* causantes del síndrome de la muerte repentina de la soja en Tucumán y Salta. In: UNR, (Ed.). Resúmenes Congreso de la Sociedad de Biología de Rosario. UNR. Rosario. p.166.
- COLLETO A., LUQUE A., SALAS G., GONZÁLEZ V., PLOPER D., RUBERTI D., BIASOL M., SCANDIANI M.M. 2008. Identificación de cepas de *Fusarium* causantes del síndrome de la muerte súbita de la soja en Tucumán y Salta. *Avance Agroindustrial* 29(4): 26-30.
- DISTÉFANO S., GADBÁN L. 2006. Panorama fitopatológico del cultivo de soja en la campaña 2005 – 2006. Soja actualización 2006. Informe de Actualización Técnica ° 3. EEA Marcos Juárez INTA. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.
- FREITAS T.M.Q. DE, MENEGHETTI R.C., BALARDIN R. S. 2004. Dano devido à podridão vermelha da raiz na cultura da soja. *Ciencia Rural* 34(4).
- HARTMAN G.L., NOEL, G.R., GRAY L.E. 1995. Occurrence of sudden death syndrome in east-central Illinois and associated yield losses. *Plant Disease* 79(3): 314-318.
- LENZI L., DISTÉFANO S., SCANDIANI M.M. 2006. Estimación de pérdida de rendimiento asociadas al síndrome de la muerte repentina de soja durante la campaña 2005/06. In: ACSOJA, (Ed.). Resúmenes Congreso Mercosoja 2006. ACSOJA. Rosario. 438 441.
- LENZI L., DISTÉFANO S., SALINES L. 2007. Comportamiento de cultivares de soja frente al Síndrome de la Muerte Repentina con infestación artificial en condiciones de campo. EEA INTA Marcos Juárez.
<http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/soja/enfmprep07.htm>
- NJITI V.N., SHENAUT M.A., SUTTNER R.J., SCHMIDT M.E., GIBSON P.T. 1998. Relationship between soybean sudden death syndrome disease measures and yield components in F6– derivedlines. *Crop Science* 38: 673-678.
- O'DONNELL K., SINK S., SCANDIANI M., LUQUE A., COLLETO A., BIASOLI M., LENZI M., SALAS G., VICTORIA GONZÁLEZ, PLOPER L.D., FORMENTO A.N., PIOLI R.N., AOKI T., YANG X. B., SARVER B. A. J. 2010. Soybean Sudden Death Syndrome Species Diversity within North and South America Revealed by Multilocus Genotyping. *Phytopathology* 100 (1):58:71.
- ROY K.W., RUPE J.C., HERSHMAN D.E., ABNEY, T.S. 1997. Sudden death syndrome of soybean. *Plant Disease* 81: 1100-1111.
- RUPE J.C., HARTMAN G. L. 1999. Sudden death syndrome. In: G.L. Hartman, J.C. Sinclair, and J.C. Rupe, (Eds.). *Compendium of Soybean Diseases*. 4th ed. American Phytopathological Society . St. Paul, MN. 37-39.
- SCANDIANI M.M., RUBERTI D., O'DONNELL K.; AOKI T., PIOLI R., GIORDA L., LUQUE A., BIASOLI M. 2004. Recent Outbreak of Soybean Sudden Death Syndrome caused by *Fusarium virguliforme* and *Fusarium tucumaniae* in Argentina. *Plant Disease* 88(9): 1044.
- SCANDIANI M.M., WRIGHT R., LUQUE A., LEIVA M., BOTTAI H., IVANCOVICH J.J., RUBERTI D. 2006. Inoculación de *Fusarium virguliforme*, uno de los patógenos causante del síndrome de la muerte repentina de la soja, en condiciones de campo. In: ACSOJA, (Ed.). MERCOSOJA 2006 - 3º Congreso de Soja del Mercosur. Rosario. PAG 315 a 317.
- SCANDIANI M.M., RUBERTI D., GIORDA L., PIOLI R., LUQUE A., BOTTAI H., IVANCOVICH J.J., AOKI T., O'DONNELL, K. 2011. Comparison of inoculation methods for characterizing relative aggressiveness of two soybean sudden-death syndrome pathogens: *Fusarium virguliforme* and *F. tucumaniae*. *Tropical Plant Pathology* (en prensa, TPP-274, 2011).
- SHANER G.E., SCOTT D.H., ABNEY D.T. 1998. Sudden death syndrome in soybeans. Purdue University Cooperative Extension Service Department of Botany and Plant Pathology and USDA - Agricultural Research Service Purdue University. West Lafayette, IN 47907.