

INVESTIGACIONES

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE EL DESARROLLO DEL CARBÓN DE LA PAPA (*Angiosorus solani*) EN DOS VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO¹

Effect of different soil humidity on the development of potato smut (*Angiosorus solani*) in two potato varieties (*Solanum tuberosum*) under greenhouse conditions

Paulina Sepúlveda R.², Horacio López T.² y Diego Núñez L.³

ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate under greenhouse conditions, the effect of two different levels of soil humidity, 20-25% and 50-55%, on the development of *Angiosorus solani* artificially inoculated in the soil. The two potato (*Solanum tuberosum*) varieties, Mirka and Cardinal, were considered as resistant and susceptible to the disease, respectively. Water in the soil was adjusted periodically to maintain the soil humidity levels constant during the research. A completely randomized experimental design with five replications and one plant per replication was used. Emergence, days between emergence and harvest, disease symptoms, weight and number of tubers at harvest were evaluated. Results were submitted to variance analysis and Fisher's mean difference test. Results indicated that there were no significant differences ($P \leq 0.05$) between treatments for emergence; on average tubers emerged at 12 days after planting. The period from emergence to harvest showed significant differences ($P \leq 0.05$) between humidity levels with the longer period for the higher humidity level (50-55%). The disease was present only in treatments inoculated with *A. solani* and mainly in the Cardinal variety. Only one Mirka plant developed disease symptoms. It was not observed effect of soil humidity on the development of the disease.

Key words: potato, smut, *Angiosorus solani*, potato varieties, soil fungus.

INTRODUCCIÓN

El carbón de la papa, causado por el hongo *Angiosorus solani* (Thirum y O'Brien) (syn *Thecaphora solani* Barrus) (O'Brien y Thirumalachar, 1972) es una enfermedad grave para el

cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), debido a las significativas pérdidas provocadas tanto en calidad como en cantidad del producto cosechado, las que pueden alcanzar hasta un 90% de disminución de rendimientos (Barrus y Miller, 1943; Barrus, 1944; Bazan de Segura, 1960; Servicio Agrícola y Ganadero, 1994).

A fines de la década del ochenta, la enfermedad se encontraba ampliamente diseminada en Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, Venezuela, Panamá y México (Page, 1981; Mordue, 1988). En

¹Recepción de originales: 02 de junio de 1999.

Financiado por Proyecto FONDECYT 1960222.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439/3, Santiago, Chile. E-mail: psepulve@platina.inia.cl

³Portus 271, San Felipe, Chile.

Chile fue detectada por primera vez en 1975 por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en muestras provenientes de La Serena, y ese mismo año se encontró en tubérculos de la variedad Desireé en la localidad de Coelemu, provincia de Concepción (Fajardo, 1975; Fajardo y Vera, 1976). Jiménez (1985) la detectó en la localidad de Belén, comuna de Putre, provincia de Parinacota (I Región); posteriormente, en 1993, se determinó su presencia en la comuna de Las Cabras, provincia de Cachapoal (VI Región). Según información del SAG (1994), las zonas donde el carbón se encuentra más distribuido son la comuna de La Serena, provincia de Elqui (IV Región) y en las comunas de Cobquecura y Coelemu, provincia de Ñuble (VIII Región) (Acuña, 1981). En el año 1995, se encontró un foco en la Región Metropolitana, y en 1997 se determinó otro foco en la zona de Carahue, en la IX Región (Sepúlveda *et al.*, 1998).

La enfermedad se caracteriza por presentar síntomas en brotes, tallos subterráneos, estolones y tubérculos, pero no desarrolla síntomas foliares lo que hace difícil su detección temprana (Untiveros y Ames, 1980; Fernández, 1980).

El agua del suelo es uno de los aspectos más importantes y quizás el menos entendido de los factores que afectan el desarrollo de los hongos del suelo. La fuerza que ejerce el suelo sobre el agua es conocida como potencial total de agua, por lo cual todos los organismos del suelo están obligados a superar esta fuerza de retención del agua por parte de las partículas de suelo para poder ocuparla en sus procesos biológicos. Se ha establecido que distintos potenciales hídricos en el suelo pueden ser limitantes para el crecimiento de algunos patógenos (Cook y Papendick, 1968). Al respecto, varios autores citados por Cook y Papendick (1968) señalaron la importancia de los niveles de humedad presente en el suelo sobre el crecimiento y desarrollo de los hongos que habitan en él.

Varios autores han encontrado que el hongo del suelo *Pythium ultimum* no presenta crecimiento

ni desarrollo por sobre un potencial de agua de 400 cm de agua (Cook y Papendick, 1968). Schwartz y Galvez (1980), señalan que aislamientos de *Rhizoctonia solani* difieren en el grado de virulencia dependiendo de la humedad y temperatura del suelo. Observaciones de campo realizadas por los autores de este trabajo en la IV Región, han determinado que la presencia de la enfermedad es mayor en verano que en cultivos de invierno o tempranos de primavera, probablemente debido a mayor humedad en los suelos por efecto de las precipitaciones.

Debido a que no existe información sobre el contenido de agua en el suelo que es necesaria para el desarrollo de *Angiosorus solani*, el presente trabajo tuvo por objetivo determinar el efecto de dos niveles de humedad en el suelo en el desarrollo del hongo *Angiosorus solani* sobre dos variedades de papa, una considerada resistente al hongo (Mirka) y otra susceptible (Cardinal).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó bajo condiciones de invernadero en el Centro Regional de Investigación La Platina, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), entre agosto y diciembre de 1998. Se utilizaron dos variedades de papa, Cardinal y Mirka, consideradas como susceptible y resistente a la enfermedad, respectivamente; dos valores de humedad aprovechable en el suelo: 20 a 25% y 50 a 55%; y suelo inoculado artificialmente con tubérculos de papa afectados por el hongo *Angiosorus solani*. Como testigo se utilizó otra porción de suelo a la que se le adicionó papas sanas.

Previamente a la determinación de los niveles de humedad utilizados en el ensayo, se realizó un análisis de laboratorio para establecer las características y la curva de humedad del sustrato utilizado, según el método descrito por López y López (1985). Estos valores fueron: densidad aparente 1,01 g cm⁻³; densidad real 2,48 g cm⁻³;

porosidad total 0,5927; saturación 58,68%; capacidad de campo (CC) 30,01%, y punto de marchitez permanente (PMP) 18,39%.

De acuerdo a los valores antes descritos, se decidió utilizar como contenidos de humedad dos valores, uno cercano al PMP (20 a 25%) y el otro cercano al punto de saturación (50 a 55%).

El suelo utilizado en el ensayo correspondió a una mezcla de 70% de suelo de textura franco arcillosa y un 30% de tierra de hoja. La mezcla fue esterilizada con bromuro de metilo y secada al aire. El análisis de fertilidad del suelo reflejó niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, de 91, 66 y 1,562 ppm, respectivamente, con una conductividad eléctrica de 3,1 Dis/m, pH 7,5 y 8,2% de MO. Estos fueron considerados adecuados para el desarrollo del cultivo de papa.

El diseño experimental correspondió a uno completamente al azar, con cinco repeticiones y ocho tratamientos. Cada planta en un macetero correspondió a una unidad experimental, de tal suerte que el experimento completo constó de 40 maceteros. Cada maceta tuvo una capacidad aproximada de 2 kg de suelo.

La mitad de los maceteros fueron inoculados con un macerado de tubérculos afectados por la enfermedad. Este macerado se obtuvo moliendo 1.700 g de tumores de tubérculos afectados por el hongo en un sacajugo, y posteriormente se homogeneizó el material molido con 6 L de agua. La inoculación se realizó agregando este macerado en parcialidades de 150 cm³ al centro de la maceta y 100 cm³ en la superficie de la misma. Como testigo, a la otra mitad de los maceteros se les agregó un macerado obtenido de igual forma, pero con tubérculos de papas sanas.

El contenido de humedad requerido por cada maceta se estableció en base a peso. Para ello, una vez finalizado el establecimiento del ensayo se determinó el peso exacto de cada una de ellas, por lo que se determinaron rangos de peso para cada una de las 40 macetas, de acuerdo a

los porcentajes de humedad requeridos por cada tratamiento. Estos porcentajes se mantuvieron durante todo el período que duró el ensayo y la reposición de agua se realizó periódicamente en base a diferencias de peso. Las plantas crecieron bajo condiciones de invernadero, con temperaturas de 20 a 22°C y la luminosidad normal de la época.

Durante el período vegetativo se determinó emergencia, tiempo de emergencia a cosecha, número de tallos por planta y desarrollo vegetativo de las plantas. Al momento de la cosecha se determinó presencia de la enfermedad en los distintos tratamientos, observándose el número de tubérculos afectados, como también el tamaño de los tumores. Se determinó el rendimiento (número y peso de tubérculos). Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de diferencia mínima de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia y tiempo de emergencia a cosecha

Al analizar la variable emergencia no se encontraron diferencias significativas estadísticamente ($P \leq 0,05$) para los tratamientos a los 12 días de evaluación post emergencia. En relación a los días transcurridos entre emergencia y cosecha, se observó que el factor humedad incidió directamente sobre este parámetro, independientemente de los otros factores estudiados, con diferencias entre tratamientos ($P \leq 0,05$). Las plantas en suelos con alto nivel de humedad tuvieron en promedio un período vegetativo más largo que las plantas de los niveles bajos de humedad (100,75 días y 68,85 días respectivamente). Este es un resultado lógico, toda vez que diversos autores señalan que la escasez de agua acelera la madurez fisiológica del cultivo, producto de su pérdida de capacidad para realizar fotosíntesis como resultado de un pobre crecimiento vegetativo (Curwen, 1993).

El factor variedad también presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para la variable días de

emergencia a cosecha, con valores de 89,05 para la variedad Mirka y 79,55 para la variedad Cardinal. Este es un resultado esperado por cuanto Cardinal es una variedad tipificada como temprana, apta para primores, de latencia y período vegetativo cortos, en tanto que Mirka, siendo igualmente una variedad para primores es de un período vegetativo más largo (Guglielmetti, 1980).

Para el mismo parámetro estudiado se encontró interacción entre los factores variedad y presencia o ausencia de inóculo. En el Cuadro 1 se observa que el número de días de emergencia a cosecha fue afectado por la presencia o ausencia de inóculo en ambas variedades. En ausencia de inóculo ambas variedades tuvieron un comportamiento esperado, es decir Mirka tuvo un período de emergencia a cosecha significativamente ($P \leq 0,05$) más largo que Cardinal. Sin embargo, en presencia de inóculo, ambas variedades tuvieron un comportamiento similar; Cardinal aumentó su período de emergencia a cosecha respecto al tratamiento sin inóculo, en tanto que Mirka lo acortó. Claramente este factor afectó el período de esta variable, sin embargo, es difícil encontrar una explicación para dos comportamientos tan disímiles.

Cuadro 1. Días de emergencia a cosecha para dos variedades de papa en presencia o ausencia de inóculo de carbón de la papa

Table 1. Days between emergence and harvest in two potato varieties with or without potato smut

Variedad	Días de emergencia a cosecha	
	Sin inóculo	Con inóculo
Cardinal	74,1 B b	85,0 A a
Mirka	94,6 A a	83,5 B a

Valores con diferente letra son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

Letras mayúsculas: comparación entre filas; letras minúsculas: comparación entre columnas.

Desarrollo vegetativo. Número de tallos por planta

Los resultados obtenidos para la variable número de tallos por planta, no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), con un valor promedio para el ensayo de 1,8 tallos por planta. El bajo número de esta variable es normal para trabajos de invernadero en macetas, ya que por un lado los tubérculos semilla son pequeños, y en general el desarrollo de las plantas en estas condiciones se ve desfavorecido.

Número de tubérculos por planta

Con relación al número total de tubérculos, sólo se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos debido al factor humedad del suelo, con valores que fluctuaron entre 5,3 para el nivel alto de humedad y 2,9, para el nivel bajo de humedad. No hubo efecto de la enfermedad en el número de tubérculos por planta.

Peso de tubérculos

El peso de los tubérculos presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para los factores variedad y humedad.

Además, independientemente de la variedad se encontró interacción entre las variables inóculo por niveles de humedad, determinándose un mayor peso de tubérculos para el nivel de humedad más alto, tanto en los tratamientos inoculados con el hongo como sin inocular. Mientras que a un nivel bajo de humedad, no existieron diferencias significativas para peso de tubérculos (Cuadro 2), las que sí se presentaron con el nivel de humedad mayor ($P \leq 0,05$). Los resultados en este último caso pueden estar influidos porque, independientemente de la variedad, en los tratamientos con inóculo están incluidos los tumores producto del desarrollo de la enfermedad.

Cuadro 2. Peso de tubérculos de papa (g) obtenidos en suelos con y sin inóculo de carbón de la papa y dos niveles de humedad del suelo

Table 2. Weight of potatoes tubers (g) obtained in soils inoculated or not with potato smut at two soil moisture levels

Inoculación con <i>Angiosorus solani</i>	Humedad del suelo	
	20-25%	50-55%
Sin inóculo	13,2 B a	42,5 A b
Con inóculo	20,1 B a	69,9 A a

Valores con diferente letra son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$).

Letras mayúsculas: comparación entre filas; letras minúsculas: comparación entre columnas.

Desarrollo de la enfermedad

Los resultados del ensayo indicaron que sólo en los tratamientos inoculados con el hongo *Angiosorus solani* se observó desarrollo de la enfermedad con la presencia de tumores, especialmente en la variedad Cardinal, y solo en una planta de la variedad Mirka. En todos los tratamientos inoculados y en la variedad Cardinal, la enfermedad se presentó en diferentes grados, desde tumores incipientes, donde se verificó la presencia del hongo por observaciones del micelio al microscopio, hasta tumores visibles a simple vista, pero siempre en los tubérculos y nunca en los tallos.

En relación a las variables analizadas, se comportaron estadísticamente en forma similar, obteniéndose una diferencia en los factores: presencia de inóculo, variedad y la interacción inóculo por variedad.

Como era esperado, las variedades se comportaron en forma diferente frente al desarrollo de la enfermedad. Se encontró interacción entre

las variedades y la presencia de inóculo en el suelo, así Cardinal presentó un porcentaje de tubérculos con carbón significativamente ($P \leq 0,05$) diferente (37,3) a Mirka (5,0). De la misma forma el número de tumores visibles por tubérculo fue significativamente diferente ($P \leq 0,05$) entre variedades, con valores promedio de 1,2 tumores por tubérculo en Cardinal y 0,1 tumores por tubérculo en Mirka.

Los resultados del desarrollo de la enfermedad en ambas variedades, confirman lo observado en los ensayos de campo realizado por los autores principales en la localidad de La Serena, como también lo descrito por Guglielmetti (1980) y Fernández (1980), en el sentido que Mirka tiene un grado de resistencia a la enfermedad superior que Cardinal. El factor humedad influyó indirectamente en la presencia de la enfermedad en los tratamientos inoculados, ya que al existir un mayor número de tubérculos en presencia de alta humedad en el suelo, se favoreció también una mayor presencia de tumores.

La variable diámetro de tumores de carbón por tubérculo se vio afectada significativamente ($P \leq 0,05$) por el factor variedad. El diámetro de tumores de la variedad Cardinal fue de 0,6 cm contra 0,2 cm de la variedad Mirka.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permitieron concluir que bajo condiciones de invernadero, los niveles de humedad en el suelo utilizados no influyeron en el desarrollo de la enfermedad, ya que ésta se presentó en forma similar en ambos niveles.

El comportamiento de las dos variedades estudiadas frente a la enfermedad reflejó que la variedad Mirka presenta, frente a presiones altas de inóculo, un grado de resistencia muy superior a Cardinal.

RESUMEN

El experimento tuvo como objetivo estudiar bajo condiciones de invernadero, el efecto de dos niveles de humedad en el suelo, 20-25% y 50-55%, en el desarrollo del hongo *Angiosorus solani* inoculado artificialmente al suelo, donde se plantaron dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) Mirka y Cardinal, consideradas como resistente y susceptible a la enfermedad, respectivamente. Los porcentajes de humedad en el suelo se mantuvieron durante todo el período que duró el ensayo y la reposición de agua se realizó periódicamente en base a diferencias de peso. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones y una planta por repetición. Las variables medidas fueron emergencia, días de emergencia a cosecha, presencia de la enfermedad, peso y número de tubérculos a cosecha. Los resultados obteni-

dos fueron sometidos a análisis de la varianza y prueba de diferencia mínima de Fisher. Los resultados indicaron que no hubo diferencias ($P \leq 0,05$) entre tratamientos para la variable emergencia, con un promedio general para el ensayo de 12 días. El período de emergencia a cosecha presentó diferencias ($P \leq 0,05$) entre los niveles de humedad, con un mayor período para el nivel más alto (50-55%). La enfermedad se presentó sólo en los tratamientos inoculados con el hongo *A. solani*, principalmente en la variedad Cardinal; sólo en una planta de Mirka se desarrollaron tumores de carbón. No se observó efecto de los niveles de humedad en el suelo sobre el desarrollo del hongo.

Palabras claves: papas, carbón de la papa, *Angiosorus solani*, variedades, hongo del suelo.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, P.R. 1981. Antecedentes acerca de la dispersión del carbón de la papa (*Thecaphora solani* Barrus) en la provincia de Elqui. Simiente 51: 133-136.
- BARRUS, M.S. AND MILLER, S.H. 1943. An Andean disease of potato tubers. Phytopathology 33: 1086-1089.
- BARRUS, M.S. 1944. A *Thecaphora* smut on potatoes. Phytopathology 34: 712-714.
- BAZAN DE SEGURA, C. 1960. The gangrena disease of potato in Perú. Plant Disease Reporter 44: 256-257.
- COOK R.J. AND PAPENDICK, R.I. 1970. Effect of soil water on microbial growth, antagonism, and nutrient availability in relation to soil-borne fungal diseases of plants. In: Tousson, T.A.; Bega, R.V. and Nelson, P.E. (Eds.). Root diseases and soil-borne pathogens. 2nd International Symposium on Factors Determining the Behavior of Plant Pathogens in Soil. London, England. Imperial College, July 14-28, 1968. University of California. Berkeley, California, USA. p. 81-88.
- CURWEN, D. 1993. Water Management. In: Rowe Randall, C. (Ed.) Potato Health Management. St. Paul, Minnesota, USA. APS Press. The American Phytopathological Society. 178 p.
- FAJARDO, L. 1975. El carbón de la papa (*Thecaphora solani* Barrus) una nueva enfermedad fungosa para Chile. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Publicaciones Misceláneas Agrícolas Nº 10. 27 p.
- FAJARDO, L. Y VERA, M.A. 1976. Carbón de la papa (*Thecaphora solani* Bar.). Simiente 46: 12.
- FERNÁNDEZ, C. 1980. El carbón de la papa. Nueva enfermedad en Chile. Investigación y Progreso Agropecuario. La Platina Nº 2 p. 28-29.

- GUGLIEMMETTI, H. 1980. Observaciones preliminares sobre la susceptibilidad de 12 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) al carbón de la papa (*Thecaphora*= *Angiosorus solani*). Agricultura Técnica (Chile) 40: 83-84.
- JIMÉNEZ, M. 1985. Detección del carbón de la papa *Angiosorus solani* (Barrus) Thirum O'Brien (syn *Thecaphora solani* Barrus) en la provincia de Parinacota, I Región, Chile. IDESIA (Chile) 9: 55-56.
- LÓPEZ, R.J. Y LÓPEZ, M.J. 1985. El diagnóstico de suelos y plantas, métodos de campo y laboratorio. Madrid, España. Mundi Prensa. 368 p.
- MORDUE, J.E.M. 1988. *Thecaphora solani*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 966. CAB International. Wallingford, UK. 2 p.
- O'BRIEN, J.M. AND THIRUMALACHAR, M.J. 1972. The identity of potato smut. Sydowia Annales Mycologici. Serie 2. 26: 199-203.
- PAGE, O.T. 1981. Potato smut. In: Hooker, W. J. (Ed.). 1981. Compendium of Potato Diseases. St. Paul, Minnesota, USA. American Phytopathological Society. 166 p.
- SCHWARTZ, H. Y GALVEZ, G. 1980. Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT. Cali, Colombia. 422 p.
- SEPÚLVEDA, P.; LÓPEZ, H.; KALAZICH, J. Y TORRES, H. 1998. Carbón de la papa. 1. El problema y sus síntomas. 2. Estrategias de control. Tierra Adentro N° 20 p. 29-33.
- SAG. 1994. Carbón de la papa. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile. Boletín Técnico N° 1. 7 p.
- UNTIVEROS, D. Y AMES, T. 1980. Sintomatología del carbón de la papa. Fitopatología 15: 67-72.