

METODO PARA OBTENER ALTA SEVERIDAD DE LA ROYA DEL FRIJOL EN AREAS CON HUMEDAD RELATIVA BAJA

Jairo Castaño Z. *
Carlos E. Jara

INTRODUCCION

La roya del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) causada por *Uromyces phaseoli* (Reben) Wint. (= *U. appendiculatus* (Pers.) Unger) es una de las enfermedades más importantes de ésta leguminosa. El hongo se halla distribuido en todas las áreas productoras de frijol. Cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad, ésta se puede presentar en los primeros estados de desarrollo de la planta de frijol causando defoliación prematura de las plantas y pérdidas en el rendimiento que pueden oscilar entre 18 y 100 por ciento (Dongo, 1971; Hilty y Mullins, 1975; Singh y Musyimi, 1981; Wimalajeewa y Thavam, 1973; Zaumeyer y Thomas, 1957; Zuñiga y Victoria, 1975). La enfermedad es más severa en áreas tropicales y subtropicales, lo cual, implica que el desarrollo de la enfermedad es favorecido por condiciones de temperatura y humedad relativa altas. En los programas de mejoramiento del frijol, la selección de germoplasma por su resistencia a la roya se hace de acuerdo a la reacción que muestra el material genético durante los períodos de prefloración o floración, o sea entre 30 y 45 días después de la siembra. La evaluación de germoplasma de frijol resistente a *U. phaseoli* se realiza considerando dos criterios: 1) severidad de la enfermedad, expresada como

* Científico Visitante y Asistente de Investigación, respectivamente. Programa de Frijol. CIAT. Apartado Postal 6713, Cali, Colombia. Dr. Castaño actualmente con el Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras.

el porcentaje del área foliar cubierta por lesiones necróticas o pústulas esporulando características del hongo; y 2) tipo de pústula, empleando para tal fin una escala de 1 a 5, en donde, 1 se refiere a material genético que no muestra evidencia visible de la enfermedad, y 5 se refiere a germoplasma con pústulas de un diámetro superior a 500μ (CIAT, 1979). La enfermedad para su desarrollo normal requiere de condiciones especiales de temperatura y humedad relativa. La temperatura óptima para la germinación de uredosporas oscila entre 17.5 y 22.5°C (Imhoff, *et al.*, 1981). La germinación se inicia una hora después de que la uredospora ha hecho contacto con el hospedero, completándose el proceso al término de cuatro horas (Harter, *et al.*, 1935). Períodos interrumpidos en el suministro de humedad provocan una reducción en la germinación. Uredosporas provistas de humedad por lo menos durante 48 horas continúan su proceso normal de germinación si la humedad relativa es superior al 85 por ciento (Imhoff *et al.*, 1981). Las esporas de roya germinan con dificultades si el inóculo contiene una concentración alta de uredosporas, lo cual, es atribuido a la presencia de autoinhibidores (Allen, 1955). Este fenómeno ocurre en *U. phaseoli* (Yarwood, 1954). El proceso de infección es favorecido por temperaturas entre 21 y 28°C y períodos prolongados (10-18 horas) de humedad relativa alta (Schein, 1961; Zaumeyer y Thomas, 1957). Temperaturas por encima de 32°C tienen un efecto detrimente sobre el hongo; a temperaturas por debajo de 15°C , el proceso de infección se retarda considerablemente (Schein, 1961). La duración del día y la intensidad de la luz son también factores importantes en el proceso de infección. Las estructuras responsables del proceso de infección de *U. phaseoli* son favorecidas por la obscuridad (Maheshwari *et al.*, 1967), y es así como plantas de frijol, inoculadas con uredosporas de roya sometidas a una intensidad de luz baja por un período de 18 horas, manifiestan una severidad alta de la enfermedad (Augustín *et al.*, 1972). Las condiciones de temperatura y humedad relativa también influyen en la producción y liberación de uredosporas. La esporulación aumenta cuando las plantas infectadas se exponen a un fotoperíodo de 12 horas (Cohen y Rotem, 1970) y a condiciones de humedad relativa alta (Yarwood, 1961). La mayor cantidad de uredosporas son liberadas durante días secos con temperaturas superiores a 21°C y una humedad relativa inferior al 60 por ciento, precedidas por noches con un período prolongado de lluvia o de rocío (Nasser, 1976).

Aunque áreas como las de el Valle del Cauca, Colombia, poseen temperaturas óptimas para el desarrollo de la roya del frijol, esto no sucede con la humedad relativa. Con el propósito de obtener severidades altas de *U. phaseoli* sobre germoplasma de frijol, en cualquier época del año, en áreas similares a las de el Valle del Cauca, con humedad relativa baja, se realizó el presente estudio.

MATERIALES Y METODOS

El método se desarrolló en la Estación Experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la cual, posee una temperatura y humedad relativa promedio anual de 23.7°C y 71.6 por ciento, respectivamente. La temperatura máxima (29.7°C) y mínima (18.1°C) en ésta área son favorables para el desarrollo de *U. phaseoli*, pero esto no sucede con la humedad relativa. Se seleccionaron 18 variedades de frijol expresando diversos grados de resistencia al hongo en el campo, los cuales, se sometieron a cuatro tratamientos: 1) inoculación en el invernadero, provisto con temperatura y humedad relativa óptimas para el desarrollo de la enfermedad; 2) inoculación en el campo en camas de infección, asperjando agua diariamente sobre el follaje y cubriendo con plástico para crear una cámara húmeda; 3) inoculación en el campo en camas de infección y asperjando agua diariamente sobre el follaje; y 4) inoculación en el campo en camas de infección, sin asperjar agua ni cubriendo con plástico, lo cual, constituye la práctica común en áreas donde se recurre a inoculaciones artificiales. En el invernadero se sembraron dos semillas por variedad en macetas de plástico (10 x 10 cm de altura) conteniendo suelo previamente esterilizado. Al momento de la siembra se aplicó nitrógeno en forma de urea (46o/o N) en dosis de 100 kg p.c./ha. Ocho días después de la siembra se eliminó una plántula dejando aquella mejor desarrollada. En el campo se empleó camas de infección con dimensiones de 1.0 x 20.0 m de ancho y largo, respectivamente. Al momento de la siembra se efectuó una fertilización basal con 10-30-10 (N-P-K) en dosis de 200 kg p.c./ha. Tanto en el invernadero como en el campo se regó agua diariamente con el fin de asegurar una germinación uniforme. Para todas las inoculaciones se empleó el mismo aislamiento de *U. phaseoli*. Este aislamiento fue obtenido en el campo de la Estación Experimental del CIAT, Palmira. El inóculo se incrementó en el invernadero mediante la inoculación de hojas primarias de las variedades

BAT 160, ExRico 23 y Jamapa, susceptibles al hongo. A los doce días después de la siembra, cuando las hojas primarias estaban totalmente expandidas, se procedió a realizar las inoculaciones tanto en el invernadero como en el campo. Se empleó una concentración estandar de 80,000 uredosporas/ml de agua. Se adicionó Tritón AE (0.12o/o) y Tween 20 (0.02o/o) como adherente y dispersante, respectivamente. Las inoculaciones en el campo se efectuaron después de las 5:30 pm, cuando la temperatura ambiental era de aproximadamente 20°C y la humedad relativa alrededor del 80o/o. Antes de inocular se asperjó agua sobre el follaje con un aspersor manual de presión (Polyspray ASL Air-Flow) de dos litros de capacidad. Este aspersor se empleó tanto en el invernadero como en el campo para inocular el haz de las dos hojas primarias de cada plántula. Las plántulas del invernadero fueron trasladadas a una cámara de crecimiento calibrada a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 100 por ciento. Al cabo de 24 horas, las plántulas se colocaron sobre mesas dispuestas en el invernadero, el cual, mantuvo una temperatura promedia de 23°C y una humedad relativa promedia del 85 por ciento. Las plántulas en el campo fueron manejadas de acuerdo al tratamiento indicado. En el campo se marcaron cinco plántulas por variedad. Seis días después de la inoculación se procedió a tomar registros diarios del período de incubación, período de latencia, tipo de pústula y severidad de la enfermedad sobre cada una de las variedades de frijol probadas. Se tomaron registros diarios de temperatura y humedad relativa.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el invernadero se conservó una temperatura promedia día/noche de 24.7/21.5°C y una humedad relativa promedia día/noche de 78.7/91.8 por ciento. En camas de infección provistas de riego diario y cámara húmeda, se registró una temperatura promedia día/noche de 28.0/21.0°C y una humedad relativa promedia día/noche de 74.8/98.6 por ciento. Sin cámara húmeda, la temperatura nocturna subió ligeramente a 25.8°C y la humedad relativa descendió a 85 por ciento. Por el contrario, en camas de infección carentes de riego diario y cámara húmeda, la temperatura promedia día/noche se mantuvo en 28.0/25.8°C y la humedad relativa promedia día/noche bajó significativamente a 53.1/73.7 por ciento. En el invernadero,

provisto durante la noche con una temperatura promedio de 24.7°C y una humedad relativa promedio superior al 90 por ciento, óptimas para el desarrollo de *U. phaseoli*, el período de incubación y de latencia del hongo sobre las 18 variedades de frijol probadas osciló de 6 a 10 días y 7 a 12 días, respectivamente (Cuadros 1,2). En camas de infección provistas de riego diario se obtuvo rangos muy similares. No hubo diferencias significativas entre el efecto de la cámara húmeda, y la carencia de la misma, no obstante que la humedad relativa promedio durante la noche se redujo de 98.6 a 85 por ciento, la cual, es aún considerada favorable para el proceso normal de germinación de uredosporas (Imhoff *et. al.*, 1981). Sin embargo, la sola carencia de riego diario provoca una disminución muy significativa en la humedad relativa promedio durante la noche (73.7 por ciento), lo cual, trae como consecuencia una prolon-

Cuadro 1. Período de incubación (días) de *Uromyces appendiculatus* en variedades de frijol probadas en el invernadero y en camas de infección en el campo.

Variedad	Lugar de Inoculación			
	Invernadero ¹	Camas de infección en el campo		
		Con riego diario		Sin riego
		Con Cámara Húmeda ²	Sin Cámara Húmeda ³	Sin Cámara Húmeda ⁴
Redlands Autumm Crop	6	6	6	10
Cuva 168 N	6	6	6	7
Canario 101	9	8	8	In*
Epicure	6	6	6	7
Golden Gate Wax	6	6	6	9
Kentucky Wonder No. 765	6	6	6	In
Kentucky Wonder No. 780	N**	N	N	In
Pinto No. 650	6	6	6	7
U. S. No. 3	6	6	6	12
Veracruz 10	6	6	6	8
Ormiston	10	9	9	In
Cuilapa 72-1	In	6	6	7
Mexico 235	6	8	8	In
Mexico 309	10	6	6	In
Compuesto Chimaltenango 3	6	6	6	12
BAT 160 (Testigo susceptible)	6	6	6	7
ExRico 23 (Testigo susceptible)	6	6	6	7
Jamapa (Testigo susceptible)	6	6	6	7

* In : Inmune

** N : Lesión Necrótica

1. Temperatura y HR día/noche de 25/22°C y 79/92o/o, respectivamente.

2. Temperatura y HR día/noche de 28/21°C y 75/99o/o, respectivamente.

3. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 75/85o/o, respectivamente.

4. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 53/74o/o, respectivamente.

Cuadro 2. Período de latencia (días) de *Uromyces appendiculatus* en variedades de frijol probadas en el invernadero y en camas de infección en el campo.

Variedad	Lugar de Inoculación			
	Invernadero ¹	Camas de infección en el campo		
		Con riego diario		Sin riego
		Sin Cámara húmeda ²	Con Cámara húmeda ³	Sin Cámara húmeda ⁴
Redlands Autumm Crop	8	8	8	12
Cuva 168 N	7	8	8	9
Canario 101	10	10	10	In*
Epicure	7	7	8	9
Golden Gate Wax	8	9	9	11
Kentucky Wonder No. 765	11	9	8	In
Kentucky Wonder No. 780	N**	N	N	In
Pinto No. 650	7	8	8	9
U. S. No. 3	8	8	10	14
Veracruz 10	8	8	8	10
Ormiston	12	10	10	In
Cuilapa 72-1	In	9	8	9
Mexico 235	10	10	10	In
Mexico 309	11	8	8	In
Compuesto Chimaltenango 3	10	9	9	14
BAT 160 (Testigo susceptible)	7	7	7	9
ExRico 23 (Testigo susceptible)	7	7	7	9
Jamapa (Testigo susceptible)	7	7	7	9

* In : Inmune

** N : Lesión Necrótica

1. Temperatura y HR día/noche de 25/22°C y 79/92o/o, respectivamente.

2. Temperatura y HR día/noche de 28/21°C y 75/99o/o, respectivamente.

3. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 75/85o/o, respectivamente.

4. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 53/74o/o, respectivamente.

gación en el período de incubación y por ende en el período de latencia y, como es de esperarse, una reducción muy significativa en la severidad de la enfermedad debido a baja germinación de uredosporas causada por condiciones ambientales desfavorables. No hubo diferencias significativas en el tipo de pústulas entre el material inoculado en el invernadero y el material inoculado en camas de infección en el campo (Cuadro 3). Hubo diferencias significativas en la severidad de la enfermedad siendo mayor en el invernadero que en el campo (Cuadro 4). Esto es lógico, ya que el invernadero está provisto con condiciones ambientales óptimas para el proceso de germinación e infección del hongo. Aunque en condiciones de campo no es posible ejercer un control de la temperatura, si es posible proveer la humedad relativa necesaria para permitir el desarrollo normal de *U.*

Cuadro 3. Tipo de pústula de *Uromyces appendiculatus* en variedades de frijol probadas en el invernadero y en camas de infección en el campo.

Variedad	Lugar de Inoculación			
	Invernadero ¹	Camas de infección en el campo		
		Con riego diario		Sin riego
		Con cámara húmeda ²	Sin cámara húmeda ³	Sin cámara húmeda ⁴
Redlands Autumm Crop	3*	3	2,3	2
Cuva 168 N	3,4	3,4	3,4	4
Canario 101	2	2	2	1
Epicure	3	3,4	3,4	4
Golden Gate Wax	3	3,4	2,3	3
Kentucky Wonder No. 765	2	2	2	1
Kentucky Wonder No. 780	N	N	N	1
Pinto No. 650	3,4	4	3,4	4
U. S. No. 3	3,4	4	3,4	4
Veracruz 10	3	3,4	3,4	2
Ormiston	2	3,4	3,4	1
Cuilapa 72-1	1	2	2,3	3
Mexico 235	2,3	2	2	1
Mexico 309	2	2	2,3	1
Compuesto Chimaltenango 3	3,4	2	2,3	2
BAT 160 (Testigo susceptible)	4	4	4	3
ExRico 23 (Testigo susceptible)	4	4	3,4	4
Jamapa (Testigo susceptible)	4	4	4	4

* Tipo de pústula de acuerdo a una escala de 1 a 5, en donde: 1 = material que no muestra evidencia visible de la enfermedad y 5 = material con pústulas de un diámetro superior a 500 μ ; N=lesiones necróticas.

1. Temperatura y HR día/noche de 25/22°C y 79/92o/o, respectivamente.
2. Temperatura y HR día/noche de 28/21°C y 75/99o/o, respectivamente.
3. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 75/85o/o, respectivamente.
4. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 53/74o/o, respectivamente.

phaseoli. Durante la noche, debido al suministro del riego, se mantiene la superficie de las láminas foliares cubiertas por gotas diminutas de agua, lo cual, es factor determinante para permitir el proceso de germinación e infección del hongo. Estos resultados indican que en áreas con humedad relativa baja es posible obtener una severidad alta de la roya del frijol en cualquier época del año. Con la ayuda de este método de inoculación, es factible conseguir una severidad alta de roya en el campo en variedades o líneas de frijol cuando se trata de probar su resistencia al patógeno en zonas con humedad relativa baja; así los fitomejoradores pueden seleccionar germoplasma resistente al hongo con más facilidad, rapidez y confiabilidad.

Cuadro 4. Severidad (por ciento) de *Uromyces appendiculatus* en variedades de frijol probadas en el invernadero y en camas de infección en el campo.

Variedad	Lugar de Inoculación			
	Invernadero ¹	Camas de infección en el campo		
		Con riego diario		Sin riego
		Con cámara húmeda ²	Sin cámara húmeda ³	Sin cámara húmeda ⁴
Redlands Autumm Crop	50	15	25	5
Cuva 168 N	80	30	20	1
Canario 101	25	1	1	0
Epicure	60	30	30	1
Golden Gate Wax	50	30	20	1
Kentucky Wonder No. 765	25	1	10	0
Kentucky Wonder No. 780	0	0	0	0
Pinto No. 650	50	50	30	1
U. S. No. 3	50	20	15	1
Veracruz 10	60	25	30	5
Ormiston	15	20	10	0
Cuilapa 72-1	0	1	15	1
Mexico 235	20	10	5	0
Mexico 309	1	10	5	0
Compuesto Chimaltenango 3	20	10	15	1
BAT 160 (Testigo susceptible)	75	50	40	1
ExRico 23 (Testigo susceptible)	80	50	50	1
Jamapa (Testigo susceptible)	80	50	40	1

1. Temperatura y HR día/noche de 25/22°C y 79/92o/o, respectivamente.

2. Temperatura y HR día/noche de 28/21°C y 75/99o/o, respectivamente.

3. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 75/85o/o, respectivamente.

4. Temperatura y HR día/noche de 28/26°C y 53/74o/o, respectivamente.

REFERENCIAS

- ALLEN, P. J. 1955. The role of a self-inhibition in the germination of rust urediospores. *Phytopathology* 45:259-266.
- AUGUSTIN, E., D.P. Coyne, and M.L. Schuster. 1972. Inheritance of resistance in *Phaseolus vulgaris* to *Uromyces phaseoli typica* Brazilian rust race B 11 and of plant habit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 526-529.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1979. International Bean Rust Nursery. Results 1977-1978. CIAT, Cali, Colombia. 22 p.

- COHEN, Y. and J. Rotem. 1970. The relationship of sporulation to photosynthesis in some obligatory and facultative parasites. *Phytopathology* 60: 1600-1604.
- DONGO, D.S. 1971. Control químico de la roya (*Uromyces phaseoli-typica*) del frijol. *Invest. Agron.* 2: 23-27.
- HARTER, L. L., C. F. Andrus, and W. J. Zaumeyer. 1935. Studies on bean rust caused by *Uromyces phaseoli typica*. *J. Agric. Res.* 50: 737-759.
- HILTY, J. W. and C. A. Mullins. 1975. Chemical control of snap bean rust. *Tennessee Farm and Home Sci.* 94: 4-5.
- IMHOFF, M.W., C.E. Main, and K. J. Leonard. 1981. Effect of temperature, dew period, and age of leaves, spores, and some pustules on germination of bean rust urediospores. *Phytopathology* 71: 577-583.
- MAHESHWARI, R., P. J. Allen, and A.C. Hildebrandt. 1967. Physical and chemical factors controlling the development of infection structures from urediospore germ tubes of rust fungi. *Phytopathology* 57: 855-862.
- NASSER, L.C.B. 1976. Efeito da ferrugem em diferentes estádios de desenvolvimento do feijoeiro e dispersao de esporas de *Uromyces phaseoli* var. *typica*. Arth. Tesis M.S., Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil, 79 p.
- SCHEIN, R.D. 1961. Some effects of temperature during the colonization period of bean rust. *Phytopathology* 51: 674-680.
- SINGH, J. P. and A.B.K. Musyimi. 1981. Effects of rust on bean yield. *Indian Phytopath.* 34: 378-379.
- WIMALAJEEWA, D.L.S. and P. Thavam. 1973. Fungicidal control of bean rust disease. *Trop. Agric.* 129:61-66.
- YARWOOD, C.E. 1954. Acquired immunity from bean rust. *Phytopathology* 44: 511 (Abstr.).

- YARWOOD, C.E. 1961. Urediospore production by *Uromyces phaseoli*. *Phytopathology* 51:22-27.
- ZAUMEYER, W.J. and H.R. Thomas. 1957. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U.S.D.A. Agric. Tech. Bull. No. 868. pp. 34-42.
- ZUÑIGA, J.E. y J.I. Victoria. 1975. Determinación de las razas fisiológicas de la roya del frijol (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.) en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica* 25: 75-85.