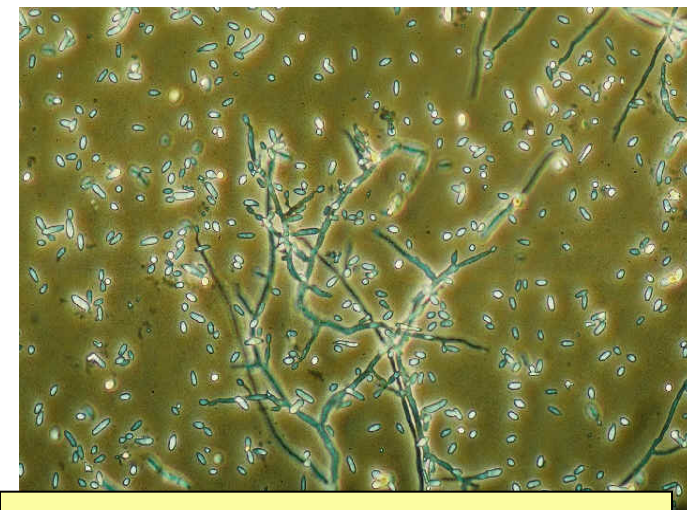


Funghi entomopatogeni



Germinazione di conidi



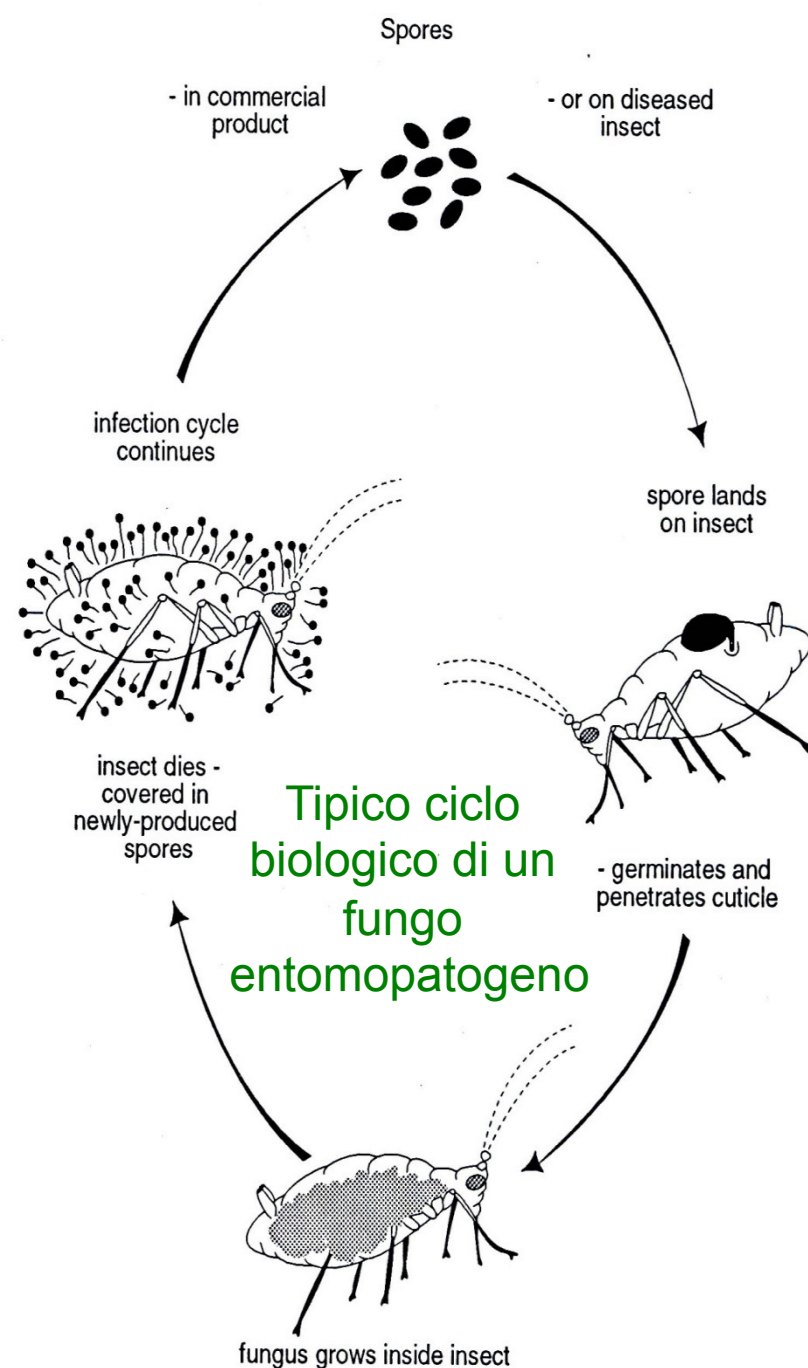
Micelio di *Beauveria*

- Eucarioti eterotrofi uni o pluricellulari
- Riproduzione per zoospore
 - Sessuali e asessuali
 - Propagazione per mezzo di conidi
- Conidio (unità infettiva)
- Tubo germinativo
- Ifa
- Micelio (più ife)
 - Nell'ospite lo sviluppo avviene con la formazione di *blastospore* che si moltiplicano per gemmazione

Regno Mycota:

Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota

- La classificazione è basata sulle strutture delle forme sessuate (e sul DNA)
- Deuteromycotina: gruppo di funghi che ha perso la capacità di produrre spore sessuali, o le produce solo raramente. Comprende la maggior parte dei funghi entomopatogeni
- Si conoscono più di 750 specie di Funghi patogeni di invertebrati, appartenenti a 100 generi diversi
- Solo una quindicina sono utili per il controllo microbiologico
- Due le classi importanti
 - **Phomycetes**, caratterizzati cioè dall'avere solo uno sviluppo vegetativo
 - **Entomophthorales**



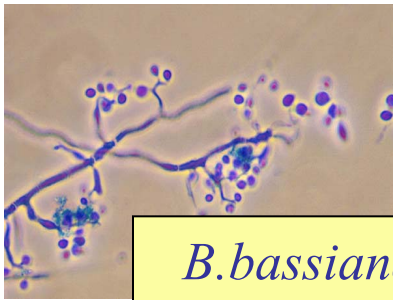
- Macchie nere sulla cuticola
 - Siti di penetrazione del tubo germinativo
- Alterazioni cromatiche
- Rigidità del corpo

I sintomi



Azione

- ✓ Azione per contatto
 - ✓ Adesione dei conidi alla cuticola
- ✓ Germinazione dei conidi (attivati da stimoli chimici presenti nell'epicuticola)
- ✓ Penetrazione attraverso la cuticola (pressione meccanica e azione chimica tramite enzimi digestivi)
- ✓ Diffusione del micete nell'emocele (in circa 24 h, con produzione di tossine e antibiotici per contrastare le difese immunitarie dell'ospite)
- ✓ L'ospite muore dopo 2 - 7 giorni



B. bassiana

- Entomophthorales
 - Difficile la produzione massale
 - Metodo inoculativo
- Hyphomycetes
 - Produzione massale più semplice perché anche saprofiti (richiesta nutrizionale flessibile)
 - Metodo inondativo

- *Entomophaga maimaiga* (Lepidotteri)
- *Entomophaga grylli* (Ortotteri)
- *Entomophthora muscae* (Ditteri)
- *Neozygites* spp. (Acari, Collemboli, Tripidi e Afidi)
- *Conidiobolus* spp. (Sciaridi e altri terricoli)
- *Pandora (Erynia) neoaphidis* (Afidi)

■ Chromista (ex Oomycetes)



E. muscae

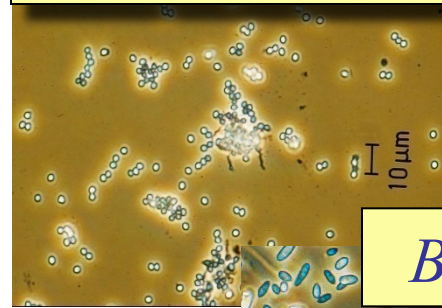
- Più vicino ai Protozoi che ai funghi
- Annovera 2 specie patogene per le zanzare: *Lagenidium giganteum* e *Coelomomyces stegomyiae*

Gli Ifomiceti

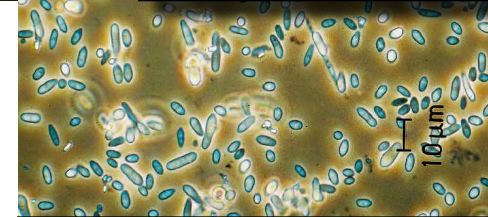
- ***Beauveria bassiana*, *B. brogniartii***
 - Coleotteri, Emitteri, Lepidotteri, Ortotteri, Isotteri
- ***Metarhizium anisopliae*, *M. anisopliae* var. *acridum*, *M. flavoviridae***
 - Isotteri, Coleotteri, Emitteri, Ortotteri
- ***Paecilomyces fumosoroseus*, *P. farinosus*, *P. lilacinus***
 - Emitteri
- ***Verticillium lecanii***
 - A seconda dei ceppi può infettare Afidi, Cocciniglie, Aleirodidi, Tripidi e Acari

Hirsutella thompsoni, *H. citriformis*,
Nomuraea rileyi, *Aschersonia aleyrodis*, *A. cubensis*

conidi



B. bassiana



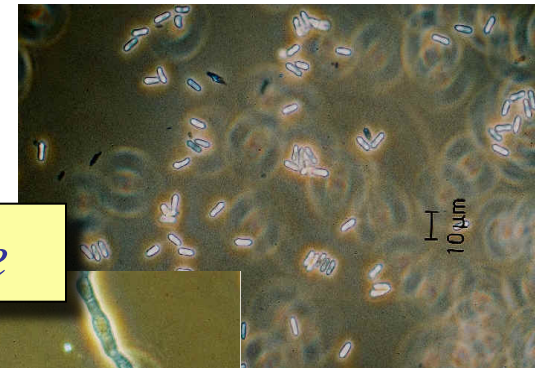
blastospore

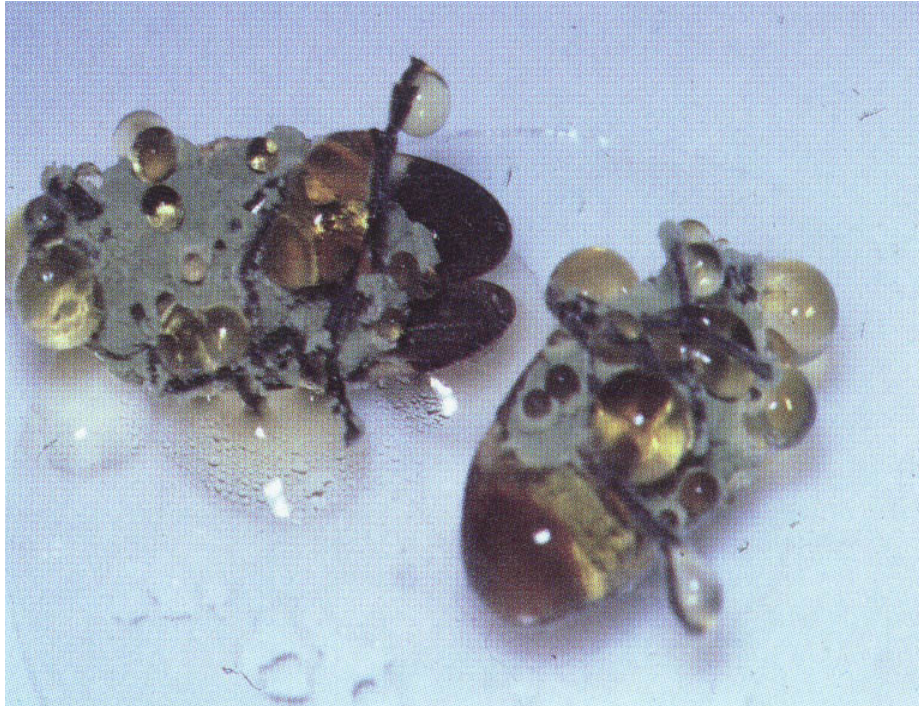
M. anisopliae



blastospore

conidi





Metarhizium anisopliae

(Deuteromycotina:

Hyphomycetes)

Infezione di *Aenolamia varia*

(Hemiptera: Cercopidae)



Beauveria bassiana

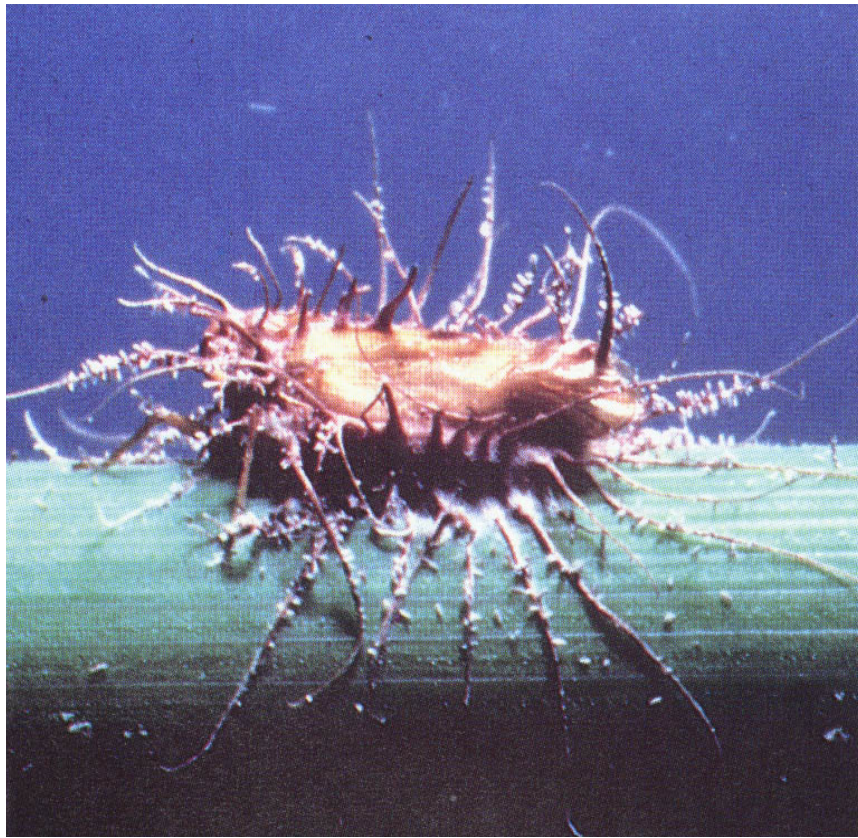
(Deuteromycotina:

Hyphomycetes)

Infezione di *Schistocerca*

gregaria

(Orthoptera: Acrididae)



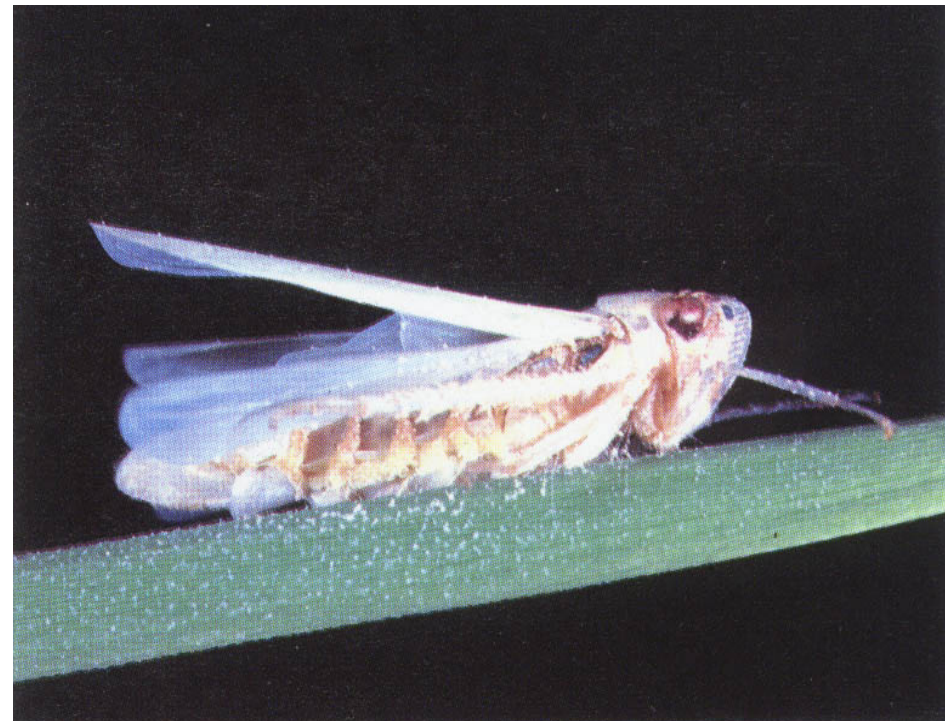
Hirsutella citrifomis
 (Deuteromycotina:
 Hyphomycetes)
 Infezione di *Nilaparvata*
lugens
 (Hemiptera: Delphacidae)



Aschersonia cubensis
 (Deuteromycotina:
 Coelomycetes)
 Infezione di cocciniglie
 (Hemiptera: Diaspididae) su
 foglie di arancio



Entomophthora muscae
(Zygomycotina:
Zygomycetes)
Infezione di *Delia* sp.
(Diptera: Anthomyiidae)



Erynia delphacis
(Zygomycotina: Zygomycetes)
Infezione di *Cofana spectra*
(Hemiptera: Cicadellidae)

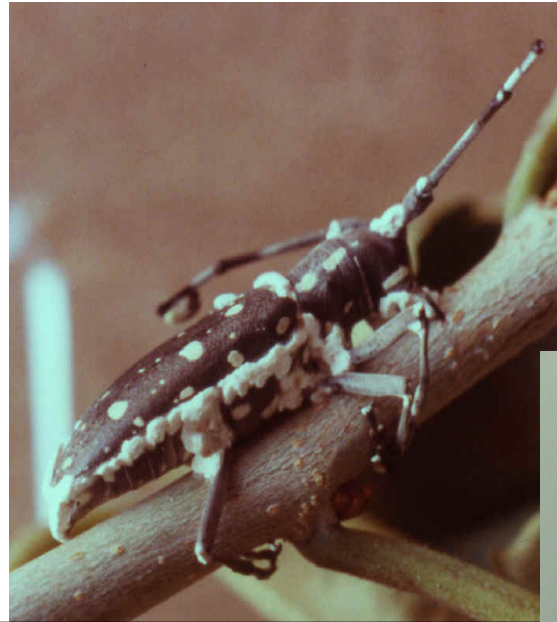
Le micotossine

- *Beauveria bassiana*
 - beauvericina, bassianolide, beauveriolide, oosporina (antibiotico)
 - *Metarhizium anisopliae*,
 - destruxine
 - *Hirsutella thompsoni*
 - hirsutellina
 - *Paecilomyces*
 - beauvericina
 - *Tolypocladium*
 - efrapeptine
- Benefici e potenziali pericoli
 - Produzione di antibiotici
 - effetti tossici su animali superiori (*Beauveria*) e sull'uomo (infezioni da *Metarhizium* e *Paecilomyces*)
 - Allergia causata dalle spore

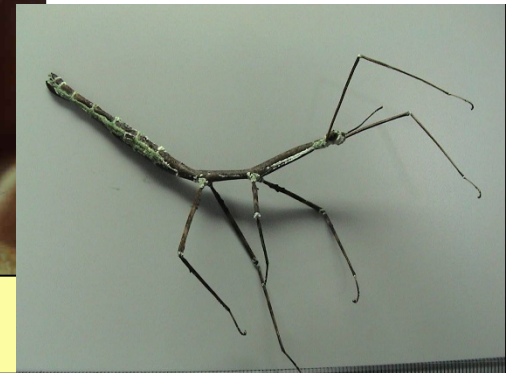


- Produzione massale su diete artificiali
 - In Cina annualmente la *B. bassiana* viene utilizzata su circa 1 milione di ettari
- Su substrati solidi (riso, cereali) con la raccolta dei conidi, che rappresentano la naturale forma di dispersione del fungo
- Formulazione in sospensioni oleose
 - Vengono aggiunti coadiuvanti per stabilizzare il prodotto e proteggere le spore dagli agenti atmosferici, soprattutto gli UV22

Produzione



Beauveria bassiana



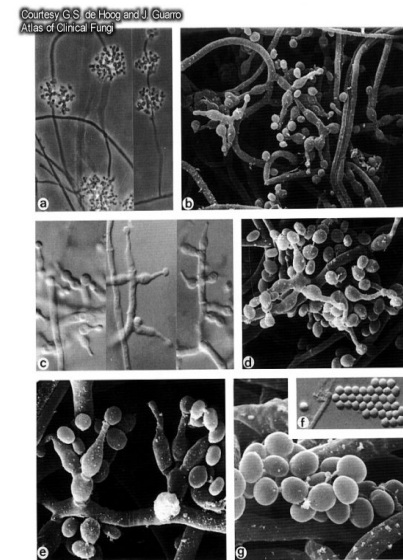
*Metarhizium
anisopliae*



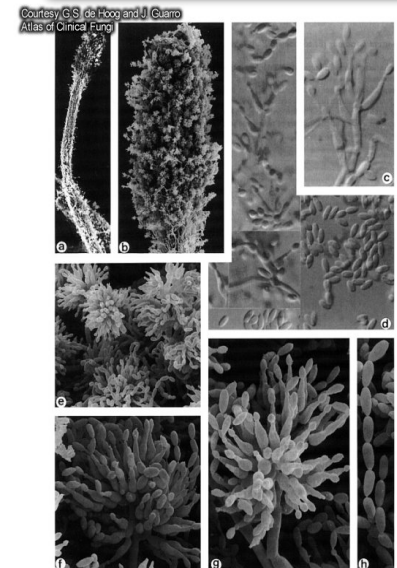
formulati

Biological Insecticides (fungus)

- *Beauveria bassiana*
 - Ostrinil (NPP e Calliope), BotaniGard, Ghamycotrol e Mycotrol (Emerald BioAgriculture), Naturalis e Boveral OF (Intrachem), Biopower (Stanes), Conidia (Live Systems Technology), Proecol (Probioagro), Beauverin (URSS), Boverol e Boverosil (ex Cecoslovacchia), Racer (Agri Life)
- *Beauveria brognartii*
 - Engerlinspilz (Andermatt), Betel (NPP), Melocont-Pilzgerste (Agrifutur e Kwizda AGRO), Schweizer Beauveria (Eric Schweizer)
- *Lecanicillium lecanii*
 - Mycotal e Vertalec (Koppert), Bio-Catch (Stanes), Mealikil (Agri Life)
- *Metarhizium anisopliae*
 - Bioblast (EcoScience e Terminex), Bio-Path (EcoScience), Bio-Catch M (Stanes), Cobican (Probioagro), New Bio 1020, Taenure e Taerain (Earth BioScience), Pacer (Agri Life)



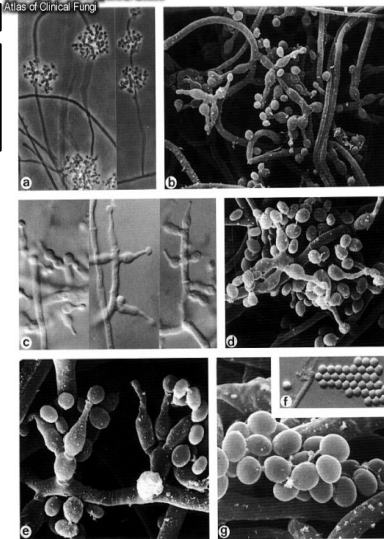
B. bassiana



P. fumosoroseus

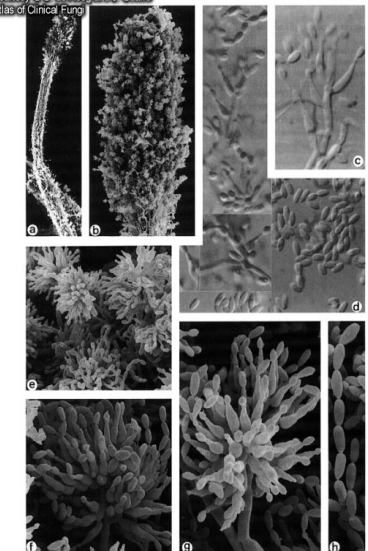
formulati

Courtesy G.S. de Hoog and U. Guarro
Atlas of Clinical Fungi



B. bassiana

Courtesy G.S. de Hoog and U. Guarro
Atlas of Clinical Fungi



P. fumosoroseus

Biological Insecticides (fungus)

- *Metarhizium anisopliae* var. *acridium*
 - Green Muscle (NPP)
- *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*
 - BioCane (Becker Underwood)
- *Metarhizium anisopliae* isolate ICIPÉ 30
 - Muchwatox (ICIPÉ)
- *Metarhizium anisopliae* isolate ICIPÉ 69
 - Metathripol (ICIPÉ)
- *Metarhizium flavoviride* var. *flavoviride*
 - BioGreen (Becker Underwood)
- *Verticillium lecanii*

Biological Insecticides and acaricide (fungus)

- *Paecilomyces fumosoroseus*
 - PreFeRal (Certis e Biobest), PFR 97 (Certis), Priority (Stanes), Pae-Sin (Agrobionsa)
 - ***Entomophaga maimaiga***
Recenti tentativi di introduzione in Sardegna

Funghi entomopatogeni in Italia

- Isolamenti da ambienti naturali (esemplari infetti e suolo)
 - Sperimentazioni di campo con la *B. brognartii* su Scarabeidi
 - Alcuni formulati di recente registrazione a base di *B. bassiana* e *M. anisopliae*
 - Esperienze significative di controllo microbiologico presso il laboratorio di Patologia degli Insetti del DiSSPA, Università di Bari
- Alcuni dei Funghi entomopatogeni isolati in Italia
 - Beauveria bassiana*
 - B. brognartii*
 - Metarhizium anisopliae*
 - Paecilomyces lilacinus*
 - Penicillium* spp.
 - Gliocladium roseum*
 - Scopulariopsis brevicaulis*



I nematodi entomoparassiti

- Organismi eucarioti vermiformi, lunghi e a simmetria bilaterale, rivestiti da una cuticola che cambiano durante le mute.



- Nel Phylum Nematoda vi sono molti antagonisti degli insetti
 - 8 ordini annoverano specie parassite di insetti
 - tutti gli insetti possono essere attaccati, in tutti gli stadi tranne quello di uovo; non si conoscono infatti nematodi oofagi.

- Il parassitismo nei nematodi si è sviluppato secondo 3 linee evolutive indipendenti

- Nematodi associati con batteri (Rhabditida e Oxyurida)
- Nematodi che “provengono” dai nematodi fitoparassiti
- Nematodi che “provengono” dalle specie predatrici (Dorylaimida)



- Lo stadio infettivo è diverso a seconda dei gruppi:

- L'uovo nei Thelastomatidae
- Il secondo stadio giovanile nei Mermithidae
- Il terzo stadio giovanile nei Rhabditida
- La femmina fecondata negli Allantonematidae

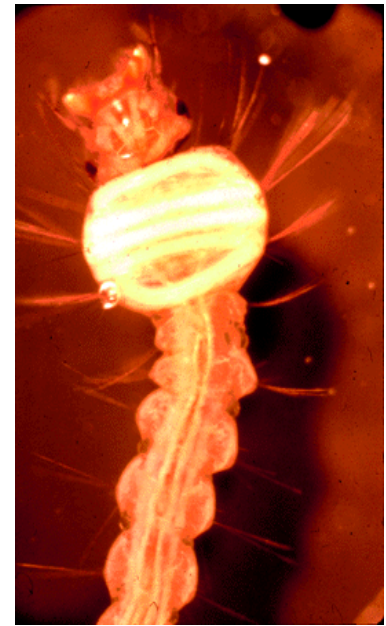
- Le specie di nematodi più importanti per il controllo microbiologico:

- **Steinernematidae**
- **Heterorhabditidae**
 - Mermithidae
 - Neotylenchidae



Mermithidae

- Parassiti obbligati di molti invertebrati. Misurano (5–20 cm)
- Una specie utilizzata per il controllo di larve di Culicidi, ***Romanomermis culicivorax*** (Skeeter Doom®).
- Le femmine si trovano in terreni umidi. Lo stadio infettivo penetra con l'aiuto di uno stiletto nelle giovani larve di zanzare, nutrendosi del loro contenuto e uccidendole.



Neotylenchidae

- *Deladenus siricidicola*, parassita di *Sirex noctilio*
- Ciclo con due fasi: una micetofaga, su *Amylostereum aerolatum* e una entomoparassita, in cui le femmine del nematode penetrano nelle larve del *Sirex*, e quando questo si impupa passano nelle sue gonadi infestando poi le uova.



Steinernematidae ed Heterorhabditidae

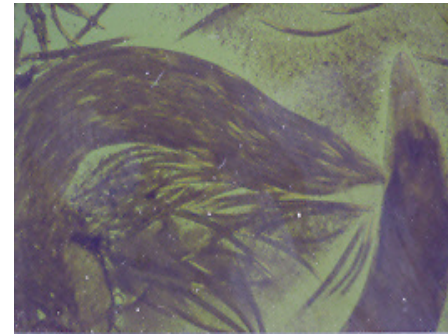
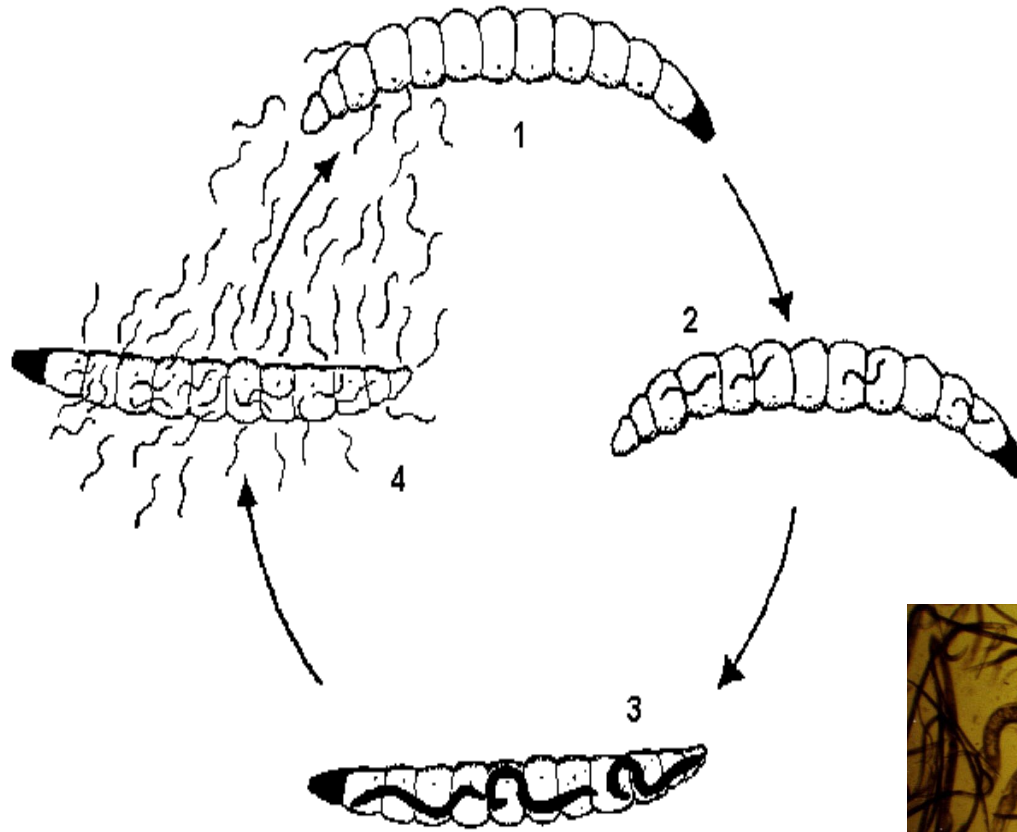


- Piccoli (meno di 1-3 mm) nematodi terricoli.
- Al momento se ne conoscono 50 specie, 37 appartenenti al genere ***Steinernema***, 1 al genere ***Neosteinerema*** e 12 al genere ***Heterorhabditis***
 - Tra le specie nuove recentemente descritte: ***S. apuliae*** (Italia), *S. scarabaei* (USA) ed *H. baujardi* (Vietnam)
- Sono diffusi in natura e parassitizzano un gran numero di insetti, soprattutto nel suolo.
- **La ragione della loro infettività** è la simbiosi mutualistica con batteri (*Photorhabdus* spp. per gli Eterorabditidi e *Xenorhabdus* spp. per gli Steinernematidi)
- Bio-insetticidi non tossici per i vertebrati. Innocui per l'uomo e l'ambiente
- Agenti di controllo biologico prodotti nelle biofabbriche (sono i più diffusi dopo il *Bt*)

Ciclo biologico



- Uovo
- 4 stadi giovanili
- adulto



Endotokia
matricida



Steinernema: anfigonia

Heterorhabditis: ermafroditismo (prima generazione)

La simbiosi nematode-batteri

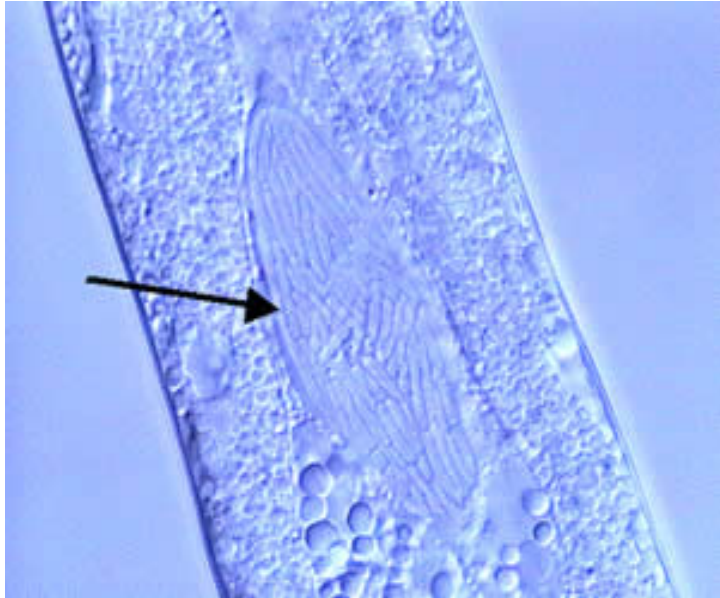


cambio di colore



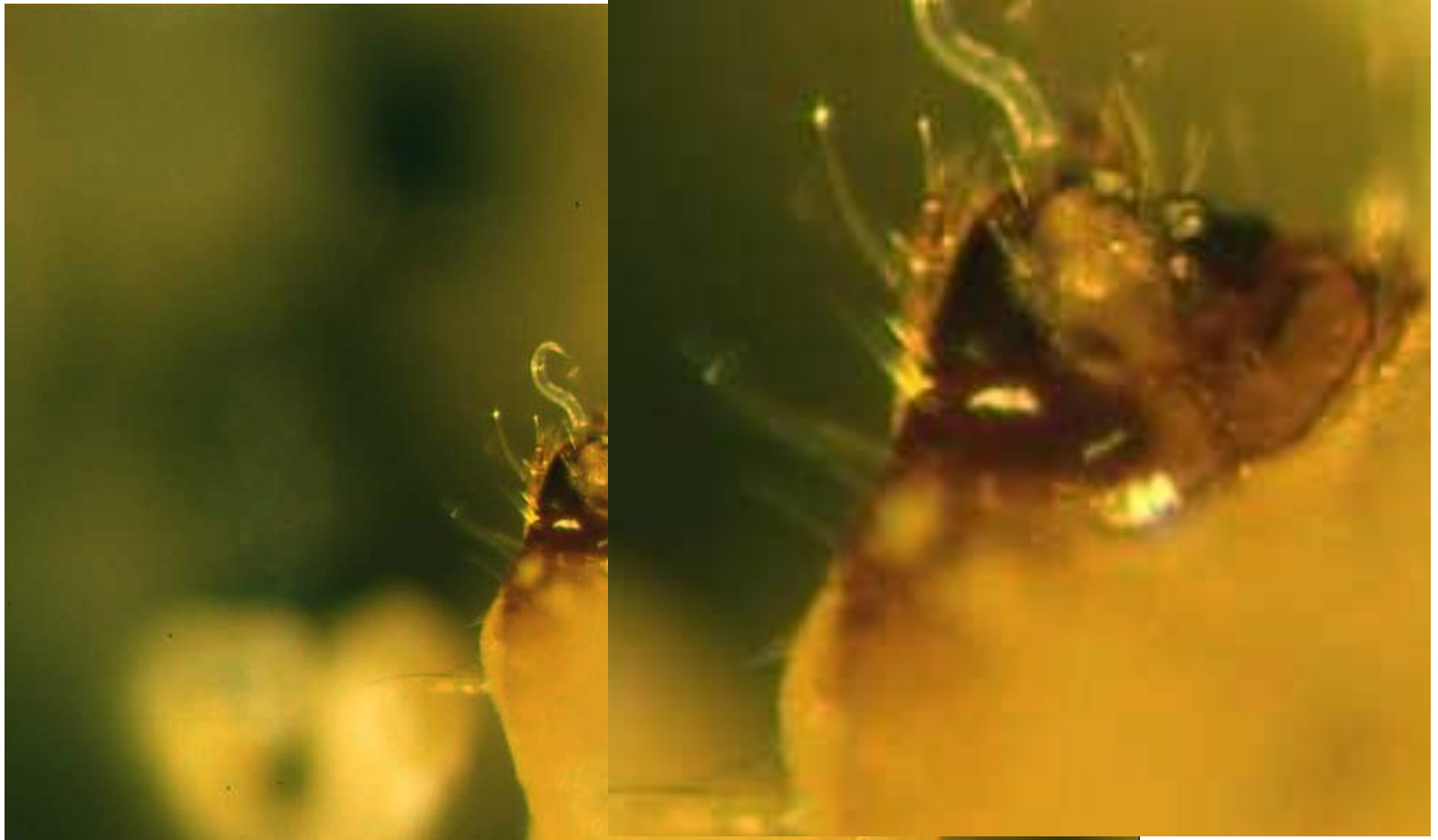
- Simbiosi mutualistica
 - I batteri vengono rilasciati nell'emolinfa dove si moltiplicano producendo tossine, enzimi e antibiotici
 - I nematodi possono uccidere l'ospite anche da soli, ma senza i batteri non possono riprodursi
 - I batteri trasformano i tessuti dell'insetto in un "brodo nutritivo", ideale per lo sviluppo dei nematodi
 - I nematodi sono il mezzo di trasporto dei batteri e forniscono loro protezione

I batteri simbiotici e i loro metaboliti



- *Photorhabdus* – *Heterorhabditis*
 - Simbiosi molto specifica, 1 specie di batterio è associata ad 1 sola specie di nematode
 - *Xenorhabdus* – *Steinernema*
 - Simbiosi meno specifica, 1 specie di batterio può essere associata a più specie di nematodi
-
- I metaboliti dei batteri (xenorhabdine, xenocumacine, etc.)
 - Attività antimicrobica, insetticida, nematocida, antiulcera, antitumorale e antivirale
 - Utilizzo dei batteri per la produzione di antibiotici

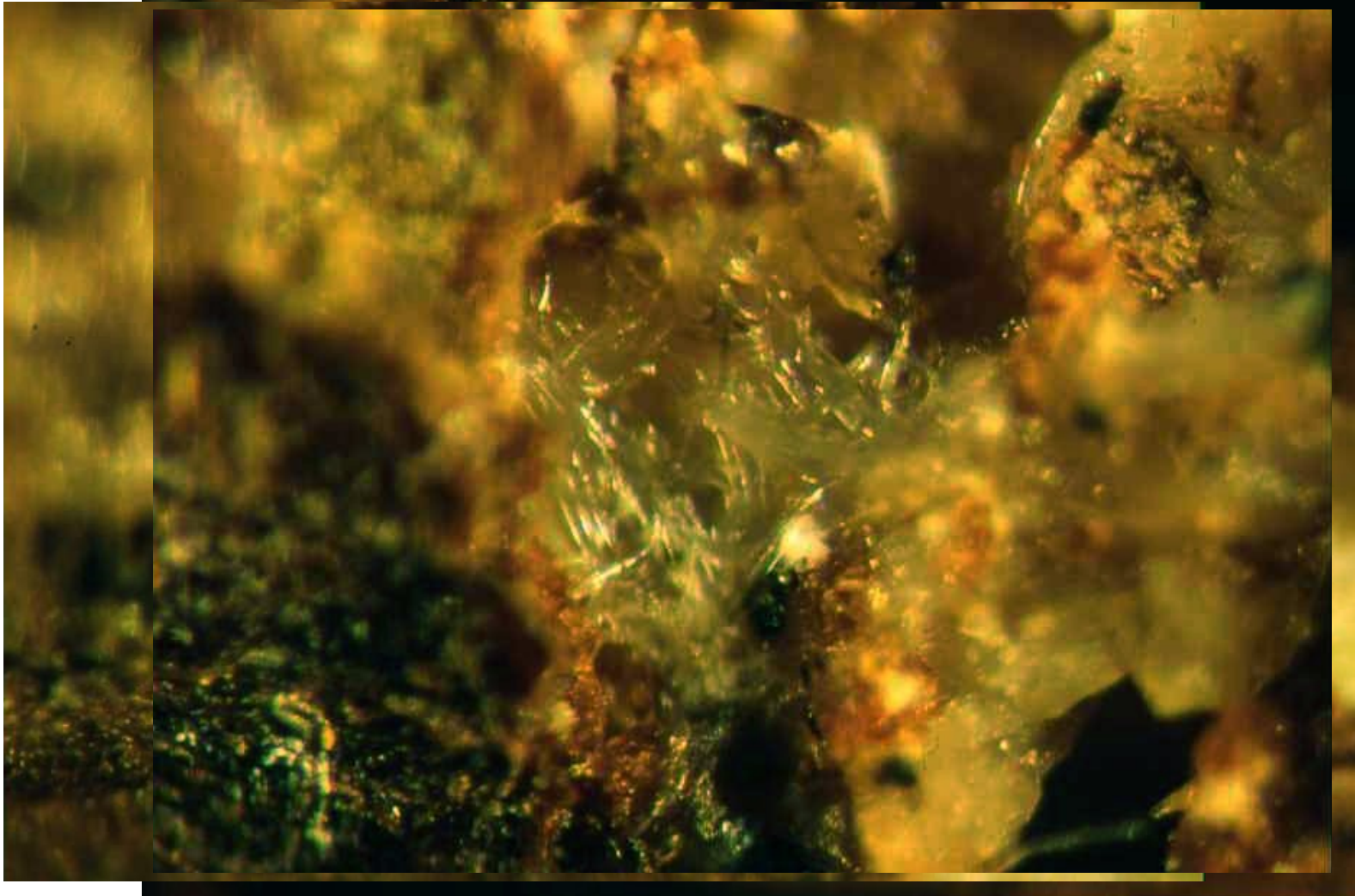
Stadio infettivo di
Steinernema feltiae che
sta entrando in una
larvetta di buprestide





Una volta penetrati nell'ospite e rilasciati i batteri, i nematodi cominciano a svilupparsi, si moltiplicano e compiono all'interno dell'ospite più generazioni (2-3 in genere), fino a quando c'è disponibilità di cibo. La mancanza di cibo induce la formazione degli stadi infettivi (III stadio giovanile) che abbandonano il cadavere e sono pronti a infestare un nuovo ospite

Lo stadio infettivo (dauer juvenile) dei nematodi entomoparassiti, che si forma in conseguenza di particolari condizioni di stress (mancanza di cibo, temperature estreme), è dotato di particolari adattamenti morfologici e fisiologici per sopravvivere senza alimentarsi, in attesa di un nuovo ospite.



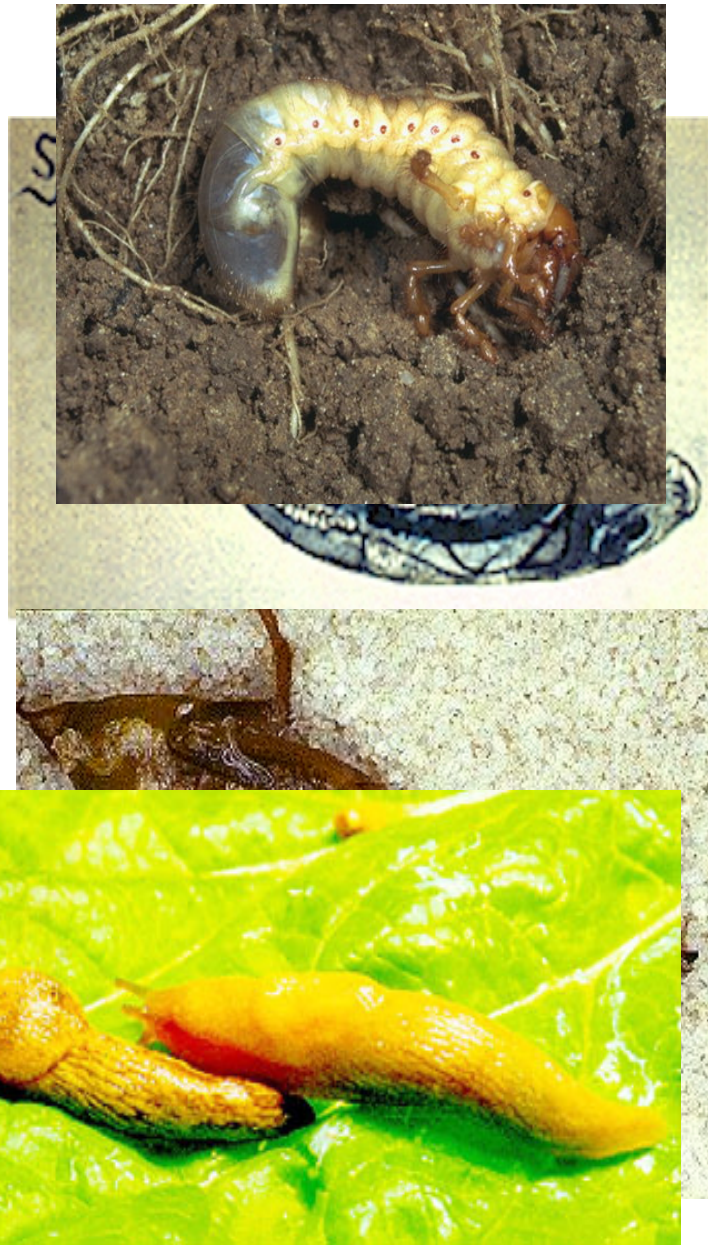
le specie attualmente in commercio

Le specie più efficaci ed utilizzate:

- *Steinernema carpocapsae*, *S. kraussei* (insect parasitic nematode), *S. feltiae* (sciarid fly parasitic nematode), *S. glaseri* (white grub parasitic nematode), *S. riobrave* (soil insect parasitic nematode), *S. scapterisci* (mole cricket parasitic nematode),
- *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis*
- *Phasmarhabditis hermaphrodita*
 - “Mollusc parasitic nematode” isolato in Inghilterra da individui infetti; il batterio simbionte è *Moraxella osloensis*

Altre specie:

- *S. affine*, *S. arenarium*, *S. apuliae*, *S. ichnusae* e *S. vulcanicum*
- *Heterorhabditis indica*



produzione, conservazione, distribuzione e formulazioni commerciali

- ✓ La produzione può avvenire “in vitro” o “in vivo”
- ✓ Si conservano in frigoriferi o congelatori a temperature variabili dai 4 ai 10 °C
- ✓ Le formulazioni sono in polvere, granuli, spugne o gel (formule per il disseccamento degli insetti)
- ✓ Recentemente sono state sviluppate applicazioni per cocciniglie e altri insetti nocivi
- ✓ Per la distribuzione si utilizzano macchine irroratrici



Bio
fabbriche



Prodotti a base di nematodi entomopatogeni

- *Heterorhabditis bacteriophora* / *H. megidis* / *Steinernema*
 - Heteromask (BioLogic), LawnPatrol (Hydro-Gardens), Larvanem (Koppert), *Heterorhabditis bacteriophora* (Biocontrol Network e Rincon- Vitova), B-Green (Biobest), Nema-green e **Nematop** (e-nema) **Optinem** (Agrifutur)
 - **Nemasys** H e Nemasys G (Becker Underwood, Intrachem), *Heterorhabditis* system (Biobest)
- *Phasmarhabditis hermaphrodita*



1997
26 endogenous
strains **4** EPN
species

EUSTACHIO TARASCO - ORESTE TRIGGIANI^o
Istituto di Entomologia Agraria, Università degli Studi, Bari

Survey of *Steinernema* and *Heterorhabditis* (Rhabditida: Nematoda) in Southern Italian soils *

Journal of Helminthology (2015) 89, 359–366
© Cambridge University Press 2014



doi:10.1017/S0022149X14000194

Biodiversity of entomopathogenic nematodes in Italy

2015
133 endogenous
strains
12 species

E. Tarasco¹, M. Clausi^{2*}, G. Rappazzo², T. Panzavolta³, G. Curto⁴,
R. Sorino⁵, M. Oreste¹, A. Longo², D. Leone², R. Tiberi³,
M.T. Vinciguerra² and O. Triggiani¹

Steinernema ichnusae

Tarasco, Mráček, Nguyen &
Triggiani, 2008

. Collected from coastal biotopes of Sardinia Island for the first time, this species was recently recovered also from Sicily and Campania Regions

. Habitat: coast, pinewoods

. Similar soil characteristics: sand

. Altitude: 0-100 mt a.s.l.

. pH: 7.6 - 8.0

. Organic content: 5.2 – 5.6 %



Journal of Invertebrate Pathology 99 (2008) 173–185



Contents lists available at ScienceDirect

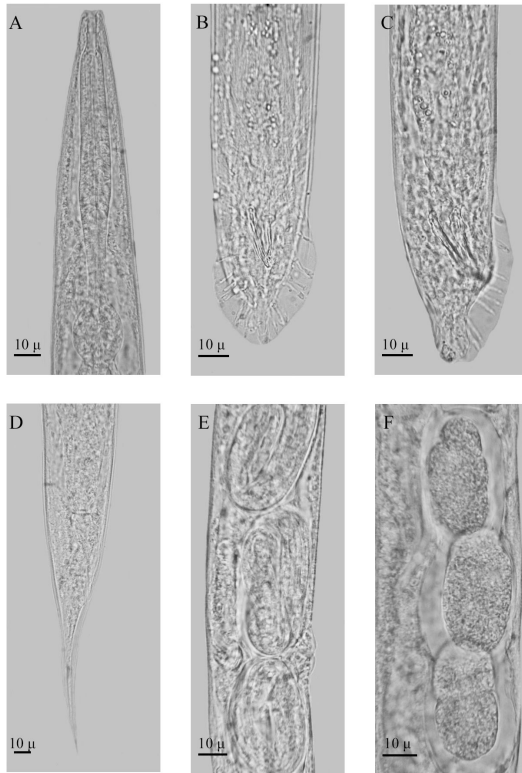
Journal of Invertebrate Pathology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/yjipa



Steinernema ichnusae sp. n. (Nematoda: Steinernematidae) a new entomopathogenic nematode from Sardinia Island (Italy)

Eustachio Tarasco^{a,*}, Zdenek Mráček^b, Khuong B. Nguyen^c, Oreste Triggiani^a



2015
The thirteenth
EPN species
Oscheius onirici



Zootaxa 3937 (3): 533–548
www.mapress.com/zootaxa/

Copyright © 2015 Magnolia Press

Article

<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3937.3.6>

<http://zoobank.org/um:lsid:zoobank.org:pub:5926FFB2-2E92-4CCD-A17F-2A8D4F82C51E>

ISSN 1175-5326 (print edition)

ZOOTAXA

ISSN 1175-5334 (online edition)

***Oscheius onirici* sp. n. (Nematoda: Rhabditidae): a new entomopathogenic nematode from an Italian cave**

GIULIA TORRINI¹, GIUSEPPE MAZZA¹, BEATRICE CARLETTI¹, CLAUDIA BENVENUTI¹,
PIO FEDERICO ROVERSI¹, ELENA FANELLI², FRANCESCA DE LUCA²,
ALBERTO TROCCOLI² & EUSTACHIO TARASCO^{2,3}



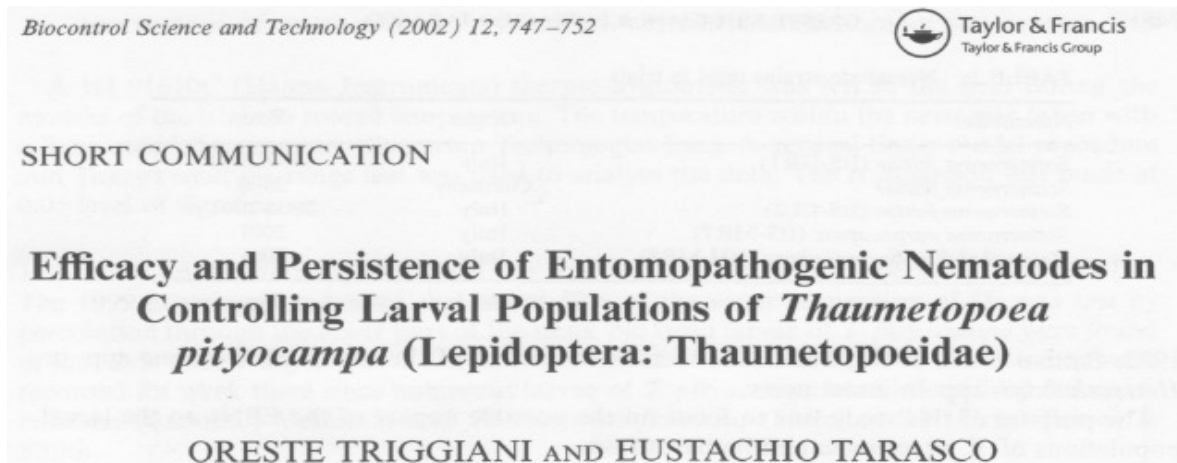
**“Green” Apulian
*Heterorhabditis
bacteriophora* female**



ORESTE TRIGGIANI - EUSTACHIO TARASCO¹

Dipartimento di Biologia e Chimica Agro-Forestale ed Ambientale - Sez. Entomologia e Zoologia - Università degli Studi di Bari

Preliminary attempts to control overwintering populations of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) with *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) (Nematoda: Steinernematidae)*



Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes
IOBC wprs Bulletin 26 (1), 2003
pp. 165-167



Application of entomopathogenic nematodes in controlling overwintering larvae of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)

Oreste Triggiani, Eustachio Tarasco

Uso di nematodi entomopatogeni in ecosistemi forestali

✓ Sospensione in gel di *Steinernema feltiae* per il controllo delle larve svernanti della Processionaria del pino



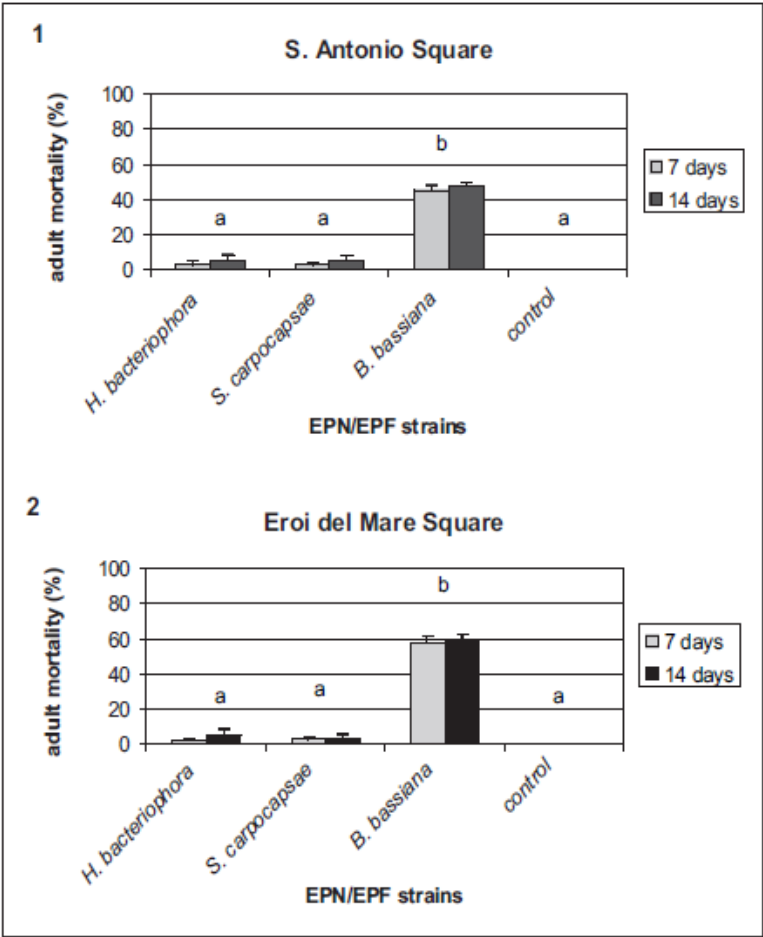


EUSTACHIO TARASCO (*) - ORESTE TRIGGIANI (*)

EVALUATION AND COMPARISON OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AND FUNGI TO CONTROL *CORYTHUCHA CILIATA* SAY (RHYNCHOTA TINGIDAE)



- H. bacteriophora*, *S. carpocapsae* e *Beauveria bassiana* per il controllo di *Corythucha ciliata* Say (Hemiptera: Tingidae) su platano



ORESTE TRIGGIANI (*) - EUSTACHIO TARASCO (*)

APPLYING ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES
TO *XANTHOGALERUCA LUTEOLA*
(COLEOPTERA CHRYSOMELIDAE)-INFESTED FOLIAGE

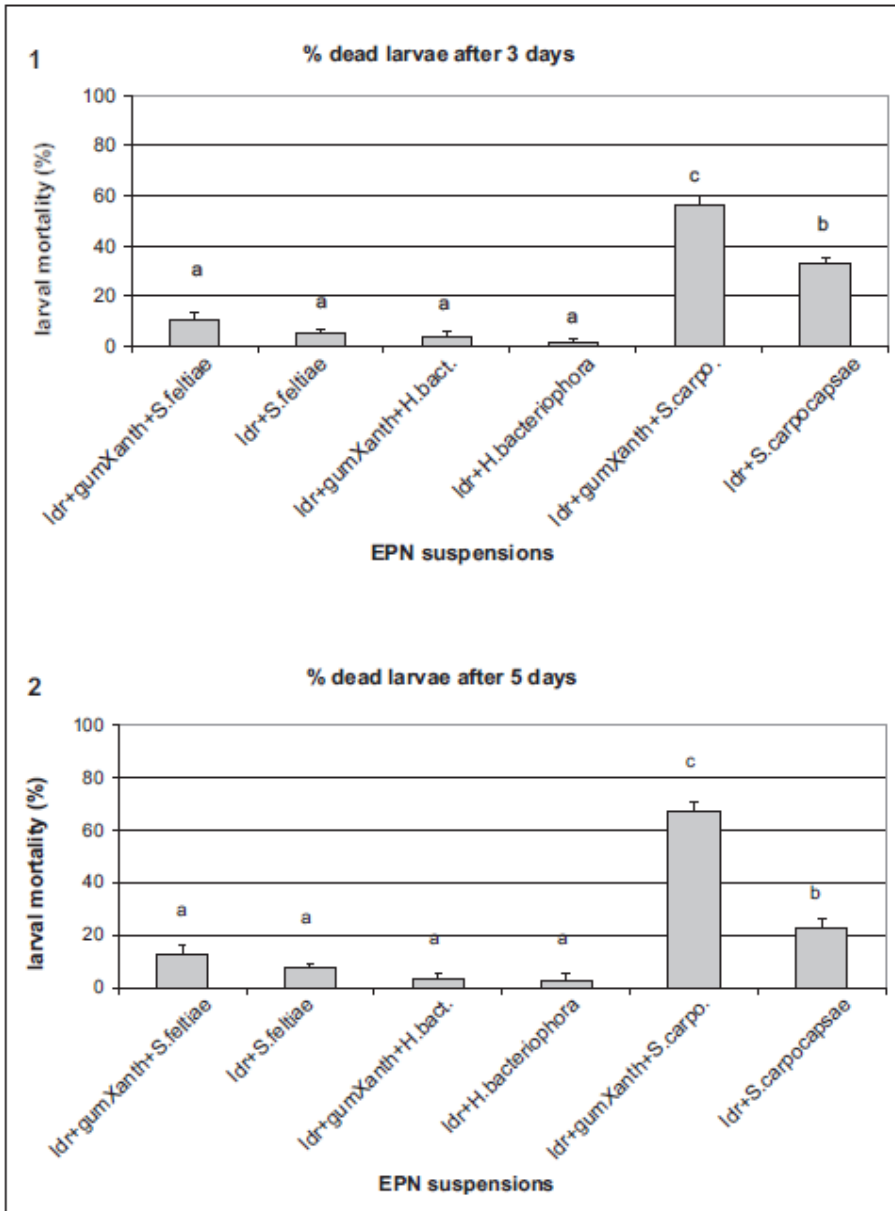


Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes
IOBC/wprs Bulletin Vol. 31, 2008
pp. 294-296

**Foliar application of EPNs to control *Xantogaleruca luteola* Müller
(Coleoptera, Chrysomelidae)**

Oreste Triggiani, Eustachio Tarasco

H. bacteriophora, *S. carpocapsae* e *S. feltiae* per il controllo di *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae) su olmo

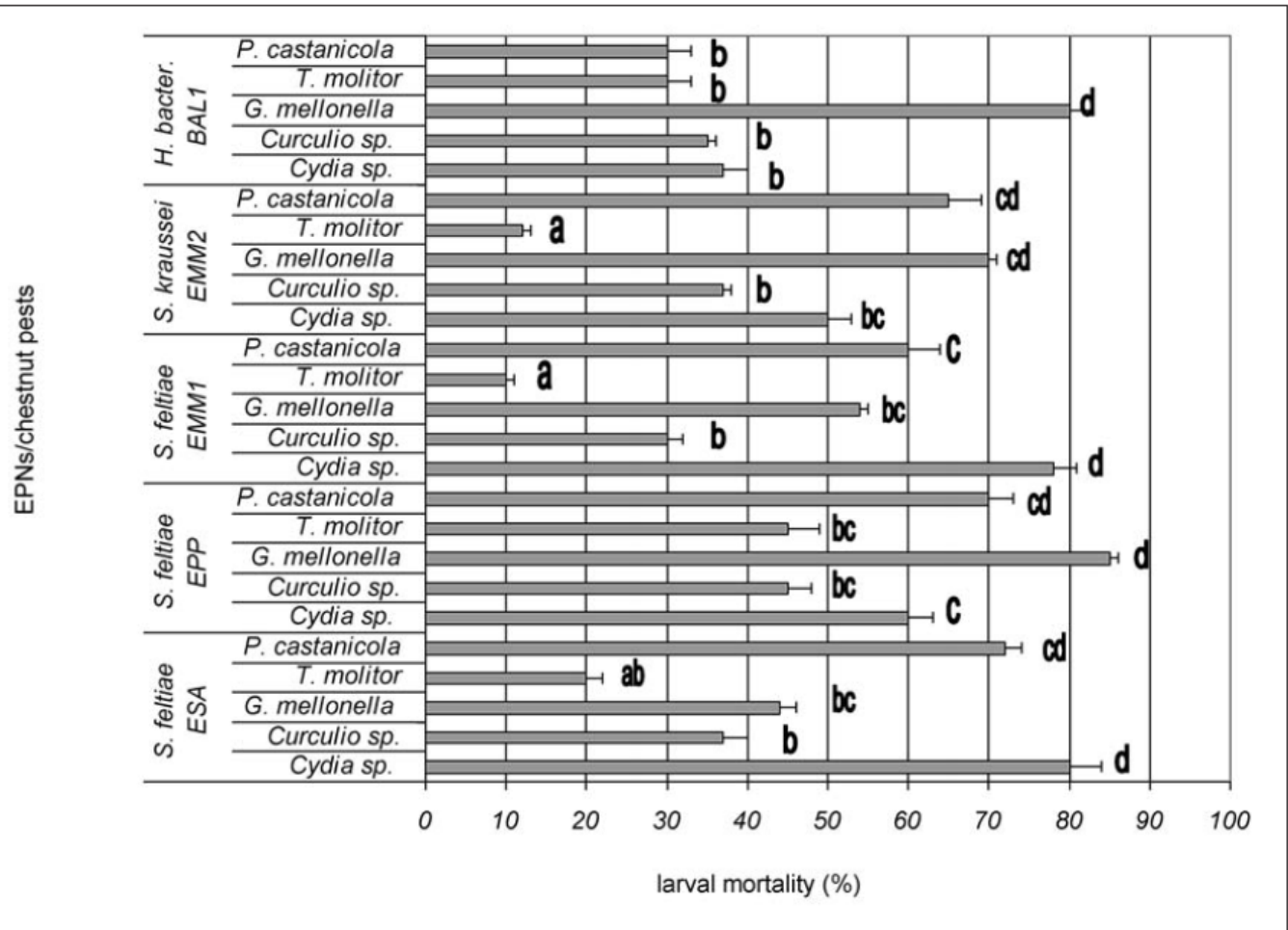


MIRELLA CLAUSI (*) - DIEGO LEONE (*) - MARIA TERESA VINCIGUERRA (*)
 GIANCARLO RAPPAZZO (*) - EUSTACHIO TARASCO (**)

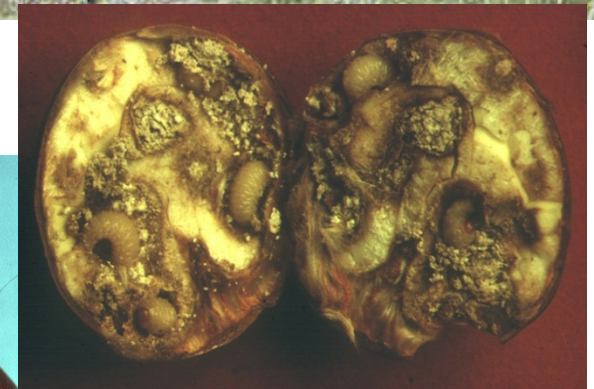
LABORATORY TESTS ON THE BIOCONTROL OF CHESTNUT INSECT PESTS ON ETNA (SICILY, ITALY) BY MEANS OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES



Pammene castanicola,
Cydia splendana and
Cydia fagiglandana
 (Lepidoptera:
 Tortricidae), *Curculio*
glandium, *C. elephas*,
 (Coleoptera:
 Curculionidae) on
 chestnut



- ***Curculio elephas* e *Curculio glandium***
 - *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema kraussei* e *S. feltiae*
 - Significativa riduzione delle infestazioni
 - Persistenza degli EPN nel suolo dopo l'applicazione





Review

An overview on the natural enemies of *Rhynchophorus* palm weevils, with focus on *R. ferrugineus*

Giuseppe Mazza^{a,*}, Valeria Francardi^a, Sauro Simoni^a, Claudia Benvenuti^a, Rita Cervo^b, Jose Romeno Faleiro^c, Elena Llácer^d, Santi Longo^e, Roberto Nannelli^a, Eustachio Tarasco^f, Pio Federico Roversi^a



Nematodi e funghi entomopatogeni per il controllo del punteruolo delle palme

Evaluation of the effects of autochthonous and commercial isolates of Steinernematidae and Heterorhabditidae on *Rhynchophorus ferrugineus*

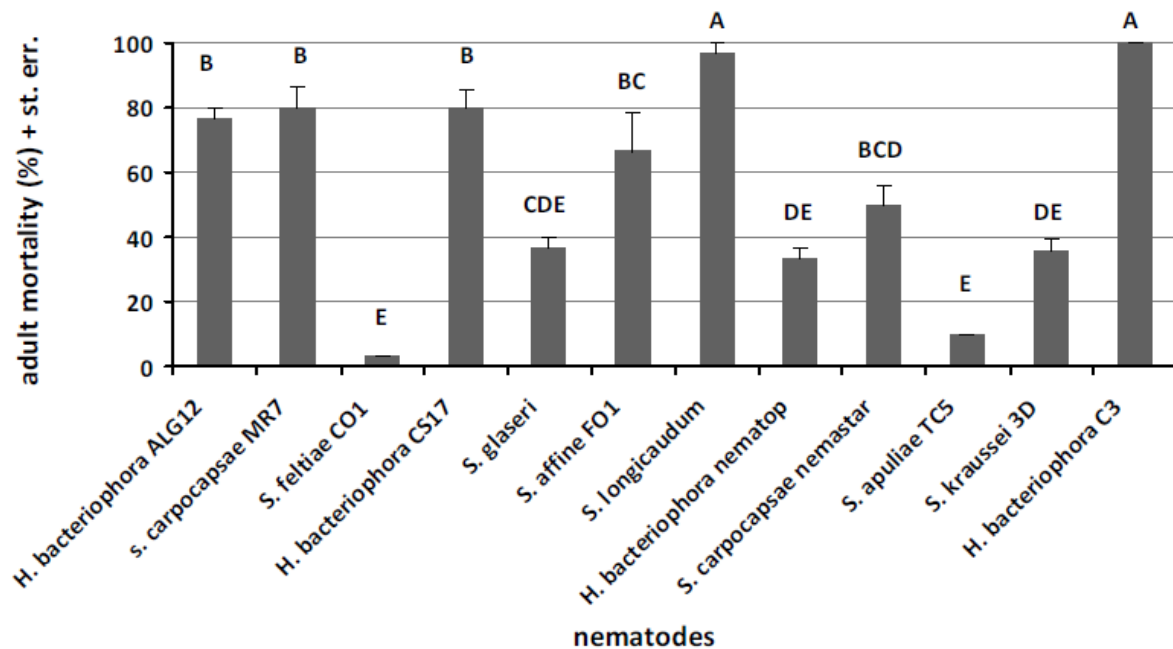
Oreste TRIGGIANI, Eustachio TARASCO

Dipartimento di Biologia e Chimica Agro-forestale e Ambientale (DiBCA), Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Italy



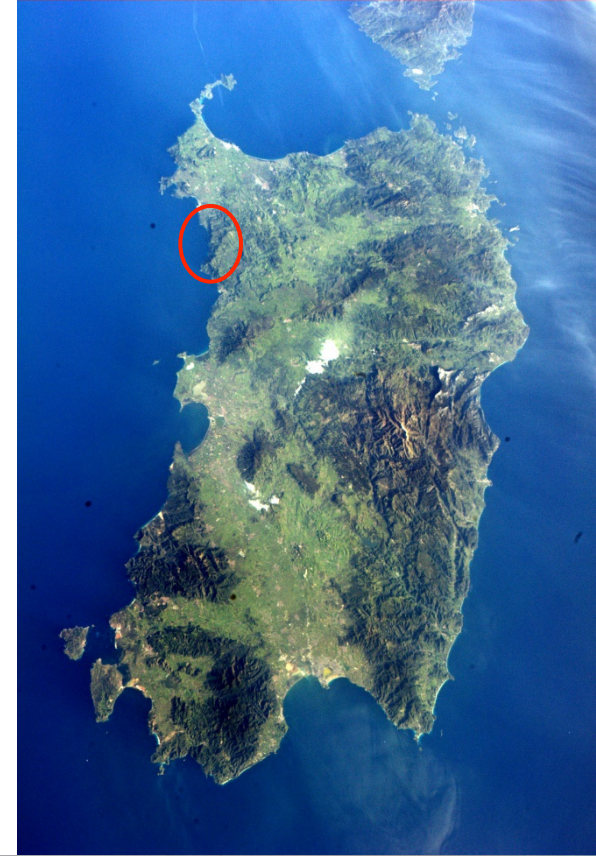


Four *Heterorhabditis* and seven *Steinernema* species and isolates belonging to the collection of EPNs at the section of Entomology and Zoology of the DiSSPA, University of Bari, Italy, were assayed for their pathogenicity against the larvae and adults of *R. ferrugineus* and compared with the commercial products NEMATOP [*Heterorhabditis bacteriophora* Poinar] and NEMASTAR [*Steinernema carpocapsae* (Weiser)]





Trials still in progress in Alghero area, Sardinia. Injection of nematodes inside the tree endotherapy using plastic straws



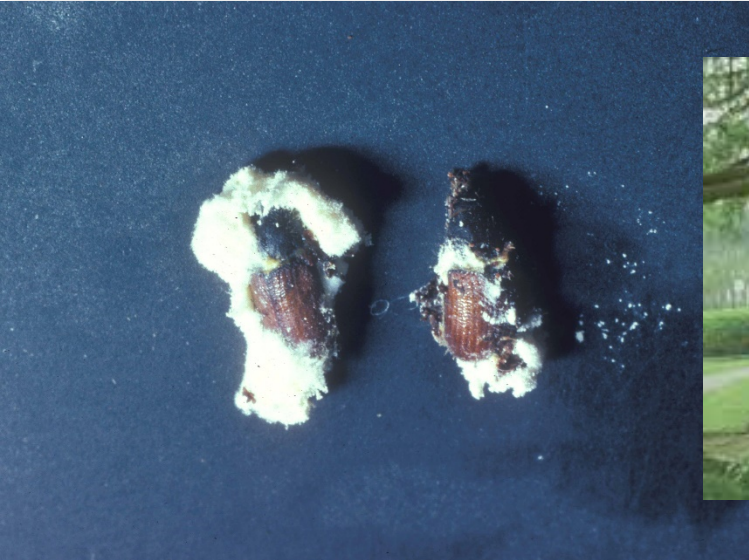


EPN su xilofagi



Nematodi e funghi entomopatogeni su xilofagi

- rilascio nei fori di insetti vivi pre-infettati (Cossidi, Buprestidi)
- posizionamento sugli alberi di bande infettate (per il controllo di *Monochamus* e *Anoplophora*)



Cossus



Buprestidi



Zeuzera



Grazie