

RESPUESTA DE 60 CULTIVARES DE PAPA A LA INFECCIÓN POR *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Maryluz Folgueras Montiel*¹, Osmany Molina Concepción¹ y Alfredo Morales Tejón†²

¹ Laboratorio de Fitopatología, Dirección Manejo de Plagas, Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, CP: 53 000, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

² Dirección Fitomejoramiento y Recursos Fitogenéticos, Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, CP: 53 000, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

*Autora para la correspondencia: fitopatologia@inivit.cu

Recibido: 19 de agosto de 2019; Aceptado: 17 de diciembre de 2019

RESUMEN

El tizón tardío de la papa, causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es la enfermedad fungosa más importante del cultivo; es de carácter destructivo, aún con la aplicación de fungicidas, si no se emplean cultivares tolerantes o resistentes. Durante el período comprendido entre diciembre/2017 y marzo/2018, se evaluó la respuesta a esta enfermedad de los 60 cultivares que conforman el Jardín de Variedades de papa en el INIVIT. Para ello, se realizaron evaluaciones semanales en cada parcela desde la aparición de los primeros síntomas hasta los 87 días de plantadas. Las variables de campo que se evaluaron fueron: tiempo de aparición de síntomas, porcentaje de distribución e infección, peso de tubérculos por planta, número de tubérculos por planta y rendimiento. Los primeros síntomas aparecieron a los 35 días en las variedades: Cimega, Dido, El Mundo, Farida, Red Magic, Florice y Unidea. Las de mayor infección: Sagitta (93,7%), VED 2005 076 0021 (94,1%) y Tilbury (94,4%). Los datos obtenidos permitieron conocer la respuesta de cada cultivar a la enfermedad y contar con herramientas eficientes para los trabajos de selección.

Palabras clave: respuesta de genotipos, tizón tardío, selección

RESPONSE OF 60 POTATO CULTIVARS TO INFECTION BY *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

ABSTRACT

The late blight of potato caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary is the most important fungal disease of this crop; it is destructive, even with the application of fungicides, unless tolerant or resistant cultivars are used. The response to this disease of 60 cultivars, which make up the Garden of Potato Varieties at INIVIT was evaluated, during the period between December/2017 and March/2018. For this purpose, evaluations were carried out on each plot weekly, since the appearance of the first symptoms up to 87 days of planting. The field variables evaluated were: appearance time of symptoms, distribution and infection percentage, tubers weight per plant, tubers number per plant and yield. The first symptoms appeared at 35 days in the varieties: Cimega, Dido, El Mundo, Farida, Red Magic, Florice and Unidea. The most infected varieties were: Sagitta (93,7%), VED 2005 076 0021 (94,1%) and Tilbury (94,4%). The data obtained allowed to know the response of each cultivar to the disease and have efficient tools for the selection works.

INTRODUCCIÓN

Phytophthora infestans ha sido un microorganismo patógeno nombrado durante más de 150 años y aún continúa "emergiendo", con miles de artículos publicados cada año sobre la enfermedad del tizón tardío que causa en la papa, pues la devastación causada por el patógeno continúa apareciendo en nuevos lugares o con sorprendente intensidad. Además, las poblaciones de *P. infestans* en todo el mundo están en flujo, con cambios que tienen implicaciones importantes para el manejo de la patología (Fry *et al.*, 2015).

El manejo de enfermedades en los cultivos convencionales de papa requiere el uso de grandes cantidades de productos fitosanitarios y una mayor toxicidad con respecto al cultivo orgánico, lo que puede suponer un riesgo para la salud humana y tener un impacto negativo en el medio ambiente (Busnello *et al.*, 2019). Estos autores evaluaron el rendimiento y la reacción de los genotipos de papa al tizón tardío y al tizón temprano bajo un sistema orgánico de cultivo, y observaron que los genotipos de papa mostraron variabilidad en términos de producción de tubérculos y resistencia a enfermedades.

Zúñiga *et al.* (2000) bajo condiciones de campo en el Valle de Toluca, México, estudiaron el grado de resistencia a *P. infestans*, los efectos de aptitud combinatoria general y de aptitud combinatoria específica en las 40 progenies provenientes de cruzar 10 progenitores femeninos resistentes a *P. infestans* con cuatro progenitores masculinos con resistencia desconocida a este hongo. Las variables de campo que midieron fueron: tiempo de aparición de síntomas, área bajo la curva de progreso de la enfermedad, tasa de desarrollo de la enfermedad, peso de tubérculo por planta y número de tubérculos por planta, que resultaron eficientes para medir la variabilidad genética de los materiales.

Es la enfermedad fungosa más importante del cultivo de la papa y tiene carácter destructivo aún con la aplicación de fungicidas, si no se emplean cultivares tolerantes o resistentes. Tomando en consideración tales premisas, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar la respuesta de 60 cultivares de papa a la infección por *P. infestans*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el período comprendido entre diciembre de 2017 y marzo de 2018, en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado a los 22° 35' N, 80°18' W y a 40 msnm y localizado en el municipio de Santo Domingo, provincia de Villa Clara, Cuba.

Los experimentos se desarrollaron en un suelo pardo mullido carbonatado, según la Clasificación de los suelos de Cuba 2015 (Hernández *et al.*, 2015). Las labores agrotécnicas se realizaron según el Instructivo técnico para la producción de papa en Cuba (MINAG, 2016).

Se evaluó la respuesta de los genotipos al tizón tardío, en el Jardín de Variedades compuesto por 60 cultivares de papa procedentes de nueve compañías europeas productoras y comercializadoras de semillas.

Se realizaron evaluaciones semanales en cada parcela desde la aparición de los primeros síntomas hasta los 87 días de plantadas, en las que se evaluó el porcentaje de distribución y severidad de la enfermedad.

Las variables de campo que se evaluaron fueron: tiempo de aparición de síntomas (TAS), peso de tubérculos por planta (kg) de cinco plantas, número de tubérculos por planta de cinco plantas y rendimiento, expresado en t.ha⁻¹.

Se determinó semanalmente el porcentaje de distribución de plantas afectadas, a través de la fórmula siguiente (Folgueras *et al.*, 2015):

$$P = \frac{n * 100}{N}$$

Donde: P- Porcentaje de distribución

n - Número de plantas enfermas

N - Número de plantas evaluadas

Para evaluar el porcentaje de infección se tuvo en cuenta la Escala de Severidad citada por Barquero *et al.* (2005):

Grado 0 Sin síntomas.

Grado 1 Área foliar afectada (hasta el 11%).

Grado 2 Área foliar afectada (del 12 al 22%).

Grado 3 Área foliar afectada (del 23 al 33%).

Grado 4 Área foliar afectada (del 34 al 44%).

Grado 5 Área foliar afectada (del 45 al 55%).

Grado 6 Área foliar afectada (del 56 al 66%).

Grado 7 Área foliar afectada (del 67 al 77%).

Grado 8 Área foliar afectada (del 78 al 88%).

Grado 9 Área foliar afectada (del 89 al 100%).

Los porcentajes de infección o severidad, se calcularon por la fórmula de Townsend y Heuberger en 1958, citada por Folgueras *et al.* (2015):

$$\text{Porcentaje de Infección} = \frac{\sum(ab)}{nk} 100$$

Donde:

a Valores numéricos de las categorías de daños (índice de la escala).

b Cantidad de plantas por categorías de daños.

n Cantidad total de plantas evaluadas.

K Grado máximo de la escala.

Para realizar el análisis de correlación se utilizaron las funciones *cor()* y *cor.test()* descritas en el paquete *stats* y para visualizar las correlaciones se usaron las funciones *corrplot()* implementadas en el paquete *corrplot* de R. R es un lenguaje de programación, orientado a objetos para análisis estadísticos y gráficos (R Development Core Team, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos más elevados se obtuvieron en las variedades Bic-05-9, Daifla y Zina Red con 48, 48 y 49 t.ha⁻¹, respectivamente. Estas variedades presentaron porcentajes de infección a los 87 días de 59,69%, 11,30% y 85,85%, respectivamente (Tabla 1). Las variedades con valores más bajos en el rendimiento fueron Taurus (18,4%) y Folva (17,7%), aunque ambas manifestaron niveles bajos de infección: 3,36% y 8,12%, respectivamente.

Tabla 1. Rendimiento y porcentaje de infección a los 87 días de las variedades evaluadas.

Variedades	Rendimiento t.ha ⁻¹	Porcentaje de infección	Variedades	Rendimiento t.ha ⁻¹	Porcentaje de infección
Taurus	18,4	3,36	G0 7tt 192007	0	11,54
Rosi	40,6	72,19	Tilbury	21,8	94,42
Challenger	27,7	13,80	Amany	26,2	16,25
Hzd 07 289	40,6	3,84	Te 06-02-01	26,6	86,53
Bic-05-9	48,0	59,69	Cristina	24,0	6,15
Victoria	36,9	75,03	Tornado	32,0	84,75
Heraclea	27,7	57,23	Elata kws	25,0	85,56
Asterix	33,2	37,56	Dirosso	38,3	86,72
Fortus	38,0	78,35	Zina red	49,0	85,85
Panamera	38,7	57,52	Royata kws	46,1	85,52
Sagitta	38,0	93,69	El Mundo	36,9	85,04
Farida	39,0	58,44	Essenza	38,7	5,05
Kin 04-18	24,4	78,35	Metro	31,4	85,32
Forza	22,1	9,13	Dido	29,1	86,05
Connect	38,7	10,91	Margarita	45,4	17,55
Taisiya	38,7	29,91	Cereza km 05- 81-43r	33,2	27,17
Adony	24,0	75,85	Actrice	37,2	12,74
Daifla	48,0	11,39	Gazelle	43,5	88,40
Noha	40,2	21,11	Ferrari	36,9	87,92
Yona	35,0	18,75	Passion	35,0	86,43
Loane	32,5	15,19	Touareg	33,2	85,32
Aurea	27,7	87,01	Hermes	29,5	11,49
Red Magic	33,2	32,51	Golden Queen	40,2	20,20
Florice	28,4	56,85	Unidea	53,1	73,20
Atlas	22,9	7,93	Fado	23,2	85,28
Safrane	40,6	80,37	Folva	17,7	8,12
Bartina	41,0	87,87	Cimega	43,8	12,45
Kondor	29,5	87,30	Romantica	20,2	6,01
Ved 2005 076-0021	21,0	94,13	Red Bull	34,3	9,37
Surya	31,4	8,27	Luna Rossa	22,1	4,85

Las variedades con valores extremos en el porcentaje de infección se muestran en la Tabla 2. En todas lo síntomas aparecieron a los 49 días. Se destaca con una respuesta muy favorable a la infección por *P. infestans* la variedad Luna Rossa, con 3,84 % de infección y 40,6 t.ha⁻¹ de rendimiento.

Tabla 2. Variedades con valores extremos en la severidad del Tizón Tardío.

Variedades	Tiempo de aparición de los síntomas (TAS)	Porcentaje de Infección (%)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso de tubérculos por planta (kg)	Número de tubérculos por planta
Taurus	49	3,36	18,4	2,30	27
HZD 07-289	49	3,84	40,6	5,07	36
Luna Rossa	49	4,85	22,1	2,73	23
Sagitta	49	93,7	38,0	4,75	35
VED 2005-076-0021	49	94,1	21,0	2,63	26
Tilbury	49	94,4	21,8	0,46	21

Los primeros síntomas comenzaron a los 35 días en las variedades. Farida, Red Magic, Florice, El Mundo, Dido, Unidea y Cimega, con valores inferiores al 1 % de infección. A los 42 días 35 variedades (58,33%) presentaban afectaciones por el tizón con valores entre 0,05 % y 1,5 % de infección. A los 49 días aún no presentaban síntomas las variedades: Essenza, Romántica y Red Bull. Ya a los 56 días todas las variedades evaluadas presentaban síntomas de tizón tardío, los que se fueron incrementando hasta los 87 días en que el porcentaje de infección alcanzó sus valores máximos en la variedad Tilbury con 94,4% (Figura 1).

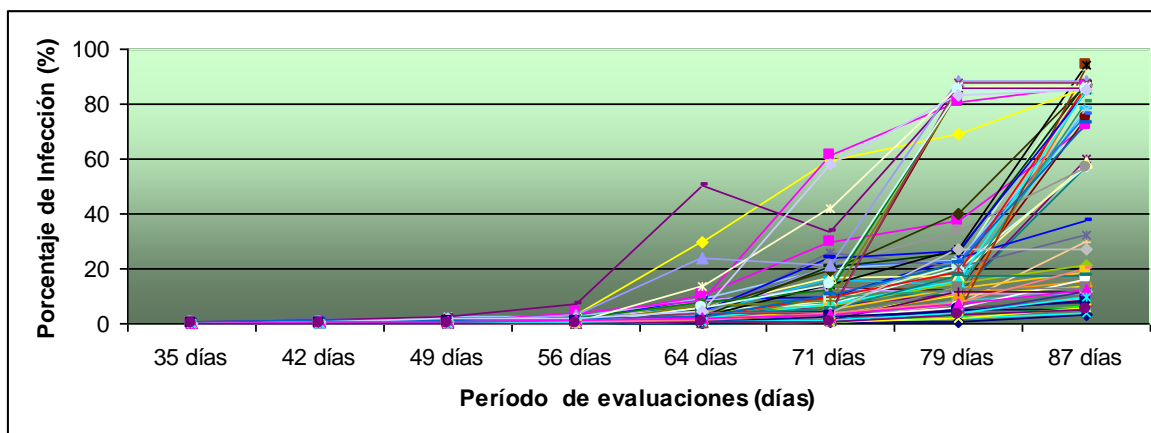


Figura 1. Evolución del Tizón Tardío en las variedades evaluadas.

En la Tabla 3 se muestran los valores de correlación y entre paréntesis los valores del p-value, se puede observar una alta correlación entre el porcentaje de distribución y el porcentaje de infección por *P. infestans*, y entre el peso de los tubérculos por planta y el rendimiento. También se muestran correlaciones significativas entre el número de tubérculos por planta y el rendimiento, y entre el número de tubérculos por planta y el peso de tubérculos por planta. Lógicamente al alcanzar valores de infección por *P. infestans* superiores al 90 % se produce la pérdida de área foliar, y con ello la disminución del área fotosintética de la planta, aspecto que se traduce en la disminución del rendimiento.

Tabla 3. Correlaciones entre la expresión de la enfermedad y variables agronómicas.

	Porcentaje de Infección	Porcentaje de Distribución	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso de tubérculos por planta (kg)	Número de tubérculos por planta
Porcentaje de Infección	1,000 (0,00)*				
Porcentaje de Distribución	0,942 (0,00)*	1,000 (0,00)*			
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	0,174 (0,18)	0,232 (0,07)	1,000 (0,00)*		
Peso de tubérculos por planta (kg)	0,076 (0,56)	0,142 (0,28)	0,915 (0,00)*	1,000 (0,00)*	
Número de tubérculos por planta	-0,040 (0,76)	0,070 (0,60)	0,647 (0,00)*	0,630 (0,00)*	1,000 (0,00)*

*Correlación significativa para $p < 0,05$

Adicionalmente la matriz de correlación se puede graficar con el comando *corrplot* (Figura 2).

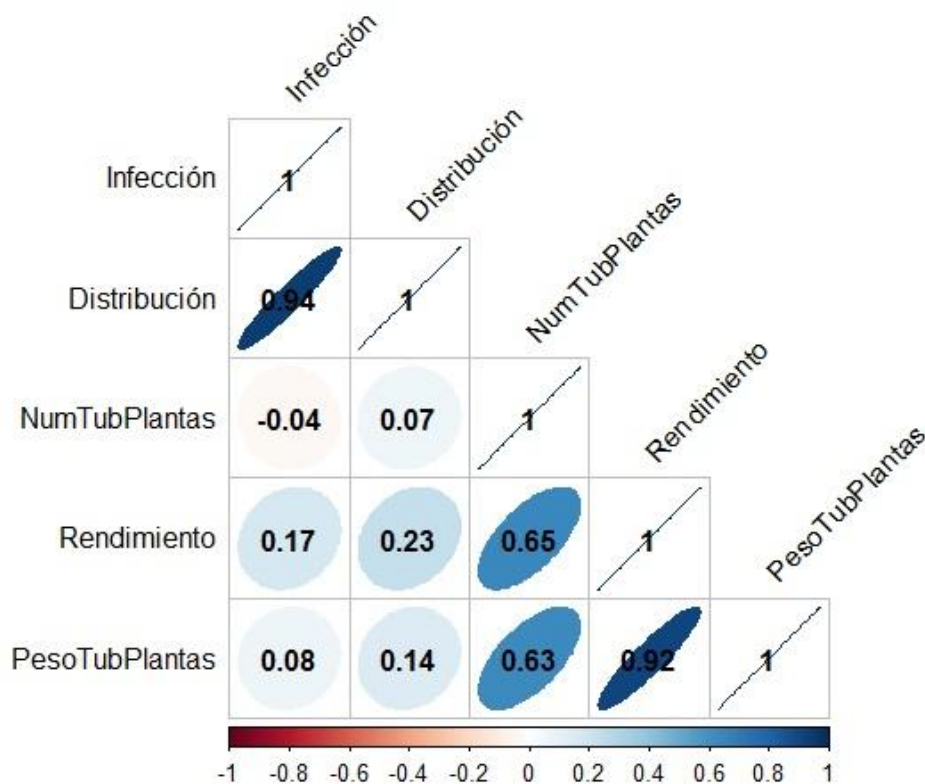


Figura 2. Expresión gráfica de las correlaciones.

Se demostró que existió variabilidad entre los diferentes genotipos de papa evaluados en términos de potencial de productividad y resistencia a *P. infestans*, hallazgo que evidenció una probable fuente de resistencia para los programas de mejora genética del cultivo.

Estos resultados corroboran los obtenidos por Duarte *et al.* (2014) quienes afirman la importancia de obtener y emplear cultivares de papa resistentes a esta destructiva enfermedad, pues esto ayudará a reducir los costos de producción y la necesidad de utilizar fungicidas costosos en los programas de defensa.

El uso de variedades resistentes es una medida de control eficiente, al mismo tiempo que es inofensivo para el medio ambiente y los humanos y proporciona una reducción expresiva de los costos. La resistencia genética también tiene la ventaja de que puede usarse en asociación con otros métodos de control en el manejo integrado de enfermedades (Passos *et al.*, 2017).

Passos *et al.* (2017) al evaluar el rendimiento del tubérculo y sus componentes y hacer sugerencias para el sistema de producción orgánica en la región sur de Brasil, informan que los genotipos de papa tienen su carga genética seleccionada para adaptabilidad edafoclimática local y cuando se cultivan en sistemas de producción, sus mecanismos de resistencia se activan rápidamente por una infección patógena inicial. Por lo tanto, el cultivo de papa con clones adaptados puede ser muy prometedor ya que favorece la expresión de resistencia o tolerancia de las plantas a las enfermedades y plagas.

CONCLUSIONES

1. Los primeros síntomas aparecieron a los 35 días en las variedades: Cimega, Dido, El Mundo, Farida, Red Magic, Florice y Unidea. A los 56 días se detectó la presencia de *P. infestans* en todos los genotipos evaluados.
2. Las variedades con menos porcentaje de severidad fueron: Taurus (3,36%), HZD 07 289 (3,84%) y Luna Rossa (4,85%). Las de mayor infección: Sagitta (93,7%), VED 2005 076 0021 (94,1%) y Tilbury (94,4%).
3. Existió correlación significativa ($p < 0,05$) entre el porcentaje de distribución e infección, y entre ambos y el rendimiento.

NOTA

Los autores rendimos un póstumo homenaje al Dr.C. Alfredo Morales Tejón, por sus enseñanzas y compromisos para concluir este artículo, que no pudo ver terminado.

BIBLIOGRAFÍA

- BARQUERO, M., L. GÓMEZ, A. BRENE. 2005. Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones promisorios de papa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29 (3): 31-45.
- BUSNELLO, F.B.; M.I. CARISSIMI; L. AGOSTINETTO; Z. DA SILVA y P. BOFF. 2019. Potato genotypes reaction to early blight and late blight in organic cultivation. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.49:03, e20180469. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180469>
- DUARTE, H.S.S.; L. ZAMBOLIM; F.A. RODRIGUES; P. A. PAUL; J. G. PÁDUA; J.I. RIBEIRO JÚNIOR; A.F.N. JÚNIOR and A.W.C. Rosado. 2014. Field resistance of potato cultivars to foliar early blight and its relationship with foliage maturity and tuber skin types. *Tropical Plant Pathology* 39 (4):294-306.

- FOLGUERAS, M.; S. RODRIGUEZ y LIDCAY HERRERA. 2015. Respuesta de clones de la colección cubana de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a la incidencia de las pudriciones radicales. Memorias del II Taller Nacional "La formación inicial y permanente del profesional de las ciencias agropecuarias. Retos y perspectivas". ISBN: 978-959-312-136-1 CD Editorial Feijoo. F:\Agronomía\Publicación\AGRO-A.04.
- FRY, W.E.; P.R.J. BIRCH; H.S. JUDELSON; N.J. GRÜNWARD; G. DANIES; K.L. EVERTS; A.J. GEVENS; B.G. GUGINO; D.A. JOHNSON; S.B. JOHNSON; M.T. MCGRATH; K.L. MYERS; J.B. RISTAINO; D.D. ROBERTS; G. SECOR; D.D. SMART. 2015. Five Reasons to Consider *Phytophthora infestans* a Reemerging Pathogen. *Phytopathology*, 105(7): 966-981.
- HERNÁNDEZ, A.; J.M. PÉREZ; D. BOSCH y N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Cuba, 93 p. ISBN 978-959-7023-77-7
- MINAG. Ministerio de la Agricultura. 2016. Instructivo técnico para la producción de papa en Cuba. 62 p.
- PASSOS, S; J. KAWAKAMI; N.R.X. NAZARENO; K.C. SANTOS and J. C TAMANINI. 2017. Produtividade de cultivares de batata orgânica em região subtropical do Brasil. *Horticultura Brasileira*, 35:628-633. DOI-<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170424>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing (version 3.4.0). R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Consultado: 7 abril de 2019, Disponible en: <http://www.r-project.org/>.
- ZÚÑIGA L. N.; M, GALÁN, J. DOMINGO; C. HINOJOSA, M. ARMANDO Y A. RIVERA. 2000. Resistencia al Tizón Tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en cruzamientos de cultivares y clones de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(1):1-9, enero-junio.