

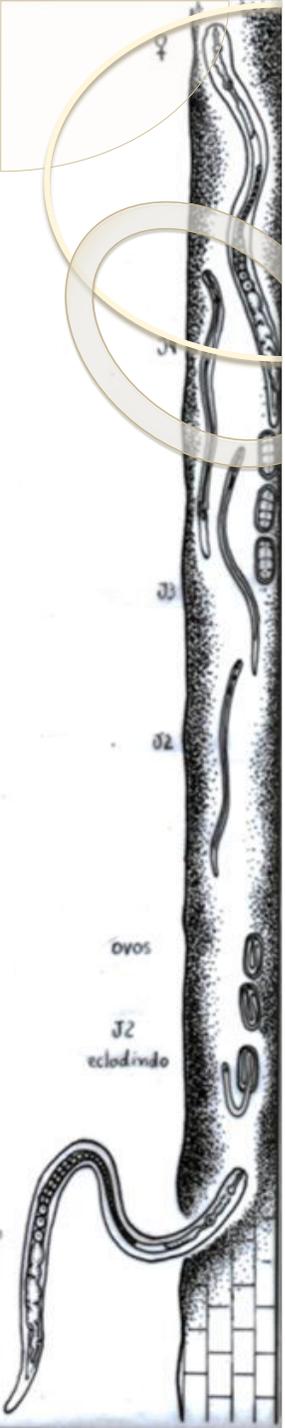
LFN-0512 Nematologia

Nematicidas Biológicos

Gênero Mesocriconema. Nematoides em Pessegueiro



Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Departamento de Fitopatologia e Nematologia
Piracicaba 10 Novembro 2023



Aula	Dia	Assunto LFN-0512		
1	11 Ago	Informações sobre a disciplina / Diversidade de nematoides / Gênero <i>Meloidogyne</i>		<i>Meloidogyne</i> em cafeeiros
2	18 Ago	Raças de <i>Meloidogyne</i> / Interações entre nematoides e fungos		<i>Meloidogyne</i> em algodoeiro
3	25 Ago	<i>Meloidogyne</i> em soja	Gênero <i>Heterodera</i>	Nematoide-de-cisto da soja
4	1 Set	Prova 1	Gênero <i>Tylenchulus</i>	<i>Tylenchulus semipenetrans</i> em citros
5	15 Set	Gênero <i>Rotylenchulus</i>		<i>Rotylenchulus reniformis</i> em algodoeiro
6	22 Set	Gênero <i>Pratylenchus</i>		<i>Pratylenchus brachyurus</i> em soja
7	29 Out	Gênero <i>Radopholus</i>		<i>Radopholus similis</i> em bananeira
8	6 Out	Prova 2	Nematoides espiralados	<i>Helicotylenchus muticinctus</i> em bananeira
9	20 Out	Nematicidas sintéticos		Nematoides em cana-de-açúcar e milho
10	27 Out	Rotação de cultura		Nematoides em batata e cenoura
11	10 Nov	Prova 3	Nematicidas biológicos	<i>Mesocriconema xenoplax</i> em pessegueiro
12	17 Nov	Gênero <i>Ditylenchus</i>		<i>Ditylenchus dipsaci</i> em alho e cebola
13	24 Nov	Gênero <i>Bursaphelenchus</i>	<i>Bursaphelenchus cocophilus</i> em palmáceas e <i>B. xylophilus</i> em <i>Pinus</i>	Nematoides em ornamentais
14	1 Dez	Gênero <i>Aphelenchoides</i>	<i>Aphelenchoides besseyi</i> em soja	<i>Meloidogyne</i> em arroz
15	8 Dez	Prova 4		
16	15 Dez	Prova Repositiva		

Nematicidas Biológicos

Mercado Mundial e Brasileiro de Biológicos Agrícolas

2021
US\$ 10,3B

13,6%
➔

2022
US\$ 11,7B

14%^{aa}
➔

2029
US\$ 29,3B

Brasil 2021/22
R\$ 3,4B comerciais
38% Nematicidas

14,8%
➔

2021/22
R\$ 4,07B
31% Nematicidas

12,26%^{aa}
➔

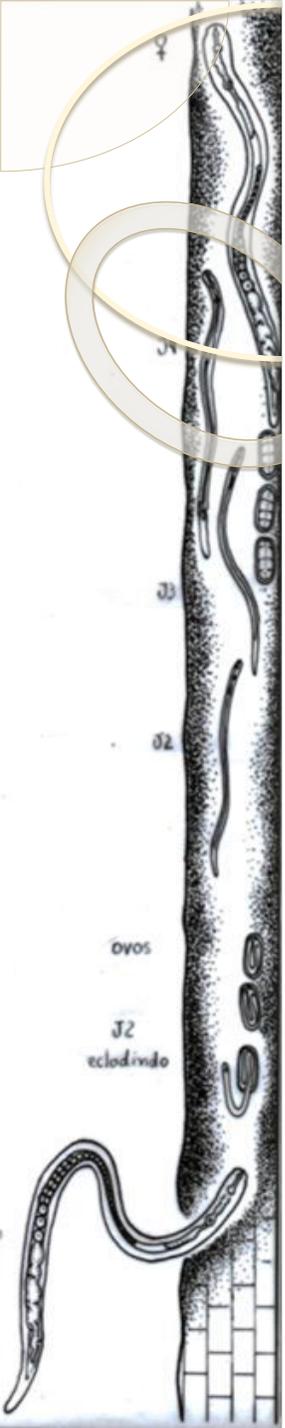
2026/27
R\$ 7,26B
29% Nematicidas

Nematicidas

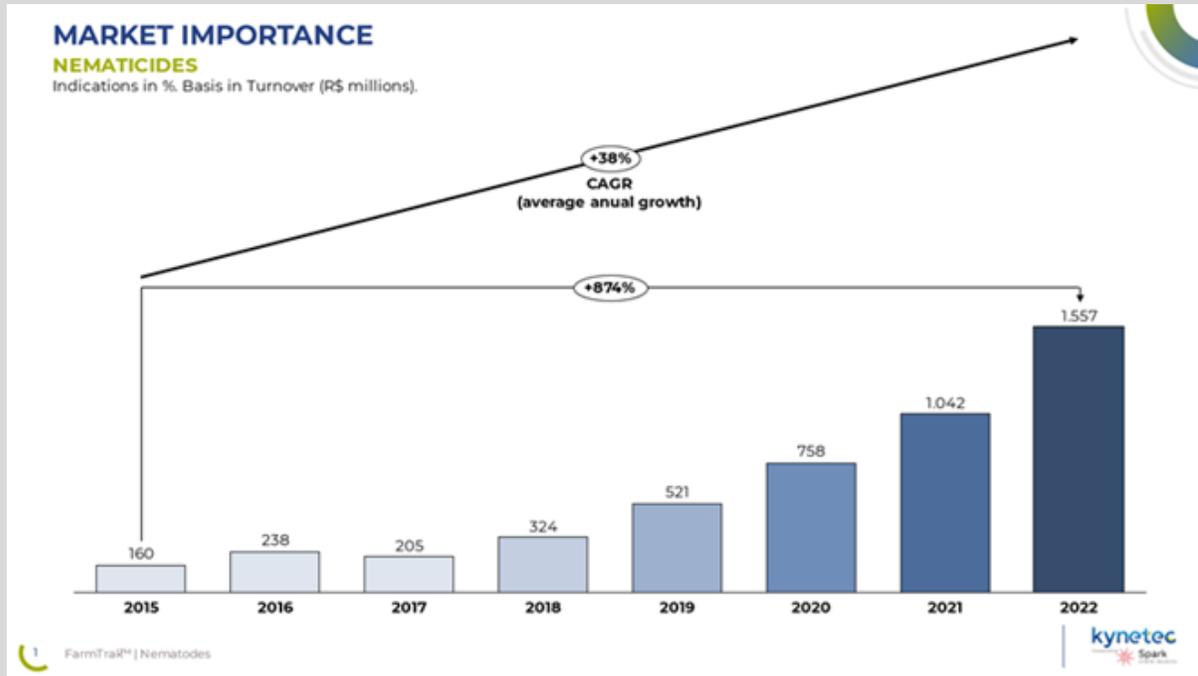
R\$ 1,29B comerciais

R\$ 1,26B

R\$ 2,11B

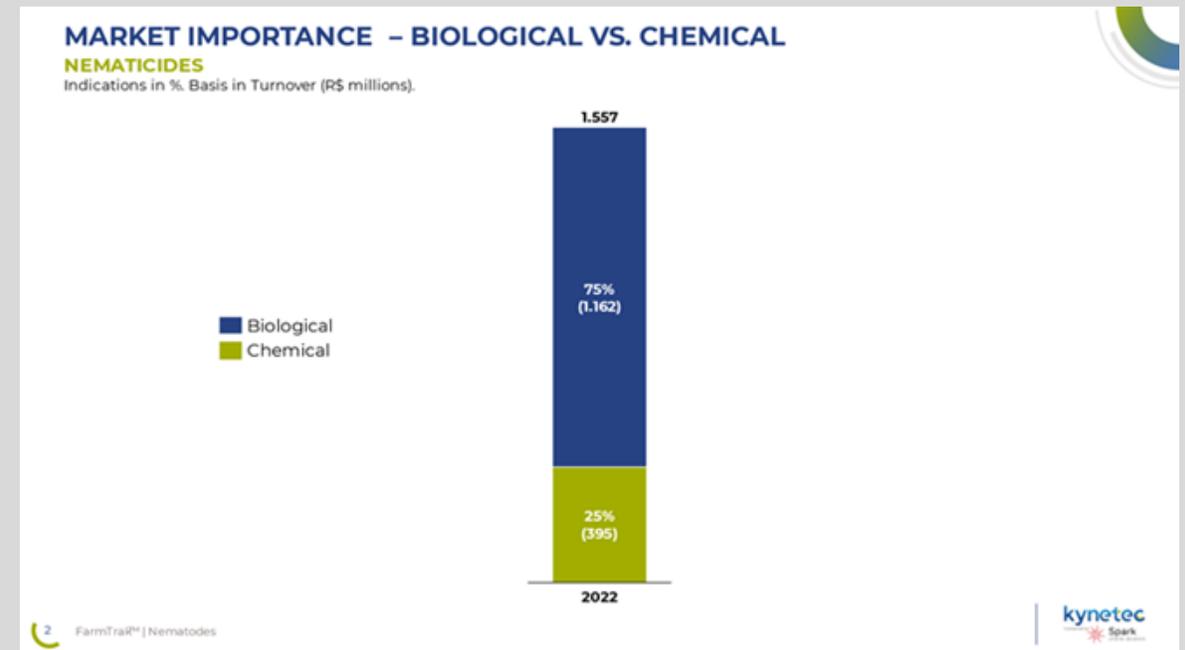


Mercado de Nematicidas



Soja 52%
R\$ 806M

Cana 23%
R\$ 363M



Adesão Biológicos por Cultura

Soja
R\$ 0,76B

2021/22
23%



2026/27
35%

Milho
R\$ 0,32B

10%



16%

Cana
R\$ 0,14B

8%



14%



Agentes de Controle Biológico

Artrópodes

Nematoides
predadores e
onívoros

Bactérias

Pasteuria spp.
Bacillus subtilis
B. amyloliquefaciens
B. velezensis
B. firmus
B. methylophilus

Fungos

Purpuleocillium lilacinum
Pochonia chlamydosporia
Trichoderma harzianum
T. viride
T. asperelum

Tipos de Controle Biológico

Natural

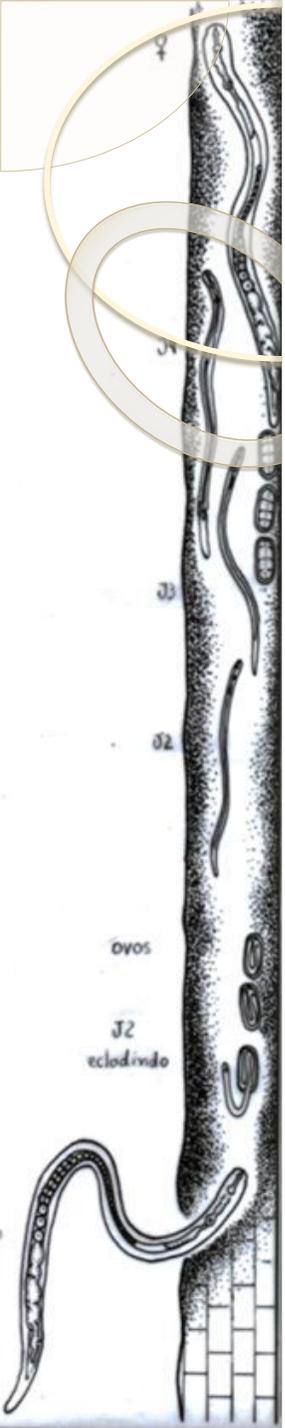
Fungos, bactérias, metazoários etc presentes naturalmente no solo
→ Manejo do solo (controle cultural?)

Clássico

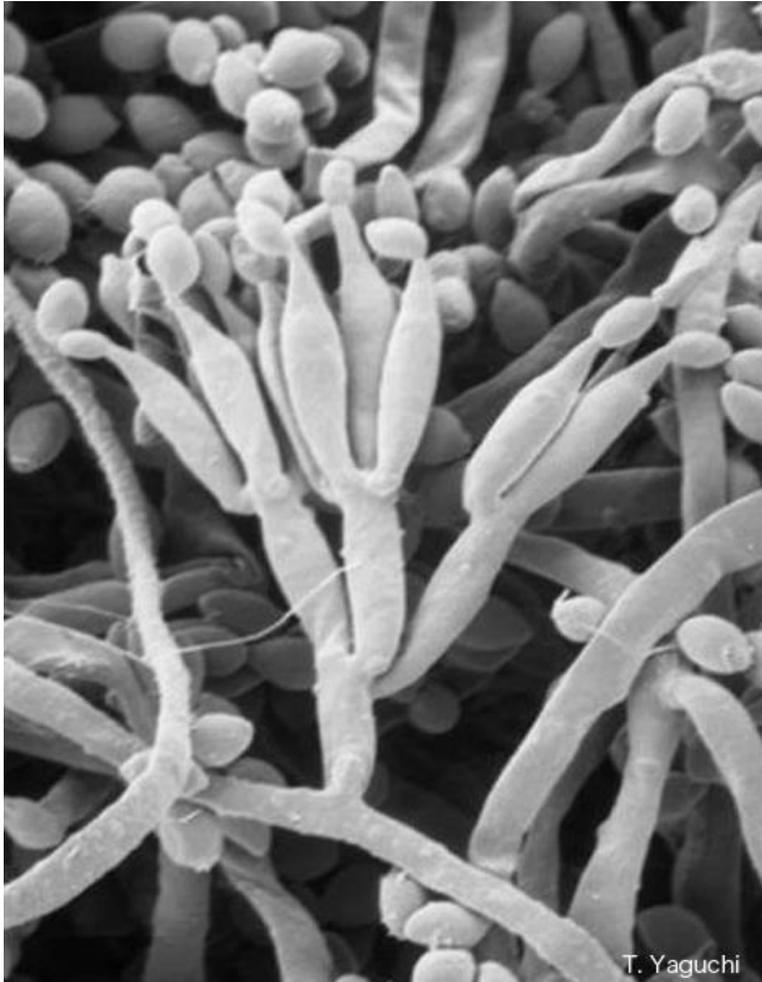
Exploração, introdução → estabelecimento e colonização

Aplicado

Exploração, criação e introdução (grandes quantidades)



Purpureocillium lilacinum

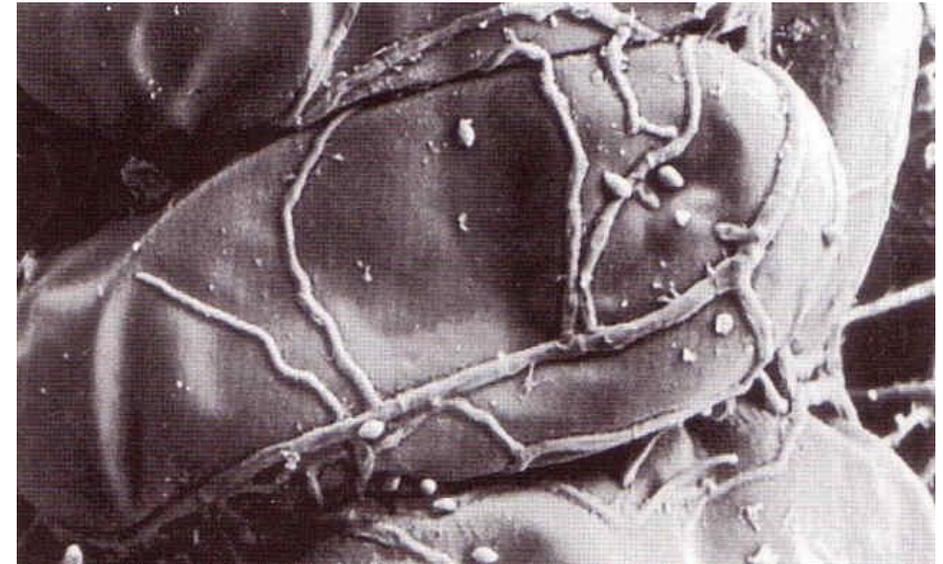


Anteriormente *Paecilomyces lilacinus*

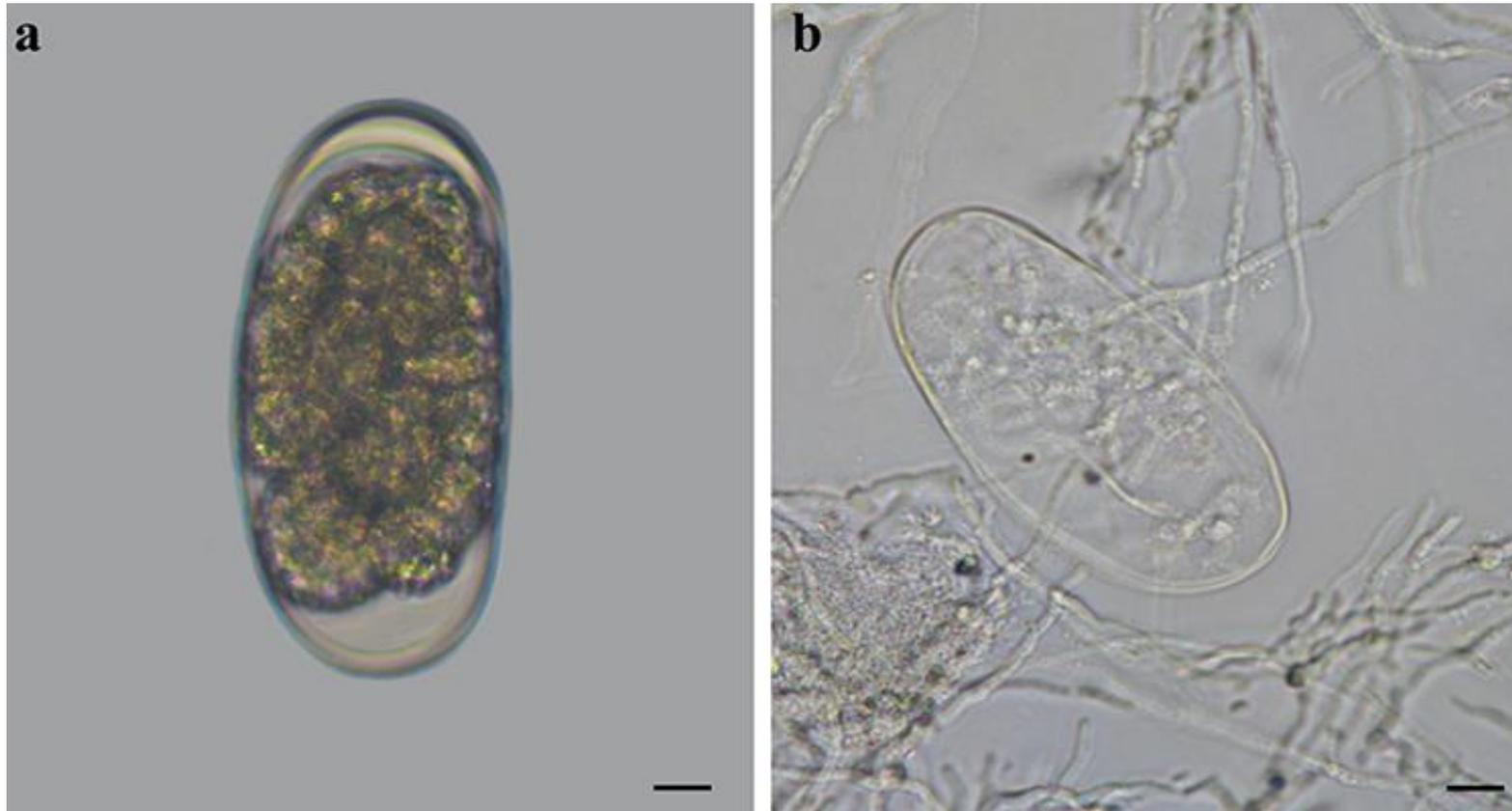
Colonização de ovos

Principais alvos

Nematoides das galhas e de cisto; também reniforme



Hifa de *P. lilacinus* parasitando ovo de *Meloidogyne*



a Ovo de *Meloidogyne incognita* sadio. **b** Ovo infectado por *P. lilacinus*

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2016.01084/full>



Captura de formas móveis → Ação sobre nematoides migradores (*Pratylenchus*, *Radopholus*) e J₂ de *Meloidogyne* e *Heterodera*

Frequente no ambiente

Controle biológico natural → Solos supressivos naturais

Obtenção de vários isolados → Diferentes produtos comerciais / Facilidade de registro



Parasita facultativo

Fase saprofítica → Produção *in vitro*

Pode tornar solos supressivos



<https://mycology.adelaide.edu.au/images/purpureo-cult.jpg>



[https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(18\)30977-7/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(18)30977-7/fulltext)

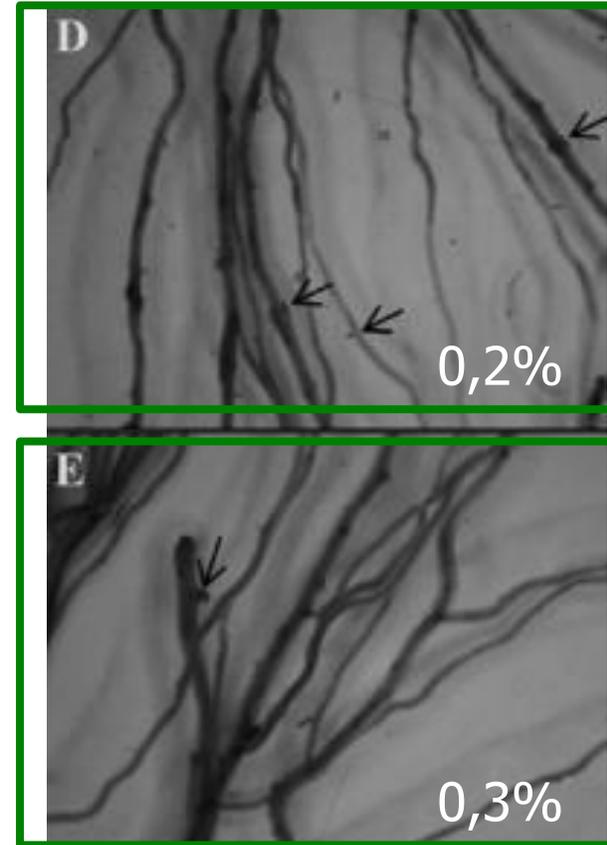
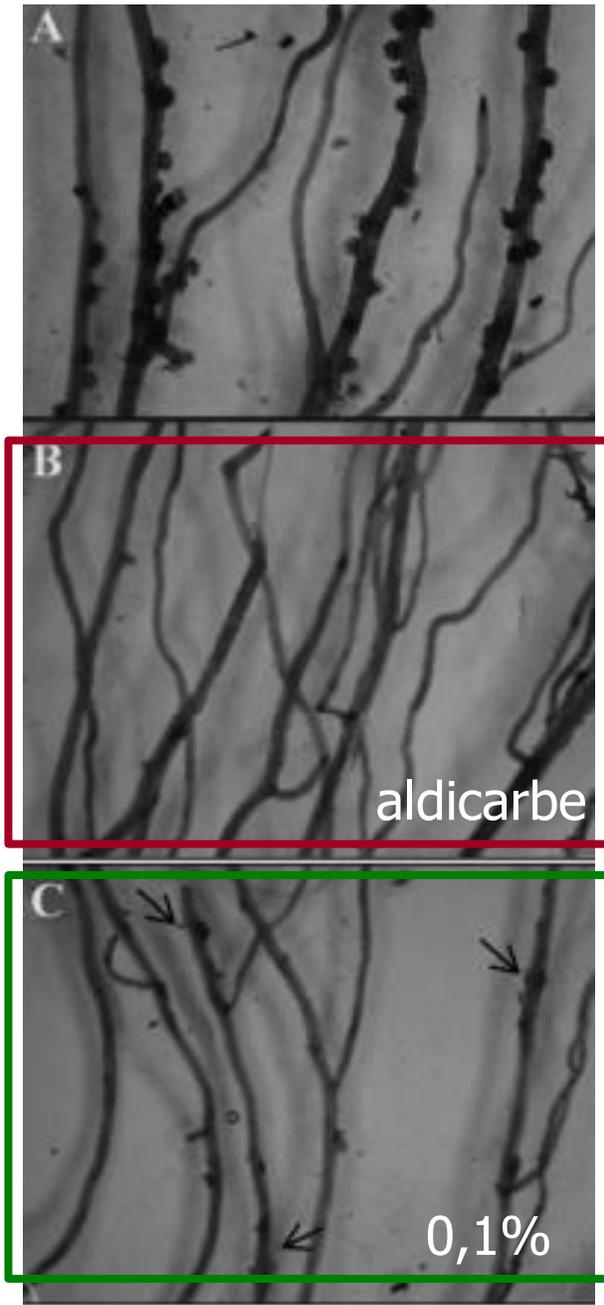


Fig. 1. *Rotylenchulus reniformis* females feeding from the cotton roots treated with *Paecilomyces lilacinus* strain 251 at 30 days after planting. **A**, Untreated control; **B**, Aldicarb (5.6 kg/ha); **C**, *Paecilomyces lilacinus* (0.1% vol/vol); **D**, *P. lilacinus* (0.2% vol/vol); and **E**, *P. lilacinus* (0.3% vol/vol).

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-10-12-0978-RE>

Pochonia chlamydosporia

Colonização de ovos (e fêmeas?)

Principais alvos Nematoides das galhas e de cisto; também reniforme e *Nacobus*

Ação enzimática Proteases e quitinases degradam casca dos ovos

Nematoides migradores?



Hifa de *P. chlamydosporia* parasitando ovo de *Meloidogyne*



Captura de formas móveis → Ação sobre nematoides migradores (*Pratylenchus*, *Radopholus*) e J₂ de *Meloidogyne* e *Heterodera*

Frequente no ambiente

Controle biológico natural → Solos supressivos naturais
Obtenção de vários isolados → Diferentes produtos comerciais / Facilidade de registro



Parasita facultativo

Fase saprofítica → Produção *in vitro*

Pode tornar solos supressivos



<https://mycology.adelaide.edu.au/images/purpureo-cult.jpg>



[https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(18\)30977-7/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(18)30977-7/fulltext)

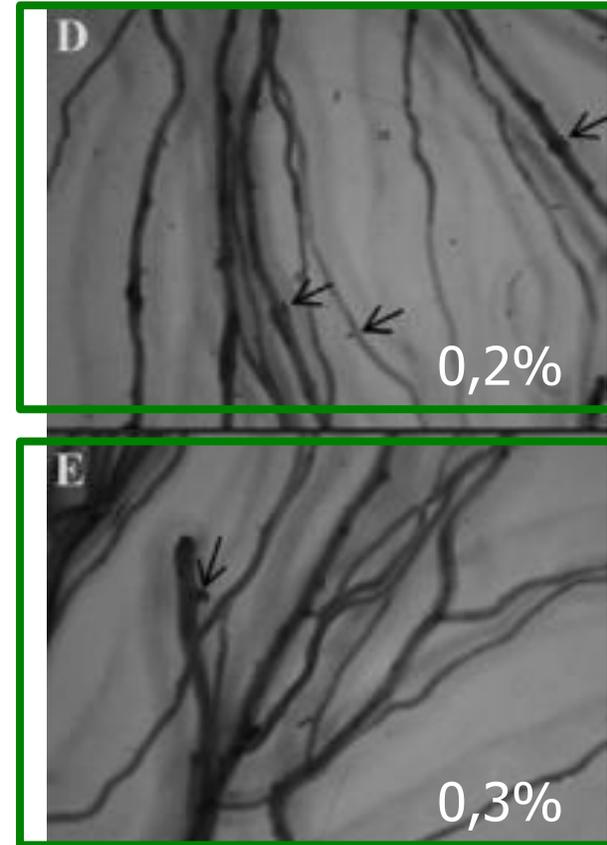
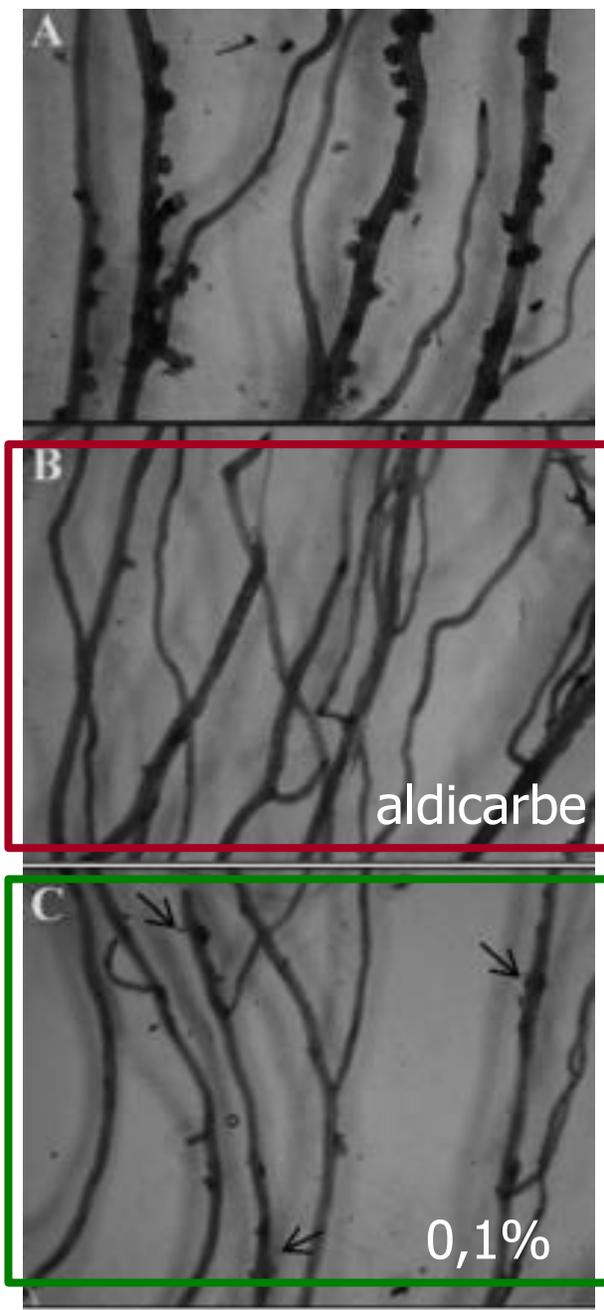
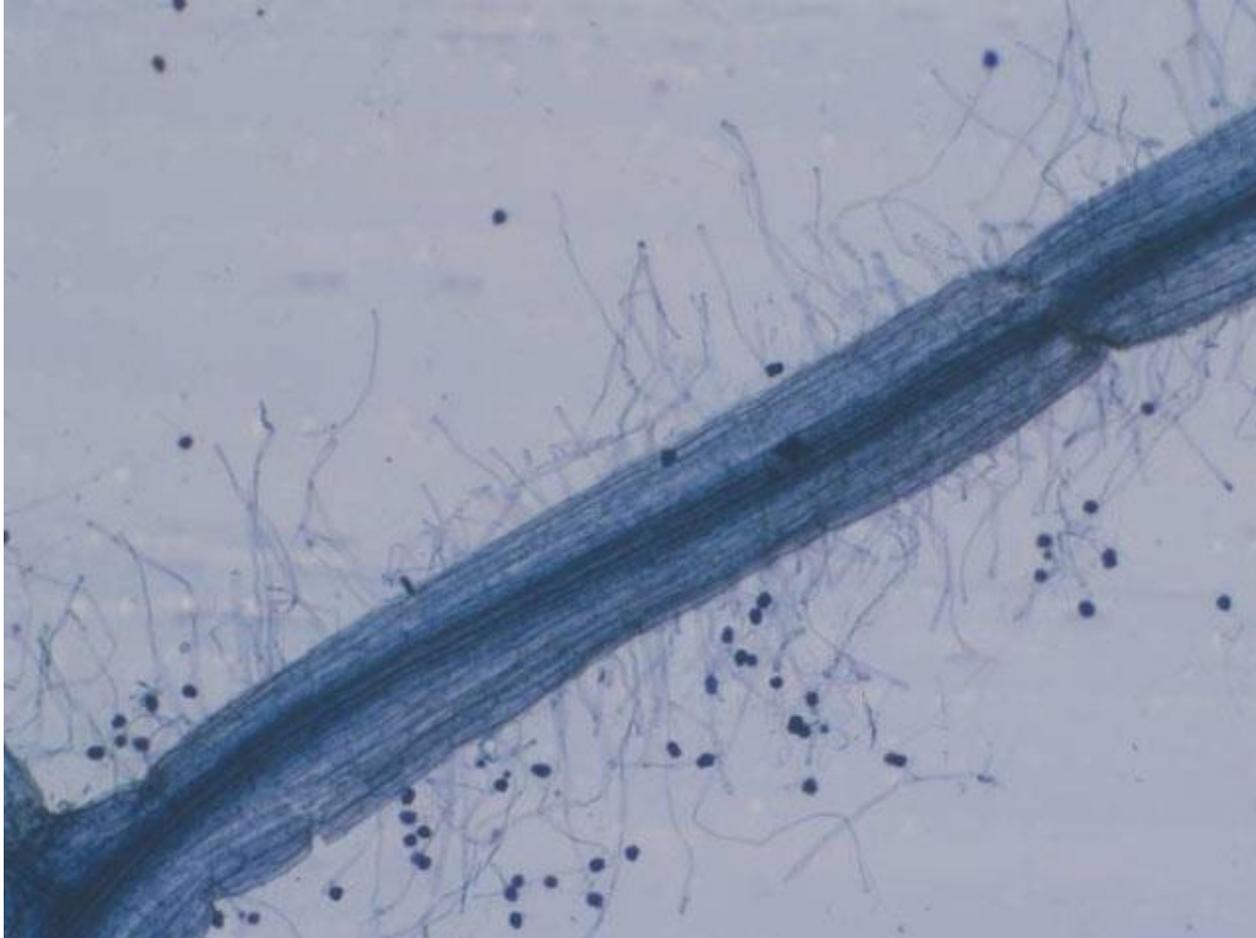


Fig. 1. *Rotylenchulus reniformis* females feeding from the cotton roots treated with *Paecilomyces lilacinus* strain 251 at 30 days after planting. **A**, Untreated control; **B**, Aldicarb (5.6 kg/ha); **C**, *Paecilomyces lilacinus* (0.1% vol/vol); **D**, *P. lilacinus* (0.2% vol/vol); and **E**, *P. lilacinus* (0.3% vol/vol).

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-10-12-0978-RE>

Outras Ações

Pochonia chlamydosporia

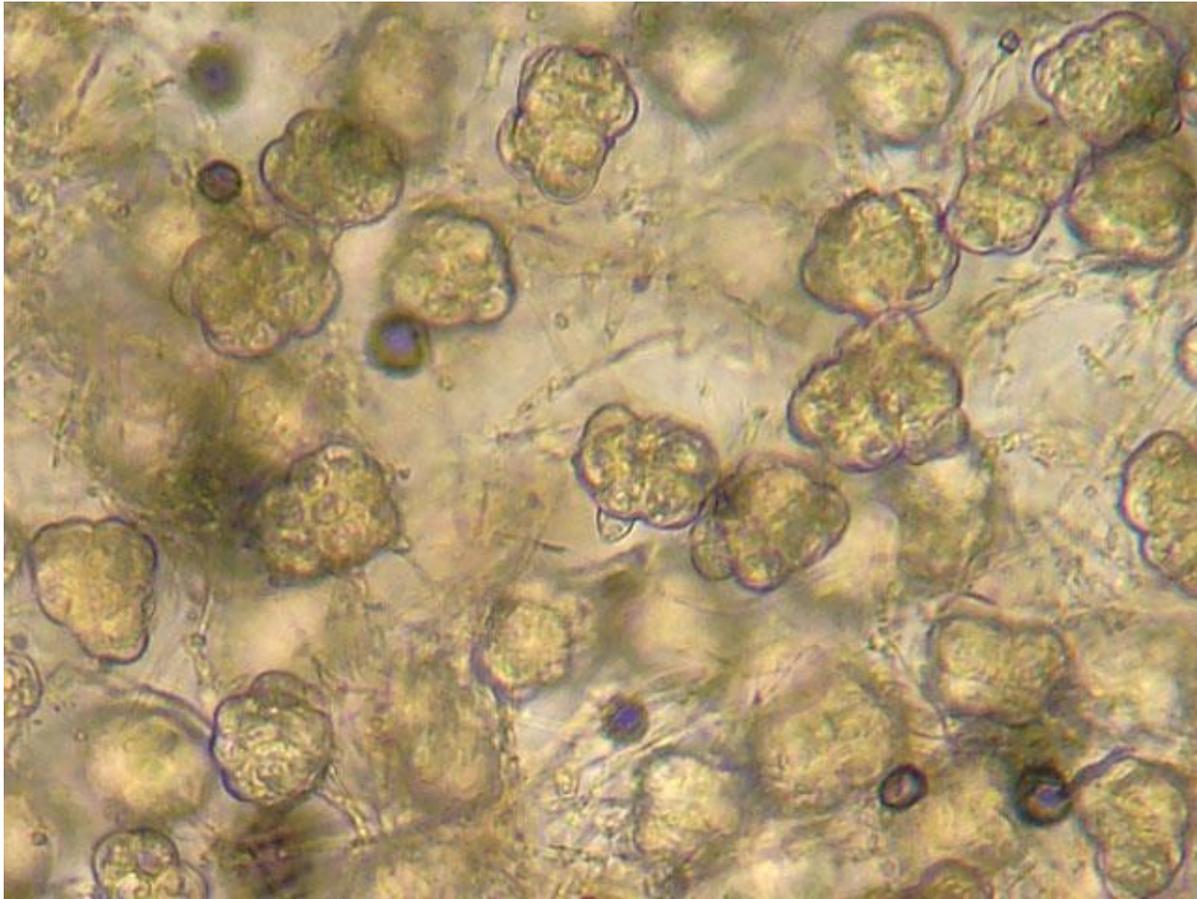


Colonização superficial ou endofítica das raízes.

Proteção mecânica?
ou química (efeito tóxico)?

Indução de resistência?
Promoção de crescimento?

→ Solubilização de fósforo



Clamidósporos

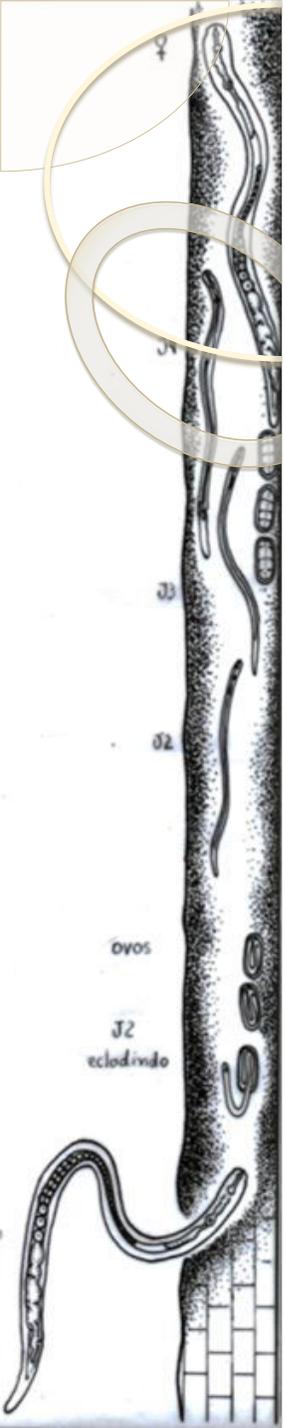
Estrutura de resistência

Grande produção *in vitro*
Fermentação e microfiltração

Parasita facultativo

Fase saprofítica → Produção *in vitro*

Pode tornar solos supressivos



DOSE-RESPONSE EFFECT OF *Pochonia chlamydosporia* AGAINST *Meloidogyne incognita* ON CARROT UNDER FIELD CONDITIONS¹

AMANDA FERREIRA BONTEMPO², EVERALDO ANTÔNIO LOPES^{2*}, RAFAEL HENRIQUE FERNANDES²,
 LEANDRO GRASSI DE FREITAS³, ROSANGELA DALLEMOLE-GIARETTA⁴

Table 1. Carrot (*Daucus carota* cv. Juliana) yield in plots infested with *Meloidogyne incognita* and treated with different doses of *Pochonia chlamydosporia*-based bionematicide (Pc-10) and a bionematicide based on a mix of nematophagous fungi + *Bacillus* spp. (NFB).

Dose	Carrot yield (kg plot ⁻¹)		
	Marketable roots	Unmarketable roots	Unmarketable roots with galls
0 kg ha ⁻¹ Pc-10	4.92	3.00	0.89
0.5 kg ha ⁻¹ Pc-10	4.88	2.88	0.77
1.0 kg ha ⁻¹ Pc-10	5.28	2.62	0.61
1.5 kg ha ⁻¹ Pc-10	6.47	2.40	0.46
2.0 kg ha ⁻¹ Pc-10	6.80	2.30	0.25
2.5 kg ha ⁻¹ Pc-10	7.61 *	1.81 *	0.04 *
3.0 kg ha ⁻¹ Pc-10	6.97	1.54 *	0.02 *
5.0 kg ha ⁻¹ NFB	5.07 ⁺	3.06 ⁺	0.47 ⁺
Effect of doses of Pc-10	Y = 4.726 + 0.938.x R ² = 0.85	Y = 3.097 - 0.489.x R ² = 0.96	Y = 0.909 - 0.317.x R ² = 0.98
CV (%)	17.46	26.05	38.49

*Pc-10 doses are different from the standard treatment (⁺), a bionematicide based on a mix of nematophagous fungi + *Bacillus* spp. (NFB), by Dunnett's test (P < 0.05). CV (%) = Coefficient of variation.

Pasteuria spp.

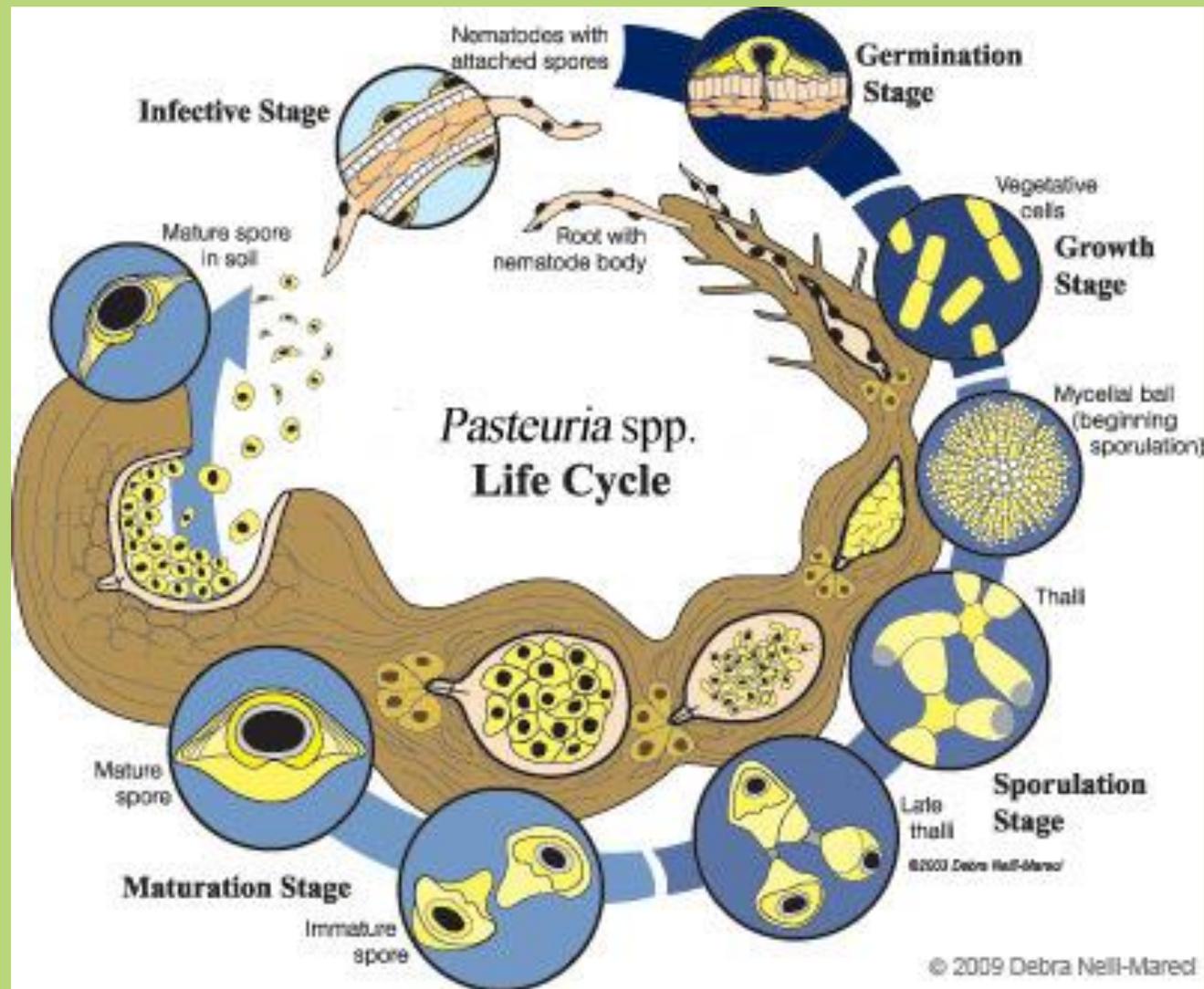


Alvos 323 spp. fitonematoides
Elevada especificidade

Pasteuria penetrans
Nematoides-das-galhas

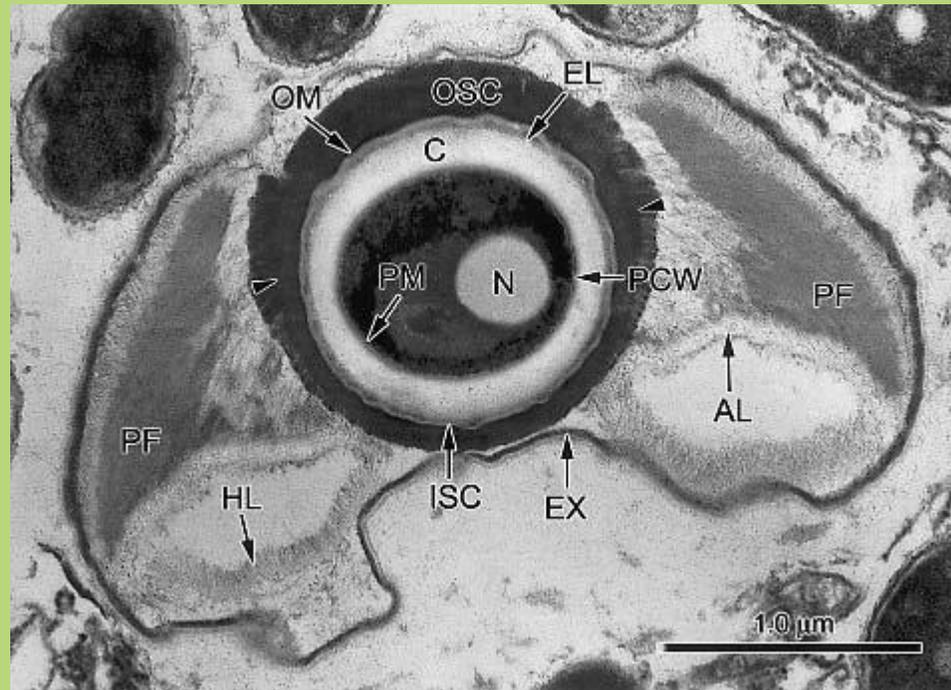
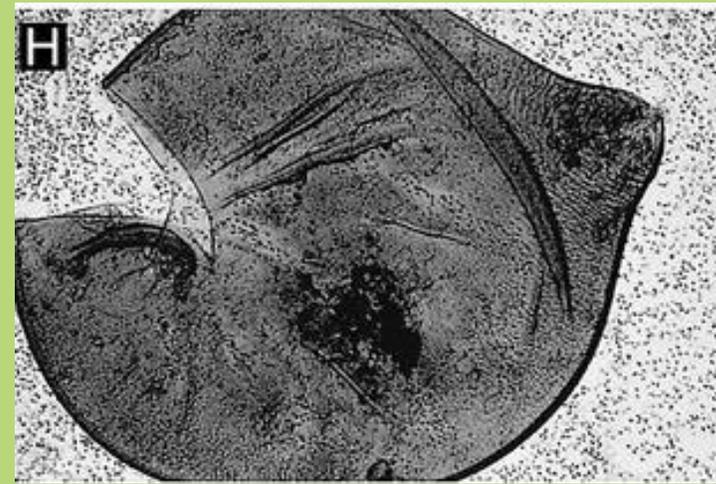
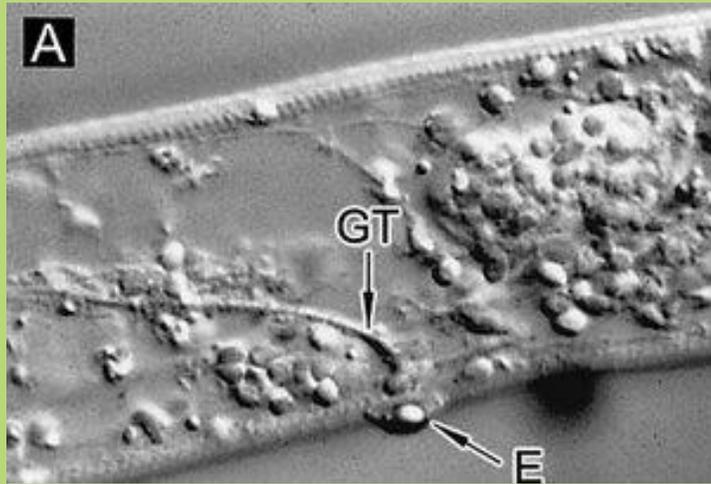
P. nishizawae
Nematoides-de-cisto

P. thornei
Nematoides-das-lesões

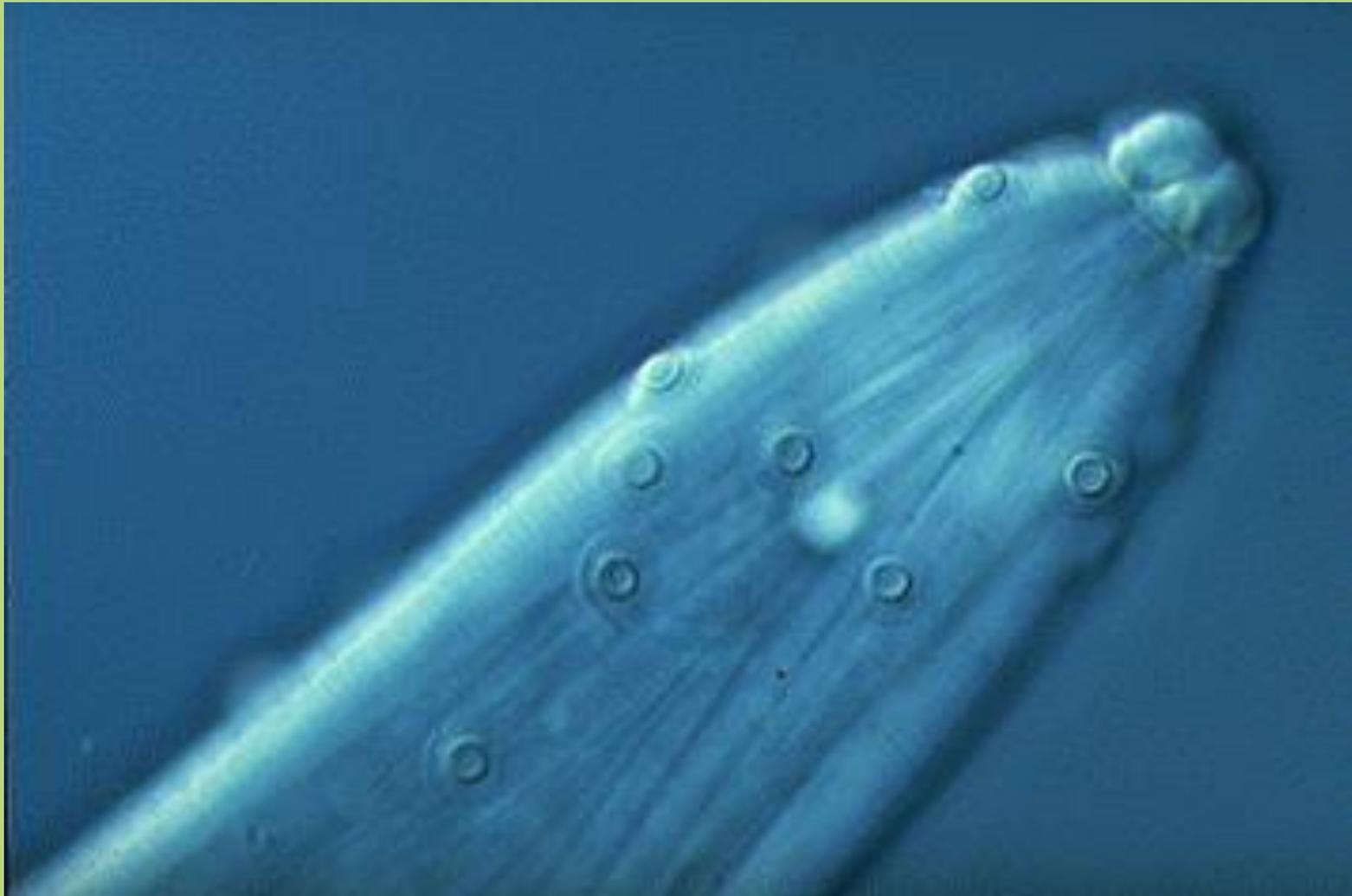


Parasita obrigatório →
 Produção *in vivo* (tradicional)

Porém já existe produção *in vitro*

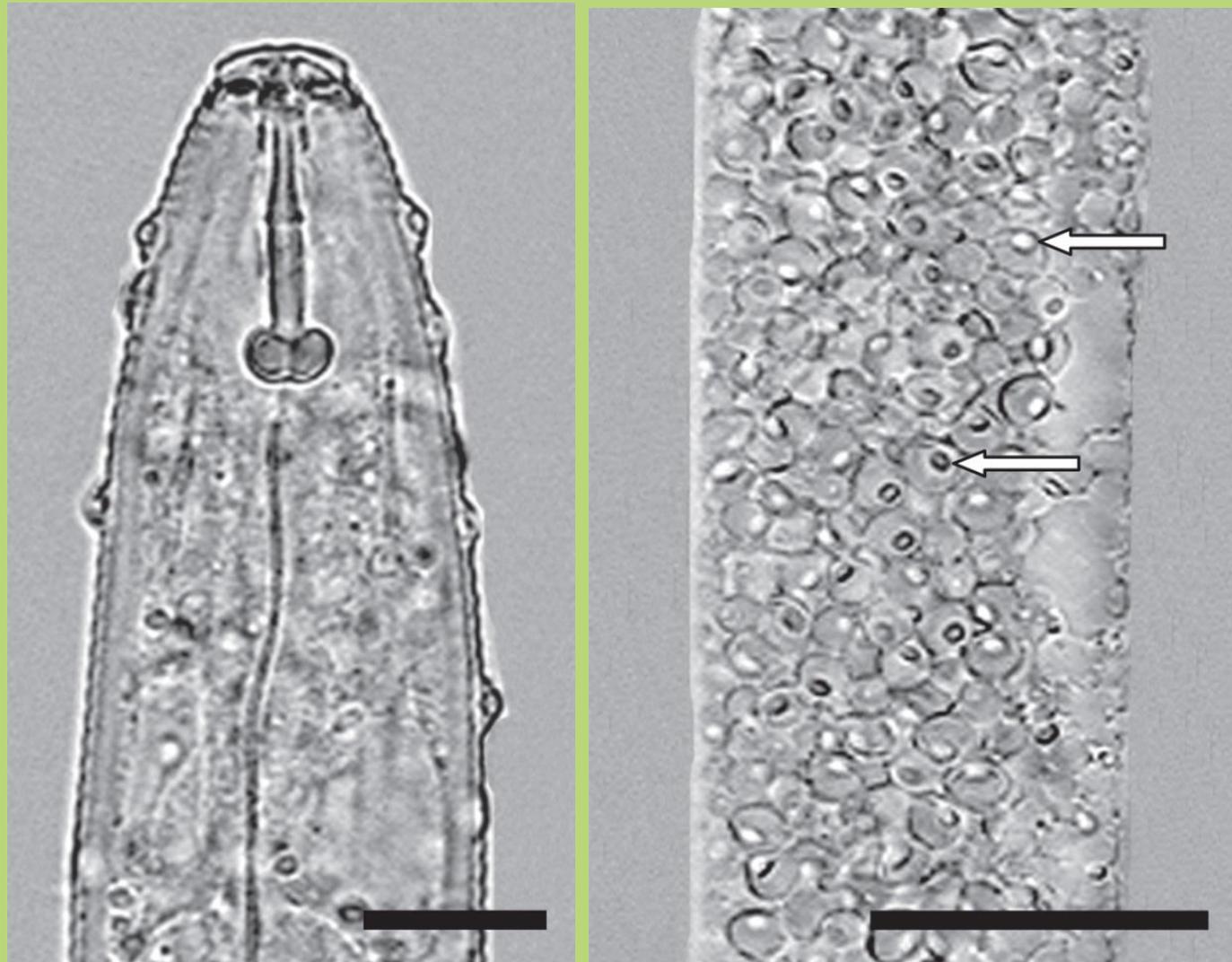


<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620764/pdf/171.pdf>



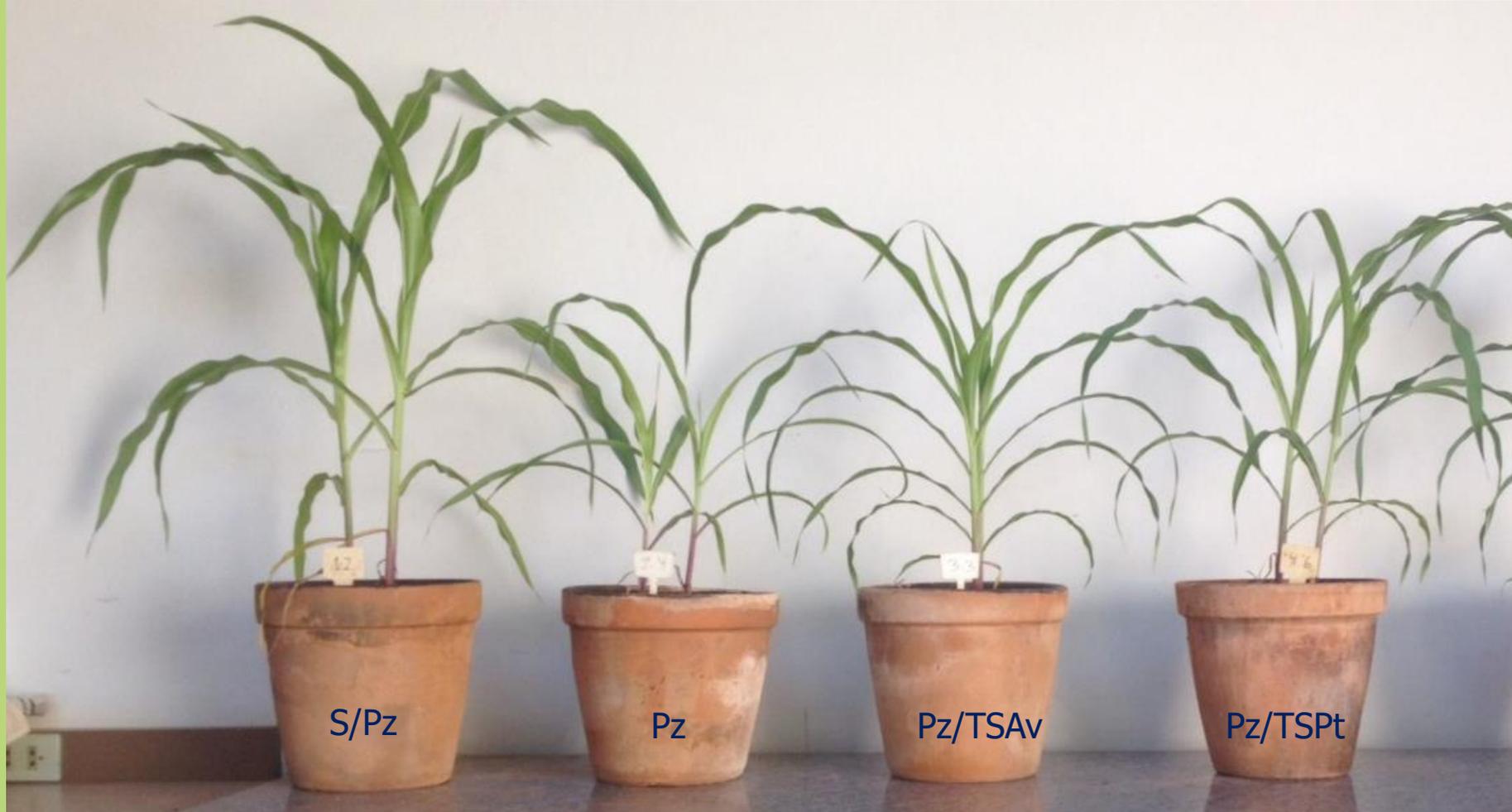
Esporos imóveis que aderem
ao corpo dos nematoides

Dependem do caminharmento
dos nematoides



Pasteuria thornei em *Pratylenchus zeae*

Esporo Estrutura de resistência
Um esporo é suficiente para matar o nematoide



Controle de *P. zea* com TS / Confort (2017)



S/Pz

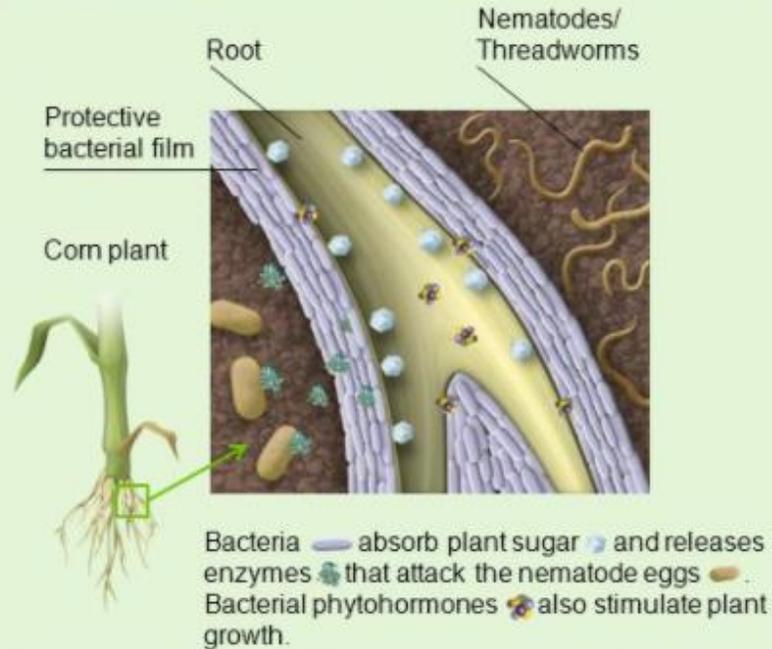
Pz

Pz/TSAv

Pz/TSPt

Bacillus firmus

The mode of action of Votivo™:
Building a natural protective wall



- > Bacteria (*Bacillus firmus*) form a thin film around a young root before voracious threadworms can discover the new source of nutrients.
- > As a result, the nematodes have no chance to suck up sugar or amino acids. The bio-protector also forms enzymes and produces phytohormones.

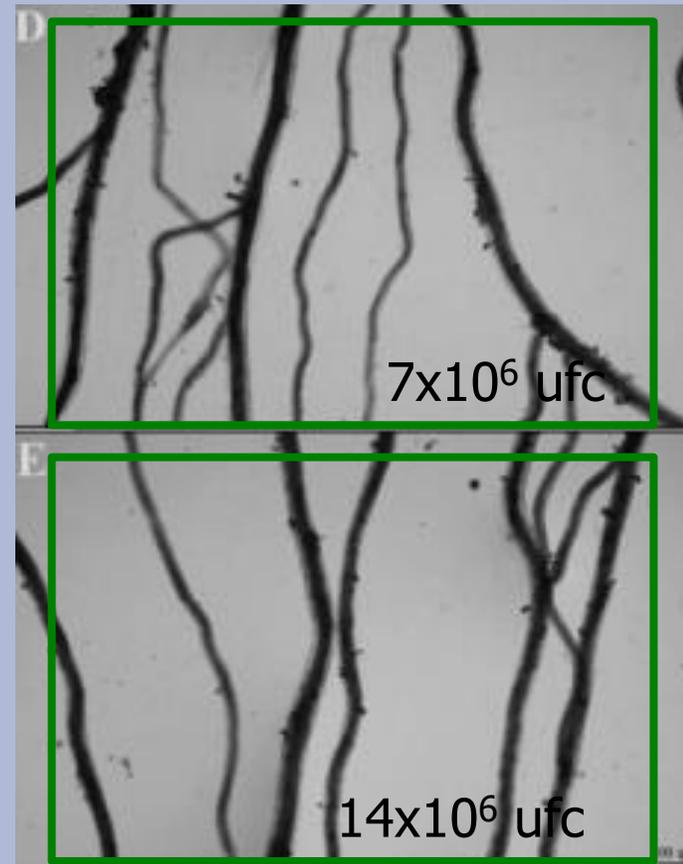
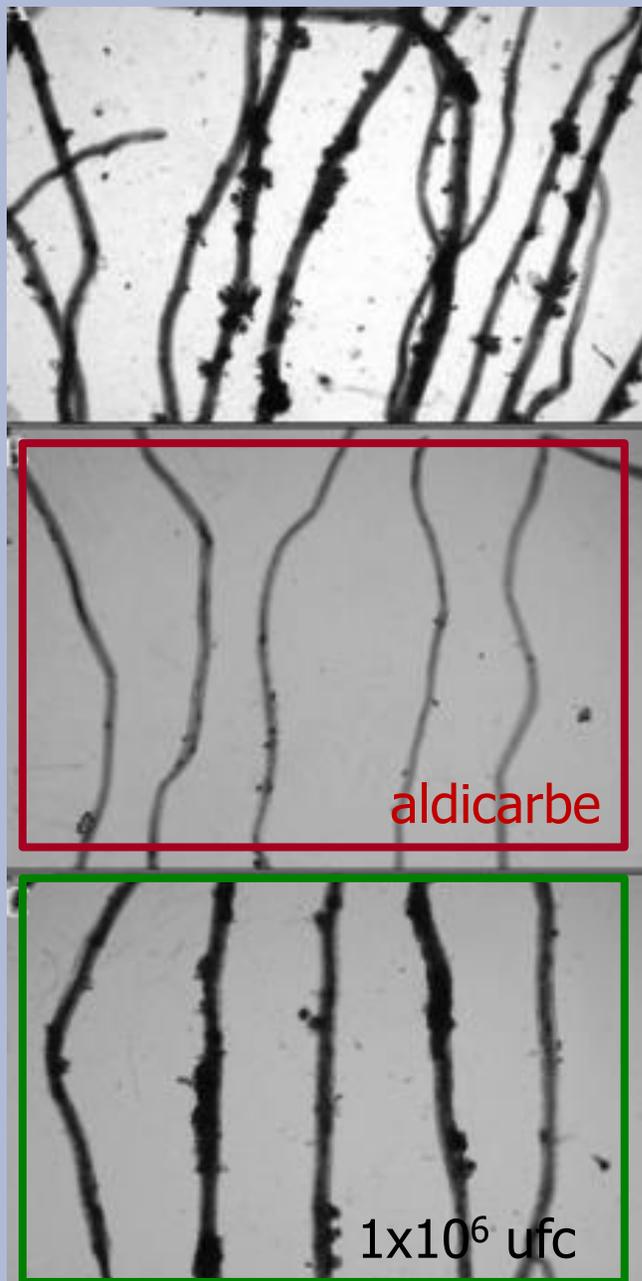


Fig. 2. *Rotylenchulus reniformis* females feeding from the cotton roots treated with *Bacillus firmus* strain GB-126 at 30 days after planting. **A**, Untreated control; **B**, Aldicarb (5.6 kg/ha); **C**, *Bacillus firmus* (1×10^6 CFU/seed); **D**, *B. firmus* (7×10^6 CFU/seed); and **E**, *B. firmus* (1.4×10^7 CFU/seed).

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-10-12-0978-RE>

Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas



Genetics and Molecular Biology, 35, 4 (suppl), 1044-1051 (2012)
Copyright © 2012, Sociedade Brasileira de Genética. Printed in Brazil
www.sbg.org.br

Review Article

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents

Anelise Beneduzi, Adriana Ambrosini and Luciane M.P. Passaglia

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Departamento de Genética,
Porto Alegre, RS, Brazil.*

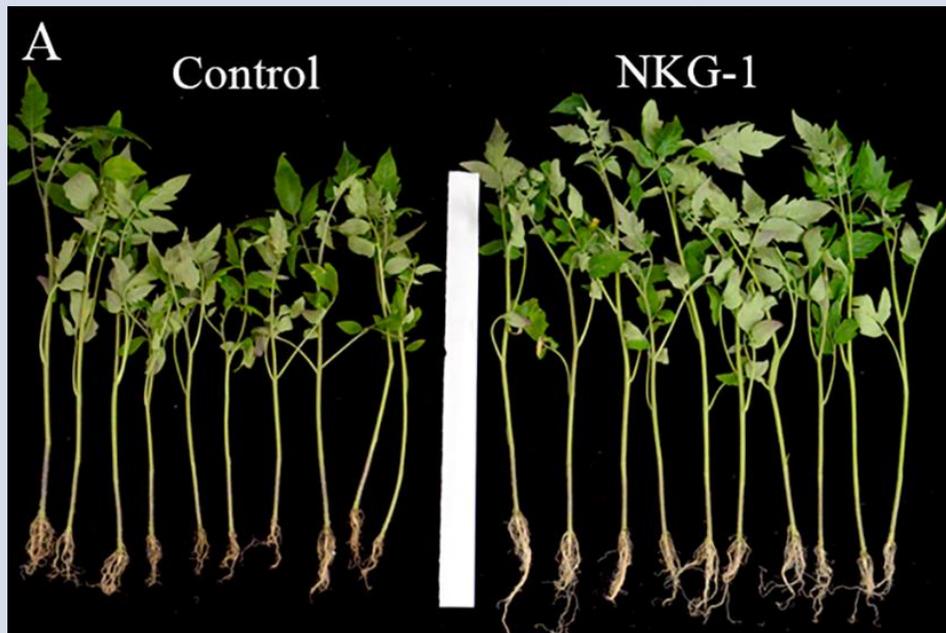
RESEARCH ARTICLE

Bacillus methylotrophicus Strain NKG-1, Isolated from Changbai Mountain, China, Has Potential Applications as a Biofertilizer or Biocontrol Agent

Beibei Ge¹, Binghua Liu¹, Thinn Thinn Nwet², Wenjun Zhao¹, Liming Shi¹, Kecheng Zhang^{1*}

¹ State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, P.R China, ² Department of Biotechnology, Kyaukse Technological University, Kyaukse, Mandalay, Myanmar

* zhangkecheng@sina.com



Trichoderma harzianum e *T. viridis*

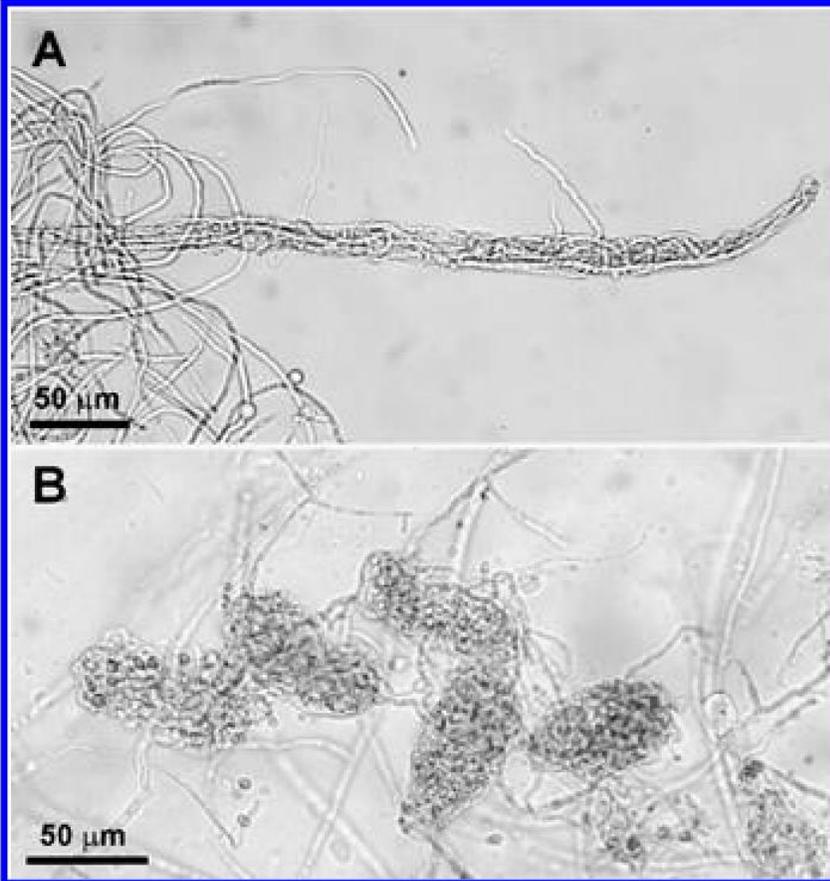


Fig. 3. Direct parasitism of *Trichoderma harzianum* (T-203) on *Meloidogyne*

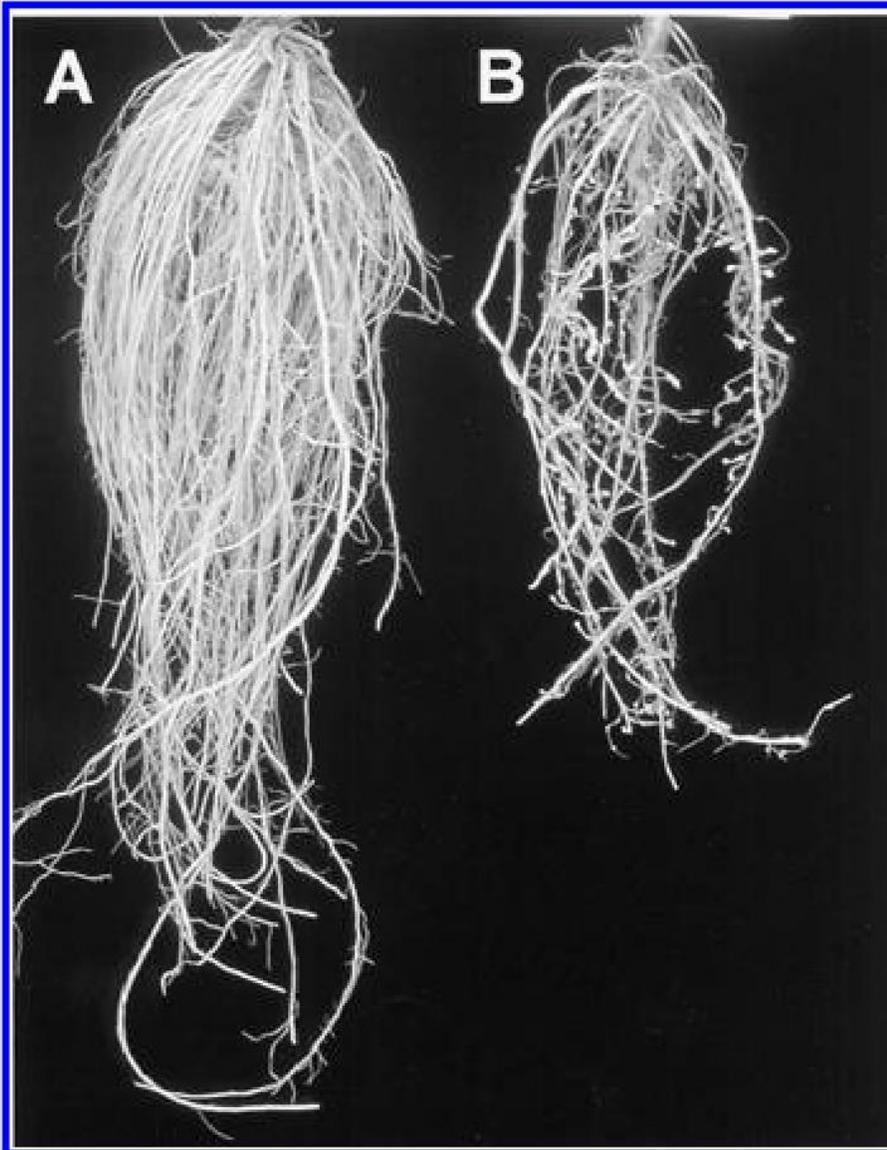
<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2001.91.7.687>

Alvos Formas móveis de nematoides, ovos e massas de ovos

Ação Liberação de proteases no solo

Parasita facultativo
Frequente no ambiente

Não registrado contra fitonematoides
Registrado contra fungos



Tomateiro **x** *Meloidogyne javanica*
x *Trichoderma harzianum*

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2001.91.7.687>

Vantagens x Desvantagens

Facilidade operacional → Nematicidas biológicos

Relação custo-benefício

Ampla espectro + outros efeitos positivos

Propaganda (positiva) das empresas produtoras

Grande diversidade de produtos

Facilidade de registro

Muito aceitos pelos agricultores e também pelos consumidores dos produtos agrícolas

Pode levar ao comodismo

Eficácia variável

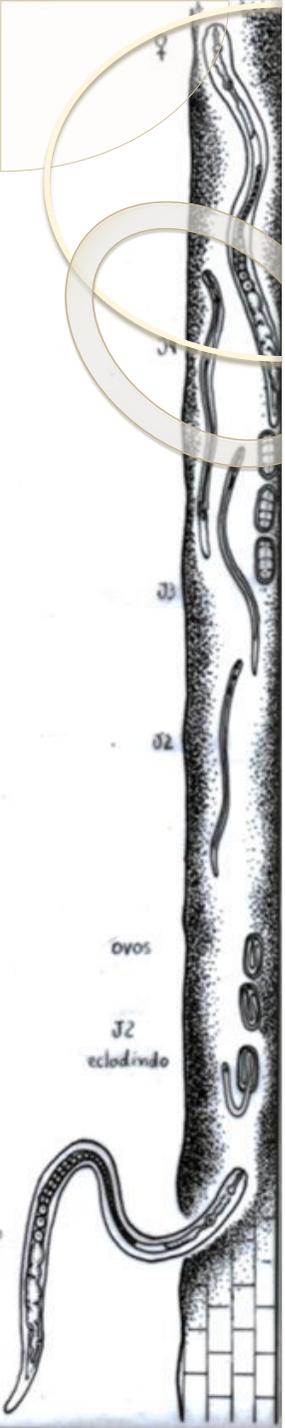
Efeito do ambiente

Qualidade do produto

Ampla espectro?

Risco ao ambiente?

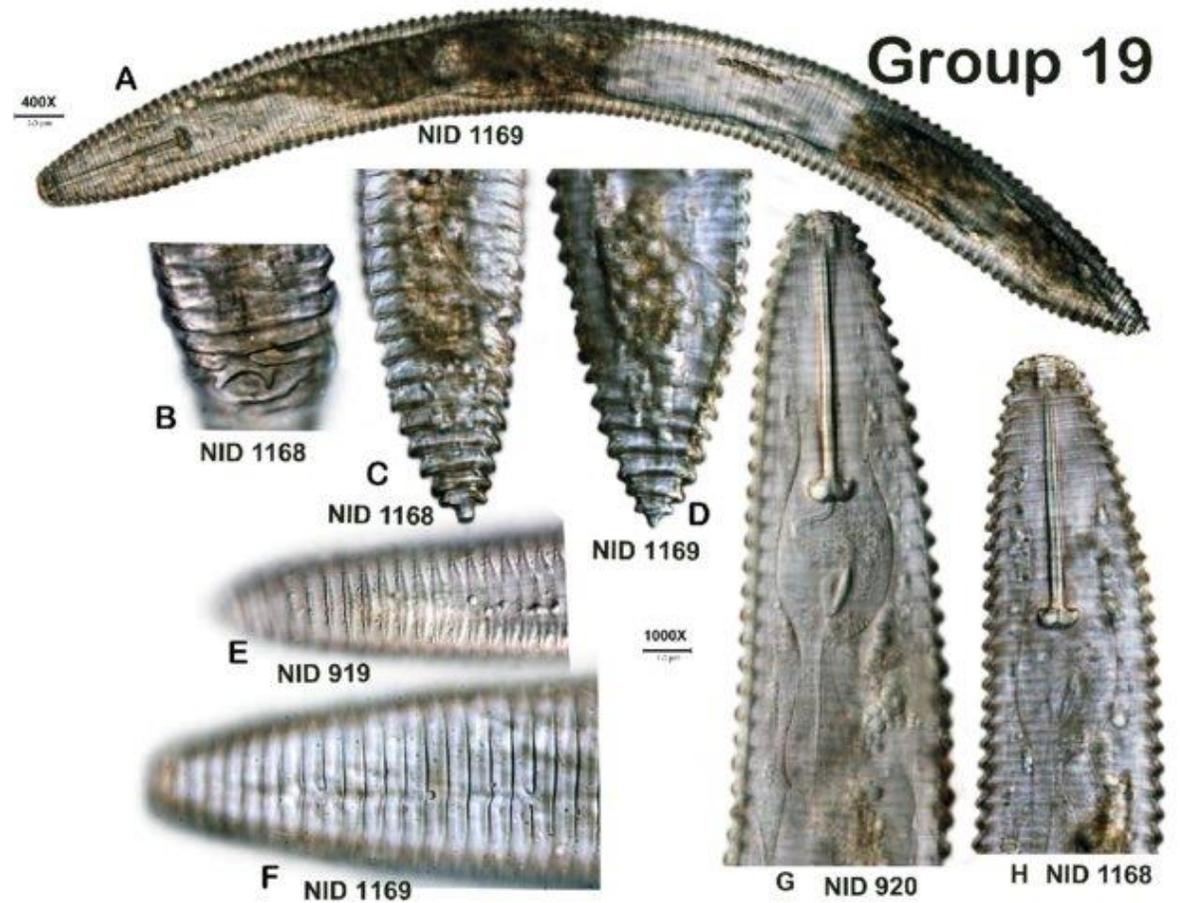
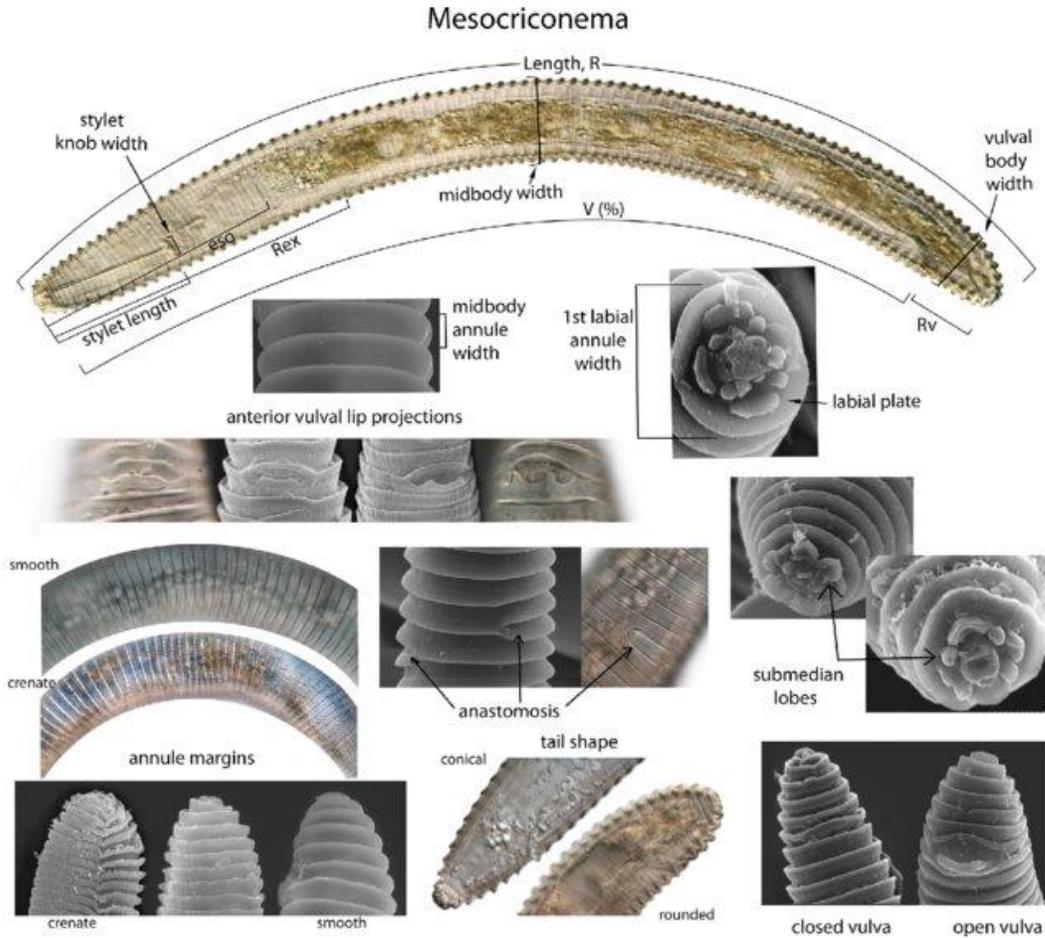
Muito aceitos pelos agricultores e também pelos consumidores dos produtos agrícolas



Perguntas?

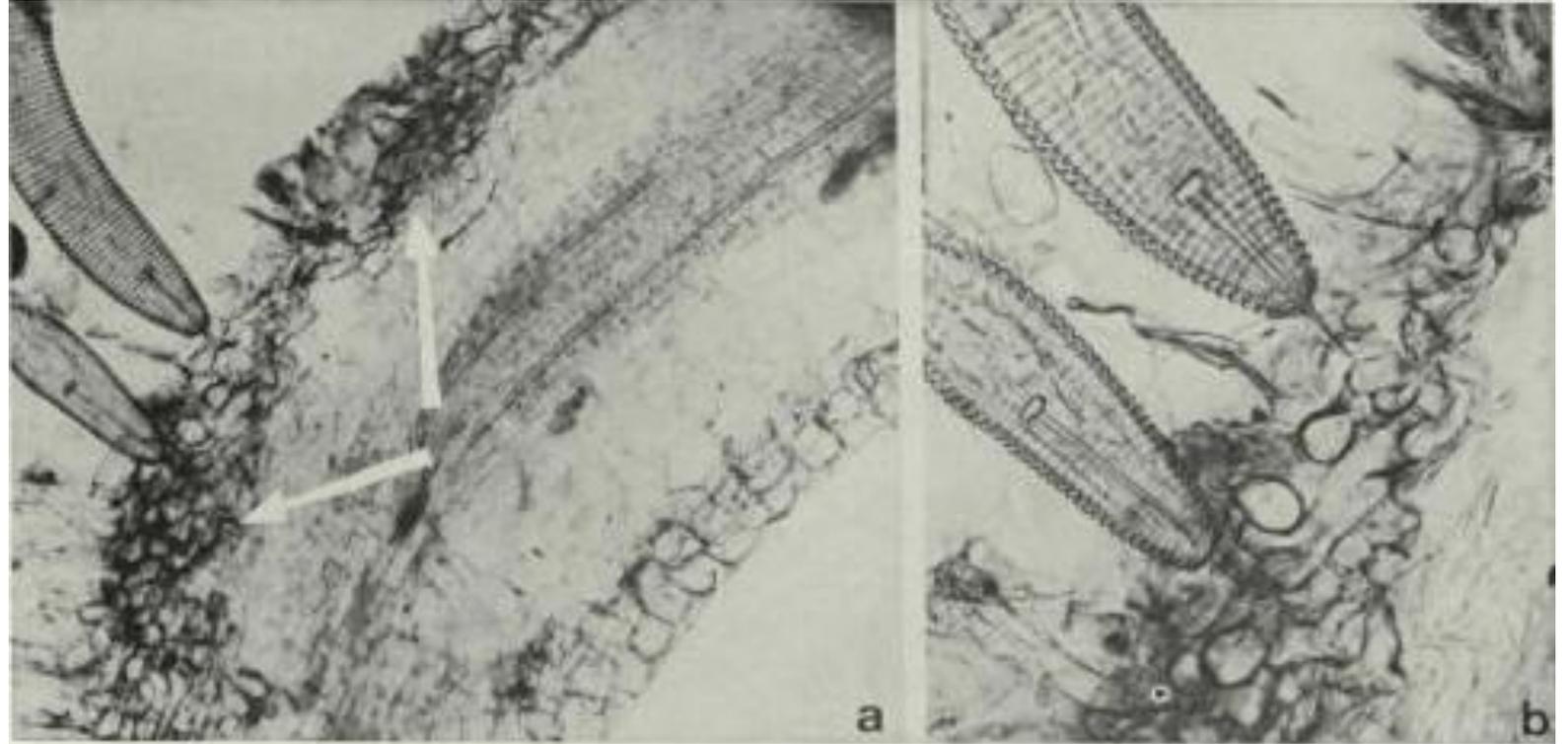
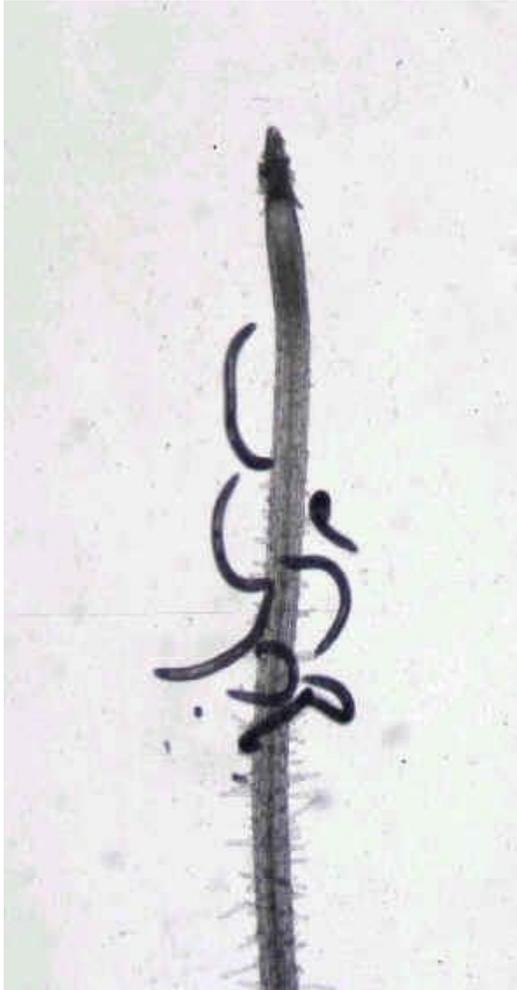
Gênero Mesocriconema

Nematoides-Anelados



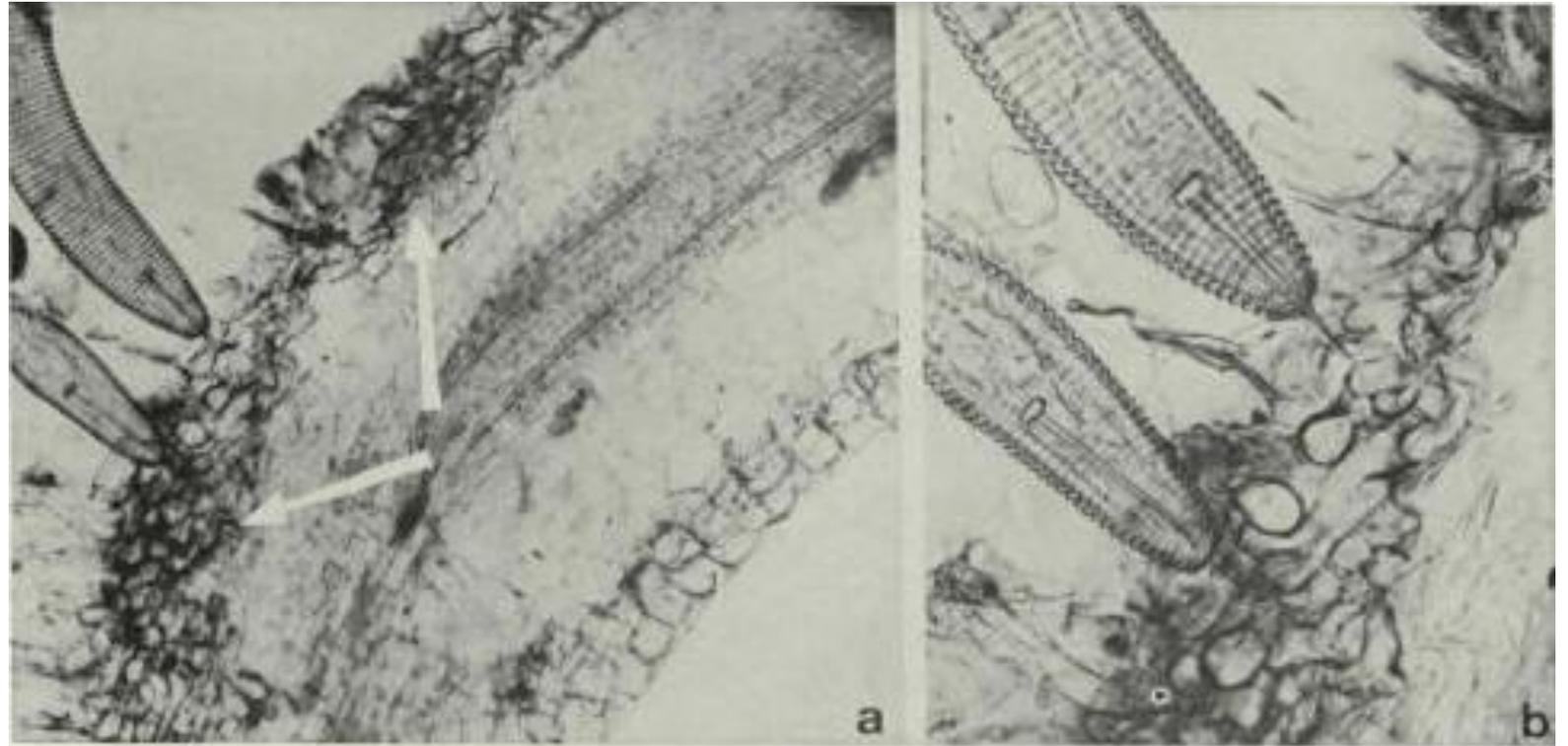
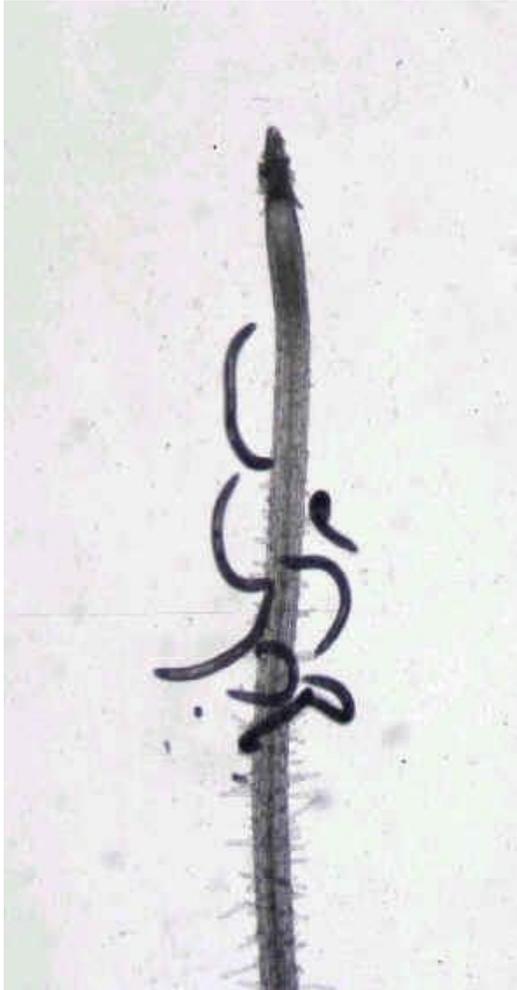
July 2014 *Zootaxa* 3827(2):101-146

Ectoparasitismo



Klingler (1975)

Ectoparasitismo



Klingler (1975)

Nematoídes em Pessegueiro

Pessegueiro/ Nectarina

Meloidogyne incognita



Pessegueiro

Meloidogyne incognita



M. Yağcı, G. Kaskavalci, Z. Devran
Published in Turkish Journal of Entomology 1 June 2019

First report of the root-knot nematode, *Meloidogyne morocciensis* infecting peach in Southern Brazil



Mesocriciconema xenoplax



Wellington Rodrigues 2021

Sintomas

Mesocriconema xenoplax



Andrew Nyczepir



Nematoide anelado em pomar de ameixeira, Caxias do Sul, RS
14 de maio de 2020

Perguntas?

Bom Almoço!!!