

Carbón

Barrus y Muller (1943) observaron por primera vez el carbón en 1939 en la zona papera de Mucuchies, Venezuela y lo reportaron como Andean Disease (enfermedad andina). La enfermedad está actualmente presente en Chile, Panamá, México y en los países de la Región Andina (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela). El carbón de la papa es una enfermedad muy importante porque afecta hasta un 85% de los rendimientos (Torres *et al.*, 1998).

Síntomas

Las plantas enfermas muestran hipertrofias o tumores carbonosos que se desarrollan en tallos, estolones y tubérculos (Torres, 1979; Untiveros y Ames, 1980; Torres *et al.*, 1998; Page, 1981). (Figuras 1, 3, 5). No se observan síntomas ni en el follaje, ni en las raíces.

Los tumores tienen externamente una superficie irregular con lóbulos que sobresalen y hendiduras profundas y cuando se cortan transversalmente se observan cavidades dispuestas a manera de estrías radiales donde se encuentran las soras o bolsas que contienen esporas de color marrón claro (Figura 2).

En tallos.- Los tumores carbonosos están localizados en la parte inferior de los tallos que se encuentran en contacto con el suelo y son más grandes que aquellos que se desarrollan en estolones y tubérculos (Figura 3). Inicialmente se forman pequeñas protuberancias de aproximadamente 2 mm de diámetro sobre la superficie del tallo. Si el suelo está muy infestado y la infección se produce en el primer estado de desarrollo de una planta susceptible, los tumores carbonosos pueden alcanzar más de 10 cm de diámetro.

Cuando los puntos de infección son numerosos, los tumores carbonosos se forman en toda la extensión del tallo que se encuentra próxima a la línea del suelo y que es la parte donde se originan los estolones (Figura 4), de esta manera



Figura 1. Tumores carbonosos desarrollados en el estolón y en la parte inferior del tallo.



Figura 2. Corte transversal de un tumor carbonoso mostrando las soras dispuestas en forma de estrías.



Figura 3. Tumor carbonoso desarrollado en la base de los tallos de una planta recién emergida.



Figura 4. Tumores carbonosos desarrollados en el tallo subterráneo, producidos por diferentes puntos de infección.



Figura 5. Tumores carbonosos desarrollados en tubérculos.



Figura 6. Tubérculos afectados por carbón mostrando síntomas de tumoración.

no queda espacio para el desarrollo normal de estolones y como consecuencia los rendimientos se reducen (Torres *et al.*, 1998).

En tubérculos.- Los síntomas en tubérculos se presentan en dos formas:

1. Tumores carbonosos que cubren una buena porción de la superficie de los tubérculos o que se muestran como crecimientos secundarios unidos parcialmente a los tubérculos (Figura 5).

2. Pequeños sobrecrecimientos o tumores que se desarrollan en la superficie de los tubérculos, aparentemente se presentan en algunas variedades más que en otras. Estos tumores ocasionalmente son confundidos con los síntomas causados por el nematodo del nudo (*Meloidogyne incognita*). Sin embargo, aunque se han encontrado asociados con este nematodo en la costa del Perú y en la Serena (IV Región, Chile), también se ha encontrado a altitudes de 3500 m en el Perú, donde el nematodo mencionado no prospera (Figuras 6 y 7).



Figura 7. Tubérculo partido, mostrando la parte interna de dos tumoraciones.

Cuando se almacenan tubérculos con síntomas de carbón con la finalidad de utilizarlos posteriormente como semilla, después de tres meses de almacenamiento, los tumores se convierten en lesiones hundidas y suberizadas (Figura 8).



Figura 8. Tubérculos con lesiones hundidas y suberizadas, producidas en los mismos lugares donde inicialmente se mostraron como tumoraciones.

Este tipo de síntoma pasa inadvertido a los ojos del agricultor, pero, cuando los tubérculos rompen la dormancia, aparentemente también se inicia el desarrollo de la enfermedad, formándose tumores carbonosos ya sea en la superficie de los tubérculos semillas, en las

proximidades de los brotes o en el ápice de los brotes (Torres *et al.*, 1998.). (Figura 9).

Agente causal

El carbón es causado por el hongo inicialmente identificado por Barrus y Muller (1944) como *Thecaphora solani*; posteriormente O'Brien y Thirumalachar (1972), propusieron el nombre de



Figura 9. Tumor carbonoso desarrollado cerca del brote apical de un tubérculo con lesiones hundidas y suberizadas.

Angiosorus solani. El hongo se caracteriza porque forma una bolsa que contiene esporas multicelulares (de 2 a 8 células) de color marrón oscuro, cuya superficie externa tiene una capa delgada ligeramente verrucosa (Figura 10). La masa de esporas que se encuentra en las cavidades locales del tumor carbonoso es de color marrón oscuro y aspecto pulverulento. Esto es lo que se observa en forma de estrías cuando se cortan transversalmente los tumores carbonosos. El micelio del hongo tiene fíbulas, es grueso y toruloso.

Plantas hospedantes

La papa (*Solanum tuberosum* L.) y el chamico (*Datura stramonium*) son las plantas hospedantes más importantes de *Angiosorus solani*. (Figura 11).

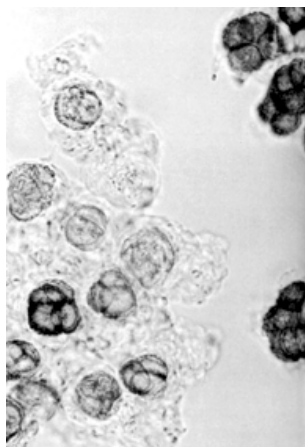


Figura 10. Esporas maduras y en proceso de maduración de *Angiosorus solani*.



Figura 11. Tumor carbonoso desarrollado en el cuello de una planta de *D. stramonium*.

Epidemiología

El hongo permanece viable en el suelo por más de 7 años. La infección se produce en los primeros estados de desarrollo de la planta. Según Torres *et al.* (1998), en trabajos realizados en Comas, Perú, se determinó 2% de plantas infectadas a los 10 días de la siembra y a los 30 días la infección alcanzó el 87 % de plantas. La enfermedad se desarrolla en el caso del Perú, desde el nivel del mar hasta 3800 m de altitud, en una diversidad de suelos y climas. No se tiene información sobre las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad relativa), para el desarrollo óptimo del hongo.

Control

La enfermedad sólo puede ser contrarrestada por control integrado y esto no es más que el uso adecuado de los diferentes métodos de control que se mencionan a continuación.

Control legal.- El carbón de la papa es una enfermedad exótica, por lo tanto, existen regulaciones fitosanitarias que han sido impuestas con el objeto de impedir su ingreso a un país donde no está presente.

Prácticas culturales.-

- Usar como semilla tubérculos sanos procedentes de campos sanos. El movimiento de tubérculos enfermos a zonas libres de la enfermedad, con o sin conocimiento de las regulaciones existentes, es el mayor daño que se puede hacer a la zona papera de un país.
- Evitar el monocultivo, porque estimula el incremento y propagación del hongo.
- Realizar rotaciones. Esta práctica reduce el inóculo presente en el suelo, sin embargo, el hongo permanece viable por más de 7 años en un campo de cultivo y por lo tanto sólo las rotaciones largas reducirán significativamente el inóculo.
- Mantener los campos libres de malezas, algunas de estas como el chamico (*D. stramonium*) son hospedantes del hongo.
- Forestar los campos que se encuentran fuertemente infestados.

Resistencia.- Torres y Martin (1986) y Zachmann y Baumann (1975) encontraron resistencia a la enfermedad en clones avanzados y en variedades de papa del germoplasma que mantiene el Centro Internacional de la Papa (CIP). En este material, entre otros, se determinó que la variedad Revolución es

resistente y por esta razón, su cultivo fue muy importante para disminuir significativamente la incidencia de la enfermedad en el Perú.

Tratamiento químico.- Los suelos infestados por el hongo pueden ser controlados mediante el uso de fumigantes. Torres y Henfling (1984) determinaron que los fumigantes bromuro de metilo y basamid (dazomet 98%) controlan la enfermedad; sin embargo, la aplicación de fumigantes al suelo es costosa y en el caso del bromuro de metilo, es un producto tóxico, razón por la cual ha sido separado del mercado.

Referencias Bibliográficas

- Barrus, M.F. and A.S. Muller. 1943. An Andean disease of potato tubers. *Phytopathology* 33: 1086-1089.
- Barrus, M.F. 1944. A *Thecaphora* Smut on Potatoes. *Phytopathology* 34: 712-714.
- O'Brien, M.J. and M.J. Thirumalachar. 1972. The identity of the Potato Smut. *Sydowia Annal. Mycol. Ser. 2, Vol. XXVI*: 199-203.
- Page, O. 1981. *Thecaphora* Smut. Pages 63-65 in: *Compendium of Potato Diseases*. W.J. Hooker ed. American Phytopathological Society. St, Paul MN. 125 p.
- Torres, H. 1979. Carbón de la papa (*Thecaphora solani* Bar.) en Banco de Germoplasma de papa. *Fitopatología* 14: 15-22.
- Torres, H. and J. Henfling. 1984. Control químico del Carbón de la Papa (*Thecaphora solani*). *Fitopatología* 19: 1-7.
- Torres, H. and C. Martin. 1986. Field Screening for resistance to Potato Smut in Peru. *Am. Potato J.* 63: 559-562.
- Torres, H., J. Kalazich, P. Sepúlveda, H. Lopez y J.S. Rojas. 1998. El Carbón de la papa. Una enfermedad cuarentenaria en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Ministerio de Agricultura. *Boletín Técnico N° 247*. 8p.
- Untiveros, D. y T. Ames de I. 1980. Sintomatología del Carbón de la Papa. *Fitopatología* 15: 67-72.
- Zachmann, R. and D. Baumann. 1975. *Thecaphora solani* on potatoes in Peru: Present distribution and varietal resistance. *Plant. Dis. Rep.* 59: 928-931.