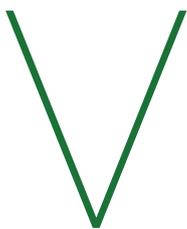


Nematodos entomopatógenos para el control de importantes plagas del césped en campos de golf en España

PALBRECHT M. KOPPENHOFER
Profesor de Entomología del Césped,
Rutgers University, New Brunswick (New Jersey);
Koppenhofer@aesop.rutgers.edu



Varias de las plagas de insectos más importantes del césped de los campos de golf españoles podrían controlarse mediante el uso de nematodos entomopatógenos (EPN). Debido a la larga estación de crecimiento y a las generalmente suaves condiciones invernales, el gorgojo (Hunting billbug-*Sphenophorus venatus vestitus*) y algunas especies de rosquilla como (African cotton leafworm-*Spodoptera littoralis* y fall armyworm-*Spodoptera frugiperda*) suelen tener varias generaciones al año. Esta cuestión conlleva a menudo la necesidad de múltiples aplicaciones de insecticida a lo largo del año, lo que aumenta los problemas asociados al uso excesivo de insecticidas. Por un lado, aumentan los riesgos por exposición tanto de los técnicos aplicadores, golfistas, artrópodos beneficiosos y del propio medioambiente. Y por otro lado, reducen su eficacia por el desarrollo de resistencia al insecticida, producen una mayor degradación microbiana y favorecen la aparición de brotes de plagas secundarias.

Los EPN tienen numerosas ventajas sobre los insecticidas sintéticos convencionales, como la seguridad para el aplicador, el golfista y el medioambiente. No

hay intervalos en las aplicaciones, el impacto es limitado sobre los insectos beneficiosos y, por tanto, carecen de potencial para causar brotes de plagas secundarias. Presentan compatibilidad con otros agentes biológicos y carecen de factor de resistencia. Sin embargo, los EPN también presentan desventajas en comparación con los insecticidas sintéticos: un coste relativamente mayor, menor cobertura y mayor sensibilidad a factores ambientales (luz UV, desecación, temperaturas extremas, etc.)

BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

Los EPN aparecen de forma natural en suelos de todo el mundo, incluidos los de España. Hasta hoy se han descrito unas 70 especies pertenecientes al género *Heterorhabditis* o *Steinernema*. Son parásitos totalmente letales para insectos que matan a su hospedador con ayuda de bacterias simbióticas. Sin embargo, para una producción masiva, los EPN pueden desarrollarse in vitro en un medio inoculado con sus bacterias simbióticas, e incluso a veces en fermentadores que contienen varios miles de litros y producen trillones de nematodos por ciclo productivo.

Bajo condiciones de laboratorio, el rango de hospedaje de distintas especies de EPN varía desde poder infectar a cientos de especies de insectos a sólo unos pocos.

Sin embargo, en aplicaciones de campo y particularmente en poblaciones naturales, los rangos de hospedaje suelen ser mucho más limitados debido al comportamiento y a la ecología de los nematodos y hospedadores. Con las condiciones adecuadas, los EPN no sólo infectan y matan a sus hospedadores tras una aplicación sino que además se reciclan en estos hospedadores para producir nuevas generaciones que pueden acabar con más hospedadores.

Todas las especies conocidas de EPN tienen un ciclo vital similar (Fig. 1). El único estadio que puede sobrevivir fuera de un insecto es el "juvenil infectivo" (JI). Estos JI libres no alimentados buscan un hospedador y penetran a través de una abertura natural (boca, ano, vías respiratorias, partes finas de la cutícula del insecto). Una vez dentro de la cavidad corporal del hospedador, el JI libera la bacteria simbiótica que lleva en su intestino, y bacterias y nematodos cooperan para matar al hospedador en un periodo de tiempo de 1 a 3 días. Al propagarse la bacteria, el cadáver toma una coloración más o menos característica. Los nematodos evolucionan durante el desarrollo de 1 a 3 generaciones, alimentándose de la bacteria y de los tejidos del hospedador metabolizados por la bacteria. Cuando las fuentes de alimentación en el cadáver del hospedador están agotadas, entre 100 y 100.000 nuevos JI surgen del cadáver en busca de un nuevo hospedador.

EPN
 Tienen numerosas ventajas sobre los insecticidas sintéticos convencionales, como la seguridad para el aplicador, el golfista y el medioambiente

Entomopathogenic nematode life cycle

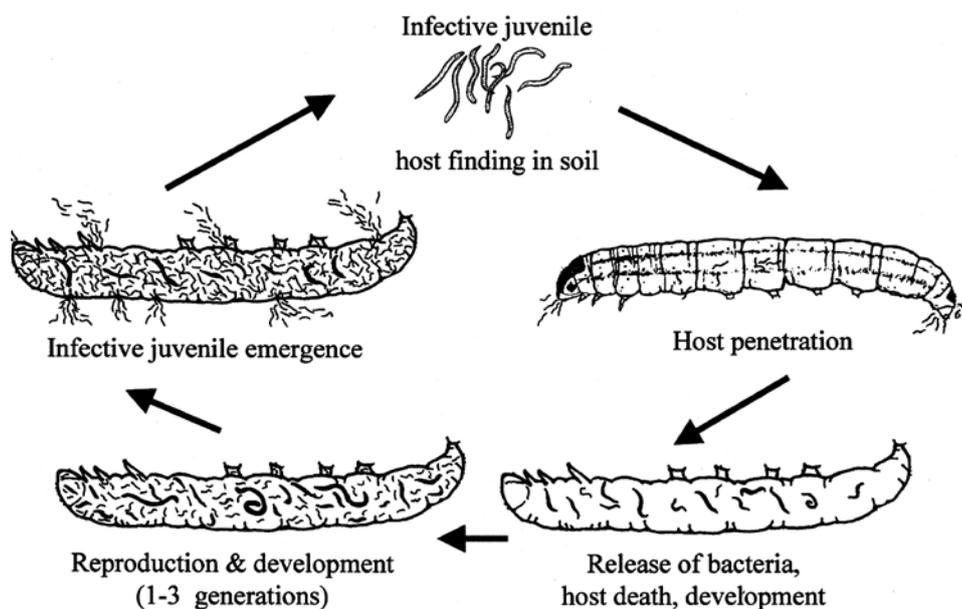


Fig. 1. Ciclo de vida del nematodo entomopatógeno.

Los JI de diferentes especies de EPN utilizan estrategias diferentes para localizar a un hospedador potencial. Los “emboscadores” como *Steinernema carpocapsae* aparentan escasa dispersión activa y tienden a acumularse cerca de la superficie del suelo. Para aumentar las posibilidades de ser captados por un hospedador de paso suelen quedarse de pie sobre una curvatura de su cola en la superficie del suelo (parpadean). Los emboscadores están más adaptados a infectar a insectos móviles que se encuentran en la superficie del suelo o cerca. Los “navegantes” típicos como la especie *Heterorhabditis* se dispersan activamente a lo largo de la superficie del suelo, no parpadean, y se adaptan mejor a la infección de hospedadores relativamente sedentarios en el suelo como el escarabajo blanco. Las especies intermedias como *Steinernema feltiae* se sitúan entre los extremos “emboscador” y “navegante”.

FACTORES QUE AFECTAN AL DESARROLLO DEL NEMATODO

Para que el uso de EPN en el control de poblaciones de insectos sea un éxito es importante conocer los requerimientos generales para una correcta actividad del EPN y elegir la especie de EPN correcta para cada caso. Según la especie de insecto y el hábitat, debe elegirse una especie de EPN con la adecuada estrategia de alimentación, buena adaptación a las condiciones ambientales predominantes y alta virulencia sobre la especie que se quiere controlar.

La humedad del suelo es uno de los factores ambientales más importantes para la actividad del EPN, ya que los JI se mueven dentro de la película de agua que rodea las partículas del suelo. Si esta película es demasiado fina (suelo seco) o los poros del suelo están completamente llenos de agua (suelo saturado) se restringe el movimiento del JI. La actividad del EPN suele ser mayor en un suelo de humedad moderada.

Normalmente, los JI se mueven mejor en suelos de textura gruesa (arenosos) con respecto a los de textura fina (alto contenido de arcilla). Sin embargo, los suelos más finos retienen mejor la humedad y pueden favorecer en algunos casos el desarrollo de los nematodos. En el campo hay muchos otros factores que afectan a la estructura del suelo, como la compactación, cantidad de materia orgánica, raíces, canales subterráneos formados por los organismos del suelo, etc., y todos ellos afectan al movimiento del JI.

La temperatura varía algo entre las especies de EPN, pero por lo general funcionan mejor en suelos con temperaturas entre 15-34°C, con un rango de temperaturas óptimas entre 21-29°C. Para *Steinernema carpocapsae*, la especie más utilizada, el rango de temperaturas está comprendido entre 12-32°C con un desarrollo óptimo entre 15-30°C.

APLICACIÓN DE NEMATODOS

Los EPN se venden en muy diversas fórmulas. Las fórmulas en me-

Para que el uso de EPN en el control de poblaciones de insectos sea un éxito es importante conocer los requerimientos generales para una correcta actividad del EPN y elegir la especie de EPN correcta para cada caso



Fig. 2. Gorgojo adulto (hunting billbug) (Foto de Clyde Sorensen)



Fig. 3. Amplio daño en Bermuda causado por el gorgojo (Hunting billbug) (foto de Jake Dorskocil)

Los EPN pueden aplicarse con la mayoría de equipos de pulverización incluyendo los manuales o instalados en superficie, atomizadores e incluso equipos aéreos en helicópteros

dio acuoso (esponjas, vermiculita, suspensiones acuosas) requieren refrigeración continua para mantener la calidad del nematodo durante periodos de tiempo prolongados. Las fórmulas que reducen el metabolismo del JI mediante la inmovilización o disecación parcial (alginato, arcilla, carbón activado y poliacrilamida) mejoran la vida útil y la resistencia a temperaturas extremas. Los JI parcialmente disecados en estas fórmulas se rehidratan tras exponerse a la humedad ambiental.

Dado que los JI son susceptibles a la radiación UV y a temperaturas extremas, normalmente se recomienda aplicarlos a primera o última hora del día. Este aspecto es menos crítico en días nublados, con una dosis alta de pulverización y/o si se aplica un riego inmediato después de la aplicación del tratamiento.

Los EPN pueden aplicarse con la mayoría de equipos de pulverización incluyendo los manuales o instalados en superficie (a presión o electroestáticos), atomizadores e incluso equipos aéreos en helicópteros. Los filtros y cribas deben tener una anchura de al menos $300\mu\text{m}$ y la abertura de la boquilla $> 500\mu\text{m}$. Es más conveniente retirarlos y recalibrar el equipo. La presión de manejo no debería superar los 1380 kPa. Los JI se pueden liberar también a través de los sistemas de riego, goteo, microjet y aspersor. Debe cuidarse que los JI no se expongan a temperaturas altas en el tanque de pulverización o en el equipo de aplicación. Las suspensiones de nematodos en el tanque de pulverización deben ser agitadas para evitar que los JI se asienten.

Puede utilizarse agua para optimizar el resultado del EPN. Si el suelo está seco y caliente antes de la aplicación, se recomienda un riego de 3 mm aproximadamente. Si los nematodos se apli-

can con pulverizador, el volumen del mismo debe ser de 750-1890 litros/ha. Tras la aplicación se debe realizar riego inmediato. Para la aplicación contra insectos que se alimentan en superficie deberían bastar 3 mm para arrastrar cualquier JI del follaje hacia el suelo. Para aplicaciones contra insectos del suelo, deben añadirse de 6-25 mm de riego para arrastrar los JI hacia la zona radical. Cuanto más seco y fino esté el suelo más riego deberá aplicarse tras el tratamiento. Después de aplicar el tratamiento, debe mantenerse un nivel moderado de humedad en el suelo durante al menos una semana, siendo preferible mantenerlo durante las siguientes 2-3 semanas para optimizar la actividad del nematodo.

Parece que los EPN son compatibles con muchos herbicidas, fungicidas, acaricidas, insecticidas, nematicidas, azadirachtin, productos con *Bacillus thuringiensis*, y jabón plaguicida (Georgia and Poinar, 1997; Koppenhofer and Grewal, 2005). Otros plaguicidas tienen efectos tóxicos de limitados a fuertes sobre los JI y no deben aplicarse hasta, al menos, una semana después (2,4-D, carboxyl, chlorpyrifos, diazinon, dodine, paraquat, trichlorpyr) o dos semanas después (fenamifos) de la aplicación de los nematodos. Por otra parte, se ha observado una interacción sinérgica entre EPN y otros agentes de control

En las pruebas de campo, *S. carpocapsae* resultó más efectivo para el control de *S. venatus vestitus* que el organofosfato chlorpyrifos (84% vs 69% de media de control)

para varios insecticidas como imidacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, o *B. thuringiensis*.

GORGHOJO (HUNTING BILLBUG)

El gorgoho ataca principalmente a céspedes de clima cálido y causa importantes problemas en *Paspalum vaginatum* (seashore paspalum) y *Cynodon dactylon* (bermuda). Son más comunes los daños en roughs y fairways que en greens y tees durante los periodos secos y en zonas que tiendan a researse. Los escarabajos adultos (Fig. 2) causan únicamente daños menores al morder los tallos de la hierba. Sin embargo, las larvas son las que causan mayores daños.

Las hembras depositan los huevos en pequeñas cavidades que realizan en los tallos de la hierba. La larva joven hace un túnel en el tallo y finalmente excava hasta la corona. Cuando termine dejando hueco el tallo, la larva perforará en otro tallo. Las larvas mayores salen de los tallos y se alimentan de la corona desde la zona exterior o el thatch, acaban-

do con toda la planta. Los daños aparecen primero en forma de tallos muertos dispersos. Luego comienzan a aparecer pequeños parches de césped muerto (de 5 a 8 cm de diámetro) parecidos a los síntomas de dollar spot. Sin embargo, la hierba muerta de color blanquecino se retira fácilmente a mano porque los tallos se rompen por encima de la corona. Los tallos se vacían y en la base aparece una sustancia similar al serrín. En plagas graves, los parches se transforman en grandes zonas de césped muerto (Fig. 3).

Durante la etapa más fría del año, los adultos y las larvas se mantienen inactivos en el suelo. Muchos adultos suelen hibernar en las zonas de césped bajo el sustrato vegetal, la hojarasca de los árboles o en cualquier otra zona resguardada. Cuando la temperatura comienza a subir en primavera, los adultos se vuelven activos de nuevo. La mayoría de los huevos los ponen en primavera, pero la puesta continúa durante el verano, especialmente donde hibernen un número significativo de larvas y se produzca

SINERGIAS
Se ha observado una interacción sinérgica entre EPN y otros agentes de control para varios insecticidas como imidacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, o *B. thuringiensis*.

Grupo
BIONDA
PRODUCTOS ECOLÓGICOS

Trichodex
1994

Más de 18 años de
I+D al servicio del
bienestar del césped

Revolucionaria gama de productos ecológicos para campos de golf y fútbol.

Tratamiento que garantizan la salud y el vigor del césped adaptado a la normativa verde europea

Más Información:

www.amcchemical.com; www.grupobionda.com;

Contáctenos en info@grupobionda.com; tlf. +34 627473240 +34 954386372

Las larvas jóvenes se alimentan inicialmente del envés de las hojas de césped y las esqueletizan



más de una generación al año. Dependiendo de la temperatura, los huevos eclosionan en 4 ó 10 días, con un desarrollo de la larva de entre 4 a 6 semanas (excepto cuando la estación de invierno se alarga), y el estado de pupa dura aproximadamente de 4 a 7 días.

No existen estudios detallados sobre el uso de EPN para el control del gorgojo. Sin embargo, varios estudios de campo han indicado que tanto los adultos como las larvas pueden controlarse mediante los EPN. Trabajos de campo realizados en Ohio muestran que el gorgojo (*Sphenophorus parvulus*) puede controlarse con las especies *S. carpocapsae* (78% de media) o *H. bacteriophora* (74% de media) (Georgia y Poinar, 1994; Smith, 1994). Cabe destacar que, en los campos de golf de Japón, el primer medio que se utilizó para controlar al gorgojo fue *S. carpocapsae*, hasta que se registró el imidacloprid para su uso en céspedes en Japón. En las

pruebas de campo, *S. carpocapsae* resultó más efectivo para el control de *S. venatus vestitus* que el organofosfato chlorpirifos (84% vs 69% de media de control) (Smith, 1994; Kinoshita y Yamana, 1998).

S. carpocapsae podría ser la mejor opción entre las especies de EPN disponibles a la venta para el control del gorgojo, ya que los productos a base de *S. carpocapsae* tienden a ser más resistentes que los de *H. bacteriophora*. El principal objetivo a erradicar deberían ser las larvas, aunque también se reducen los adultos. Para un control óptimo, debe aplicarse *S. carpocapsae* en una proporción de 2,5 x 10⁹ JI por hectárea en la época en que la mayoría de las larvas salen de las plantas y comienzan a alimentarse de materia vegetal o suelo. Tras la aplicación de los nematodos debería regarse con al menos 6 mm de agua. En cualquier caso siga las recomendaciones generales de riego señaladas anteriormente.

ESPECIES DE SPODOPTERA

Las larvas de dos polillas estrechamente relacionadas de la familia Noctuidae, *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) y *Spodoptera littoralis* (African cotton leafworm), pueden provocar daños significativos en el césped de los campos de golf españoles, especialmente en las variedades *Paspalum vaginatum* y *Cynodon dactylon*. Ambas especies son polífagas y migratorias, con fluctuaciones importantes en sus poblaciones, siendo la densidad de población más alta normalmente

al final de la estación. Pueden tener de 2 a 4 generaciones al año dependiendo de la temperatura.

Las hembras ponen aproximadamente 1000 huevos (*S. frugiperda*) o 1000-2000 huevos (*S. littoralis*) en lotes de 50-300 huevos sobre objetos de colores claros cerca del césped o en el envés de las hojas de plantas ornamentales. En el césped los huevos se depositan entre la vaina y el filo de la hoja, en los dobleces que presentan las hojas o entre dos hojas pegadas por una sustancia gelatinosa. Los lotes de huevos aparecen cubiertos con pelos o escamas del abdomen de la hembra. Los huevos eclosionan en 2-10 días.

INVIERNO
Durante la etapa más fría del año, los adultos y las larvas se mantienen inactivos en el suelo

Las larvas jóvenes se alimentan inicialmente del envés de las hojas de césped y las esqueletizan. Cuando maduran se mueven hacia el haz de la hoja. Las larvas mayores se alimentan de toda la materia verde y cortan el césped hasta la corona provocando grandes defoliaciones. Como las larvas mayores no son muy gregarias, las infestaciones suelen causar un debilitamiento progresivo del césped. Las larvas son extremadamente sensibles a las condiciones climáticas, especialmente a la combinación de temperaturas altas y humedad baja; las temperaturas superiores a 40°C o inferiores a 13°C pueden aumentar la mortalidad. Las larvas suelen alimentarse más por la mañana y al final de la tarde (*S. frugiperda*) o por la noche (*S. littoralis*). Pasan normalmente por 6 estadios larvarios durante 2-4 semanas.

Ambas especies pupan a 1-2 cm de profundidad del suelo, hasta que el adulto emerge 10-20 días después. Con frecuencia pasan el invierno en el estadio de pupa.

Varios estudios han demostrado que tanto *S. littoralis* como *S. frugiperda* son muy susceptibles

Nematodos entomopatógenos para el control de importantes plagas del césped en campos de golf en España

a varias especies de EPN, siendo *S. carpocapsae* el más virulento (Andel-Razek y Abd-Elgawad, 2007; Fuxa et al., 1988). Las larvas más jóvenes suelen ser más susceptibles que las mayores. Aunque no hay publicado ningún estudio de campo sobre la eficacia de los EPN contra estas especies, *S. carpocapsae* suele ser la especie más efectiva y consistente en los estudios de campo realizados con otras plagas de orugas del césped como el black cutworm (*Agrostis ipsilon*) (Ebssa y Koppenhofer, 2011) u otras especies de sod webworm (Georgia y Poinar, 1994).

Para un control óptimo de *S. littoralis* y *S. frugiperda*, debe aplicarse *S. carpocapsae* en una dosis de 2,5 x 10⁹ JI por hectárea en cuanto se observe un número de larvas lo suficientemente elevado

como para provocar un daño significativo. Tras la aplicación, los JI deben regarse con 3 mm de agua. En cualquier caso, siga las recomendaciones generales de riego señaladas anteriormente.

CONCLUSIONES

Los nematodos entomopatógenos, en particular las especies *Steinernema carpocapsae*, deberían ser una buena alternativa a los insecticidas sintéticos contra importantes plagas de insectos como el gorgojo y diferentes especies de rosquilla. Para realizar un tratamiento efectivo con nematodos es necesario manipularlos de forma correcta antes y durante la aplicación, así como realizar una gestión adecuada del riego para optimizar su eficacia. Probablemente, ante una

ROTACION

Los nematodos también deben considerarse una alternativa importante de rotación en la prevención del desarrollo de resistencias a los insecticidas

gran concentración de plagas, los nematodos no serán tan efectivos como muchos insecticidas sintéticos, pero su eficacia debería ser suficiente para evitar daños en situaciones donde el césped puede tolerar una densidad de plagas relativamente alta, como ocurre en el rough o incluso en los fairways. Los nematodos también deben considerarse una alternativa importante de rotación en la prevención del desarrollo de resistencias a los insecticidas. Esto es especialmente importante en lugares donde haya que realizar varias aplicaciones por temporada contra plagas con más de una generación por temporada. Dado que no son tóxicos, los nematodos son también una buena opción para zonas ambientalmente sensibles. ■



Parma (Italia)
Hansa Rostock (Alemania)
Brøndby (Dinamarca)
Selección Española Sub21
Sevilla CF
Real Betis Balompié
Málaga CF
UD Almería
Córdoba CF



Campos de fútbol césped natural

ANTEQUERA GOLF



Hoteles 3-4-5 Estrellas • Spa • Celebraciones • Golf • Restauración • Actividades en Naturaleza



Reservas: 902 541 540
reservas@hotelantequera.com
www.antequeragolf.com
29200 - Antequera (Málaga)