



RESPUESTA DE GENOTIPOS DE GARBANZO (*Cicer arietinum* Lin.) A LA ROYA (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd Y SU RELACIÓN CON EL TIPO DE HOJA

**Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes behavior to rust
(*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd) and its relation with leaf type**

Regla M. Cárdenas Travieso[✉] y Carlos F. de la Fé Montenegro

ABSTRACT. Chickpea rust (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd.) is an important foliar disease in all areas where this legume is cultivated. The present work was carried out during two consecutive years (2009 and 2010), with the objective of evaluating, under field conditions, the incidence (I) and severity (S) of chickpea rust on 28 genotypes and its relationship with leaf types (TH) uni-imparipinnate (A) and multipinnate (B). In the time studied, rust manifested massively late, with I = 92.14 % and S = 61.10 %, corresponding the highest infection levels to genotypes with leaf type A, compared to leaf type B; three lines B and one A presented better behavior to rust. Severity and incidence was correlated with each other and with the TH. This work constitutes the first study carried out in Cuba about genotypes response to rust and represents an advance step in the genetic improvement related with the selection, adoption and dissemination of chickpea cultivars with a better disease behavior.

Key words: disease, chickpea, disease incidence, rust

RESUMEN. La roya del garbanzo, producida por el hongo (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd) es una importante enfermedad en este cultivo. El presente trabajo se realizó durante los años 2009 y 2010 con la finalidad de evaluar en condiciones de campo, la incidencia (I) y severidad (S) de la roya en 28 líneas de garbanzo y su relación con los tipos de hoja (TH) uni-imparipinnada (A) y multipinnada (B). En la colección estudiada, la roya se manifestó tardíamente de forma masiva, con I = 92,14 % y S = 61,10 %, correspondiendo a los genotipos con tipo de hoja A, los mayores niveles de infección con respecto a los genotipos con tipo de hoja B, tres líneas B y una de tipo A se destacaron por su mejor comportamiento ante la roya. La S e I estuvieron correlacionadas entre sí y con el TH. Este trabajo constituye el primer estudio realizado en Cuba sobre la respuesta de genotipos de garbanzo ante la roya y representa un paso de avance en el mejoramiento genético del cultivo relacionado con la selección, adopción y disseminación de cultivares con mejor comportamiento ante la enfermedad.

Palabras clave: enfermedad, garbanzo, incidencia de una enfermedad, roya

INTRODUCCIÓN

En Cuba el cultivo del garbanzo se está extendiendo en varias provincias (1); no obstante, existen factores bióticos que limitan su disseminación y la obtención de altos rendimientos, de ellos tienen importancia varias enfermedades fúngicas entre las que se encuentra la roya (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd.) (2). Por otro lado, en países productores de garbanzo se ha informado que la roya junto a la rabia (*Ascochyta rabie* Pass.) se encuentra entre las enfermedades foliares que

llegan a limitar el rendimiento (3, 4, 5) y en la India se han obtenido nuevos reportes sobre la presencia de este patógeno (6).

La roya puede manifestarse con severidad en fechas de siembra tardías (después del 15 de diciembre) (7), y hacia el final del ciclo del cultivo, por lo que generalmente las pérdidas no son significativas, pero si la infección es temprana puede ocurrir una epidemia severa (3). La sintomatología característica de esta enfermedad es la presencia de lesiones en forma de pústulas sobre las hojas que inicialmente se desarrollan en la epidermis inferior (abaxial) y luego se extienden a la epidermis superior (adaxial).

Estudios genéticos y moleculares han demostrado la existencia de dos genes (*mIsI*) con acción suplementaria que determinan el tipo de hoja en el garbanzo, en este caso, la hoja uni-imparipinnada se

M.Sc. Regla M. Cárdenas Travieso y Dr.C. Carlos F. de la Fé Montenegro, Investigadores Auxiliares del departamento de Genética y Mejoramiento de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700, Cuba.

✉ rmaria@inca.edu.cu; delafe@inca.edu.cu

presenta cuando ambos genes están presentes en forma dominante (m^+s^+/\dots) y la multipinnada (B) cuando el primer gen (m^+s/\dots) es dominante (8, 9, 10).

Aunque las diferentes especies de plantas de importancia económica en la agricultura difieren entre sí por la diversidad en los tipos de hoja que presentan y además, el daño producido por la mayoría de los patógenos aéreos se localiza fundamentalmente en las hojas, no es común encontrar estudios que aborden las relaciones entre las enfermedades producidas por estos patógenos con el tipo de hoja que infectan.

Por este motivo, se realizó el presente trabajo con el objetivo general de evaluar la respuesta de 28 líneas de garbanzo ante la roya y su relación con el tipo de hoja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Finca «La Chivería», vinculada al Programa de Innovación Agrícola Local (PIAL) que coordina el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en el municipio San José de Las Lajas, en la provincia Mayabeque del occidente de Cuba. Durante los años 2009 y 2010 se evaluaron 28 líneas de garbanzo provenientes del banco de germoplasma del International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) en la República Árabe de Siria.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado donde cada línea constituyó un tratamiento y como testigo el genotipo Ga-DI-34 (FLIP 88-85C) que es una línea élite con status *designado* por la FAO¹.

Se sembraron 21 semillas por tratamiento (densidad de siete semillas por metro lineal), en surcos de tres metros de largo separados a una distancia de 0,70 m. Las observaciones para la toma de datos y su procesamiento se realizaron durante la etapa reproductiva (a los 120 días de brotadas las semillas), para ello se evaluaron 10 plantas (repeticiones) por tratamiento, ubicadas en la porción central del surco con la finalidad de evitar el efecto de borde.

Para la evaluación se utilizó la escala de nueve clases (Tabla I) propuesta por BGMP¹ para evaluar la respuesta de genotipos a la roya (Ry).

Para medir los niveles de la enfermedad en cada línea, se calcularon los porcentajes de incidencia y severidad mediante las siguientes fórmulas (11, 12):

¹ BIGMP. Biodiversity and Integrated Management. Program. Legume International nurseries and trials. ICARDA. P.O. Box 5466. Aleppo, Syria. 2010. Versión digital Disponible en: <http://www.icarda.cgiar.org/NurseriesFieldBook/NurseriesFieldBook_index.htm>

$$\text{Incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de líneas enfermas}}{\text{Total de líneas observadas}} \right) 100$$

$$\text{Severidad (\%)} = \frac{\sum (1(n) + 3(n) + 5(n) + 7(n) + 9(n))}{9(N)} 100$$

donde:

1, 3, 5, 7 y 9 = clase de la escala propuesta para evaluar el daño de la roya.

n= número de plantas que se calificaron en la clase de escala propuesta (Tabla I)

N= número total de plantas evaluadas.

Los estadígrafos correspondientes se obtuvieron después de transformar los porcentajes de severidad e incidencia por la expresión: $2\arcsen\sqrt{\%}$

Se realizó un análisis de correlación entre la severidad e incidencia de la roya con el tipo de hoja. Posteriormente se realizó un análisis de clasificación automática utilizando como método de agrupamiento basado en la media de grupo y como coeficiente la distancia euclidiana para agrupar las líneas según su comportamiento ante la enfermedad y tipo de hoja.

El procesamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el Programa Statgraphics Plus para Windows 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 28 genotipos en estudio, el 89 % presentaron el tipo de hoja A (uni-imparipinnada) que es el tipo de hoja normal para esta especie (Figura 1) en tanto que el 11% presentaron el tipo de hoja B (multipinnada) con folíolos más pequeños y follaje de apariencia desorganizada (Figura 2). Esto confirma lo referido por otros autores, acerca de la menor frecuencia del tipo de hoja multipinnada en el cultivo del garbanzo (8, 9, 10).

Particular significación para el desarrollo de la enfermedad, tuvo durante el desarrollo del cultivo (temporada invernal 2009/2010), la entrada de 25 frentes fríos (según registros históricos, en Cuba el promedio de frentes fríos por temporada es 19,5) (13). Estas condiciones climáticas, acompañadas de lloviznas y lluvias frecuentes, favorecieron la permanencia de una alta humedad ambiental que provocó el alargamiento del ciclo vegetativo del cultivo entre 120-150 días en todos los genotipos.

Tabla I. Escala para evaluar la respuesta de las líneas ante la roya

Clases	Calificación	Descripción del síntoma y daño
1	Altamente resistente (AR)	Pústulas no visibles
3	Resistente (R)	Pocas pústulas, detectadas después de una cuidadosa exploración
5	Moderadamente (MR) resistente	Pústulas expandidas sobre hojas y fácilmente observables, pero sin daño aparente
7	Susceptible (S)	Pústulas muy expandidas y daños, pocas pústulas sobre peciolo y tallos
9	Altamente susceptible (AS)	Pústulas extendidas sobre toda la planta, muerte de algunas hojas y otras partes de la planta

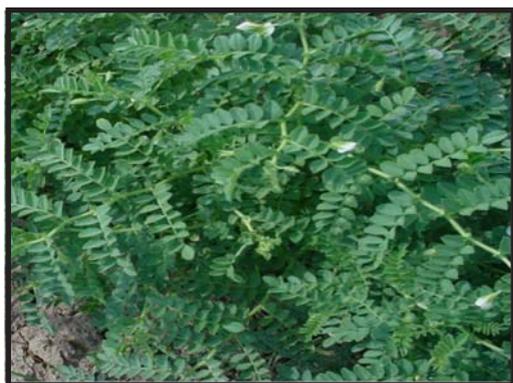


Foto tomada por el autor

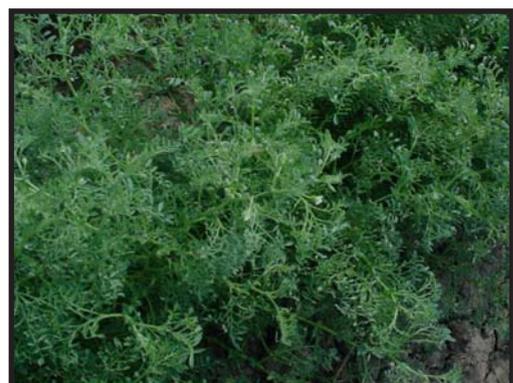
Figura 1. Hoja uni-imparipinnada o normal

Foto tomada por el autor

Figura 2. Hoja multipinnada

En este sentido, se ha referido (14) que normalmente el ciclo del garbanzo en Cuba está comprendido entre los 100 y 130 días, pero su duración puede variar en dependencia de las condiciones climáticas y de la época de siembra. Es evidente que tales condiciones climáticas resultaron favorables para que a los 120 días se manifestara la enfermedad, con elevada severidad en 24 líneas (Figura 3).



Foto tomada por Carlos de la Fé

Figura 3. Síntomas de roya en follaje de garbanzo (hoja compuesta normal)

En la Tabla II se puede apreciar que tres genotipos con tipo de hoja B (Ga-DI-12, Ga-DI-31 y Ga-DI-67) mostraron resistencia a la enfermedad, los dos primeros no mostraron síntomas visibles y el otro genotipo (Ga-DI-67) desarrolló pocas pústulas al igual que el genotipo (Ga-DI-108) con tipo de hoja A. Esta respuesta podría estar asociada a la producción de ácido málico, puesto que se ha demostrado que este compuesto, presente en mayor proporción en hojas adultas de algunas variedades de garbanzo, inhibe la germinación de las esporas de *U. ciceris-arietini* (15).

La severidad e incidencia estuvieron correlacionadas positivamente entre sí y negativamente con el tipo de hoja de la planta (Tabla III). No obstante, en estudios realizados en este y otros cultivos, no se ha detectado relación significativa entre la severidad de enfermedades y el tipo de hoja (10,16).

De acuerdo con el resultado anterior, los valores de la enfermedad (incidencia y severidad) son menores en las líneas con tipo de hoja B.

El agrupamiento automático de las líneas en atención a las similitudes en el comportamiento ante la roya de acuerdo con el tipo de hoja (Figura 4), permitió conformar tres grupos: el primero (G1) estuvo integrado por 24 líneas con tipo de hoja A, con la mayor susceptibilidad a la enfermedad, de ellas 13 en la clase 5 (MR), nueve en la clase 7 (S) y dos en la clase 9 (AS).

En el segundo grupo (G2) se encuentran las tres líneas con tipo de hoja B, dos de ellas en la clase 1 (AR) y una en la clase 3 (R). En el tercer grupo (G3) está presente la única línea con tipo de hoja A registrada en la clase 3 (R). Las líneas que conforman estos dos grupos constituyen germoplasma útil como fuente de resistencia a la roya (17).

Es oportuno informar de manera adicional, que en estudios moleculares asociados con la resistencia a la roya, se ha demostrado que la resistencia a la enfermedad en plantas adultas de garbanzo, es controlada por un gen dominante (propuesto como *Uca1/uca*) (18). Por otro lado, se explica que la herencia del carácter hoja multipinnada es monogénica recesiva (10), y se expresa con un patrón de segregación 12 (hoja normal): 4 (hoja multipinnada) en la F2 resultante del cruzamiento entre variedades con hojas uni-imparipinnadas y multipinnadas (8).

CONCLUSIONES

- La roya se manifestó tardíamente de forma masiva, con una elevada incidencia y severidad, correspondiendo a los genotipos con tipo de hoja uni-imparipinnada los mayores niveles de infección con respecto a los genotipos de hoja multipinnada.
- La severidad e incidencia estuvieron correlacionadas positivamente entre sí y negativamente con el TH, resultando menores en las líneas con tipo de hoja multipinnada.

Tabla II. Severidad e incidencia en las líneas con tipo de hoja A y B

Líneas*	Tipo de hoja	Reacción**	Severidad (%)	Incidencia (%)
Ga-DI-10	A	5	60	100
Ga-DI-108	A	3	30	90
Ga-DI-117	A	5	58	100
Ga-DI-120	A	9	95	100
Ga-DI-123	A	7	80	100
Ga-DI-132	A	7	75	100
Ga-DI-134	A	5	60	100
Ga-DI-15	A	5	55	100
Ga-DI-169	A	5	60	100
Ga-DI-18	A	5	55	100
Ga-DI-21	A	5	60	100
Ga-DI-22	A	5	55	100
Ga-DI-39	A	7	80	100
Ga-DI-4	A	5	55	100
Ga-DI-43	A	7	80	100
Ga-DI-48	A	7	80	100
Ga-DI-60	A	7	80	100
Ga-DI-61	A	5	58	100
Ga-DI-64	A	5	60	100
Ga-DI-74	A	7	80	100
Ga-DI-77	A	7	80	100
Ga-DI-8	A	5	55	100
Ga-DI-82	A	7	80	100
Ga-DI-90	A	9	95	100
Ga-DI-12	B	1	0	0
Ga-DI-31	B	1	0	0
Ga-DI-67	B	3	30	90
Ga-DI-34	A	5	55	100
(T)				
Estadígrafos		MG	61,10	92,14
		DS	0,60	0,98
		ESx	0,11	0,18
		CV (%)	34,10	29,25

* Código propuesto en el programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL); Ga: garbanzo, DI: donación internacional

#: número de la accesión

** Clase de la escala

MG: media general, DS: desviación típica, ESx: error estándar de la media, CV: coeficiente de variación

Tabla III. Matriz con los coeficientes de correlaciones de Pearson ($p \leq 0.05$) entre la severidad e incidencia de la roya y el tipo de hoja del garbanzo

	TH	Severidad
Severidad	-0,7861	
Incidencia	-0,8914	0,8698



Figura 4. Dendrograma basado en el coeficiente de la distancia euclidiana de las líneas según su comportamiento ante la roya y el tipo de hoja

RECOMENDACIONES

Sobre la base de la información recopilada y teniendo en cuenta los resultados de este trabajo, se recomienda realizar estudios bioquímicos para determinar si la resistencia a la roya en plantas con hojas multipinnadas está asociada a una mayor producción de ácido málico en hojas adultas y por otro lado, realizar estudios moleculares para comprobar si la resistencia en estas líneas pudiera estar relacionada con ligamiento entre el gen que controla la resistencia a la enfermedad y el que gobierna la expresión del carácter hoja multipinnada.

REFERENCIAS

1. Leandro, J. J. Garbanzo, un cultivo que se extiende. [online] Opciones.cu. Semanario Económico y Financiero de Cuba. 2009. [Consultado: 20/6/2011]. Disponible en: <<http://www.opciones.cubaweb.cu>>.
2. MIP. Garbanzo. En: Manual de Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Edición: Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Entrepueblos, Gruppo di Volontariato Civile. Tarragona España, 2006, p. 177-178.
3. Sillero, J. C.; Fondevilla, S.; Davidson, J.; Vaz Patto, M. C.; Warkentin, T. D.; Thomas, J.; Rubiales, D. Screening techniques and sources of resistance to rusts and mildews in grain legumes. *Euphytica*, 2006, vol. 147, no. 1-2, p. 255-272.
4. Díaz, A. y Montes, N. La Fitopatología en la Región Semiárida de Tamaulipas, México: Reseña Histórica. *Rev. mex. Fitopatol.* [online]. 2008, vol. 26, n. 1, p. 62-70.
5. Stuteville, D. L.; Graves, W. L.; Dixon, L. J.; Castlebury, L. A.; Minnis, A. M. *Uromyces ciceris-arietini*, the cause of Chickpea Rust: New Hosts in the Trifolieae, Fabaceae. Plant Disease. *The American Phytopathological Society*. 2010, vol. 94, no. 3, p. 293-297.
6. Deshmukh, G. P.; Pawar, K. B. y Harer, P. N. Occurrence of rust on chickpea in Western Maharashtra. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 2010, vol. 35, no. 3, p. 485-486.
7. Díaz, A. y Ortegón, A. Interacción del propiconazol foliar y captan-carboxin en la semilla sobre la roya, la rabia y el rendimiento de grano de garbanzo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 1998, no. 16, p. 84-89.
8. Pundir, P. P. S.; Menguesha, M. H. y Reddy, K. N. Leaf type and their genetics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 1990, vol. 45, no. 3, p. 197-200.
9. Shagarodsky, T. Informe de una mutación en la colección cubana de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 4, p. 75-76.
10. Danehlouepour, N.; Clarke, H. J.; Yan, G.; Khan, T. N. y Siddique, K. H. M. Leaf type is not associated with Ascochyta blight disease in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 2008, vol. 162, no. 2, p. 281-289. DOI: 10.1007/s10681-007-9617-x.
11. Martínez, A.; Hernández L. U.; Osorio, R.; Alia, I.; López, V.; Bautista, Silvia; Guillén, D. Incidencia y severidad de *Botryodiplodia theobromae* en frutos de zapote mamey en Jalpa de Méndez, Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 2008, vol. 8, no. 1, p. 29-32.
12. Montes, Consuelo; Muñoz, L. A.; Terán, V. F.; Prado, F. A. y Quiñones, Magaly. Evaluación de patógenos en clones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Acta Agronómica*, 2010, vol. 59, no. 2, p. 144-154.
13. Peláez, O. A la vista de un curioso récord. Temporada invernal. [en línea] Ciencia y tecnología. Clima. La Habana: Cubaweb 30/4/ 2011. [Consultado: 12/2/2012]. Disponible en: <<http://www.granma.cubaweb.cu>>.
14. Shagarodsky, T.; Chiang, M. L.; Cabrera, Melba; Chaveco, O.; López, M. R.; Dibut, B.; Dueñas, M.; Vega, M.; Termuy, Nencida y García, E. Manual de instrucciones técnicas para el cultivo del Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en las condiciones de Cuba. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. C. La Habana. 2005. p. 24. ISBN 959-246-133-3.
15. Bahadur, P. y Sinha, S. Studies on spore germination of *Uromyces ciceris-arietini*, influence of leaf exudates of Gram. *Indian Phytopathology*, 1970, vol. 23, no. 4, p. 644-649.
16. Mou, B.; Koike, S. T. y du Toit, L. Screening for Resistance to Leaf Spot Diseases of Spinach. *HortScience*, 2008, vol. 43 no. 6, p. 1706-1710.
17. Rodríguez, Odile. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) resistentes a la sequía; en condiciones de riego y sin riego e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 2009, vol. 13, no. 39, p. 19-30.
18. Madrid, E.; Rubiales, D.; Moral, A.; Moreno, M. T.; Millán, T.; Gil, J.; Rubio, J. Mechanism and molecular markers associated with rust resistance in a chickpea interspecific cross (*Cicer arietinum* × *Cicer reticulatum*). Biomedical and Life Sciences. *European Journal of Plant Pathology*, 2008. vol. 121, no. 1, p. 43-53. DOI: 10.1007/s10658-007-9240-7.

Recibido: 7 de mayo de 2012

Aceptado: 28 de enero de 2013

¿Cómo citar?

Cárdenas, Regla M. y de la Fé Montenegro, Carlos F. Respuesta de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* Lin.) a la roya (*Uromyces ciceris-arietini* (Grognot) Jacz. & Boyd y su relación con el tipo de hoja. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 4, p. 50-54.