

Biopesticidas: ¿la agricultura del futuro?

Carolina Fernández y Rafael Juncosa (FuturEco SL, Barcelona)

INTRODUCCIÓN

Cada vez más nos cuestionamos el uso de pesticidas químicos para el control de plagas y enfermedades de los cultivos debido a su efecto negativo sobre los seres humanos y el medio ambiente.

Existen diferentes alternativas a los métodos químicos, como por ejemplo el uso de biopesticidas (BOYETCHKO y col., 1998, GEORGIS y col., 1995, GLASS, 1995, LUMSDEN y col., 1995, KERRY, 1993, RHODES y col., 1990, STIRLING, 1991, WILSON & BACKMAN, 1998), enmiendas orgánicas (RODRÍGUEZ-KÁBANA y col., 1987), plantas resistentes a determinados patógenos, plantas micorrizadas (PINOCHET y col., 1996), rotación de cultivos (RODRÍGUEZ-KÁBANA & CANULLO, 1992), entre otras... Dichas alternativas no son excluyentes, por el contrario, una combinación de ellas de manera correcta podría llevar a un control económicamente aceptable para la mayoría de los cultivos.

Los biopesticidas son productos que contienen un microorganismo como ingrediente activo o bien se extraen de un ser vivo mediante procedimientos que no alteran su composición química. Pueden estar constituidos por toda o una parte de la sustancia extraída, concentrada o no, adicionada o no a sustancias coadyuvantes (DE LIÑAN, 2001).

Ventajas y desventajas del uso de agentes de control biológico (ACB)

Los productos a base de microorganismos presentan como principales ventajas (BOYETCHKO y col., 1998; Glass, 1995; POWELL & JUTSUM, 1993; LUMSDEN y col., 1995; STIRLING, 1991):

- La especificidad en su actuación.
- Respeto al medio ambiente.
- Los patógenos tienden a desarrollar menor resistencia a productos microbianos que a productos químicos.

Las principales barreras con las que se encuentran los productos formulados a base de microorganismos son (BOYETCHKO y col., 1998; Glass, 1995; LUMSDEN y col., 1995; STIRLING, 1991):

- Una efectividad de control en general menor que los productos químicos.
- Generalmente su acción no es inmediata.
- Dificultades de producción a nivel comercial.
- Necesidad de resolver problemas técnicos como la sensibilidad a factores ambientales (temperatura, radiación UV, humedad) que presentan la mayoría de estos productos.

Desarrollo de nuevos productos de origen biológico a nivel comercial

Las casas comerciales que fabrican productos a base de ACB deben tener en cuenta diferentes aspectos a fin de obtener un producto adecuado (BOYETCHKO y col., 1998; GEORGIS et al., 1995; LUMSDEN y col., 1995; STIRLING, 1991; WALTER & PAALU, 1993):

- Definir un medio de cultivo óptimo y el mejor sistema para la obtención masiva de inóculo que permita una buena relación coste-rendimiento en la producción.
- Establecer ensayos de producción a pequeña escala.

- Asegurar la estabilidad del producto y determinar las condiciones de almacenamiento.
- Se debería utilizar la maquinaria *standard* de cualquier explotación agrícola para su aplicación, y ser efectivo a unas dosis parecidas a las utilizadas para los agroquímicos.
- Se requiere alguna forma de protección a nivel legal para este tipo de productos. Los organismos genéticamente modificados pueden ser patentados, pero la mayoría de los ACB utilizados son los tipos "salvajes", tal y como se encuentran en la naturaleza.
- Bioensayos a nivel de laboratorio, invernadero y campo que confirmen la efectividad del producto una vez formulado.

La normativa europea exige para el registro de productos fitosanitarios (Directiva 91/414/CE, modificada por la Directiva 2001/36/EC para biopesticidas) la presentación de una completísima documentación referente a la materia activa y al producto en cuestión. Esto obliga a cada empresa interesada en el registro de un producto a la elaboración de numerosos ensayos de ecotoxicidad, estudios metabólicos, toxicológicos, de patogenicidad, infectividad, eficacia, residuos, etc., estudios que resultan económicamente muy costosos.

Bioinsecticidas

Históricamente los bioinsecticidas han sido los más estudiados de los biopesticidas (GLASS, 1995). Estos pueden estar formulados a base de bacterias, virus, o hongos (Tabla 1):

Bacterias: la mayoría de productos están basados en diferentes cepas de la bacteria gram-positiva *Bacillus thuringiensis* Berliner, la cual produce toxinas específicas (*d-endotoxinas*) tóxicas para diferentes órdenes de insectos (GLASS, 1995, REALPE y col., 1995). Otro tipo de productos se basan en la extracción de

AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO (ACB)	Tipo de ACB	PATÓGENO	PRODUCTOS COMERCIALES
<i>Bacillus popilliae</i>	Bacteria	<i>Popilla japonica</i>	Doom, Japidemic (Fairfax Biological Labs)
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i>	Bacteria	<i>Galleria melonella</i>	B 401(Sandoz), Agree (Certis), Design (Abbott), Maltch (Mycogen)
var. <i>israelensis</i>	Bacteria	Larvas de dípteros (mosquitos, mosca negra)	Vectobac , Gnatrol (Abbott), Skeetal (Novo Nordisk), Teknar (Certis)*
var. <i>kurstaki</i>	Bacteria	Larvas de lepidópteros (caterpillars)	Dipel, Biobit (Abbott), Foray (Novo Nordisk), Javeline, Deliver (Certis)*
var. <i>xentari</i>	Bacteria	Larvas de lepidópteros	Xentari GD (Bayer)
var. <i>San Diego</i>	Bacteria	Larvas de coleópteros (escarabajos)	M-One (Mycogen)
var. <i>tenebrionis</i>	Bacteria	Larvas de coleópteros (escarabajos)	Novodor (Novo Nordisk), M-Trak (Mycogen)
EG 2348	Bacteria	<i>Lymantria dispar</i>	Condor (Ecogen)
EG 2371	Bacteria	Larvas de lepidópteros	Cutiass (Ecogen)
EG 2424	Bacteria	Larvas de lepidópteros y coleópteros	Foil (Ecogen)
<i>Pseud. fluorescens</i> + <i>B.t. kurstaki</i> toxin	Bacteria	Lepidópteros (orugas)	MVP (Mycogen)
<i>Pseud. fluorescens</i> + <i>B.t. San Diego</i> toxin	Bacteria	Escarabajo de la palata (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	M-Trak (Mycogen)
<i>Pseud. fluorescens</i> + <i>B.t.</i> toxin	Bacteria	Piral del maíz (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	M-Peril (Mycogen)
<i>Nosema locustae</i>	Protozoo	Saltamontes, langostas	Nolo Bait (Evans BioControl)
<i>Beauveria bassiana</i>	Hongo	Mosca blanca	Naturalis (Agrichem), Botanigard (Mycotech), Ostrinil, Mycontrol***
<i>Verticillium lecanii</i>	Hongo	<i>Bemisia tabaci</i>	Vertalec
<i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>M. flavoviride</i>	Hongo	Cucarachas	BioBlast (EcoScience), Bay Bio (Bayer)
<i>Paecilomyces fumosoreus</i>	Hongo	Mosca blanca, áfidos, araña	PFR-97 (Thermo Triology)
<i>Lagenidium giganteum</i>	Hongo	Mosquitos	
Virus de la granulosis	Virus	<i>Byctiscus betulae</i> , <i>Cydia pomonella</i>	Carpovirusina (Calliver), Madex-3 (Agrichem), Capex (Andermatt),
Pine sawfly nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Diprion similis</i>	Virox (Novo Nordisk), Noecheck (USDA Forest Service)
Heliothis nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Helioicoverpa zea</i>	Elcar (Sandoz), Condor (Ecogen)
Gypsi moth nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Lymantria dispar</i>	Gypcheck (USDA Forest Service)
Tussok moth nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Orgyia pseudotsugata</i>	Tm BioControl-1 (USDA Forest Service)
Mamestra brassicae nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Trichoplusia</i> , <i>Heliothis</i> , <i>Diparopsis</i> , <i>Phthorimaea</i>	Mamestrin (Calliop)
Spodoptera exigua virus	Virus	<i>Spodoptera exigua</i>	Spod-X (Crop Genetics International)

* Además en España están registrados distintos productos de diferentes casas comerciales: C.Q. Massó, Eibol, Novartis, Agrichem, Basf, Probelle, Aventis, Kenogard, entre otras.; ** (Natural Plant Protection); *** Cyd-X (Thermo Triology). En **negrita** se resaltan los productos resistrados en España.

Tabla 1. Bioinsecticidas que contienen como ingrediente activo bacterias, protozoos, hongos o virus, comercializados en diferentes países.

la d-endotoxina que es incorporada a un plásmido que se inserta a un aislado de *Pseudomonas fluorescens* Migula (GAERTNER, 1990, GAERTNER y col., 1993). A las células bacterianas recombinantes se les permite crecer en un medio de cultivo adecuado para que expresen la d-endotoxina y posteriormente se les aplica un tratamiento de alta temperatura. Las células bacterianas muertas sirven de microcápsulas que protegen a la frágil toxina de *Bacillus thuringiensis*.

A nivel comercial, las bacterias se multiplican generalmente en un tanque de fermentación líquida. El ACB puede ser formulado en estado de dormancia o ser metabólicamente activo. Las formulaciones que contienen células activas son menos tolerantes a fluctuaciones ambientales, menos compatibles con productos químicos, de vida más corta, y requieren un empaquetamiento que permita el intercambio de gases y humedad. Sus ventajas son que al estar activas, empiezan actuar en el momento de su aplicación.

Virus: otra estrategia consiste en utilizar diferentes virus que poseen una elevada especificidad en sus huéspedes. Estos productos no han tenido el éxito que cabría esperar, debido a su bajo nivel de virulencia, poca estabilidad a la luz UV, dificultades en la producción y una pobre persistencia en el entorno (BOYETCHKO, y col., 1998; GLASS, 1995).

Hongos: de entre ellos destacan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Paecilomyces fumosoreus* (Wize) Brown & Smith para el control de la mosca blanca, *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viegas para áfidos, y *Metarrhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. y *M. flavoviride* Gams y Rozsypal para cucarachas. Estos productos se aplican directamente sobre el insecto en forma de polvo, emulsión o polvo mojable. En condiciones de campo, pueden aplicarse mezclados con aceites a volúmenes ultrabajos a fin de incrementar su eficacia y proteger el ACB de la radiación solar. En España, FuturEco está actualmente desarrollando un nuevo bioinsecticida de origen fúngico para el control de la mosca blanca. El producto se encuentra todavía en fase experimental.

Biofungicidas

Muchos han sido los organismos que de manera experimental han sido aislados y se ha probado su actividad fungicida, aunque no todos han desarrollado un producto comercial (Tabla 2). En general son productos formulados a base de bacterias o hongos:

Bacterias: es posible encontrar en el mercado distintos productos de ori-

AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO (ACB)	Tipo de ACB	PATÓGENO	PRODUCTOS COMERCIALES
<i>Pseudomonas cepacia</i> (=Burkholderia)	Bacteria	Hongos (<i>Fusarium</i> , <i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i>) / nematodos	Blue Circle (Stine Seeds), Deny (CTT Corp.), Intercept (Soil Technologies)
<i>P. fluorescens</i>	Bacteria	Damping-off / <i>Pseudom. tolassii</i> (Conquer, Victus)	Dagger G (Ecogen), Conquer (Mauri Foods), Victus (Sylvan Spawn)
<i>P. syringae</i> ESC-10, ESC-11	Bacteria	Postcosecha <i>Botrytis</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Geotrichum</i>	Bio-save 100 y 1000, Bio-save 110 (Eco-Science)
<i>P. chlororaphis</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , entre otros	Cedomon (BioAgri)
<i>P. aureofaciens</i> cepa Tx-1	Bacteria	Antracnosis, <i>Phyium</i> , <i>Microchium</i>	Spot-Less (Eco Soil Systems, Inc.)
<i>Bacillus subtilis</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Aspergillus</i> entre otros	HiStick N/T (MicroBio Group), Serenade (AgraQuest, Inc.)
<i>B. subtilis</i> FZB24	Bacteria	<i>Fusar.</i> , <i>Rhizoct.</i> , <i>Altern.</i> , <i>Sclerot.</i> , <i>Verticil.</i> , <i>Strept.</i>	Rhizo Plus, Rhizoplus Konz (KFZB Biotechnik)
<i>B. subtilis</i> GB03	Bacteria	<i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> y más	Kodiak (Gustafson), Bactophyt (NPO Vector) System 3 (Helena Chemical)
<i>B. subtilis</i> GB07	Bacteria	Patógenos de plántulas	Epic (Gustafson)
<i>Streptomyces griseoviridis</i> K61	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Phyium</i>	Mycostop (Kemira Agro Oy)
<i>S. lydicus</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i>	San Jacinto Environmental Suppliers
<i>Trichoderma polysporum</i> + <i>T. harzianum</i>	Hongo	<i>Gaeumannomyces graminis</i> , podredumbres del cuello	BINAB T (BINAB USA, Inc.)
<i>T. harzianum</i> cepa KRL-AG2	Hongo	<i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia</i>	T-22G, T-22HB (Bioworks)
<i>T. harzianum</i>	Hongo	<i>Botrytis</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Fulvia</i> , <i>Monilia</i> , y más	F-Stop (Eastman Kodak), Supresivit (Borregaard Bio Plant) *
<i>T. harzianum</i> + <i>T. viride</i>	Hongo	<i>Armillaria</i> , <i>Botryosphaeria</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Nectria</i> y más	Trichomic (Trichodex), Trichopel, Trichoject, Trichodowels, Trichoseal**
<i>T. viride</i>	Hongo		EcoSOM (SDM Phytopharma), Triecco (Ecosense Labs)
<i>T. ligonorum</i>	Hongo	<i>Fusarium</i> sp.	Trichodermin-3 (compañía rusa y búlgara)
<i>T. spp</i>	Hongo	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phyium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Fusarium</i> .	Promot (J. H. Biotech, Inc.), Trichopel (Agrimm Biologicals) ***
<i>Ampelomyces quisqualis</i> aislado M-10	Hongo	Oídio	AQ10 Biofungicide (Ecogen)
<i>Talaromyces flavus</i> V117b	Hongo	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>V. albo-atrum</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Protus WG (Prophyta)
<i>Gliocladium virens</i> GL-21	Hongo	Damping-off, <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phyium</i> spp.	SoilGard = GlioGard (Thermo Triology)
<i>G. catenulatum</i>	Hongo	<i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Didymella</i>	Primastop (Kemira Agro Oy)
<i>Fusarium oxysporium</i> (no patógeno)	Hongo	<i>Fusarium oxysporium</i> , <i>Fusarium moniliforme</i>	Biofox C (SIAPA-Italia), Fusaclean (Natural Plant Protection)
<i>Phyium oligandrum</i>	Hongo	<i>Phyium ultimum</i>	Polygandron (Biopreparaty Ltd.)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Hongo	<i>Heterobasidium annosum</i>	Rotstop, P.g. Suspension (Kemira Agro Oy)
<i>Coniothyrium minitans</i>	Hongo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Coniothyrin (Compañía rusa), Contans (Prophyta), KONI (Bioved)
Micorriza	Hongos	<i>Botrytis</i> , <i>Phyium</i>	Vaminoc (AGC Microbiol)
<i>Candida oleophila</i> I-182	Levadura	Postcosecha <i>Botrytis</i> spp., <i>Penicillium</i>	Aspire (Ecogen)

*Trichomic = Trichodex (Makhteshim Chemical Works); **(Agrimm Technologies); ***Anti-Fungus (Gronontsmettinghan De Ceuster), TY (Mycontrol). En negrita se resaltan los productos registrados en España.

Tabla 2. Biofungicidas que contienen como materia activa bacterias o hongos, comercializados en diferentes países.

gen bacteriano para el control de hongos de raíz y cuello a base de diferentes aislados de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Streptomyces*. A *Burkholderia cepacia* (Palleroni y Holmes) Yabuuchi y col. se le atribuye además un efecto nematocida. (BACKMAN y col., 1997; BOYETCHKO y col., 1998)

Hongos: existe un considerable trabajo realizado con *Trichoderma* y *Gliocladium* debido a su fácil aislamiento, cultivo y fermentación a gran escala. Otros hongos como *Ampelomyces quisqualis* Cesati ex Schlecht., *Fusarium oxysporium* Schlecht., *Phyium oligandrum* Drechler, *Coniothyrium minitans* Campell y *Phlebiopsis gigantea* (Fries) Jülich también han desarrollado distintos productos comerciales.

Bioherbicidas

Los bioherbicidas son productos basados en microorganismos capaces de matar selectivamente las malas hierbas sin dañar los cultivos. Estos ACB pueden ser de origen bacteriano o bien fungico (Tabla 3):

Bacterias: los condicionantes para su uso son la necesidad de una eleva-

da humedad y presencia de heridas o entradas naturales. Se puede favorecer la entrada del ACB mediante la siega previa a su aplicación. Ciertos surfactantes como Silwet L-77 (0.02%) facilitan su entrada a través de los estomas y al mismo tiempo, las bacterias quedan protegidas de los efectos de la radiación UV y la desecación (BOYETCHKO, y col., 1998).

Hongos: la temperatura y la humedad son las principales limitaciones para su eficacia. Varios adyuvantes mejoran la germinación de las esporas, como es el caso del aceite de maíz sin refinar, que mejora la actividad de *Colletotrichum truncatum* (Schwein) Andrus y Morre y reduce los requerimientos de humedad necesarios para su germinación. Surfactantes como Tween 20 permiten a las plantas a reducir la tensión superficial y mejoran la dispersión de las esporas en las gotas. Hay que tener en cuenta la posible acción inhibitoria / estimuladora del surfactante en la germinación de las esporas, infección y desarrollo.

Biobactericidas

Hasta el momento solamente existen productos basados en bacterias como ACB para el control de enfermedades bacterianas (Tabla 3):

AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO (ACB)	Tipo de ACB	PATÓGENO	PRODUCTOS COMERCIALES
Bioherbicidas			
<i>Pseudomonas syringae</i> pv <i>tagetis</i>	Bacteria	<i>Cirsium arvense</i>	NA (Encore Technologies)
<i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>poacea</i>	Bacteria	<i>Poa annua</i>	Camperico (Japan Tobacco)
<i>Phytophthora palmivora</i> MWN	Hongo	<i>Morrenia odorata</i>	DeVine (Abbott)
<i>Colletotrichum gleosporioides</i>	Hongo	<i>Cuscuta</i> sp., <i>Grammica</i> sp., <i>Hakea sericea</i>	Luboa II (Ningxia Region), NA (Plant Protection Research Inst. - S. Africa)
<i>C. gleosporioides</i> fs <i>malvae</i>	Hongo	<i>Malva pusilla</i>	Mallet W. P. (Encore Technologies)
<i>C. gleosporioides</i> fs <i>aeschynomene</i>	Hongo	<i>Curly indigo</i>	Collego (Encore Technologies)
<i>C. coccodes</i>	Hongo	<i>Abutilon theophrasti</i>	Velgo
<i>C. truncatum</i>	Hongo	<i>Sesbania exalta</i>	Coltru (Tektran)
<i>Alternaria cassia</i>	Hongo	<i>Senna obtusifolia</i>	CASST (Mycogen Corp.)
Biobactericidas			
<i>Agrobacterium radiobacter</i> cepa K84	Bacteria	Tumores de cuello (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)	Galltrol-A (AgBioChem), Diegall (Bio-Care Technologies)*
<i>A. radiobacter</i> cepa 1026	Bacteria	Tumores de cuello (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)	Nogall (Bio-Care Technology)
<i>Pseudomonas solanacearum</i> no patogénic.	Bacteria	<i>Pseudomonas solanacearum</i> patogénica	PSSOL (Natural Plant Protection)
<i>P. fluorescens</i> A 506	Bacteria	Heladas, <i>Erwinia amylovora</i>	BlightBan A506 (Plant Health Technologies)
Bacteriófago	Bacteriófago	<i>Pseudomonas tolaasii</i>	Phagus (Natural Plant Protection)
Bionematicidas			
<i>Mirothecium verrucaria</i>	Hongo	Nematodos	DiTera (Abbott)
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Hongo	Nematodos	Paecil = Bioact (Technological Innovation Corporation)
<i>Bacillus firmus</i>	Bacteria	Nematodos agalladores (<i>Meloidogyne</i> sp)	BioNem, BioSave (Minrav Infrastructures)

Tabla 3. Bioherbicidas, biobactericidas y bionematicidas formulados a partir de bacterias o hongos, comercializados en diferentes países.

Bacterias: *Agrobacterium radiobacter* (Beijerinck y van Deiden) Conn cepa K86 empezó a comercializarse en 1973 para el control del tumor de cuello causado por *Agrobacterium tumefaciens* (Smith y Townsend) Conn. Su control se debía a la presencia de agrocina 84 y 434. La producción de agrocina 84 es codificada por un plásmido (pAgK84) que también contiene genes que codifican para la resistencia a la agrocina 84 y a la transferencia por conjugación (Tra). Con el fin de prever la conjugación y transferencia del gen que de la resistencia a agrocina al patógeno, transformándolo en resistente, la empresa australiana Bio-Care Technology desarrolló en 1991 una cepa genéticamente modificada sin el gen Tra, comercializándose como NOGALL, (WILSON & BACKMAN, 1998; PENYALVER, y col., 2000)

Pseudomonas fluorescens se aplica en forma de spray para combatir *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow en frutales y hortícolas, así como los efectos provocados por heladas (www.ars-grin.gov).

Natural Plant Protection, en Francia, han desarrollado una suspensión bactericida a base de un bacteriófago capaz de controlar la pudrición radicular causada por *Pseudomonas tolaasii* Paine en cultivos de champiñones (*Agaricus* spp.) y *Pleurotus* spp (www.ars-grin.gov). Esta misma empresa comercializa PSSOL formulado para el control de *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi basado en una cepa no-patogénica.

Bionematicidas

Pocos son los productos bionematicidas que se comercializan (Tabla 3). La ma-

yoría de organismos estudiados son de tipo fúngico aunque también existen algunas bacterias:

Bacterias: ensayos realizados desde hace décadas con *Pasteuria penetrans* Sayre y Starr demuestran su capacidad en controlar nematodos, pero la complejidad del cultivo, la dificultad de producir esporas en cantidades elevadas (10^{13} esporas/l), y la especificidad huésped-bacteria, son las principales limitaciones para su uso a nivel comercial (STRIBLING, 1991). En Israel se comercializa BioSafe y BioNem, dos productos basados en la bacteria *Bacillus firmus* Bredemann y Werner para el control del nematodo agallador *Meloidogyne* sp.

Hongos: Ciertas especies de hongos como *Nematophthora gynophila* Kerry y Crump, *Arthrobotrys oligospora* Fresenius, *Paecilomyces lilacinus* (Thom), y *Verticillium chlamydosporium* Goddard son parásitos de nematodos (CABANILLAS y col., 1989; KERRY, 1993; STRIBLING, 1991). Pero no existe su producción a nivel comercial debido a su lento crecimiento en condiciones *in vitro*, el poco tiempo de supervivencia del cultivo, sus requerimientos nutricionales y algunas inconsistencias entre los distintos ensayos de campo.

DiTera (laboratorios Abbott) es un nematicida de amplio espectro de origen microbiano producido por la fermentación sumergida de *Myrothecium verrucaria* (Albertini y Scheinitz) Ditmar, sin estar constituido el producto por propágulos viables (FERNÁNDEZ, y col., 2001; GRAU y col., 1997).

Conclusiones

Aunque el progreso en la investigación y uso de agentes de control biológico ha sido menor del esperado en un principio, la aplicación de estos productos está empezando a asumir un papel importante en el campo de la agricultura del futuro. Y a pesar de que la efectividad de los biopesticidas no alcance por lo general el 100%, su aplicación junto otros métodos alternativos a los productos químicos permitirá obtener rendimientos satisfactorios sin perjudicar el entorno. Los autores apostamos por un esfuerzo mayor en investigación en esta línea a fin de obtener mejores formulaciones para nuevos biopesticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- BACKMAN, P. A., WILSON, M., MURPHY J. F. 1997. *Bacteria for biological control of plant diseases*. Rechcigl, N.A. y Rechcigl, J.E. (Ed.), *En Environmentally safe approaches to crop disease control*. Boca Raton, Florida, USA.
- BOYETCHKO, S., PEDERSEN, E., PUNJA, Z., REDDY, M. 1998. *Formulations of Biopesticides*. Hall F.R. & Barry J.W. Editores *En Methods in Biotechnology*, vol 5: 487-508. Humana Press, Totowa, NJ.
- CABANILLAS, E., BARKER, K.R., NELSON, L. A. 1989. *Survival of Paecilomyces lilacinus in selected carriers and related effects on Meloidogyne incognita on tomato*. *Journal of Nematology* 21: 121-130
- DE LIÑÁN, C. 2001. *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Ediciones Agrotécnicas S.L., Madrid. 670 pp.
- FERNÁNDEZ, C., KLOPPER, J. W., RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. 2001. *Induced soil suppressiveness to root-knot nematodes by a nematicide*. *Biological Control* (en prensa)
- GAERTNER, F. H. 1990. *Cellular delivery systems for insecticidal proteins: living and non-living microorganisms*. R.M. Wilkins (Ed.). *En: Controlled Delivery of Crop-Protection Agents*. Taylor & Francis. 245-257
- GAERTNER, F. H., QUICK, T. C., THOMSON, M. A. 1993. *CellCap: an encapsulation system for insecticidal biotoxin proteins*. Kim, L. (Editor) *En: Advanced Engineered Pesticides*. Marcel Dekker, New York, páginas 73-83
- GLASS, D. J. 1995. *Biotic effects of soil microbial amendments*. Rechcigl, J.E. (Ed.) *En: Soil amendments. Impacts on Biotic Systems*. Lewis Publishers, CRC Press, Inc.
- GRAU, P., REHBERGER, L., HOPKINS, R., WARRIOR, P. 1997. *Development of DiTera -- a biological nematicide*. *Journal of Nematology*, 4: 579 (Abstract)
- KERRY, B. 1993. *The use of microbial agents for the biological control of plant parasitic nematodes*, 81-104 D.G. Jones (Ed.), *En: Exploitation of Microorganisms*. Chapman & Hall, Londres.
- LUMSDEN, R. D., LEWIS, J. A., FRAVEL, D. R. 1995. *Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soilborne plant pathogens*. Hall F.R. & Barry J.W. (Eds.) *En: Biorational Pest Control Agents. Formulation and delivery*. American Chemical Society, Washington, DC.
- PENYALVER, R., VICEDO, B., LOPEZ, M. M. 2000. *Use of the genetically engineered Agrobacterium strain K1026 for biological control of crown gall*. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 801-810.
- PINCHET, J., CALVET, C., CAMPRUBI, A., FERNÁNDEZ, C. 1996. *Interaction between migratory endoparasitic nematodes and arbuscular mycorrhizal fungi in perennial crops: a Review*. *Plant and Soil*, 185:183-196.
- POWELL, K. A., JUTSUM, A. R. 1993. *Technical and commercial aspects of biocontrol products*. Elsevier Applied Science Publishers, 37: 315-321
- REALPE, M., MONTOYA D., ORDUZ, S. 1998. *Bacillus thuringiensis: legado para el siglo XXI*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 1: 11-27
- RHODES, D. J., POWELL, K. A., MACQUEEN, M. P., GREAVES, M. P. 1990. *Controlled delivery of biological control agents*. Wilkins, R. M. (Ed.), *En: Controlled Delivery of Crop-Protection Agents*
- RODRÍGUEZ-KÁBANA, CANULLO, G. H. 1992. *Cropping systems for the management of phytonematodes*. *Phytoparasitica* 20: 211-224.
- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., MORGAN-JONES, G., CHET, I. 1987. *Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists*. *Plant and Soil*, 100:237-247
- STIRLING, G.R. 1991. *Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems, and prospects*. CAB International, Wallingford, Oxon, 282 pp
- WALTER, J. F., PAAU, A. S. 1993. *Microbial Inoculant Production and Formulation*. Metting, F. B. (Ed.). *En: Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural & Environmental Management*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA, 646 pp.
- WILSON, M., BACKMAN P. A. 1998. *Biological control of plant pathogens*. Ruberson, J. R. (Ed.). *En: Handbook of Pest Management*. Marcel Dekker.