

Estrategias de control químico de manchas foliares fungosas de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Oscar Navia M.; Joanne Parker*

RESUMEN

Las manchas foliares fungosas ocasionan reducciones significativas en los rendimientos de papa en Bolivia, especialmente en zonas húmedas. Para determinar la eficacia de seis estrategias de control químico de estas enfermedades se llevó a cabo un ensayo de campo. Se instaló un experimento en la localidad de Lope Mendoza, provincia Carrasco (Cochabamba). Se utilizaron dos cultivares de papa: Waych'a (moderadamente resistente) y Puka Toralapa (susceptible); y se ensayaron los siguientes seis tratamientos de control: T1= mancozeb (Manzate 200), aplicado cada 15 días; T2= mancozeb, aplicado de acuerdo al avance de la enfermedad; T3= clorotalonil (Bravo 500), cada 15 días; T4= clorotalonil, de acuerdo al avance; T5= oxiclورو de cobre (Cobox), cada 15 días; T6= oxiclورو de cobre, de acuerdo al avance. Los hongos que se encontraron con mayor frecuencia fueron *Septoria lycopersici*, *Cercospora* spp. y *Alternaria solani*. Los tratamientos más eficaces en control (valores más bajos de AUDPC, Área Debajo de la Curva de Progreso de la Enfermedad) para ambos cultivares, fueron clorotalonil (T3) y mancozeb (T1) aplicados cada 15 días. Además, aplicaciones preventivas con cualquiera de los fungicidas fueron más eficaces que la aplicación de acuerdo al avance de la enfermedad. Asimismo, con los tratamientos clorotalonil (T3) y mancozeb (T1) aplicados cada 15 días se obtuvieron los mayores rendimientos. El análisis económico de presupuesto parcial realizado para cada cultivar, estableció que se obtuvo el mayor beneficio neto con la aplicación cada 15 días de clorotalonil y mancozeb. Sin embargo, se obtuvo la mayor tasa de retorno marginal con la aplicación de mancozeb seguido por clorotalonil, por ser mancozeb un producto de menor costo.

Palabras claves adicionales: *Septoria lycopersici*, *Cercospora* spp., *Alternaria solani*, AUDPC, tasa de retorno marginal.

Aceptado para publicación: octubre 4, 1992

*Ing. Agr. y Ph.D., Investigador y Jefe, respectivamente Dpto. Fitopatología PROINPA (IBTA-CIP-COTESU). Casilla 4285. Cochabamba, Bolivia.

SUMMARY

Chemical Control Strategies for Fungal Leaf Spots in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Fungal leaf spots cause significant reductions in potato yields in Bolivia, especially in humid areas. A field experiment was carried out to determine the effectiveness of six chemical control treatments for these diseases. The experiment was located in Lope Mendoza, Province of Carrasco (Cochabamba). The cultivars Waych'a (moderately resistant) and Puka Toralapa (susceptible) were used, and the six chemical treatments were the following: T1= mancozeb (Manzate 200), applied every 15 days; T2= mancozeb, applied as the disease (complex) advanced; T3= chlorothalonil (Bravo 500), applied every 15 days; T4= chlorothalonil, as the disease advanced; T5= copper oxychloride (Cobox), every 15 days; and T6= copper oxychloride as the disease advanced. The fungal species most commonly associated with these diseases were *Septoria lycopersici*, *Cercospora* spp. and *Alternaria solani*. The most effective control treatment (lowest values of AUDPC, area under the disease progress curve), were chlorothalonil (T3) and mancozeb (T1) applied every 15 days. Regardless of the fungicide, regular applications were more effective than applications as the disease advanced. With regard to yield, the best results were also obtained using chlorothalonil (T3) and mancozeb (T1) applied every 15 days. The partial budget economic analysis for both cultivars, showed a greater net benefit for chlorothalonil and mancozeb applied regularly; however, the highest rate of marginal return was obtained with the application of mancozeb, followed by chlorothalonil, given the lower market price of mancozeb.

Additional index words: *Septoria lycopersici*, *Cercospora* spp.,
Alternaria solani, AUDPC, marginal return.

Las manchas foliares causadas por hongos se caracterizan por la formación de áreas necróticas limitadas, siendo el síntoma principal una mancha que varía en tamaño, color y forma (12). Varios patógenos causan las manchas foliares, entre ellos especies de los géneros: *Phytophthora*, *Alternaria*, *Phoma*, *Septoria*, *Cercospora*, *Pleospora*, *Stemphyllium*, *Ulocladium*, etc.

En Bolivia, el complejo de manchas foliares ha recibido poca atención y los trabajos se han restringido al reporte de la presencia de los patógenos causantes de manchas foliares en

papa y su incidencia en el rendimiento. Otazú, Brown y Quitón (13) citan *Alternaria solani* en lugares bajos, mientras que *Phoma andina* y *Septoria lycopersici* se citan en lugares altos. *Cercospora solanicola* fue reportado en zonas altas por Gandarillas, Alandía y Aviles (7), quienes señalan, que el tizón temprano (causado por *Alternaria solani*) y el manchón foliar (causado por *Cercospora* spp.), deberían considerarse como potencialmente peligrosos en el país, ya que en pruebas preliminares se ha determinado que las manchas foliares causadas por estas especies simultáneamente, ocasionan reducciones en el rendimiento de hasta 27 %.

En otro estudio se observó que los hongos causantes de las manchas foliares se presentaron en las diferentes altitudes incluidas en la muestra (2500-4000 msnm), y se observaron pérdidas en el rendimiento de 28% en la variedad Alpha y 24% en la variedad Waych'a (14).

Por el daño que estas enfermedades ocasionan al área foliar del cultivo, especialmente en zonas húmedas del país, es necesario realizar su control. Sin embargo, en Bolivia aún no existen estrategias para un adecuado control químico al nivel del pequeño agricultor, que permitan modificaciones por variedad.

En base a estos antecedentes, se realizó el presente trabajo de investigación con la finalidad de identificar los patógenos causantes de las manchas foliares, de determinar la eficiencia de los diferentes fungicidas en el control de éstas, determinar la estrategia de control más eficaz y económica, y por último determinar la estrategia adecuada por cultivar, bajo las condiciones ambientales de Lope Mendoza.

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Procedimiento experimental

El presente trabajo se realizó durante el periodo agrícola 1990-1991 en la localidad de Lope Mendoza, provincia Carrasco del departamento de Cochabamba (Bolivia), zona ubicada a 2950 m de altitud caracterizada por presentar condiciones favorables para el ataque de las manchas foliares fungosas.

Se utilizó el diseño experimental parcelas divididas con dos cultivares (parcelas), seis tratamientos (subparcelas) y cuatro repeticiones. Los cultivares utilizados fueron Puka Toralapa (susceptible) y Waych'a (moderadamente resistente).

Los tratamientos ensayados fueron los siguientes:

- TI = mancozeb (Manzate 200). Aplicado cada 15 días.
- T2 = mancozeb (Manzate 200). De acuerdo al avance de la enfermedad.
- T3 = clorotalonil (Bravo 500). Aplicado cada 15 días.
- T4 = clorotalonil (Bravo 500). De acuerdo al avance.
- T5 = oxiclورو de cobre (Cobox). Aplicado cada 15 días.
- T6 = oxiclورو de cobre (Cobox). De acuerdo al avance.

Las aplicaciones de los tratamientos realizados cada 15 días, se iniciaron 15 días después de que las plantas emergieron en un 80%; y las aplicaciones de los tratamientos realizados de acuerdo al avance de la enfermedad se iniciaron cuando se observaron las primeras manchas (con una frecuencia de aplicación variable de 11 a 15 días). Por los tratamientos TI, T3, T5 se hicieron seis aplicaciones y cinco aplicaciones por T2, T4, T6; y se realizaron con las dosis medias recomendadas.

La unidad experimental tuvo las siguientes características:

Distancia entre surcos	=	0.70 m
Largo del surco	=	3.9 m
Nº Surcos/unidad exp.	=	4
Nº Plantas/surco	=	13
Área total ensayo	=	924 m ²

b) Metodología de campo y laboratorio

El grado de daño o porcentaje de follaje afectado se determinó utilizando una escala modificada de la Sociedad Británica de Micología, elaborada en base a porcentajes directos (0 a 100%) (2). Este trabajo se inició cuando se observaron las primeras manchas y se realizó cada 15 días durante el desarrollo del cultivo.

De cada una de las parcelas se tomaron muestras de tejidos infectados que fueron llevadas al laboratorio para ser procesadas en la identificación de patógenos. Se hicieron cortes finos de tejidos enfermos para la identificación de especies de *Alternaria* y *Cercospora* y se extrajo y se provocó la ruptura de picnidias para identificar especies de *Septoria*. En el caso de *Alternaria*, las especies fueron identificadas con ayuda de la clave del Commonwealth Mycological Institute (6); en el caso de *Cercospora* con ayuda de la clave de G. Chupp (4); y en el caso de *Septoria* con las características descritas por Jiménez y French (9) y Turkensteen (17).

La cosecha se realizó en los dos surcos centrales de cada unidad experimental, eliminando los surcos laterales para evitar efectos de bordura y arrastre de fungicida.

c) Análisis Estadístico

Con los datos de la evaluación de grado de daño, se realizó el cálculo de AUDPC (Área Under Disease Progress Curve o área debajo de la curva de progreso de la enfermedad), mediante la fórmula descrita por Shaner y Finney (15), para obtener un solo dato para comparaciones estadísticas:

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^n ((X_{i+1} + X_i)/2)(t_{i+1} - t_i)$$

Donde:

- X_i = la proporción del tejido afectado en la observación i
 $(t_{i+1} - t_i)$ = tiempo (días) entre dos lecturas
 n = número total de observaciones.

Con estos datos de AUDPC y rendimiento se realizaron análisis de varianza y pruebas múltiples de Duncan (10), y un análisis económico de presupuesto parcial siguiendo los lineamientos del CIMMYT (5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Laboratorio

Los hongos que se encontraron con mayor frecuencia causando las manchas foliares fungosas fueron *Cercospora solanicola* y *Cercospora solani* causando el manchón foliar, *Alternaria solani* causando el tizón temprano y *Septoria lycopersici* causando la mancha anular de la hoja.

b) Grado de daño

De una manera general, bajo las condiciones ambientales presentes, el grado de infección por manchas foliares fungosas fue moderada.

Como resultado del análisis de varianza (Tabla 1), el efecto simple cultivares y la interacción de cultivares por tratamientos no muestra significancia estadística. Las diferencias entre tratamientos fueron significativas, por lo cual se realizó la prueba de Duncan (Tabla 2). Los tratamientos clorotalonil (T3) y mancozeb (TI) aplicados cada 15 días tuvieron los valores más bajos de AUDPC con 5.31 y 6.42, respectivamente, con diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto a los demás tratamientos; por lo tanto, estos tratamientos controlaron más eficientemente las manchas foliares, en ambos cultivares.

Tabla 1. Análisis de varianza para Grado de Daño (AUDPC).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.
Bloques	3	8.862	2.954	0.295
Factor A (Cultivar)	1	64.905	64.905	6.474.NS
Error	3	30.077	10.026	
Factor B (Estrat.)	5	612.459	122.492	33.178**
AB	5	31.023	6.205	1.681.NA
Error	30	110.758	3.692	
Total	47	858.084		

C.V. = 19.23%

* *Significativo al 0.05*

** *Significativo al 0.01*

NS *No significativo*

Al respecto, Hernández (8) indica que los fungicidas preventivos han sido utilizados en el mundo casi exclusivamente en la lucha contra las manchas foliares (especialmente *Alternaria solani*). Thompson (16) señala que el mancozeb y el clorotalonil son fungicidas preventivos de amplio espectro que se utilizan para controlar muchas de las manchas foliares.

Se observa, además, en la Tabla 2, que los fungicidas clorotalonil, mancozeb y oxiclورو de cobre controlaron más eficientemente las manchas foliares fungosas cuando fueron aplicados cada 15 días en forma preventiva, que cuando se aplicaron de acuerdo al avance de la enfermedad. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Turkensteen (17) y Agrios (1), que indican que la aplicación de fungicidas es efectiva si se comienza al inicio del período vegetativo, antes de que las lesiones se multipliquen.

Asimismo, Mayea y Seidel (11) encontraron en un estudio sobre el control de tizón temprano causado por *Alternaria solani* que los fungicidas zineb, maneb, propineb y oxiclورو de cobre controlaron la enfermedad cuando fueron aplicados antes de la aparición de los primeros síntomas.

Tabla 2. Áreas debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) de manchas foliares en papa bajo seis estrategias de control químico.

Tratam.	CULTIVARES			
	P. Toralapa	Waych'a	Media	
TI	6.67	6.16	6.42	D
T2	9.73	8.59	9.16	C
T3	5.96	4.66	5.31	D
T4	11.84	8.99	10.42	C
T5	14.43	11.64	13.03	B
T6	18.31	12.93	15.62	A
Media	11.16	8.83		

Los valores con la misma letra por fila no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05.

Análisis de Varianza para Rendimiento.

c) Rendimiento

Según el análisis de varianza (Tabla 3), hubo diferencias significativas entre cultivares y entre tratamientos. Las diferencias entre cultivares se atribuyen más a características de cultivar que efectos de los tratamientos sobre estos. Respecto a las diferencias entre tratamientos, la prueba de Duncan establece que los rendimientos más altos, en ambos cultivares, se obtuvieron con la aplicación cada 15 días de clorotalonil (T3) y mancozeb (TI). Los promedios fueron 21.38 y 20.08 Kg./5.6 m² respectivamente, con diferencia significativa ($P < 0.05$), respecto a los demás tratamientos (Tabla 4).

Se observaron los mayores rendimientos cuando los fungicidas clorotalonil, mancozeb y oxiclóruo de cobre fueron aplicados cada 15 días en forma preventiva, que cuando se aplicaron de acuerdo al avance. Estos resultados corroboran lo encontrado en cuanto a grado de daño y lo señalado por otros autores (3, 16).

Tabla 3. Análisis de varianza para Rendimiento.

F.V.	GL.	S.C.	C.M.	F.
Bloques	3	23.292	7.764	3.809
Factor A (Cultivar)	1	899.601	889.601	441.376**
Error	3	6.115	2.038	
Factor B (Estrat.)	5	237.304	47.461	8.864 **
AB	5	25.925	5.185	0.968 NS
Error	30	160.639	5.355	
Total	47	1352.85		

C.V. =12.83

*** Significativo al 0.05**

**** Significativo al 0.01**

NS No significativo

Tabla 4. Rendimientos (Kg./5.6 m²) bajo seis estrategias de control químico de manchas foliares fungosas.

Tratam.	Cultivares			
	P. Toralapa	Waych'a	Media	
TI	23.65	16.46	20.08	A
T2	21.28	13.38	17.33	B
T3	25.35	17.40	21.38	A
T4	21.63	13.57	17.60	B
T5	23.34	11.64	17.49	C
T6	18.94	9.38	14.38	C
Media	22.37	13.71		

Los valores con la misma letra por fila no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05.

d) Análisis Económico

El mayor beneficio para Puka Toralapa se obtuvo con la aplicación de clorotalonil cada 15 días con un valor de 43394.4 Bs/ha, seguido por la aplicación de mancozeb aplicado cada 15 días con 41585.3 Bs/ha. Sin embargo, la mayor tasa de retorno marginal se obtuvo con la aplicación de mancozeb cada 15 días con 6034.4 %, por tener un costo más bajo, seguido por clorotalonil aplicado cada 15 días con 2512.6 % (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis económico de retorno marginal.¹

Trat.	Rend. kg/ha	Benef. Neto Bs/ha	Costo Variable Bs/ha	Incremento Beneficio Neto Bs/ha	Marg. Costo Var. Bs/ha	Tasa Retorno Marginal %
cv. Puka Toralapa						
T3	40741.1	43394.4	588	1809.1	72	2512.6
T5	37510.65	39297.9	526		DOMINADO	
TI	38069.2	41585.3	516	5189.6	86	6034.4
T4	34754.5	36310.5	490		DOMINADO	
T6	30525.2	31819.4	440		DOMINADO	
T2	34191.9	36395.6	430	-	-	-
cv. Waych'a						
T3	27964.3	26588.7	588	2515.5	72	3493.7
T5	18703.1	17056.1	526		DOMINADO	
TI	26457.6	24073.3	516	3726.1	86	4332.7
T4	21800.9	20301.2	490		DOMINADO	
T6	15790.1	14293.5	440		DOMINADO	
T2	21495.5	20347.1	430	-	-	-

Se asume una pérdida del 10 % de la cosecha.

Cambio dólar: 1 \$US = 3.61 Bs.

(Fuente: Banco del Estado, Bolivia, agosto 1991)

1 El análisis se realizó en base a un presupuesto parcial. Según el CIMMYT (5), debido a que lo importante son las diferencias entre los dos tratamientos, más que sus valores absolutos, los costos que no varían entre tratamientos no afectarán el cálculo de la tasa de retorno marginal.

En Waych'a, se obtuvieron los mayores beneficios netos con las aplicaciones cada 15 días de clorotalonil y mancozeb con valores de 26588.77 y 24073.26 Bs/ha, respectivamente. La mayor tasa de retorno marginal también se obtuvo con la aplicación de mancozeb cada 15 días con 4332.70%, seguido por clorotalonil aplicado cada 15 días con 3493.76%. El método del CIMMYT utilizado aquí, normalmente da retornos marginales de alto porcentaje, por lo tanto, es más apropiado comparar los retornos de los tratamientos en forma relativa.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones establecidas son:

- Los hongos que se encontraron con mayor frecuencia causando las manchas foliares fueron *Cercospora solanicola* y *Cercospora solani*, *Alternaria solani* y *Septana lycopersici*.
- La aplicación de fungicidas realizadas cada 15 días controlaron con mayor eficiencia las manchas foliares fungosas que las aplicaciones realizadas de acuerdo al avance de la enfermedad, en ambos cultivares.
- Los fungicidas clorotalonil y mancozeb aplicados cada 15 días dieron los mayores rendimientos, en ambos cultivares.
- El análisis económico realizado estableció que los mayores beneficios netos se obtuvieron con la aplicación de clorotalonil y mancozeb aplicados cada 15 días. La mayor tasa de retorno marginal se obtuvo con la aplicación de mancozeb seguido por clorotalonil, tanto en el cultivar Puka Toralapa como en el cultivar Waych'a.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Proyecto PROINPA (IBTA-CIP-COTESU) por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación y al Dr. Nelson Estrada por la revisión y sugerencias realizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, G.N. 1988. Fitopatología; enfermedades de las plantas. Trad. por Manuel Guzmán Ortíz. 2a. reimp. México D.F., LIMUSA. p. 20, 200-355.
2. Anonymous. 1947. The measurement of potato blight. Trans. Br. Mycol. Soc. 31: 140-141.
3. Christ, B.J. 1990. Influence of potato cultivars on the effectiveness of fungicide control of early blight. Am. Potato J. 67 : 419-425.
4. Chupp, G. 1953. A monograph of the Fungus Genus *Cercospora*. Cornell University Press, Ithaca, NY. 667 p.
5. CIMMYT. 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ed. completamente revisada. México, D.F., México: CIMMYT.
6. Commonwealth Mycological Institute. 1966. C.M.I. descriptions of pathogenic fungi and bacteria. Kew, Surrey, England.
7. Gandarillas, A.; Alandia, S.; Aviles, E. 1987. Incidencia y control de *Alternaria solani* y *Cercospora solanicola* en cuatro cultivares de papa resistentes a *Phytophthora infestans*. Fitopatología 22:39-101.
8. Hernández, C. 1988. Técnica de aplicación de plaguicidas para la lucha contra *Alternaria solani* sobre el cultivo de la papa. Cien. Tec. Agric., Protección de plantas 11:29-57.
9. Jiménez, A.T.; French, E. 1972. Mancha anular (*Septoria lycopersici* subgrupo A) de la papa. Fitopatología 5:15-20.
10. Little, T.; Hills, J. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Séptima reimpression. México, D.F., Editorial Trillas. 270 p.
11. Mayea, S.; Seidel, D. 1987. Sistema de lucha contra el tizón temprano (*Alternaria solani*) en papa. Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. La Habana (Cuba), Instituto de Investigaciones Sanidad Vegetal. (Abstr.).
12. Mont Koc, R. 1976. Control de Enfermedades de Plantas; control químico. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. p. 94-118.
13. Otazú, V.; Brown, W.; Quitan, M. 1982. Enfermedades de las plantas en Bolivia. MACA-IBTA, Cochabamba, Bolivia. p. 19-21.

14. Sainz, C.I. 1991. Importancia y efecto de las manchas foliares fungosas en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. 121 p.
15. Shaner, G.; Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
16. Thompson, W.T. 1976-77 (Revisión). *Agricultural Chemicals; Fungicides. Book IV.* p. 52-53, 75-76.
17. Turkensteen, L.J. 1980. Mancha anular de la hoja, Manchón foliar, Tizón foliar. En : Hooker E.J.(ed.), *Compendio de Enfermedades de la Papa.* Trad. por Dra. Teresa Ames de Icochea. Lima-Perú, Centro Internacional de la Papa (CIP). p. 65-67.