



BIODIVERSIDAD DEL SUELO: CONTROL BIOLÓGICO DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS POR HONGOS NEMATÓFAGOS

Luis V. López-Llorca

UNIDAD DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL BIOLÓGICO DE ENFERMEDADES VEGETALES. CIBIO

Hans-Börje Jansson

UNIVERSIDAD DE LUND (SUECIA)

INTRODUCCIÓN

En 1888 se descubrió por primera vez que un hongo (*Arthrobotrys oligospora*) era capaz de infectar nematodos. Los hongos nematófagos son, sin duda, fascinantes de observar al microscopio capturando nematodos, pero ... ¿por qué estudiarlos? Muchos de sus huéspedes, los nematodos, son parásitos de plantas o de animales que afectan a nuestros cultivos o ganado. Los nematicidas químicos que se usan para su control son compuestos tóxicos para la salud humana y el medio. Muchos de ellos, se han prohibido o se ha limitado su uso en muchos países. La prohibición del uso de bromuro de metilo, que además de tóxico degrada el ozono, incrementará los problemas agrícolas de los nematodos. Por ello, parece adecuado estudiar las posibilidades de los hongos nematófagos como agentes de control biológico de nematodos fitopatógenos. En este artículo repasaremos los aspectos más relevantes de la investigación sobre hongos nematófagos.

HONGOS NEMATÓFAGOS

Los hongos nematófagos se pueden agrupar, según su modo de infectar nematodos, en: atrapadores de nematodos, endoparásitos, parásitos de huevos y hembras o productores de toxinas.

Hongos atrapadores de nematodos

Estos hongos capturan nematodos vermiformes en órganos especiales de captura que se forman en las hifas. Los Deuteromycetes forman trampas adhesivas como las redes de *Arthrobotrys oligospora*, los pedúnculos de *Monacrosporium haptotylum* o las ramas de *Monacrosporium gephyropagum*. Los Zygomycetes nematófagos capturan nematodos directamente sobre sus hifas (*Stylopage hadra*). Las trampas mecánicas son anillos constreñibles como los de *Arthrobotrys dactyloides* (Fig. 1), o no constreñibles (*M. haptotylum*). Los Hongos atrapadores de nematodos (excepto los Zygomycetes) son parásitos facultativos. *A. oligospora*, es además capaz de atacar las hifas de otros hongos para obtener nutrientes (micoparasitismo). Las fases sexuales (teleomorfos) de *Arthrobotrys* spp. y el hongo productor de toxinas *Pleurotus ostreatus*, son descomponedores de madera. Por ello se piensa que algunos hongos nematófagos obtienen carbono y energía de la decomposición de madera y nitrógeno de los nematodos que parasitan.

Hongos Endoparásitos

Los hongos endoparásitos utilizan sus esporas para infectar nematodos. Dichas esporas pueden ser

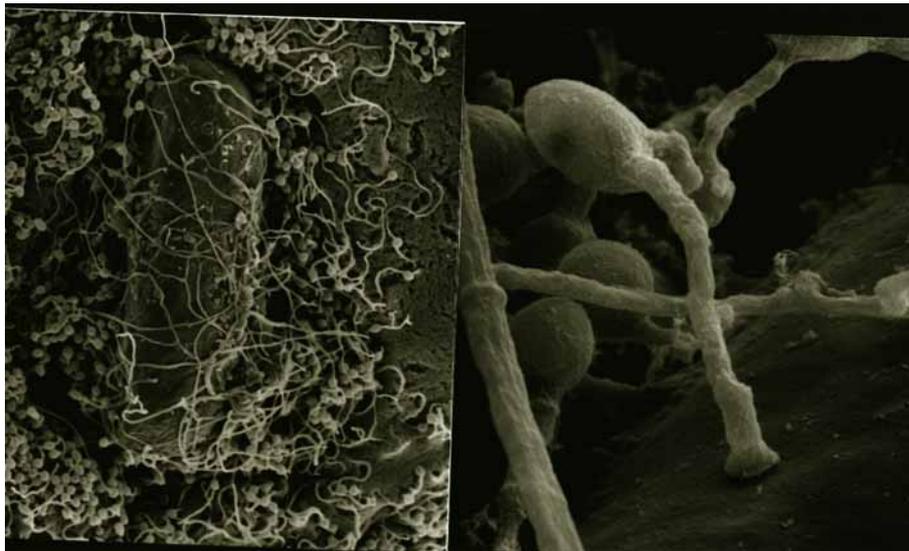


Foto: Luis V. López-Llorca

Fig. 1. Nematodos capturados por anillos constreñibles de *Arthrobotrys dacyloides* *in situ* en el suelo. Barra=100 μ m. (De Jansson et al., 2000, *Mycologia* 92:10-15.).

móviles, como las zoosporas de *Catenaria anguillulae*, o inmóviles y adhesivas como los conidios de *Drechmeria coniospora* o de *Hirsutella rhossiliensis*. Muchos de los hongos endoparásitos son parásitos obligados de nematodos, que sólo forman esporóforos y esporas fuera del huésped infectado. Además de ello, los hongos endoparásitos poseen un rango de huéspedes más restringido que los atrapadores de nematodos.

Hongos parásitos de huevos y hembras

Los nematodos sedentarios endoparásitos son infectados por multitud de patógenos fúngicos. Sus estadios móviles (fundamentalmente juveniles de 2º estadio) son parasitados, como los nematodos vermiformes, tanto por hongos atrapadores de nematodos como endoparásitos. Las hembras de nematodos sedentarios (fundamentalmente nematodos de quistes) son infectadas, incluso cuando son inmaduras y no poseen huevos, por hongos zoospóricos como *Catenaria auxiliaris* y *Lagenidium* spp. Muchos son parásitos obligados como *Nematophthora gynophila*, y son responsables (junto con parásitos facultativos de huevos como *Verticillium chlamydosporium*) de la supresividad de suelos a nematodos fitopatógenos como *Heterodera avenae*.

Hongos productores de toxinas

Algunos basidiomicetos descomponedores de madera forman toxinas en estructuras de sus hifas. El hongo más estudiado es *Pleurotus ostreatus*, que inmoviliza con su toxina a los nematodos antes de infectarlos.

INFECCIÓN DE LARVAS Y HUEVOS DE NEMATODOS

Los hongos nematófagos muestran una especificidad variable respecto a las especies de nematodos que infectan, pero en general sólo infectan nematodos vermiformes o huevos de nematodos. Como muchos otros microorganismos patógenos, los hongos nematófagos, han desarrollado métodos de reconocimiento de sus huéspedes. La presencia de lectinas en hongos atrapadores de nematodos se ha relacionado con su papel en el reconocimiento de residuos glucídicos en la superficie de los nematodos. Además de ello, los hongos nematófagos atraen nematodos dependiendo de sus capacidades parasíticas/saprofíticas. La intensidad de la atracción es proporcional al grado de parasitismo del hongo implicado.

Las estructuras infecciosas de los hongos nematófagos varían con el tipo de hongo: los atrapadores de nematodos forman órganos de captura en sus



Foto: Luis V. López Llorca

Fig. 2. Huevo del nematodo de quistes de la remolacha (*Heterodera schachtii*) infectado por conidios del hongo *Verticillium suchlasporium*. Barra=25 μ m. (De Lopez-Llorca & Claugher, 1990 *Micron. Microsc. Acta* 21:125-130.)

hifas, los endoparásitos tienen esporas adhesivas, y los parásitos de huevos forman apresorios (Fig. 2). Todas esas estructuras son vitales para la infección de los huéspedes. La unión al huésped (principalmente por adhesivos extracelulares o por interacciones hidrofóbicas inespecíficas) es un evento inicial en la patogénesis. Posteriormente tiene lugar la penetración (mecánico-enzimática) del huésped. Ya que la cutícula y la cubierta del huevo de los nematodos están formadas fundamentalmente por proteína, las enzimas más probablemente implicadas en la penetración del huésped, son proteasas.

ECOLOGÍA DE HONGOS NEMATÓFAGOS EN EL SUELO

Los hongos nematófagos y los nematodos son organismos ubicuos que se encuentran en suelos (fundamentalmente en los primeros 30 cm) agrícolas, hortícolas y forestales. Aunque se han detectado de los trópicos a las regiones polares, son raros en ambientes acuáticos (continentales y marinos). Las observaciones directas en suelo de hongos nematófagos, y en general de cualquier microorganismo, resultan complejas. Mediante microscopía de barrido a baja temperatura ha sido posible recientemente el estudio in situ en el suelo del crecimiento, formación de trampas, captura y

digestión de nematodos por hongos nematófagos (Fig. 1).

El parasitismo de huevos de nematodos es, en general, más frecuente en los nematodos de quistes (*Heterodera* spp.) que en los agalladores (*Meloidogyne* spp.). La razón de ello radica probablemente en que, *Meloidogyne* spp. infectan cultivos de agricultura intensiva, donde la falta de condiciones estables impide el establecimiento de antagonistas de nematodos en el suelo y en la rizosfera. La rizosfera es una zona importante para las actividades de los hongos nematófagos, ya la inmensa mayoría de nematodos fitopatógenos afectan a las raíces de los cultivos. En general, la rizosfera de leguminosas cultivables alberga mayor número de propágulos y de especies de hongos atrapadores de nematodos que la cebada, la mostaza y el suelo no rizosférico. La especie vegetal influye también sobre la eficacia de los hongos parásitos de huevos de nematodos. El tomate con mejor colonización radicular por *V. chlamydosporium* que la patata mostró menor infección de huevos al ser inoculada con el hongo y con *M. incognita*. La explicación radica en que el tomate es mejor huésped de *Meloidogyne* que la patata, las agallas son mayores en las raíces del tomate, lo que impide la exposición de los huevos al suelo y disminuye por ello las posibilidades de su infección por el hongo.

TENDENCIAS FUTURAS

Muy probablemente, nuestro conocimiento sobre los hongos nematófagos se incrementará en los próximos años. Ello se deberá sin duda a los descubrimientos recientes de la biología moderna y en especial con los avances y aplicaciones de técnicas moleculares en el estudio de la patogénesis fúngica. De igual manera el estudio de las relaciones entre hongos no patógenos y la raíz es de gran relevancia en la futura investigación sobre hongos nematófagos. La probable inducción modulada de defensas en la planta por hongos no-patógenos (micorrizas y endófitos), en el caso de los hongos nematófagos sería un elemento a añadir al parasitismo en la lucha contra los nematodos fitopatógenos. Por ello, cuanto mayor sea nuestro conocimiento sobre hongos nematófagos a escala tanto ecológica como molecular, mayores serán las posibilidades de su uso como agentes biológicos de control de nematodos fitopatógenos.

LECTURAS SUGERIDAS

- Barron, G.L. 1977. *The Nematode-Destroying Fungi. Topics in Mycobiology No. 1*. Canadian Biological Publications Ltd., Guelph.
- Jansson, H.-B. & López-Llorca, L.V. 2000. Biology of nematophagous fungi. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi, India., eds., *Mycology in the New Millennium*. (en prensa).
- Jansson, H.-B., Tunlid, A., & Nordbring-Hertz, B. 1997. Nematodes. In T. Anke (Ed.), *Fungal Biotechnology* (Pp: 38-50). Weinheim: Chapman & Hall.
- Nordbring-Hertz, B., Jansson, H.-B., Friman, E., Persson, Y., Dackman, C., Hard, T., Poloczek, E. & Feldman, R. 1995. *Nematophagous Fungi*. Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen. Film No. C 1851.
- Stirling, G.R. 1991. *Biological Control of Plant Parasitic Nematodes*. CAB International, Wallingford.