CONTROL QUÍMICO DE LA ROYA DE LA SOJA *(Phakopshora pachyrhizi)*, CON DIFERENTES FUNGICIDAS Y ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA PLANTA[1]

AYALA A., L. [2]
ORREGO F., A. L.[2]
MARTINEZ O., R. [2]

ABSTRACT

In recent years, Paraguay has dedicated valuable efforts to promote sustainable soybean production with the adoption of conservation systems. At present, yield reduction by rust disease *(Phakopshora pachyrhizi)* is one of the greatest problems. Chemical fungicides are used to control the disease because there are not soybean varieties resistant to rust. This experiment was carried out at the experimental field of the Facultad de Ciencias Agrarias of the Universidad Nacional de Asunción, located in Pedro Juan Caballero, Department of Amambay, during 2007/2008. The objective was to evaluate the efficiency of different fungicides to control soybean rust. The crop was no-till seeded in November, 2007. A randomized complete block design with 5 treatments and four replications was used. Experimental plots consisted of five rows of 5 m separated by 0.5 m; useful plots were the three central rows, discounting 0.5 m of each edge. The density was 18 plants per meter and seeds were inoculated with *Rizobium*. Treatments were applied at the R3 and R4 stages. The degree of disease attack was evaluated before treatments application and repeated 60 and 85 days after the sowing. The crop was harvest at the R8 stage. Evaluated variables were disease infestation, crop yield and plant height. Variables were analyzed for variance and means were compared with Tukey test (α=0.05).Results show differences in the degree of incident and severity of the rust, depending on the fungicides utilized. It is conclude that, the use of fungicides for the control of the soybean rust is efficient and increases yield

KEY-WORDS: *Phakopshora pachyrhizi*, *Glycine max*, no tillage system, fungicides, yield.

RESUMEN

El Paraguay en los últimos años ha dedicado valiosos esfuerzos para impulsar una producción más sustentable de la soja, sin embargo, uno de los mayores problemas constituye el control de la roya causada por *Phakopsora pachyrhizi,* atendiendo a que no se dispone de fuentes de resistencia varietal. Con el objetivo de evaluar la severidad de la enfermedad mediante el control químico en dos estados fenológicos de la planta, se realizó un experimento en el campo experimental de la FCA-UNA, Distrito de Pedro Juan Caballero, Departamento de Amambay, durante el periodo agrícola 2007/2008. Todos los tratamientos de cuatro repeticiones fueron distribuidos al azar dentro de la parcela y consistieron en cinco hileras de 5 m separadas entre sí por camineros de 0,5 m; las parcelas útiles constituyeron las tres hileras centrales descontando 0,5 m de cada borde, con una densidad de 18 plantas por metro. Antes de la aplicación de los tratamientos fue realizado un muestreo para el diagnóstico fitosanitario "PRE" y la evaluación "POST" a los 60 y 85 días posteriores a la siembra. La cosecha fue realizada en el estado de R8. Las variables analizadas fueron: porcentaje de severidad, rendimiento y altura final de plantas. Las variables fueron sometidas a análisis de varianza y comparación de medias para aquellas que tuvieron diferencia significativa. Los resultados muestran que existen diferencias en el grado de incidencia y severidad del hongo, dependiendo de los fungicidas utilizados. El estudio permite concluir que, el uso de fungicidas para el control de la roya de la soja se mostró efectivo e incrementa el rendimiento.

PALABRAS-CLAVE: *Phakopshora pachyrhizi, Glycine max*, siembra directa, fungicidas, rendimiento.

1Proyecto de investigación ejecutado con financiamiento del CONACYT y FCA- UNA

2Docentes investigadores a tiempo completo con dedicación exclusiva. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Campus Universitario, San Lorenzo, Paraguay. E-mail: semillas@agr.una.py; protvege@agr.una.py;pagricola_pjc@agr.una.py.

Introducción

La soja es el rubro más importante en la agricultura nacional posicionándose como el sexto productor mundial. La superficie de siembra de soja durante la campaña 2007/08 fue de 2.644.856 has (Capeco, 2008). El Paraguay en los últimos años ha dedicado valiosos esfuerzos para impulsar una producción más sustentable de la soja, con la incorporación de sistemas conservacionistas. Actualmente uno de los mayores problemas constituye el control de la roya, el mismo está siendo realizado con el uso de fungicidas químicos atendiendo a que no se dispone de fuentes de resistencia varietal.

La roya de la soja es causada por dos especies de hongos del género Phakopsora las que fueron separadas taxonómicamente recién en 1992 (Ono et al., 1992): Phakopsora pachyrhizi, originaria de Asia, y *Phakopsora meibomiae,* originaria de Sudamérica. Ambas especies poseen estructuras morfológicas muy semejantes y causan en las plantas, una sintomatología similar. Sin embargo, difieren fundamentalmente en la intensidad de los daños que provocan en el cultivo ya que la especie asiática es más virulenta y agresiva que la sudamericana (Begenisic et al, 2004).

La roya de la soja *(Phakopsora pachyrhizi)* fue detectada por primera vez en Paraguay en marzo de 2001 en el Distrito de Pirapó, de donde se propagó prácticamente a todos los Departamentos del Paraguay donde se cultiva soja (Morel, 2003).

El hongo afecta varios procesos del crecimiento de la planta tales como disminución en la capacidad fotosintética de las hojas y del crecimiento del tallo, aborto de vainas e interrupción del llenado de granos, afectando el tamaño de los granos y la calidad de la semilla. En condiciones favorables, tiempo fresco y húmedo, es posible progresar desde una infección inicial a una de 90% en tres semanas. La soja es susceptible al patógeno durante todo el ciclo del cultivo, por lo que el nivel de pérdidas dependerá del estado fenológico en que comienzan los síntomas y de la severidad de los mismos así como del progreso de la epifitia. Se conoce que con temperaturas altas y tiempo seco, el progreso de la enfermedad se vuelve lento. El mayor efecto negativo de la enfermedad es la madurez anticipada y la disminución del rendimiento. El patógeno no perdura en los rastrojos ni existen evidencias de transmisión por grano ni por semilla (Yorinori et al., 2003; Melching, 1989).

El control químico es el método más utilizado para el manejo de esta enfermedad, ya que aplicaciones tempranas reducen la carga de esporas en las hojas inferiores protegiendo las medias y superiores. En los países en los cuales el hongo provoca daños, se realizan aplicaciones de fungicidas como Mancozeb; los triazoles: Cyproconazole, Tebuconazole, Difenoconazole, Epoxiconazole y las estrobilurinas: Azoxistrobin, Pyraclostrobin, y Trifloxystrobin (Begenisic et al, 2004).

Por la importancia económica a nivel país, debido a la presencia de este hongo en el cultivo de la soja, el objetivo del estudio consistió en la evaluación del control químico de la roya de la soja *(Phakopsora pachyrhizi)*, con aplicación de diferentes fungicidas en dos estados fenológicos de la planta.

Materiales y Métodos

Periodo de ejecución, localización y suelo

El ensayo fue conducido en el periodo agrícola 2007/08 (desde el 05/11/2007 al 15/03/2008), en la Colonia Raúl Ocampos Rojas (Chirigüelo), específicamente en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, filial Pedro Juan Caballero, Departamento de Amambay, Paraguay. Localizada en las coordenadas 22° 39' 18" latitud sur y 55° 53' 36" longitud oeste, a unos 25 Km de la ciudad de Pedro Juan Caballero con una altitud de 542 msnm.

El suelo de la unidad experimental corresponde a un Alfisol, suavemente ondulado, vegetación natural predominante de bosque tropical, siendo habilitado en el año 1991 para ser cultivado con maíz y posteriormente mantenido bajo pastura hasta su mecanización e incorporación en la producción de granos en 2002. El resultado del análisis de suelo de la muestra retirada de 0 - 25 cm de profundidad mostró que presenta un pH = 6.7; 56% de arcilla; 4.4 % de materia orgánica; 5.2 $mg.dm^{-3}$ de fósforo y 256 $mg.dm^{-3}$ de potasio; 13.9 $cmol_c.dm^{-3}$ de calcio y 2.0 $cmol.dm^{-3}$ de magnesio.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (Tabla 1). Las unidades experimentales consistieron en áreas de $9m^2$, abarcando cinco hileras de cinco metros y espaciadas a 0,5 m; totalizando 25 metros.

TABLA 1 - Diferentes productos fungicidas aplicados en cultivo de soja con sus respectivas dosis. Chirigüelo, Amambay, 2008.

Tratamiento	Fungicidas	Dosis/ha g de i.a.[1]	Franja toxicológica
T_1	Testigo absoluto	0,0	---
T_2	Piraclostrobin + Epoxiconazole	66,5 + 25	Amarillo
T_3	Trifloxystrobin + Ciproconazole	56,2 +24	Verde
T_4	Tebuconazole	100	Amarillo
T_5	Azoxystrobin + Ciproconazole	60 + 24	Amarillo

[1] g i.a.= gramos de ingrediente activo recomendados por el fabricante

La aplicación de los productos fue realizada con un pulverizador costal de precisión presurizado con CO_2 a 70

libras/pulgada^2 compuesto por una barra de cuatro picos para fungicidas separadas entre sí a 50 cm, utilizando un tanque de dos litros de capacidad, conteniendo la mezcla de los fungicidas con Agua (extraída de un pozo de 13m de profundidad, cuyo pH oscila entre 6,78 y 6,82), calibrado para distribuir 150 litros de caldo por hectárea. La aplicación se realizó en una sola pasada a los 60 y 85 días posteriores a la siembra, respectivamente.

Antes de la aplicación de los productos se efectuó una evaluación para determinar el porcentaje de incidencia y severidad del hongo en la parcela.

Desecación y siembra

Antes de la siembra la parcela fue desecada el 05/11/07 con la aplicación de 3,5 L/ha de glifosato.

La siembra y fertilización de la soja RR, variedad comercial con ciclo de maduración 5.5 fue realizada el 14/11/07 en una parcela conducida bajo el sistema de siembra directa, espaciada a 0,5 m entre hileras con aproximadamente 18 plantas por metro sobre rastrojo de trigo. Con la siembra fue aplicado 250 kg/ha de fertilizante (04-30-10).

Conducción y cosecha

Los cuidados culturales realizados en la parcela consistieron en aplicaciones de herbicidas e insecticidas de acuerdo a la aparición de las plagas. El 28/11/07 en función al monitoreo fueron aplicados productos para el control de malezas y orugas; herbicida con principio activo de Glifosato al 48 % en una dosis de 2,8 L/ha e insecticida a base de Cipermetrina 25 %, a una dosis de 125 cc/ha en 150 litros de caldo con el auxilio de un pulverizador costal.

Aproximadamente unos 30 días después de la primera aplicación se realizó una segunda aplicación (26/12/2007) para control de orugas con el producto Dimilin a una dosis de 30 g/ha en mezcla con Diflubenzuron a razón de 15 g/ha en 150 litros de caldo. En la tercera aplicación (24/01/2008) de insecticida para el control de chinches se utilizaron mezclas de los insecticidas Imidacloprid (300 g/ha) y Metomyl (500 cc/ha) en 150 L de caldo por hectárea.

La cosecha fue realizada el 15/03/2008 en forma manual, recogiendo 6 m de cultivo (3 hileras de 2 m) correspondientes a la parcela útil. Posteriormente se procedió al desgrane con auxilio de una trilladora eléctrica - estática, marca Kiya Seisakusho Ltda, 220 V, modelo 184-B, año1990, de procedencia japonesa.

Muestreo y variables estudiadas

Fue realizado un muestreo para el diagnóstico fitosanitario "PRE" y la evaluación "POST" a los 25 días posteriores a la aplicación de los fungicidas. Las variables analizadas fueron, **Porcentaje de severidad:** en cada muestreo fueron tomados tres foliolos al azar de tres estratos en altura desde la base de la planta hasta el ápice: Tercio Superior, Medio e Inferior. Las muestras de cada tratamiento fueron colocadas en bolsas plásticas individuales, identificadas y mantenidas en ambiente a 10 °C, procediéndose a su evaluación en el Laboratorio de Fitopatología de la FCA/UNA con ayuda de un microscopio compuesto y una lupa; **Rendimiento:** fue expresado en kilogramos/ha; **Altura final de plantas:** 10 plantas tomadas al azar de la parcela útil fueron medidas con una regla centimetrada desde la base hasta el extremo superior de la planta, la media fue expresada en metros.

Análisis de datos

Los datos fueron agrupados, sometidos a análisis de varianza y aquellas variables que tuvieron diferencia significativa entre los tratamientos, fueron sometidos a la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Resultados y Discusión

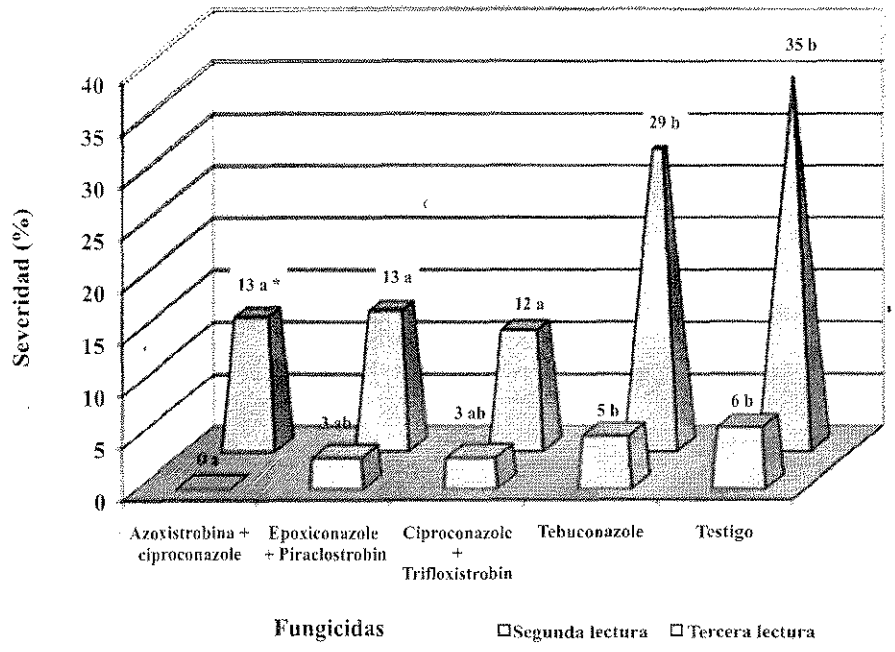
Se presenta un análisis general y una breve discusión de los resultados obtenidos en las diferentes variables estudiadas: porcentaje de severidad de la roya de la soja, rendimiento de granos y altura final de las plantas; influenciado por la aplicación de diferentes fungicidas en el cultivo de soja, bajo el sistema de siembra directa en paja.

Porcentaje de severidad de la roya

Antes de la aplicación de los fungicidas a los 60 días de la siembra, los resultados de la lectura sobre el porcentaje de severidad del hongo causante de la roya, para todas las unidades experimentales fue de cero por ciento.

En la Figura 1 se presentan los datos referentes al porcentaje de severidad causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi* en hojas de plantas de soja, donde se observa que las lecturas realizadas en las hojas sin tratamiento (Testigo) presentan mayor porcentaje de severidad, en ambas épocas de evaluación, con 6% y 35%, respectivamente.

La evaluación efectuada posterior a la primera aplicación de los fungicidas (segunda lectura, figura 1) muestra que el uso de la mezcla de Azoxistrobina + Ciproconazole presentó el mejor control entre los productos aplicados, sin hojas infestadas. Sin embargo, las mezclas entre Epoxiconazole + Piraclostrobina y Ciproconazole + Trifloxystrobina también demostraron un control semejante con tres por ciento de severidad en las hojas muestreadas. Los tratamientos referidos al Tebucozale y al Testigo no difieren entre sí, estadísticamente.



(*) Valores seguidos de la misma letra no difieren entre si, por la prueba de Tukey al 5%.

Figura 1 - Porcentaje de severidad del hongo *Phakopsora pachyrhizi* en hojas de plantas de soja tratadas con diferentes fungicidas. Chirigüelo, Amambay, 2009.

Los resultados obtenidos posteriores a la segunda aplicación (tercera lectura, figura 1) de los productos muestran que las mezclas de fungicidas utilizadas ofrecen mejores controles de la roya, con 12 % y 13 % de severidad, respectivamente. Mientras que la aplicación de Tebuconazole (29 %) no difiere estadísticamente del Testigo (35 %). Además, se observa que en la media estadística los resultados del porcentaje de severidad de la roya no difieren entre los fungicidas que utilizan la mezcla de Triazoles con Estrobirulinas, mostrando una mayor eficiencia con relación al uso individual de fungicida. Miles et al. (2006), también mencionan que existe menor severidad de la enfermedad cuando se utilizan mezclas de fungicidas a base de Estrobirulinas más Triazoles, que el uso de Estrobirulinas individualmente.

En la segunda evaluación, los resultados demuestran que los niveles de severidad son superiores, sin embargo, se destaca que los tratamientos con aplicación de fungicidas reducen el nivel de severidad del hongo con relación al Testigo, tornándose en una medida eficaz para controlar al patógeno.

Rendimiento

Los valores promedios de rendimiento de granos obtenidos con la aplicación de diferentes fungicidas, en dos épocas, se muestran en la Figura 2; donde resalta que el uso de productos químicos en el control de la roya presenta diferencia significativa comparada al Testigo. Los rendimientos promedios obtenidos con la aplicación de fungicidas oscilan entre 4086 kg/ha y 4388 kg/ha, mientras que el Testigo obtuvo 3948 kilos de granos por hectárea. Todos los fungicidas ensayados no presentaron diferencias significativas entre si con relación al rendimiento de granos.

Los resultados del experimento demuestran que el uso de los fungicidas estudiados permite la expresión del potencial de rendimiento de la soja, reduciendo con eficiencia el porcentaje de severidad de los hongos. A pesar de no detectarse diferencias estadísticas en los valores promedios de los tratamientos con aplicación de fungicidas, las dosis indicadas por los fabricantes se mostraron efectivos en el control de la enfermedad; constituyéndose en una herramienta más en el conjunto de medidas adoptadas para el manejo de la roya, pudiendo obtener incrementos de hasta 11 % en la cosecha de granos. Soares et al. (2004) en un estudio de evaluación del efecto de fungicidas en el control de la roya encontraron que los tratamientos con fungicidas a base de estrobirulinas, triazoles o mezclas de ambos, pueden resultar en aumentos de 14,5 y 27,3 % del rendimiento superior al Testigo. Asimismo, también el peso de 1000 semillas se ve favorecido.

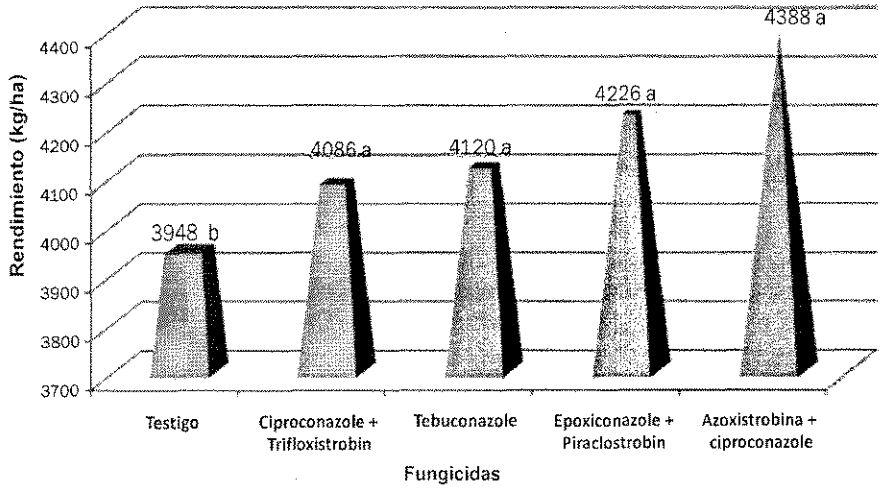


Figura 2 - Rendimiento de granos (kg/ha), sometidas a control químico de la roya, con diferentes fungicidas y estados fisiológicos de la planta. Chirigüelo, Amambay, 2008.

El promedio obtenido en el experimento para el rendimiento de granos (4153 kg/ha), es superior a la media nacional de 2573 kg/ha alcanzado en el periodo 2007/08. Si bien, el referido año agrícola estuvo acompañado de condiciones climáticas favorables para el cultivo de la soja.

Según lo relatado por Begenisic et al. (2004), el mayor efecto negativo de la enfermedad es la madurez anticipada y la disminución del rendimiento, lo cual concuerda con los rendimientos obtenidos en este trabajo en las parcelas tratadas y la no tratada con fungicida, comprobando igualmente lo relatado por Melching (1989) y Yorinori et al. (2003).

Da Cunha et al (2006) mencionan que la producción de granos en soja, en las parcelas tratadas con el fungicida Tebuconazole fue 41% superior al Testigo, independiente de los picos utilizados en la pulverización y volumen del caldo; resultado que difiere de lo observado en la presente investigación.

Altura final de plantas

En la Figura 3 se encuentran los datos referentes a la altura final de plantas de soja, sometidas a control químico de la roya con diferentes fungicidas. Los resultados obtenidos muestran que la altura final de plantas del Testigo no difiere estadísticamente de los tratamientos que utilizaron mezclas de fungicidas, y si del tratamiento con Tebuconazole que presentó menor altura de plantas.

Estos resultados muestran indicios que el Tebuconazole puede presentar efectos negativos en el desarrollo de las plantas. Los resultados de este experimento evidencian que las diferencias observadas en el crecimiento en altura de plantas no fueron lo suficientemente amplias para otorgar una significancia estadística, excepto lo observado en las plantas tratadas solamente con Tebuconazole.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).**

CONCLUSIONES

El uso de fungicidas es eficiente para reducir el porcentaje de incidencia y severidad del hongo causante de la roya de la soja.

Las mezclas de fungicidas evaluados son eficientes en el control de la roya de la soja y no mostraron diferencias significativas entre sí.

El rendimiento de la soja se incrementa en los tratamientos donde se utilizan fungicidas para el control de la roya de la soja.

La aplicación de fungicidas es una práctica obligatoria para mitigar la incidencia y severidad de la roya de la soja.

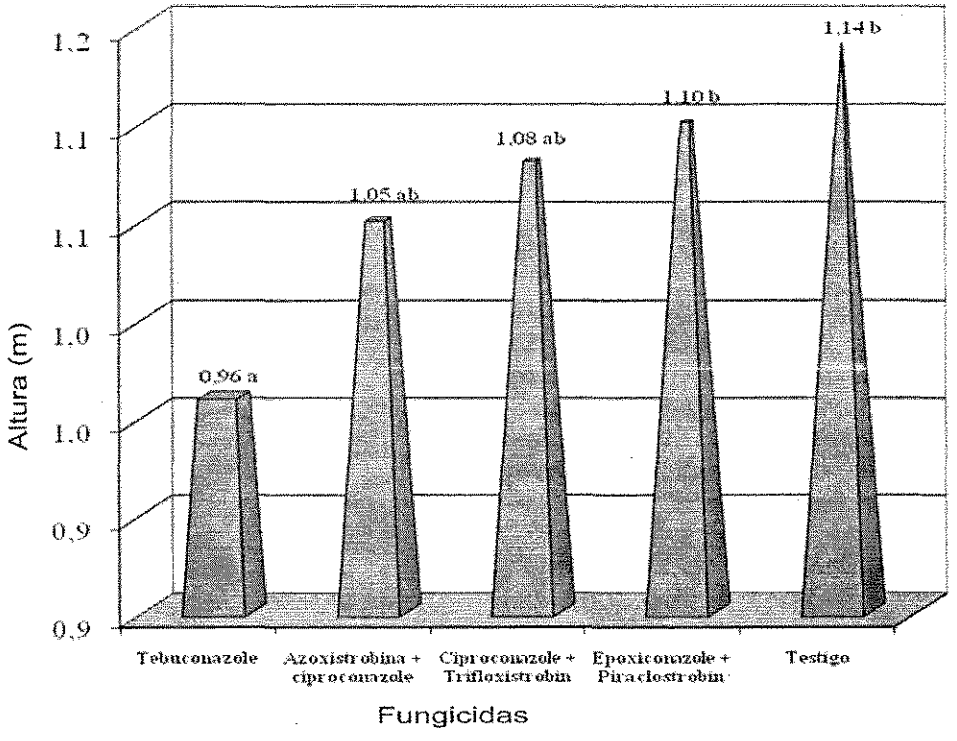


Figura 3 - Altura final de plantas de soja (m), sometidas a control químico de la roya con diferentes fungicidas y estado fenológico de la planta. Chirigüelo, Amambay, 2008.

Literatura Citada

BEGENISIC, F.; PLOPER, LD.; IVANCOVICH, A. 2004 Documento de Trabajo nro. 1. Roya de La soja: Características de la enfermedad. Programa Nacional de roya de la soja. Buenos Aires, Argentina

CAPECO, 2008. Estadística, consultado 5 feb 2009. Disponible en http://www.capeco.org.py/estadisticas.php.

CHOWBURY, S.Y and I.F. WARIOLAW. 1978. The effect of temperarure on kernel developmente in cereals. Aust. J. Agric. Res. 29: 205-223.

DA CUNHA, J.P.A.; DOS REIS, E. F.; SANTOS, R. de O. 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. Ciencia Rural v.36 n.5 Santa Maria, RS, Brasil.

MELCHING, J.S. 1989. Effects of Duration, Frequency, and Temperature of Leaf Wetness Periods on Soybean Rust.Plant Dis. 73: 117-122.

MILES, M.R.; STEINGLAGE, T.; MOREL P., W.; HARTMAN, G.L. 2006. Resumen de los ensayos de eficacia de fungicidas para el control de la roya asiática de la soja. MAG, USDA, CAPECO. Acuerdo de cooperación, p.15-24. Asunción, Paraguay.

MOREL P. W. 2003. Currents status of soybean rust in Paraguay. Primer Workshop Panamericano de la roya de la soja. Misiones, Argentina.Ono, Y., P. Buriticá, and J.F. Hennen. 1992. Delimitation of Phakopsora, Physopella and Cerotelium and their species on Leguminosae. Mycol.Res. 96:825-850.

SOARES, R. M.; RUBIN, S. DE A.L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. 2004. Fungicidas no controle da ferrugem asiática *(Phakopsora pachyrhizi)* e produtividade da soja Cienc. Rural v.34 n.4. Santa Maria, RS, Brasil.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., COSTAMILAN, L. M., BERTAGNOLLI, P. F., HARTMAN, G. E., GODOY, C. V., AND NUNES, J., JR. 2005. Epidemics of soybean rust (Phakopsora pachyrhizi) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. Plant Dis. 89:675-677.

YORINORI, T.; MOREL PAIVA, W.; COSTAMILAN, L.; BERTOGNOLLI, P. 2003. Ferrugem da soja (Phakopsora pachyrhizi): identificação e controle. Londrina. Brasil. 25p.