

Quintana L, Ortiz A, Zimmer D, Marafon G, Scholz R.
Evaluación de tecnologías de aplicación para el control de
la roya asiática de la soja. Rev. Soc. cient. Parag. 2024;
29(1):71-84 <https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.71>
Recibido: 31/05/2023. Aceptado: 05/02/2024
Editor: Luis Dávalos Dávalos

ARTÍCULO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE

Evaluación de tecnologías de aplicación para el control de la roya asiática de la soja

Evaluation of technologies application for the control of Asian soybean rust

Lidia Quintana¹  Aldo Ortiz¹  Deisy Zimmer¹  Gilberto Marafon¹ 
Ruth Scholz² 

¹Universidad Nacional de Itapúa. Departamento de Posgrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Encarnación, Paraguay.

²Instituto Paraguayo de Tecnología Agropecuaria. Centro de Investigaciones Capitán Miranda. Capitán Miranda, Paraguay.

Autor correspondiente: lquintana@uni.edu.py

RESUMEN: La disminución de los rendimientos de la soja se asocia con distintos factores entre los que se destaca la roya asiática de la soja (RAS). El control químico es una de las alternativas más utilizadas para el control de la RAS. La aplicación correcta de los fungicidas es una de las prácticas más eficientes, de la misma depende garantizar una buena distribución del principio activo, densidad adecuada y buena cobertura. Con el objetivo de evaluar la eficacia de mezcla de fungicida con diferentes tecnologías de aplicación para el control de la RAS, en el ciclo de la soja 2015/2016, se instaló un experimento en el distrito de Carlos Antonio López, departamento de Itapúa, Paraguay. Los tratamientos consistieron



Artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

en la utilización del fungicida Azoxystrobin 30% + Benzobindiflupyr 15% aplicado con tres caudales de agua (50, 100 y 150 l ha⁻¹), dos adyuvantes (N SOL H₂O 10% + P₂O₅ SOL H₂O 10% y un adyuvante mineral parafínico 42,8%) aplicados en dos horarios (9:00 y 18:00 horas). El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo factorial 2*2*3 con 2 variables evaluadas, severidad de la RAS y rendimiento. El horario de aplicación del fungicida con los distintos caudales de agua y adyuvantes no influyeron estadísticamente sobre el rendimiento y la severidad de la RAS, por lo que se considera que la aplicación del fungicida con un caudal de agua de 50 l ha⁻¹ es la más recomendada por la facilidad de manejo debido el bajo volumen aplicado.

Palabras clave: control químico, enfermedad, fungicida, hongo.

ABSTRACT: The decrease in the yields obtained is associated with different factors, among which Asian soybean rust (ASR) stands out. Chemical control is one of the most widely used alternatives for ASR control. The correct application of fungicides results in a good efficient control practice, since it depends on achieving a good distribution of the active principle, adequate density and good coverage. An experiment was installed in the district of Carlos A. López, Itapúa department, Paraguay to evaluate the efficacy of the fungicide application (Azoxystrobin 30% + Benzovindiflupyr 15%, 0.2 kg ha⁻¹) with different technologies for ASR control. The treatments were 3 volumes of broth (50, 100 and 150 l ha⁻¹, 2 adjuvants (N SOL H₂O 10% + P₂O₅ SOL H₂O 10%) and a paraffinic mineral adjuvant (42.8%) applied at 2 times (9:00 and 18:00 hours). The experimental design used was randomized complete blocks in a 2*2*3 factorial arrangement. The variables evaluated were ASR severity and yield. The application time of fungicide with different flow rates of water and adjuvants did not statistically influence the yield and severity of the ASR, therefore it is considered the application of the fungicide with a water

volume of 50 l ha⁻¹ it is the most recommended by being easier to handle due to its low volume.

Key words: Chemical control, disease, fungicide, fungus

1. INTRODUCCIÓN

La soja es uno de los principales cultivos económicos en el Paraguay, los rendimientos alcanzados por los productores son influenciados por distintos factores bióticos y abióticos, entre los cuales la presencia de enfermedades es uno de los principales motivos de disminución de rendimientos alcanzados ⁽¹⁾.

La roya asiática de la soja (RAS) causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow es una de las enfermedades más importantes que afecta al cultivo, para el control se conocen varias estrategias como la eliminación de plantas voluntarias y huéspedes intermediarios, siembra de cultivares de ciclo temprano ^(2,3), resistencia varietal ⁽⁴⁾ y aplicación de fungicidas que pueden integrarse que pueden integrarse para el manejo de enfermedades ^(2,5).

De entre las varias estrategias para el manejo de la RAS, la aplicación de fungicidas es la más utilizada en la mayoría de los países productores de esta

oleaginosa. Normalmente la uniformidad en la distribución del producto, proporcionada por las aplicaciones terrestres y aéreas es baja ^(6,7). En el Paraguay, el control químico es la práctica más común en todos los cultivos comerciales de soja ⁽⁸⁾. De acuerdo a trabajos realizados en el Brasil si no se utiliza esta tecnología, la RAS puede causar perjuicios por la disminución de la productividad de 10 a 75% ⁽⁹⁾. Sin embargo, muchas veces para el manejo de las enfermedades existe una mayor preocupación en el fungicida a ser utilizado que en la tecnología de aplicación, y para garantizar una buena cobertura es fundamental que el producto alcance el blanco ⁽¹⁰⁾.

De acuerdo a estudios realizados por algunos investigadores existe una estrecha relación entre el éxito de la aplicación y la adecuada selección de pastillas de pulverización, el volumen de aplicación, como asimismo las condiciones climáticas imperantes y el momento de aplicación ⁽¹¹⁾. Con relación a los volúmenes de aplicación, otros autores reportaron mejor penetración y cobertura cuando se utilizaron mayores volúmenes, lo cual tuvo mayor efecto que el tamaño de gotas en el incremento de la cobertura ⁽¹²⁾. Por el contrario, en investigaciones realizadas en Argentina en el 2015, se concluyó que un mayor volumen de aplicación no siempre garantiza una buena eficacia ⁽¹³⁾. Asimismo, otros autores reportaron que no se encontró diferencias en el control de enfermedades de la soja para tratamientos

efectuados con gotas finas y medianas, indicando que la utilización de gotas medias permite una mayor ventana de aplicación en estadios avanzados de la soja ⁽¹⁴⁾.

Una buena técnica de aplicación produce gotas con buena capacidad de penetración y cobertura, ya que cuanto más pequeño el tamaño de la gota de pulverización, mayor es el riesgo de la deriva, por otro lado, si las gotas son muy grandes la planta puede tener dificultad en la retención y absorción foliar ⁽¹⁵⁾.

En el Paraguay, existe escasa información relacionada a tecnología de aplicación de fitosanitarios, por lo que el objetivo del estudio fue evaluar la eficacia de la aplicación de fungicidas para el control de la roya asiática de la soja en diferentes momentos de aplicación, volumen de caldo y distintos coadyuvantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en el distrito de Carlos Antonio López, departamento de Itapúa, con coordenadas $-26^{\circ} 15' 929''$ latitud sur y $-54^{\circ} 49' 782''$ longitud oeste. Se utilizó la variedad de soja NA 5909, que fue

sembrada en el ciclo del cultivo 2015/2016 en un suelo arcilloso, de fertilidad media, con niveles de 3,49% de materia orgánica.

Los tratamientos consistieron en la aplicación del fungicida Azoxystrobin 30% + Benzobindiflupyr 15%, en dosis de 0,2 kg ha⁻¹, aplicados en 2 horarios (9:00 y 18:00 horas), se utilizaron 2 adyuvantes (N SOL H₂O 10% + P₂O₅ SOL H₂O 10%) a razón de 60 cc/100 l de agua ha⁻¹ y un adyuvante mineral parafínico 42,8% en la dosis de 500 cc 100 l de agua ha⁻¹, así mismo se varió el caudal de agua (50, 100 y 150 l ha⁻¹). La siembra fue realizada el 14 de noviembre del 2015.

Las unidades experimentales fueron de 30 m de largo por 30 m de ancho con un área total de 900 m², los mismos fueron separados en 4 m entre unidades experimentales y 4 m entre los bloques. Las aplicaciones se realizaron con una pulverizadora autopropulsada (John Deere 4730), con boquillas de la marca Magno Jeet AD/D 015. La cantidad de precipitación durante el experimento fue de 418 mm, con una humedad relativa superior a 60%, temperatura menor a 28 °C y velocidad del viento menor a 7 km ha⁻¹. Los fungicidas fueron aplicados en dos momentos (estados R2 y la segunda aplicación a los 20 días después de la aplicación). El diseño experimental fue bloques completos al azar dispuesto en arreglo factorial

2*2*3 (2 horarios de aplicación, 2 adyuvantes y 3 caudales de agua). Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano y porcentaje de severidad de la RAS.

Para evaluar la severidad de la enfermedad se utilizaron los trifolios centrales extraídos de un total de 5 plantas por cada unidad experimental en los estratos (superior, medio e inferior) y se utilizó el diagrama de severidad de roya propuesta por investigadores brasileños en el año 2006 ⁽¹⁶⁾. Se realizaron conteos cada 10 días, iniciando antes de la aplicación de los fungicidas y hasta la etapa de maduración fisiológica, totalizando 6 valuaciones. Se calculó la eficiencia de control (EC) a partir de la severidad mediante la fórmula utilizada $EC = ((\text{Infección}_{\text{testigo}} - \text{Infección}_{\text{Tratamiento}}) / \text{Infección}_{\text{testigo}}) * 100$ ⁽¹⁷⁾.

El procesamiento de los datos se realizó mediante el análisis de varianza (ANAVA) con el programa estadístico InfoStat versión 2018⁽¹⁸⁾ y para determinar el efecto de los tratamientos, las que resultaron con diferencia significativa fueron sometidas a la comparación de promedios mediante el test de Tukey 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de las variables rendimiento de grano, severidad de la RAS y eficiencia de control calculada.

El ANAVA para el rendimiento de grano de la soja presentó diferencia estadística significativa, lo cual se asocia al efecto de los tratamientos, el valor de rendimiento del testigo presentó el valor más bajo (1.836 kg ha^{-1}) comparado a todos los tratamientos donde se aplicaron fungicidas, la diferencia entre el mayor rendimiento y el menor fue de 1.482 kg ha^{-1} .

El mayor valor numérico del rendimiento de grano de la soja alcanzó 3.381 kg ha^{-1} en el tratamiento donde se aplicó el fungicida en el horario 18:00 horas con un caudal de 50 l ha^{-1} y aceite mineral como adyuvante.

La severidad de la RAS en el ANAVA presentó diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, cuando no se realizó el control químico la severidad de la RAS alcanzó a 89,7%, mientras que la menor severidad se observó con la combinación de tratamiento consistente en fungicida aplicado a las 9:00 horas con aceite mineral. En los

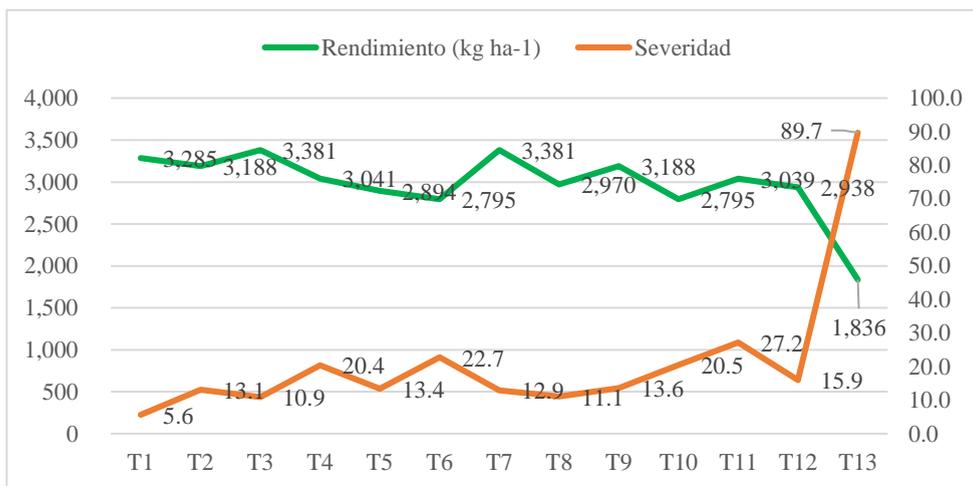
tratamientos donde se aplicaron funguicida la mayor severidad alcanzada fue de 27,2%, con funguicida aplicado a las 18:00 con el Adyuvante 1.

Tabla 1. Rendimiento de grano, severidad de la RAS y eficiencia de control (EC), por efecto de funguicida aplicado en dos horarios, dos adyuvantes y tres caudales de aplicación Carlos Antonio López, Itapúa 2015/2016.

Hora	Caudal	Adyuvante	Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Severidad (%)	EC (%)
9:00	50	Aceite mineral	T1	3.285 cd	5,6 a	0,94
		Aceite mineral	T2	3.188 bcd	13,1 abc	0,85
		Aceite mineral	T3	3.381 d	10,9 ab	0,88
	100	Adyuvante 1	T4	3.041 bcd	20,4 bcd	0,77
		Adyuvante 1	T5	2.894 bc	13,4 abc	0,85
		Adyuvante 1	T6	2.795 b	22,7 cd	0,75
	Testigo	0	7	1809 a	89,69 e	0,00
18:00	50	Aceite mineral	T8	3.381 d	12,9 abc	0,86
		Aceite mineral	T9	2.970 bcd	11,1 ab	0,88
		Aceite mineral	T10	3.188 bcd	13,6 abc	0,85
	100	Adyuvante 1	T11	2.795 b	20,5 bcd	0,77
		Adyuvante 1	T12	3.039 bcd	27,2 d	0,70
		Adyuvante 1	T13	2.938 bcd	15,9 abc	0,82
	Testigo	0	T14	1.836 a	89,7 e	0,00
Promedio 9:00			3.097	14,4		
Promedio 18:00			3.052	16,9		
Fc			3,93*	13,31**		

EC: eficiencia de control, * dif. significativa, ** dif. altamente significativa, Fc valor de f

Figura. 1. Relación de la variación del rendimiento de grano de la soja y la severidad de la RAS.



En la fig. 1 se presenta la correlación entre el rendimiento y la severidad de la RAS.

La mayor severidad de la RAS observada en este experimento se presentó en el testigo sin control químico (89,7 %) y con el menor rendimiento. Por otro lado, el tratamiento con menor severidad. Permitió alcanzar rendimientos de hasta 44,1% más (Fig. 1). Los resultados obtenidos en este experimento son similares a estudios realizados por otros autores, quienes indican que la RAS es una enfermedad que afecta negativamente el

rendimiento de la soja y expresan que los fungicidas controlan efectivamente la enfermedad comparada a tratamientos sin protección química^(19, 20).

El análisis estadístico permite demostrar que el testigo fue distinto a los demás tratamientos tanto para la severidad y el rendimiento y que el rendimiento alcanzado es directamente influenciado por la RAS, observándose que a mayor severidad disminuye el rendimiento. La relación entre los tratamientos muestra que el mayor rendimiento se alcanzó con la combinación de la aplicación de fungicidas a las 9:00 h y adyuvante aceite mineral con caudal de aplicación de 150 l ha⁻¹, así mismo la combinación de adyuvante 1 aplicado a las 18:00 h con un caudal de 50 l ha⁻¹ presentó igual rendimiento y similar valor de severidad, lo cual permite inferir que este tratamiento sería más recomendable como combinación ya que se aplica el fungicida con menor caudal de agua. Estos resultados permiten inferir que disminuir el volumen de la solución reduce los costos de aplicación y aumenta la eficiencia de control (94%).

4. CONCLUSIÓN

El control más eficaz de la roya en el cultivo de la soja se obtuvo con la utilización del aceite mineral parafínico como adyuvante (tratamiento 1), el

cual mostró niveles bajos de severidad, y mayor rendimiento en kg ha⁻¹. El volumen de 50 l ha⁻¹ puede considerarse como la mejor alternativa por ser el caudal de más fácil manejo por el bajo volumen. No se encontró diferencias entre los diferentes horarios de aplicación.

5. DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

La presente investigación se llevó a cabo con financiación propia.

6. DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

7. DECLARACIÓN DE AUTORES

Los autores aprueban la versión final del artículo.

8. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

LQ planificación del proyecto, seguimiento de la medición, análisis de las variables. Corrección del artículo científico; AO análisis estadístico, interpretación de los resultados, redacción del artículo; GM instalación del experimento, aplicación de fungicida, medición de las variables, redacción del artículo; DZ medición de las variables a campo, análisis de las variables, redacción del artículo; RS corrección del artículo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ivancovich, A. Enfermedades de soja: diagnóstico y manejo. Buenos Aires. 2011.
2. Godoy CV, Seixas CD, Soares RM, Guimarães FCM, Meyer MC, Costamilan LM. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 2016; 51(5):407-421.
3. Almeida R, Forcelini CA, Garcés-Fiallos, FR. Chemical control of foliar diseases in soybean depends on cultivar and sowing date. *Bioscience Journal.* 2017; 33(5):1188-1196.
4. Melo CLP, Roesse AD, Goulart ACP. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. *Ciência Rural.* 2015; 45(8):1353-1360.
5. Langenbach C, Campe R, Beyer SF, Mueller AN, Conrath U. Fighting Asian Soybean Rust. *Plant Science.* 2016; 7(979):1-14.
6. Cunha JPAR, Juliatti FC, Reis EF. Tecnologia de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. *Bioscience Journal.* 2014; 30(4):950-957.
7. Silva BM, Ruas RAA, Sichoeki D, Dezordi LR, Caixeta LF. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). *Engenharia na Agricultura.* 2014; 22(1):17-24.
8. Quintana L, Morel W, Rodríguez E. Common diseases soybean management in Paraguay. In: IX World Soybean Research Conf South África Abstract. 2013: 70.
9. Navarini, L, Dallagnol LJ, Balardin RS, Moreira MT, Meneghetti RC, Madalosso MG. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica.* 2007; 33(2):182-186.
10. Cunha JPAR. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. *Ciência e agrotecnología.* 2008; 32: 1616-1621.
11. Villalba Farinha JD, Martins N, Vilanova Costa VD. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. *Ciencia Rural. Santu Maria.* 2009; 39(6): 1738-1744.
12. Ferguson JC, Chechetto RG, Hewitt AJ, Chauhan BS, Adkins SW, Kruger GR, O'Donnell CC. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. *Crop protection.* 2016; 81:14-19.
13. Domper GN, Mur M, Balbuena RH. Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata.* 2015; 113(2): 202-210.

Quintana L, Ortiz A, Zimmer D, Marafon G, Scholz R. Evaluación de tecnologías de aplicación para el control de la roya asiática de la soja.

14. De Oliveira MAP, Antuniassi UR. Eficácia do flutriafol e do flutriafol + tiofianato metílico aplicados con gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja. *Revista Energía na Agricultura. Botucatu*. 2011; 26(1): 94-112.
15. Cunha JRA, Reis EF, de Oliveira Santos R. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciencia Rural*. 2006; 36(5): 1360-1366.
16. Godoy CV, Koga LJ, Canteri MG. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*. 2006; 31(1):63-68.
17. Enciso-Maldonado GA, Maidana-Ojeda M, Schlickmann-Tank JA, Montoya-García CO, Páez-Ranoni HJ, Fernández-Riquelme F, Domínguez-Sanabria JA. Fungicidas sitio-específicos combinados con Mancozeb para el control de la roya asiática de la soja. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*. 2019; 37(1), 1903-3.
18. Di Rienzo JA, Casanoves F, Casanoves MG, González L, Tablada M, Robledo CW. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2018. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
19. Stewart S, Rodríguez M, Escalante F, Martínez S. Eficiencia de diferentes fungicidas para el control de la roya asiática de la soja. Uruguay. Departamento de Fitopatología INIA, Programa de Cultivos; 2019. <http://www.inia.uy>
20. Garces Fiallos FR, Forcelini CA. Relación entre incidencia y severidad de la roya asiática de la soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow. *Rev. Fac. Nac. Agr.* 2011; 64(2):6105-6110.

Quintana L, Ortiz A, Zimmer D, Marafon G, Scholz R. Evaluación de tecnologías de aplicación para el control de la roya asiática de la soja.