



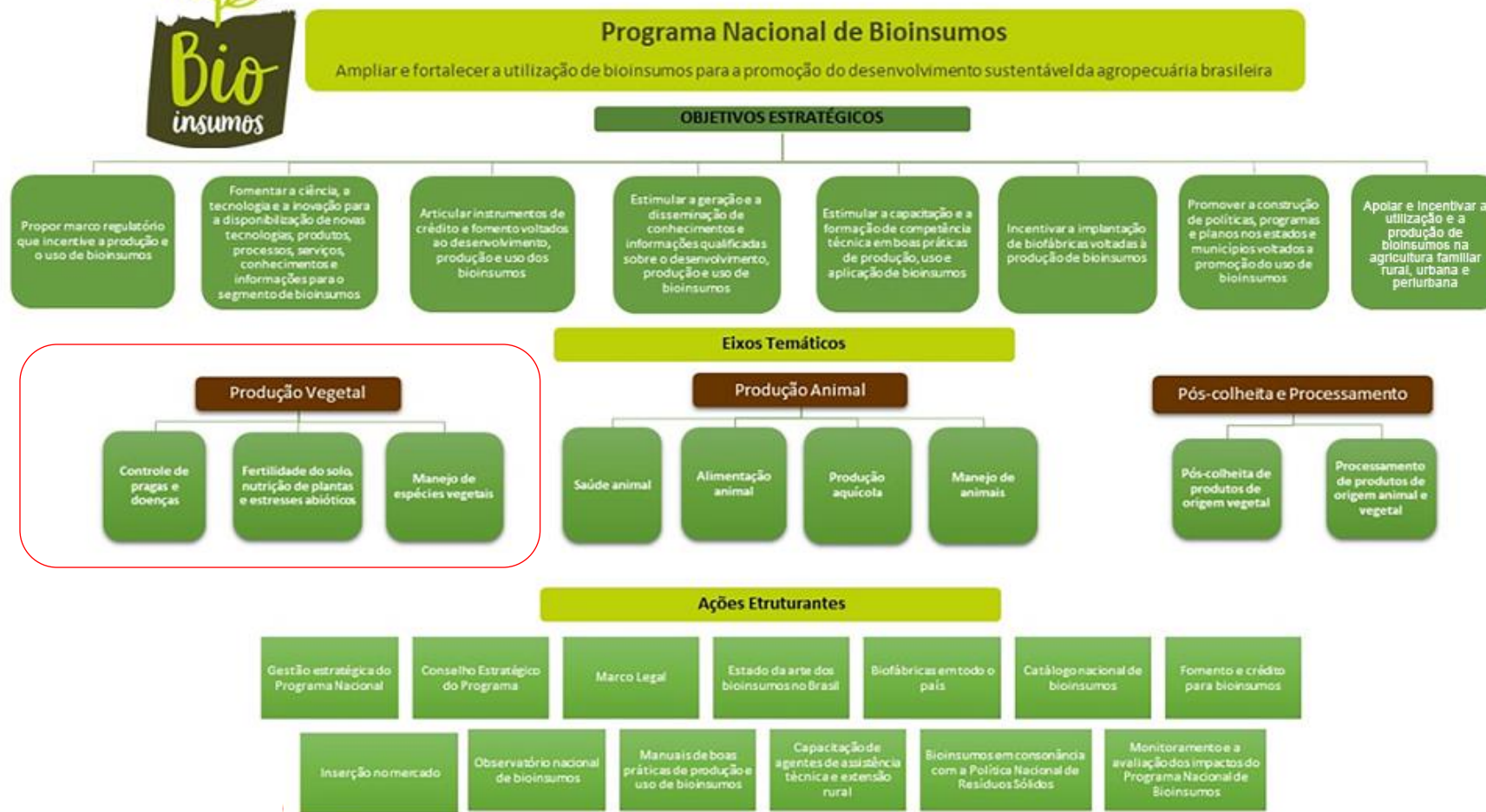
syngenta

# Conceitos Técnicos de Biocontrole e aplicações na Cultura do Amendoim

Luis Fernando Ulian  
Sergio Zanon

08/08/2024

# Introdução aos produtos biológicos



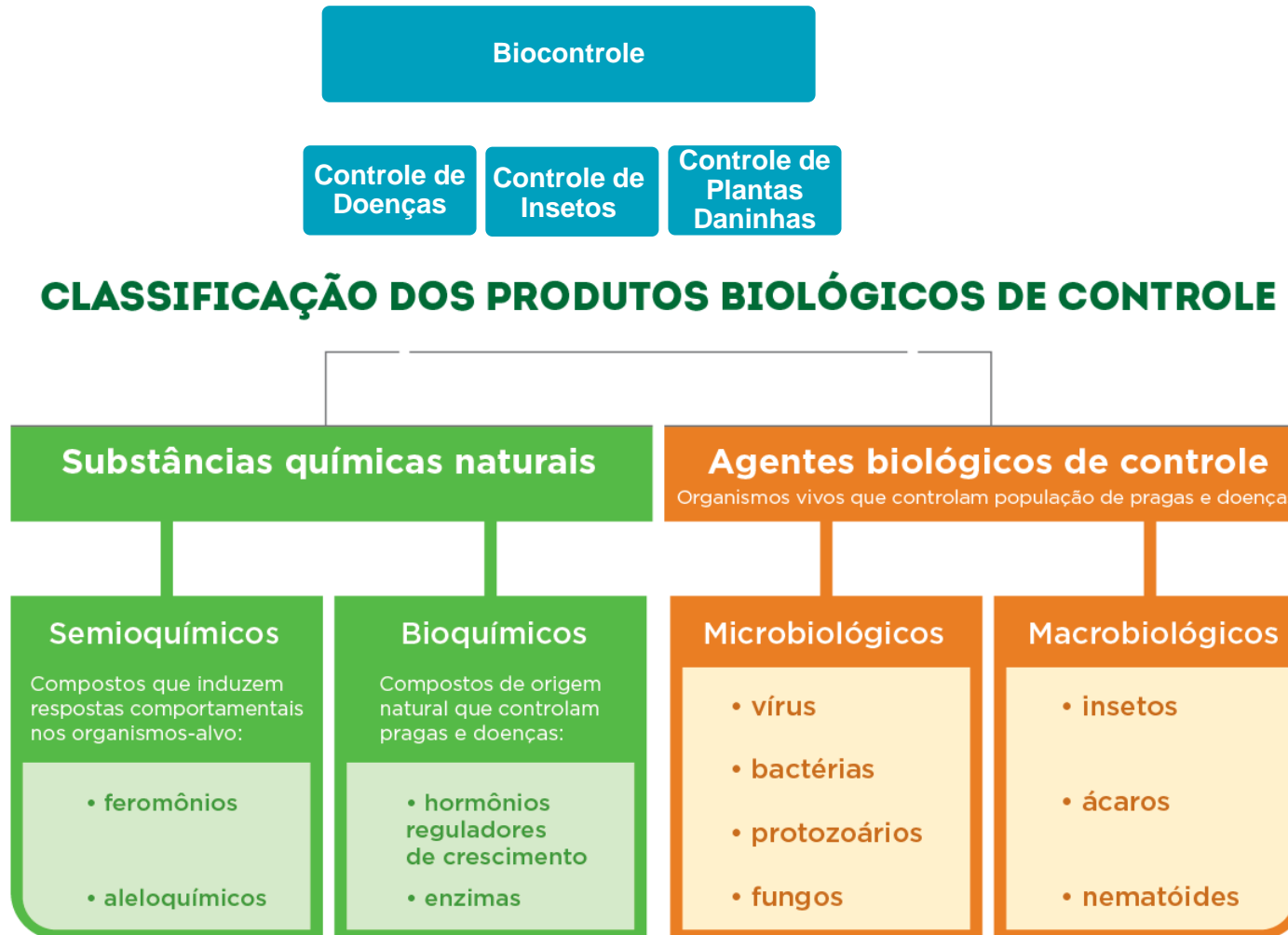
# Como a Syngenta classifica os Biológicos?



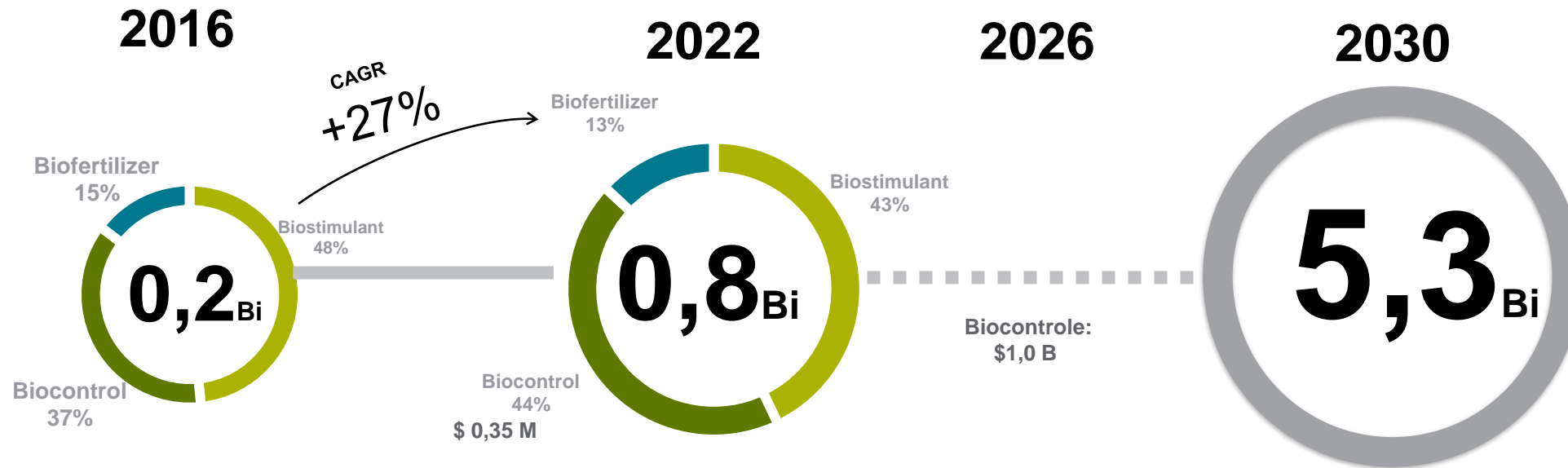
## Product Categorization



# Como os produtos de Biocontrole são classificados?



# O Mercado de Biológicos no Brasil



Fonte: SYT + Kynetec + AgBioinvestor

## Impulsionadores

- Tecnologias com menos resíduos para as culturas
- Saúde do Solo
- Eficácia no controle de doenças, pragas, nematoides e plantas invasoras
- Aumento de residual de controle
- Manejo de resistência
- Uso em manejo integrado de pragas e doenças

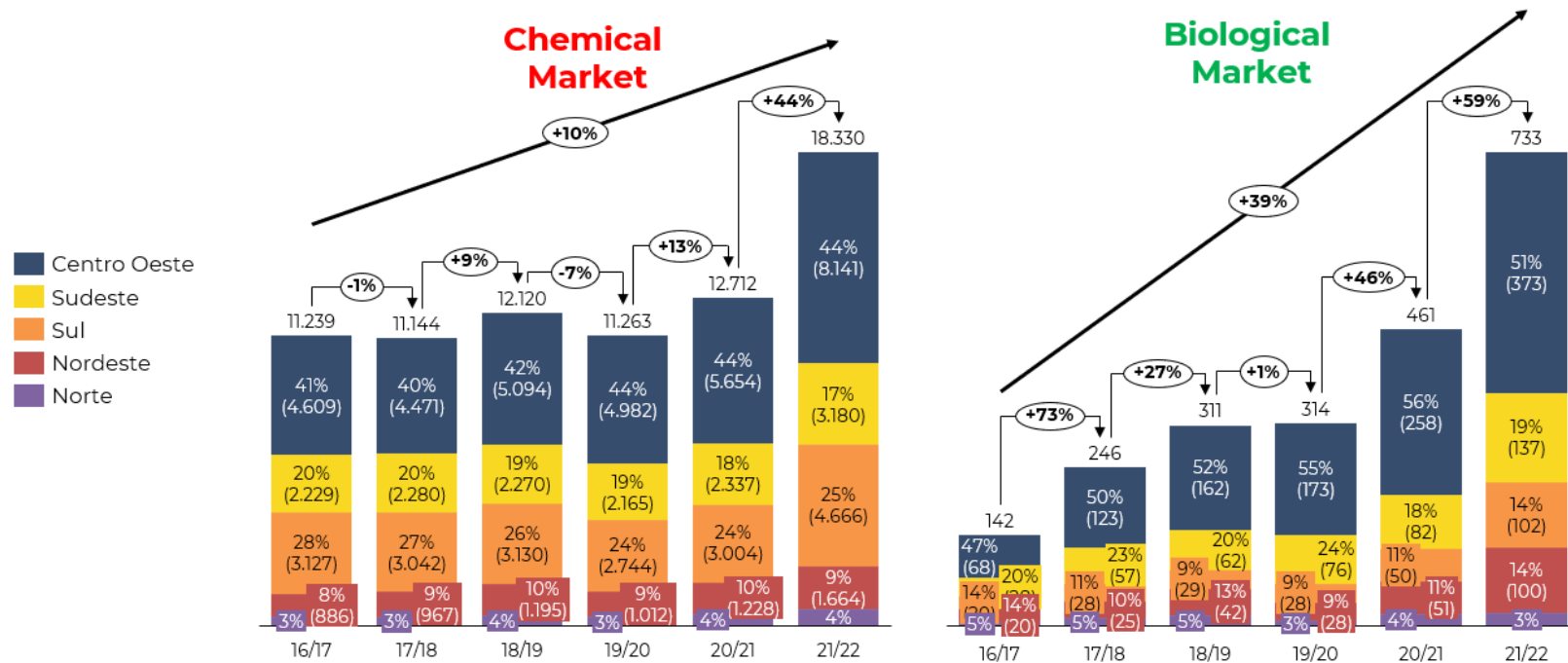
Fonte: SYT (2024)

# Mercado de Biocontrole no Brasil

Biopesticidas apresentam forte ritmo de crescimento mas ainda é uma pequena parcela do mercado

## MARKET IMPORTANCE - REGIONS BIOLOGICAL

Indications in %. Basis in Turnover (USD mi).



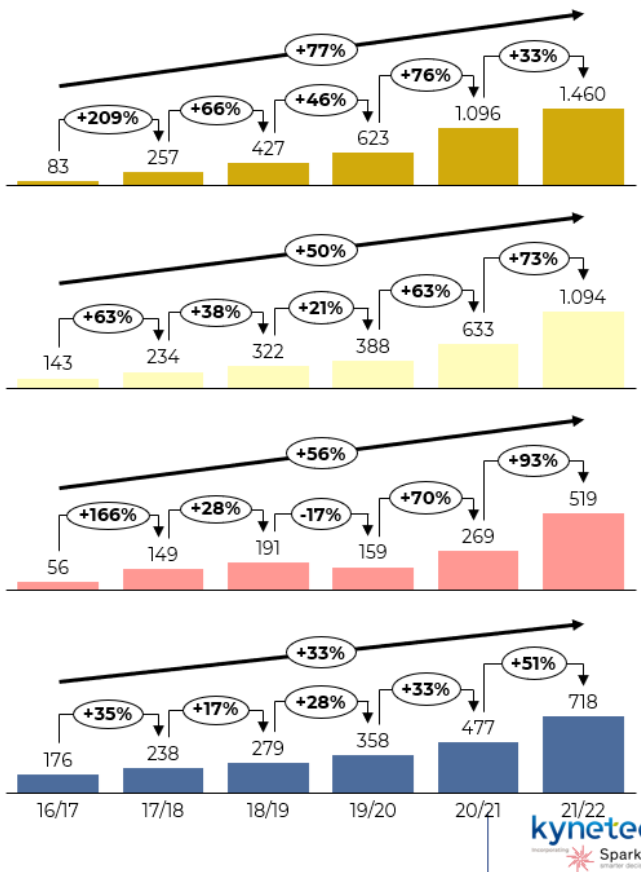
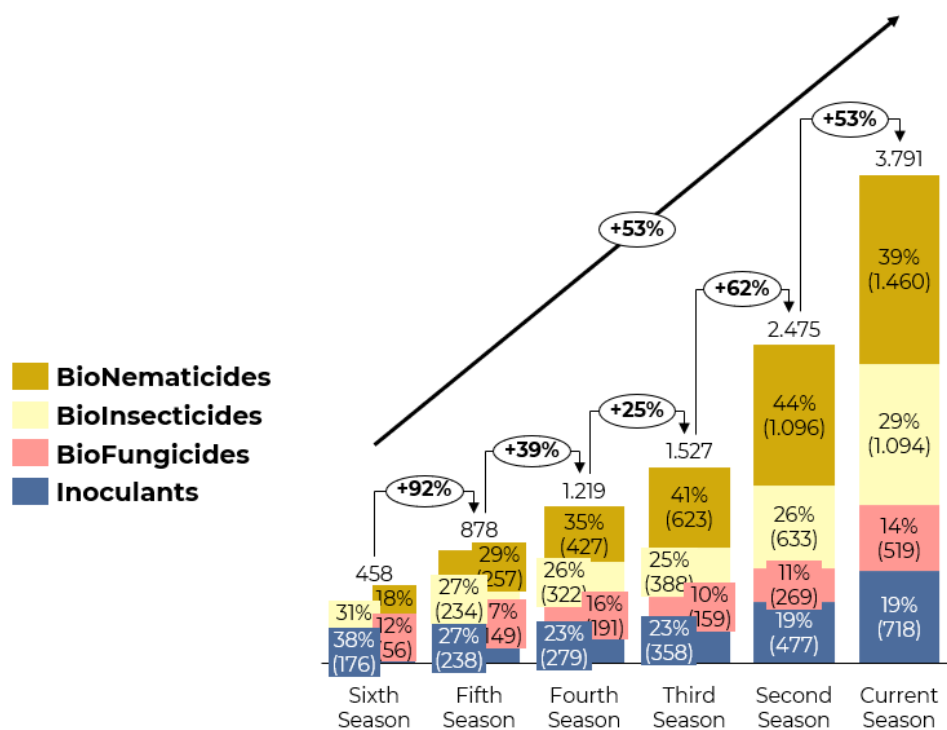
# Mercado de Biocontrole no Brasil

Bionematicidas e Bioinseticidas são os principais mercados de Biopesticidas

## MARKET EVOLUTION – SEGMENTS

### BIOLOGICAL

Indications in %. Basis in Turnover (R\$ mi)



- ✓ Bionematicidas biológicos entre os líderes de mercado.
- ✓ Bioinseticidas: alta adoção devido a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)

FarmTrak™ | Biological Overview 22/23



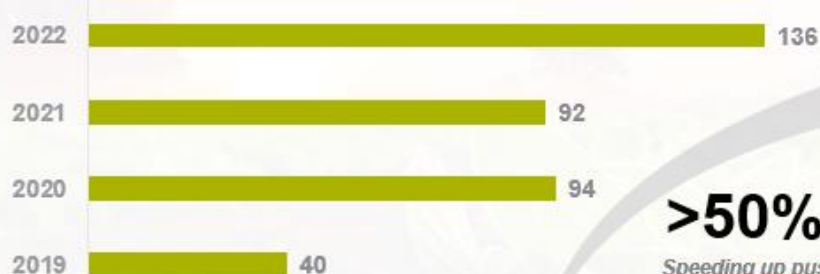


# Registro de Biocontrole no Brasil

Brasil apresenta cenário regulatório favorável para registro de Biopesticidas de origem microbológica

## Biocontrols | Time to Market – Registration Timelines

### Brazil Biologicals products registration



In 2022, the time average for registered biocontrol registration roughly 0,7 years

**>50% increase**  
*Speeding up pushed by **Biocontrols***

*Microbiological Biocontrol products follow the same law for agrochemicals, but are only registered by target specification, not by crop*

### REGISTRATION

*The time to register a new biocontrol product*

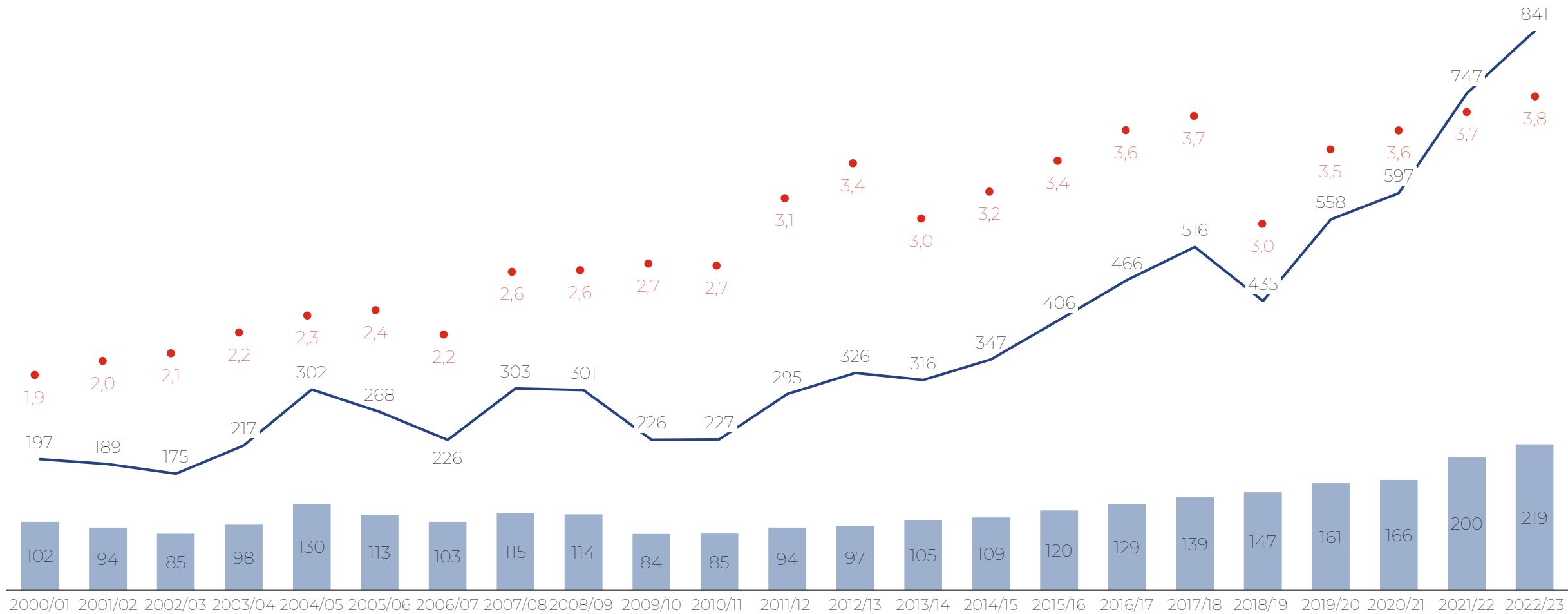


Fonte: Ministério da Agricultura (MAPA)



# CULTURA DO AMENDOIM: ÁREA CULTIVADA X PRODUÇÃO (ANO SAFRA 2000/01 – 2022/23)

■ Área Cultivada (1.000 ha) — Produção (1.000 t) ● Rendimento (t/ha)



Source: CONAB / KYNETEC

Classification: INTERNAL USE ONLY

# Qual a percepção dos agricultores em relações aos produtos de biocontrole?

Agricultores tendem a ter uma visão positiva dos biopesticidas, contudo forte percepção relacionada a diminuição de eficiência operacional e combinações de tecnologias

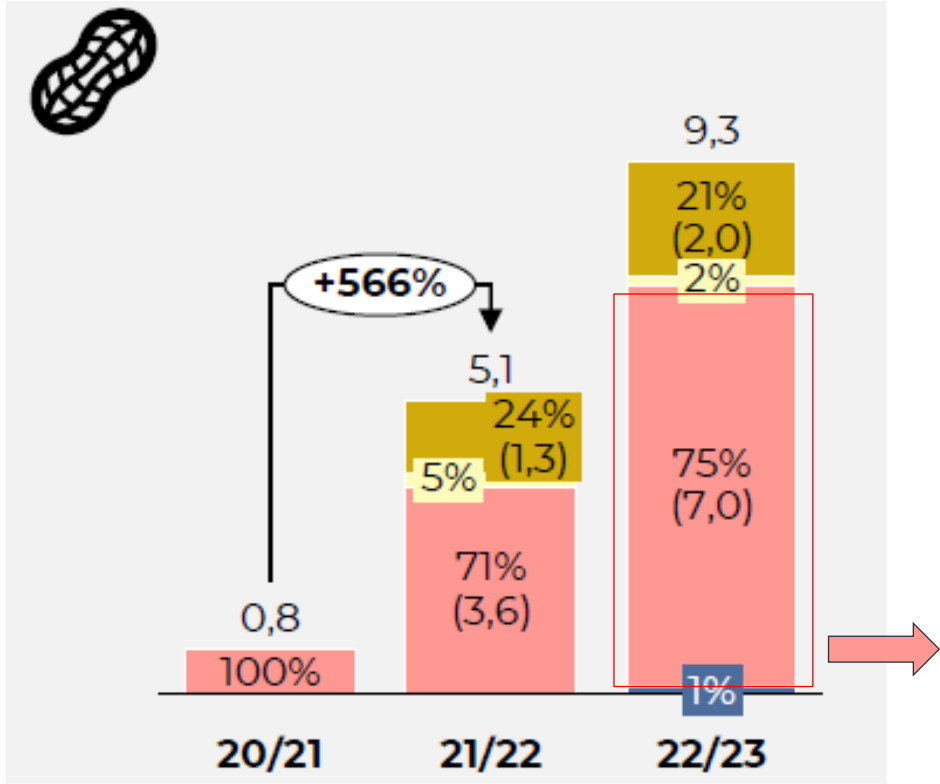
Percepções	Biológicos
<b>Efeito Imediato (“choque”)</b>	✗
<b>Tempo de prateleira (“shelf life”)</b>	✗
<b>Necessidade de refrigeração</b>	✗
<b>Limitação de uso em período seco</b>	✗
<b>Compatibilidade de mistura</b>	✗
<b>Efeito residual de controle</b>	✓
<b>Menos prejudicial ao solo</b>	✓
<b>Menor resíduo em alimentos</b>	✓
<b>Controle de nematoides/cigarrinhas</b>	✓
<b>Ação fungicida</b>	✓

Fonte: Syngenta (2023) /Kynetec (2023)

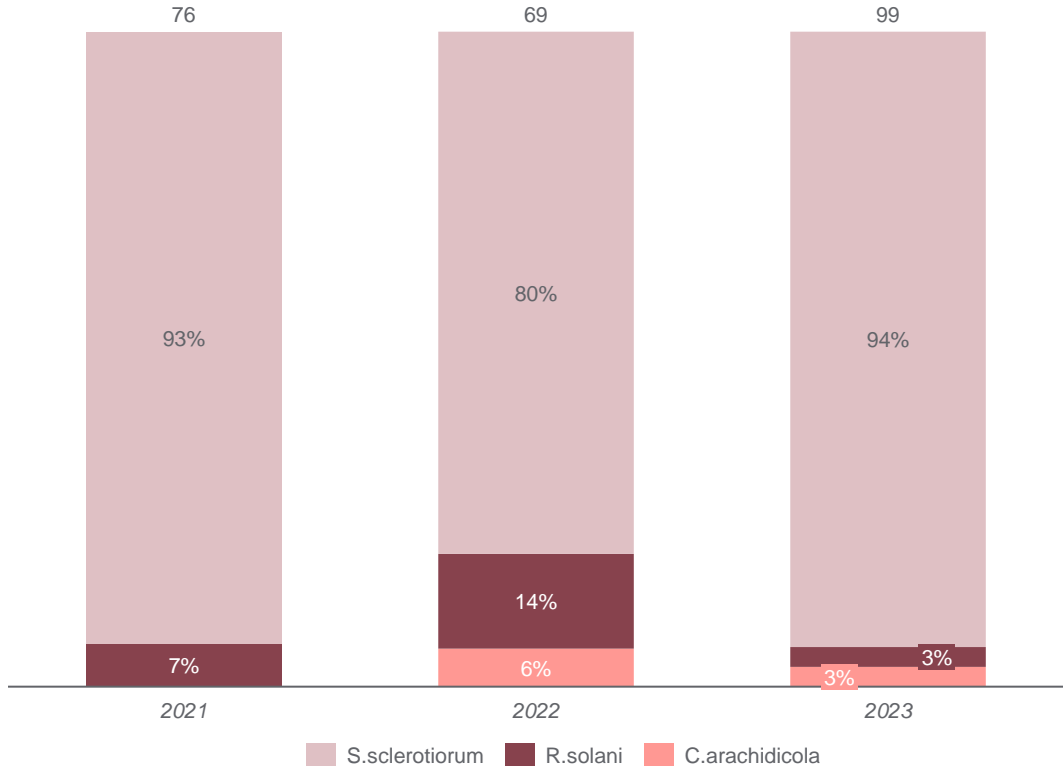
# Mercado de Biocontrole na Cultura do Amendoim

■ Bionematicidas 
 ■ Bioinseticidas 
 ■ Biofungicidas 
 ■ Inoculants

Indications in %. Basis in Turnover (R\$ mi).



Classificação segundo PAT por Alvo (Químicos + Biológicos)(%).



# Bionematicidas: Combatendo um inimigo oculto

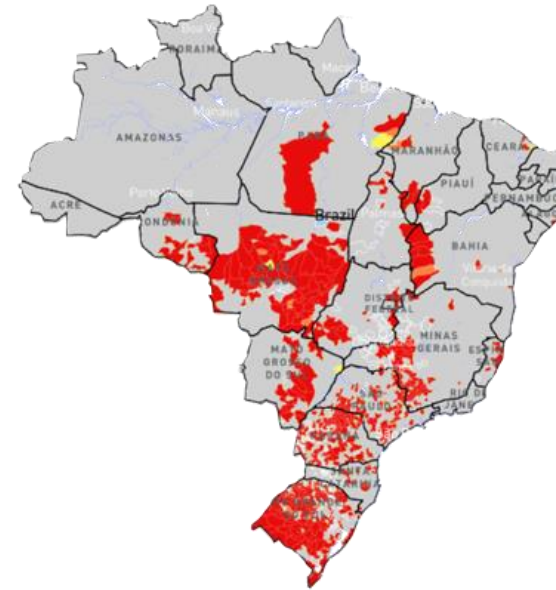
Perdas estimadas por danos de nematoides para as principais cultura agrícolas pode atingir prejuízos ao redor de 870 bilhões de reais em 10 anos



Amostras: 21.661

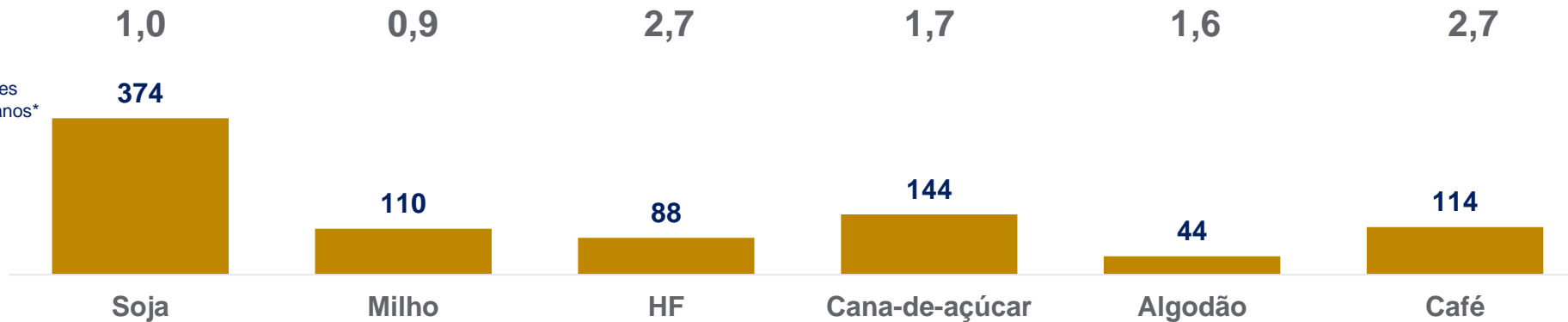
com Nematoides: 20.440

Frequência: 94,36%



Nº de Safras perdidas em 10 anos

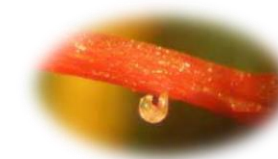
Perdas em bilhões de reais em 10 anos\*



# Bionematicidas: Conhecendo o inimigo

*Meloidogyne spp* e *Pratylenchus spp* são os principais gêneros presentes em solos brasileiros

## Formas de Alimentação e parasitismo



	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Heterodera glycines</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>
<b>Parâmetros</b>				
<b>Hábito de alimentação</b>	Endoparasita sedentário	Endoparasita migratório	Endoparasita sedentário	Semi-endoparasita
<b>Estádio infectivo</b>	J2	J2 – Adulto	J2	J4

# Bionematicidas: Modos de Ação de Fungos

Parasitismo, predação são os principais modos de ação de fungos contra nematoides

Modo de ação de fungos no controle de fitonematoides

Classificação	Modo de Ação	Exemplo	Principais Alvos (fitonematóides)	Controle De Ovos	Controle Fase Juvenil
<b>Fungos Predadores (Armadilhas)</b>	Predação de nematoides (fase juvenil) e aprisionamento	<i>Arthrobotrys oligospora</i>	- <i>Pratylenchus spp</i> - <i>Radopholus similis</i>	Não	Sim
<b>Fungos Predadores (esporos adesivos)</b>	Predação de nematoides (fase juvenil) e aprisionamento por esporos adesivos	- <i>Myzocytiium lenticulare</i> - <i>Catenaria anguillulae</i> - <i>Myzocytiium anomalum</i>	- <i>Pratylenchus spp</i> - <i>Radopholus similis</i>	Não	Sim
<b>Fungos Parasitas de ovos</b>	Parasita de fêmeas sedentárias de nematoides e ovos	- <i>Pochonia chlamydosporia</i> - <i>P.lilacinus</i>	- <i>Meloidogyne spp</i> - <i>Rotylenchulus reniformis</i>	Sim	Moderado
<b>Fungos Generalistas</b>	Predação, parasitismo e produção de metabólitos	- <i>Trichoderma harzianum</i>	- <i>Meloidogyne spp</i> - <i>Rotylenchulus reniformis</i> - <i>Pratylenchus spp</i> - <i>Heterodera spp</i>	Moderado /Baixo	Moderado

Fontes

- Van Leeuwenhoek, A. (2021). Biological control: a novel strategy for control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 104(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01456-w>
- Dutta, S., Ghosh, S., & Mustafi, S. M. (2021). *Trichoderma harzianum*: a potential biocontrol agent for plant nematode management. *Biocontrol Science*, 26(1), 1-11.
- Moosavi, M. R., Zare, R., & Zamanizadeh, H. R. (2010). Biocontrol of *Meloidogyne incognita* by *Myzocytiium anomalum* and *Myzocytiium lenticulare*. *Biocontrol Science and Technology*, 20(6), 623-633
- Jansson, H. B., & Friman, E. (1999). Biological control of nematodes by fungi. In Mukerji, K. G., Chamola, B. P., & Singh, J. (Eds.), *Biotechnological Approaches in Biocontrol of Plant Pathogens* (pp. 89-123). Springer, Boston, MA. SYT data base

# Bionematicidas: Modos de Ação de Bactérias

Antibiose, Indução de Resistência e Promoção de Crescimento são os principais Modos envolvendo bactérias contra nematoides

## Modo de ação de Bactérias no controle de fitonematoides

Classificação	Modo de Ação	Exemplo	Principais Alvos (fitonematóides)	Controle De Ovos	Controle Fase Juvenil
<b>Bactérias Parasitas</b>	Parasitas obrigatórios de nematoides. Endósporos aderidos a cutícula dos nematoides e posterior germinação que invade o hospedeiro	<i>Pasteuria spp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Heterodera glycines</i></li> <li>- <i>Meloidogyne spp</i></li> <li>- <i>Pratylenchus spp</i></li> </ul>	Não	Sim
<b>Bactérias Promotoras de Crescimento (PGPR)</b>	Produção de metabólitos que degradam a parede celular, indução de resistência, proteção as raízes (biofilme)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Bacillus subtilis</i></li> <li>- <i>Bacillus amyloliquefaciens</i></li> <li>- <i>Bacillus velezensis</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pratylenchus spp</i></li> <li>- <i>Meloidogyne spp</i></li> <li>- <i>Radopholus similis</i></li> </ul>	Sim	Sim
<b>Bactérias produtores de proteínas Cry</b>	Ingestão de proteínas Cry que promoveram lise das células do intestino do nematoide	<i>Bacillus thuringiensis (Bt)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Meloidogyne spp</i></li> <li>- <i>Rotylenchulus reniformis</i></li> </ul>	Não	Sim

Fontes

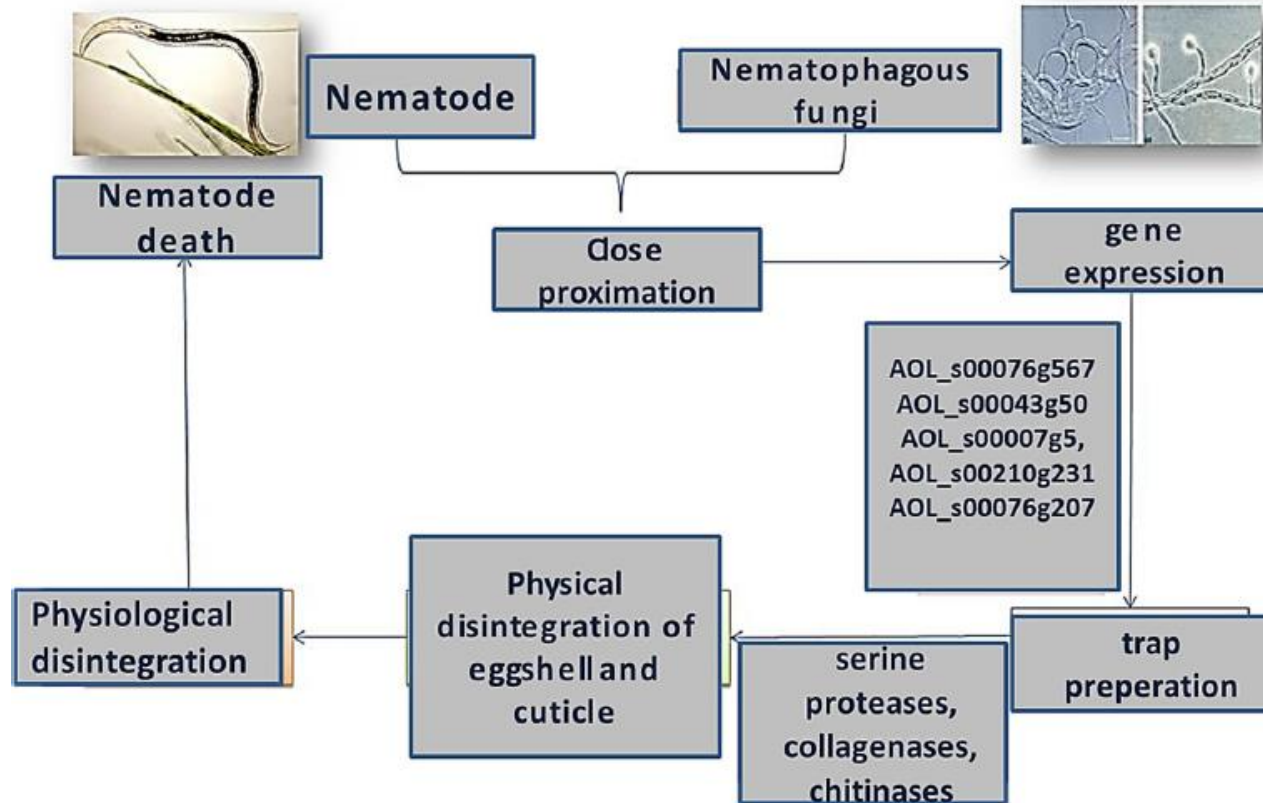
- Van Leeuwenhoek, A. (2021). Biological control: a novel strategy for control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 104(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01456-w>
- Dutta, S., Ghosh, S., & Mustafi, S. M. (2021). *Trichoderma harzianum*: a potential biocontrol agent for plant nematode management. *Biocontrol Science*, 26(1), 1-11.
- Moosavi, M. R., Zare, R., & Zamanizadeh, H. R. (2010). Biocontrol of *Meloidogyne incognita* by *Myzocyrtium anomalum* and *Myzocyrtium lenticulare*. *Biocontrol Science and Technology*, 20(6), 623-633
- Jansson, H. B., & Friman, E. (1999). Biological control of nematodes by fungi. In Mukerji, K. G., Chamola, B. P., & Singh, J. (Eds.), *Biotechnological Approaches in Biocontrol of Plant Pathogens* (pp. 89-123). Springer, Boston, MA. SYT data base



# Bionematicidas: Modos de Ação

Parasitismo, predação são os principais Modos envolvendo Modos de ação de fungos contra nematoides

## Modo de ação de fungos no controle de fitonematoides



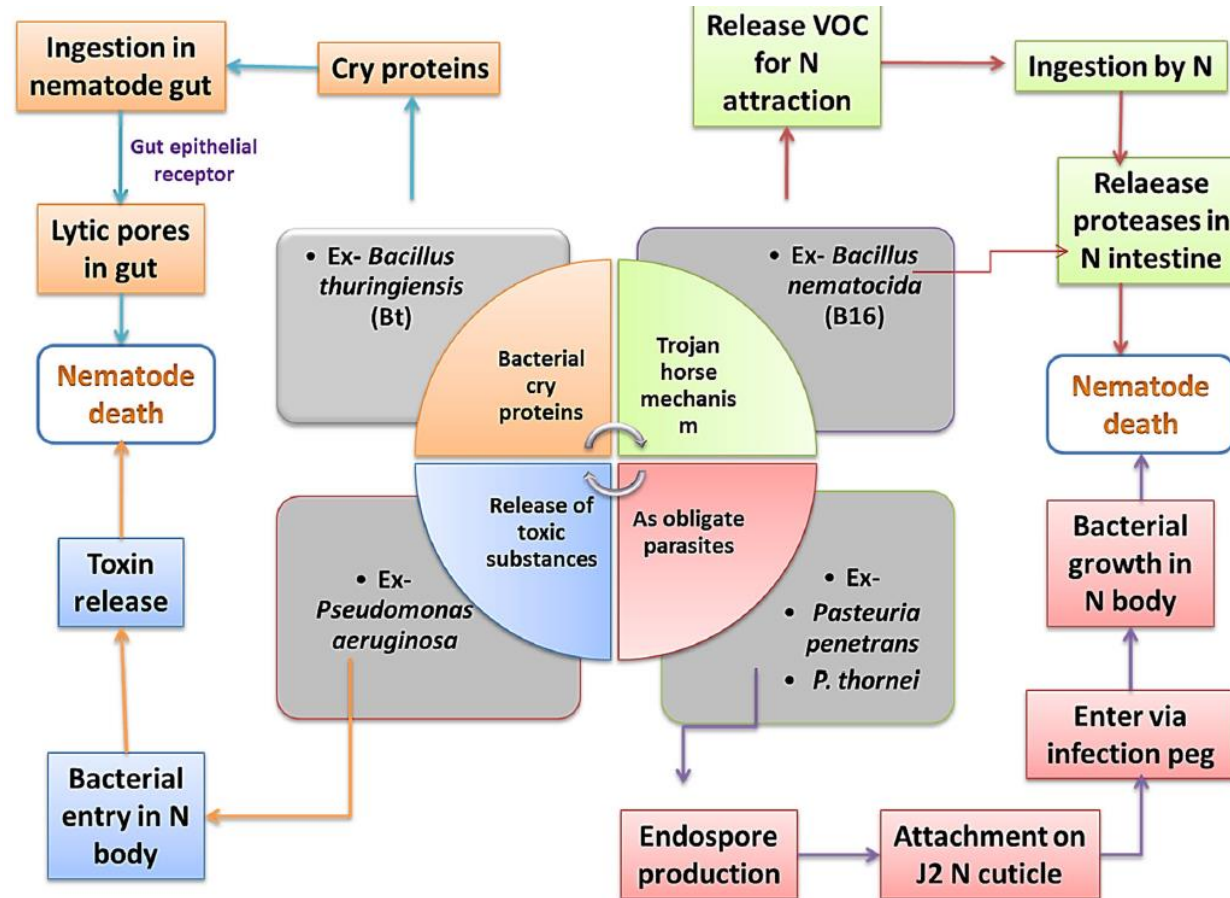
Fonte

- Van Leeuwenhoek, A. (2021). Biological control: a novel strategy for control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 104(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01456-w>

# Bionematicidas: Modos de Ação

Antibiose, Indução de Resistência e Promoção de Crescimento são os principais Modos envolvendo bactérias contra nematoides

## Modo de ação de Bactérias no controle de fitonematoides



Fonte

- Van Leeuwenhoek, A. (2021). Biological control: a novel strategy for control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 104(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10482-020-01456-w>

# Bionemáticas: Modos de Ação

Efeito de metabólitos e enzimas líticas



Ação de *Bacillus velezensis* sobre Ovos de *Pratylenchus brachyurus*



**Ovo com formação normal**  
(provavelmente irá eclodir)



**Ovo com anomalia**  
(provavelmente não irá eclodir)

# Bionemáticas: Modos de Ação

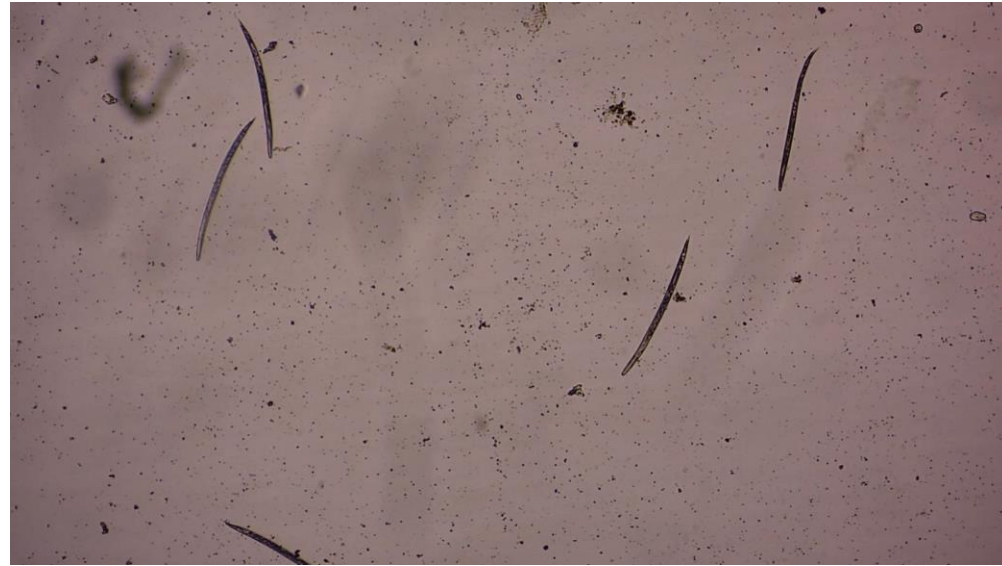
Efeito de metabólitos e enzimas líticas



Ação de *Bacillus velezensis* J2 de *Pratylenchus brachyurus*



**Testemunha**



*B.velezensis*

# Bionemáticas: Modos de Ação

Colonização rápida de raízes e proteção contra nematoides – Produção de Biofilme



TESTEMUNHA



*Bacillus spp*

12h após inoculação



*Bacillus spp*

24h após inoculação



# Biofungicidas: Modo de Ação de Bactérias contra Fungos Fitopatogênicos

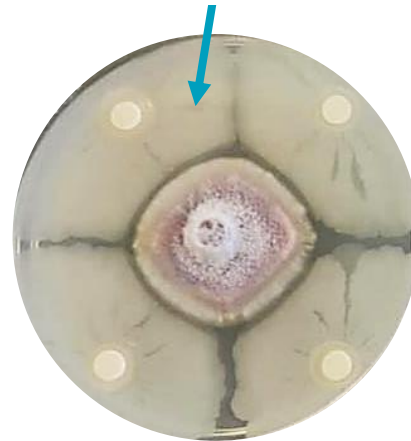
(*Bacillus spp.*)

## Modos de Ação

Produção de Metabólitos  
(Halo de inibição)

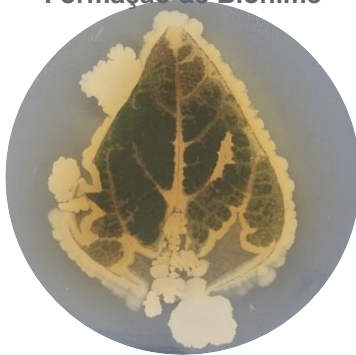


Competição por espaço e nutrientes  
(Efeito prolongado)



- **Produção de Metabólitos (Antibiose):** produção de metabólitos (iturinas, surfactinas, fengicinas) que atuam degradando parede celular e membranas de fungos e bactérias
- **Competição por espaço e nutrientes**
- **Formação de Biofilme**
- **Promoção de Crescimento**
- **Indução de Resistência**

Formação de Biofilme

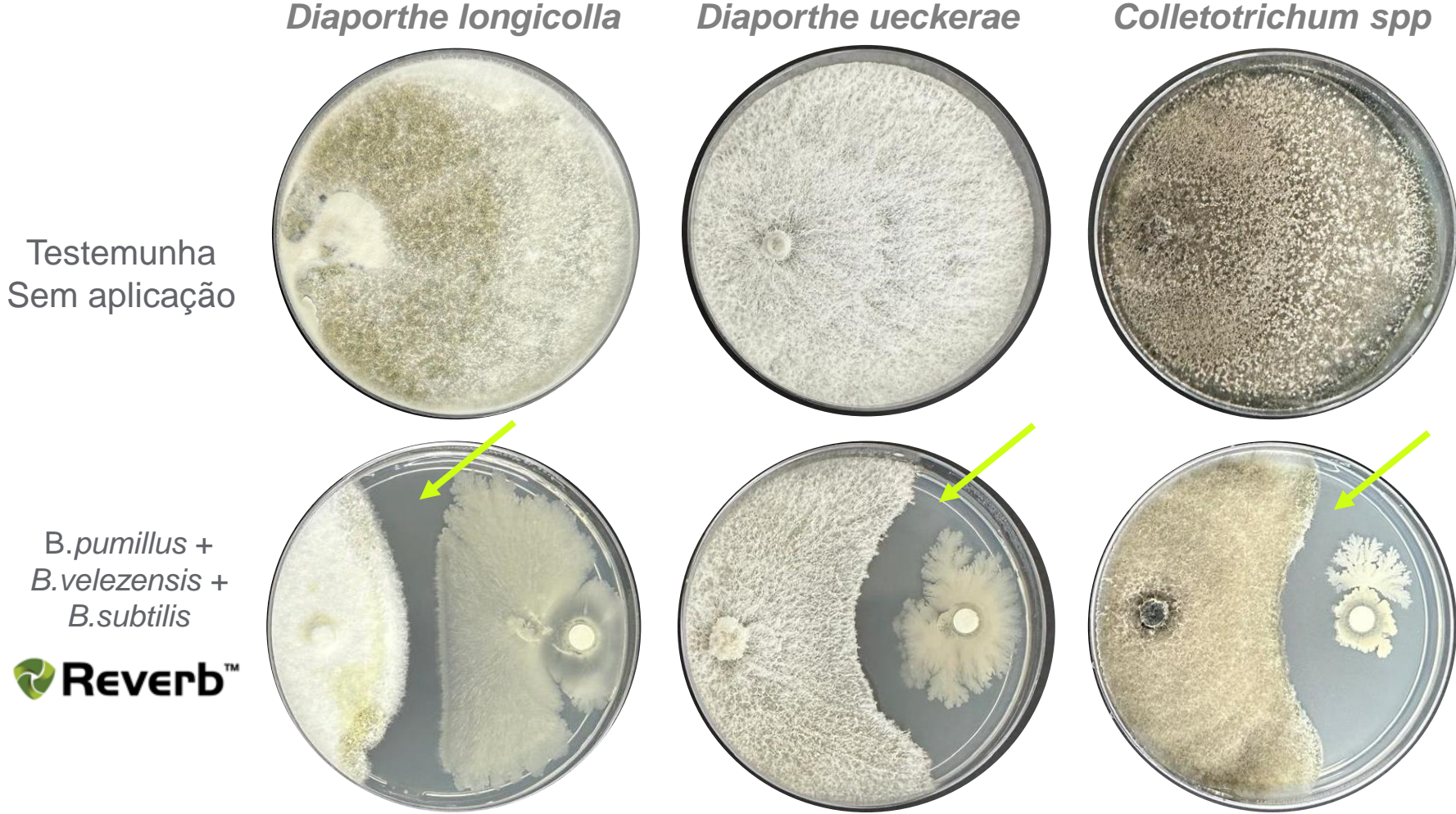


Promoção de Crescimento

## Principais Alvos

- Fungos necrotróficos (*Fusarium spp.*, *Sclerotinia spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Corynespora cassicola*, *Colletotrichum spp.*)

# Biofungicidas: ferramenta para o manejo de doenças





# *Bacillus* spp: Podem ser generalizados? Ação Fungicida

Bacillus não são todos iguais e os metabólitos apresentam efeitos complementares

## Controle de *Rhizoctonia solani* em placas (14 dias após incubação)



Testemunha



 **Arvatico**<sup>®</sup>



*Bacillus* 2



*Bacillus* 3  
*Bacillus* 4

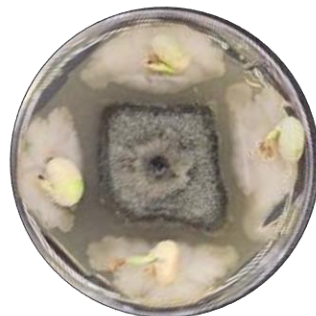


*Bacillus* 5

## Controle de *Macrophomina phaseolina* em placas (14 dias após incubação)



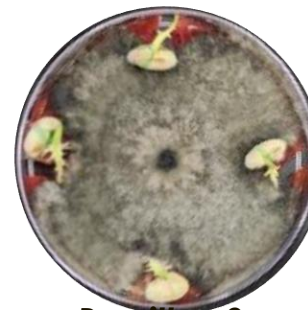
Testemunha



 **Arvatico**<sup>®</sup>



*Bacillus* 2



*Bacillus* 3  
*Bacillus* 4



*Bacillus* 5

Fonte: Syngenta (2023)

# Biofungicidas: ferramenta para o manejo de doenças

## Controle eficiente de Cercospora + Mancha Alvo - Soja



*Testemunha*



Fungicida Químico (específico)  
+  
Fungicida multissítio químico



Fungicida Químico (específico)  
+  
**Biofungicida**



## Biofungicidas: ferramenta para o manejo integrado de doenças

Controle eficiente em condições de campo: Integração de práticas de Manejo



*Testemunha*



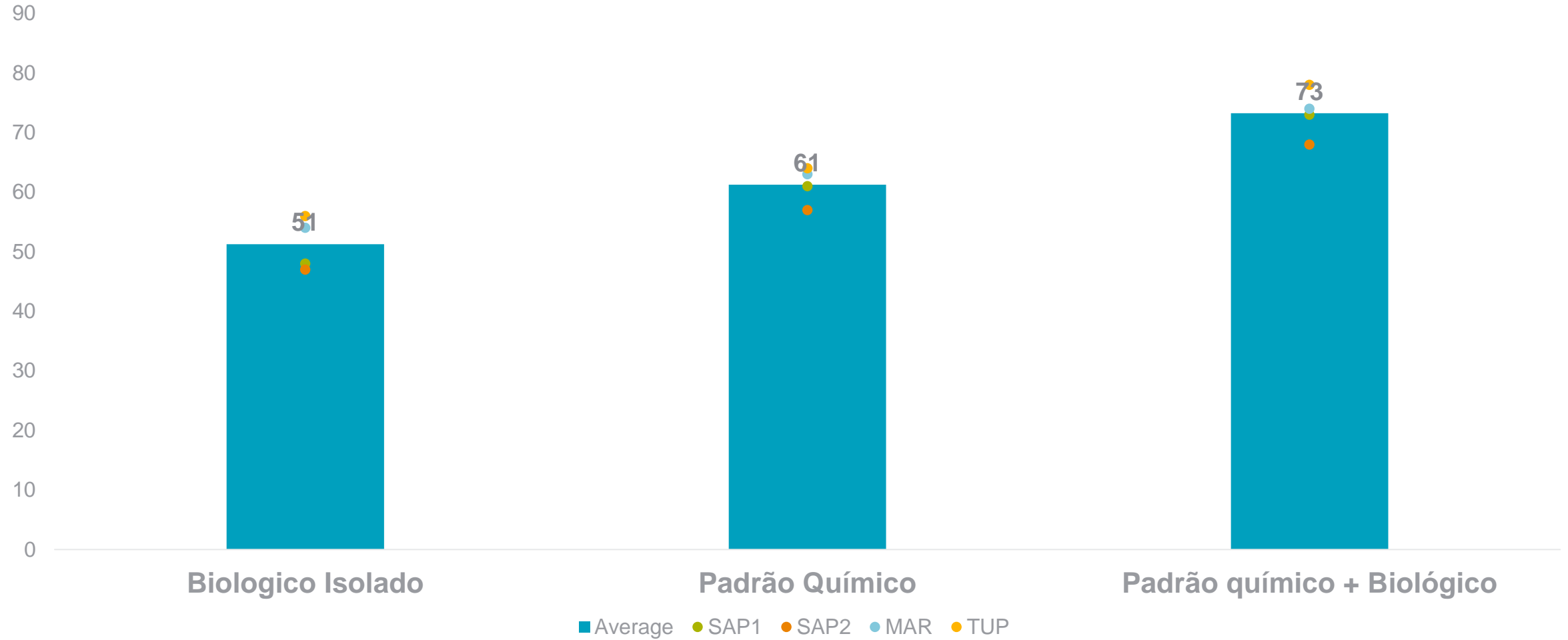
*Fungicida Químico*



*Fungicida Químico  
+ Biofungicida*

# Controle (%) de *Cercosporidium personatum*

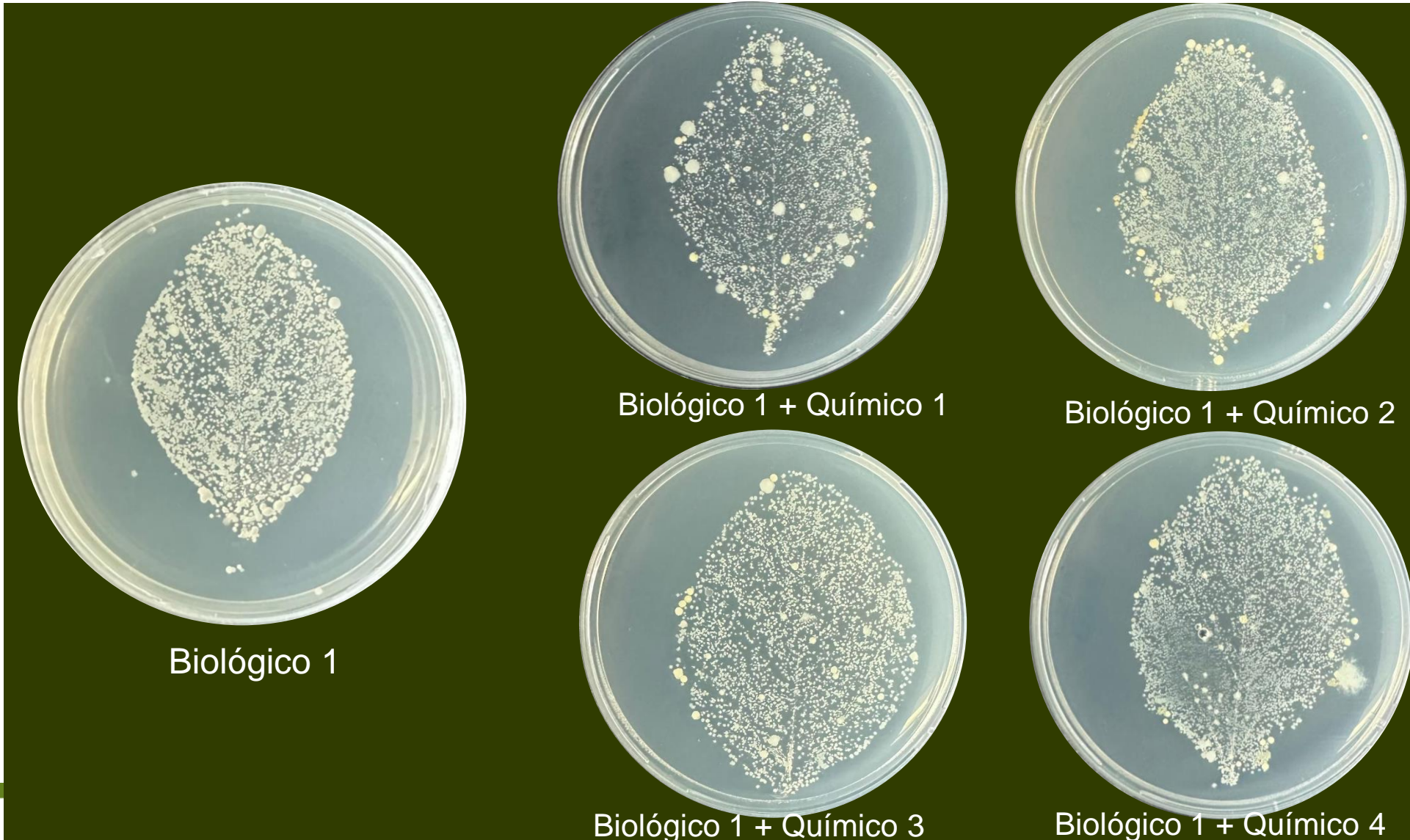
4 ensaios





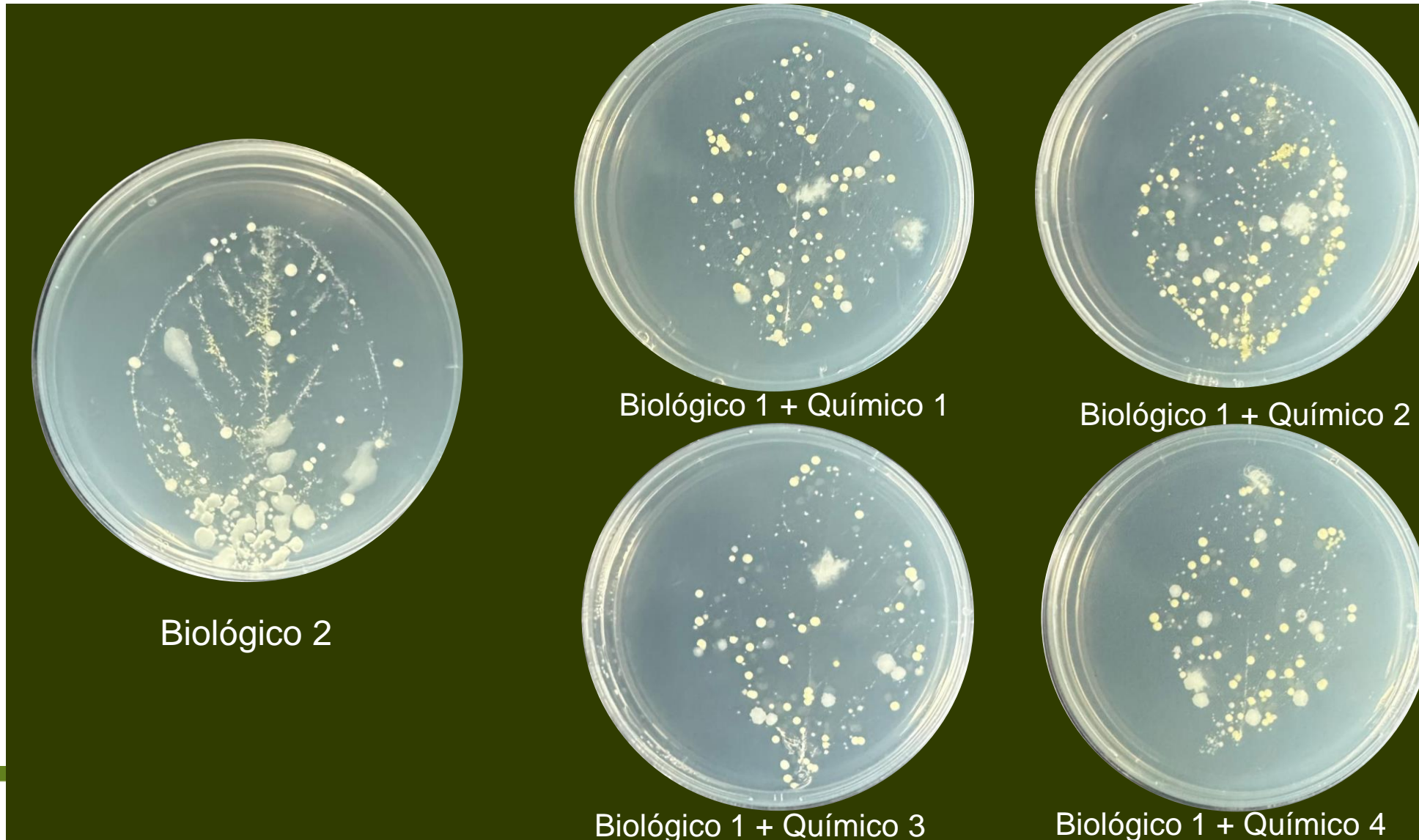
# Compatibilidade biológica: principal questionamento realizado por agricultores

Microrganismos diferentes e cepas apresentam respostas diferentes



# Compatibilidade biológica: principal questionamento realizado por agricultores

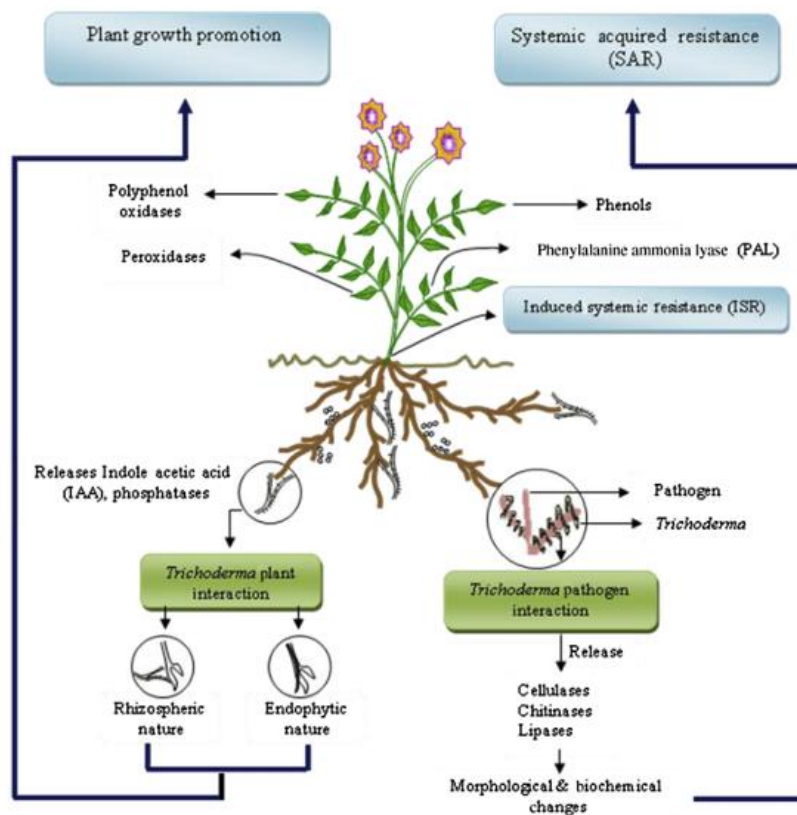
Microrganismos diferentes e cepas de diferentes apresentam respostas diferentes





# Biofungicidas: Modos de Ação contra Fungos Fitopatogênicos

(*Trichoderma harzianum*, *T. asperellum*, *T. Viride*, )



## Modo de Ação

- **Micoparasitismo:** capacidade de parasitar fungos fitopatogênicos
- **Competição por espaço e nutrientes:** colonização do sistema radicular
- **Antibiose:** produção de algumas enzimas que degradam parede celular de fungos e nematoides (endoquitinases,  $\beta$ -glucosidade, fosfatase ácida e proteases)
- **Promoção de Crescimento**
- **Indução de resistência**

## Principais Alvos

- Fungos de solo (*Fusarium spp*, *Sclerotinia spp*, *Rhizoctonia solani*, etc)

Fonte: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444595768000400>



# *Trichoderma* spp: Antibiose e Competição

## *Fusarium solani*



CHECK



Biologico 1 - L



Biologico 2- K



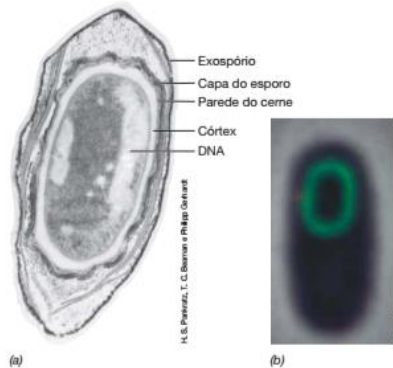
Biologico 3- B

## Comparação entre estrutura de resistência de Fungos e Bactérias

Estrutura	Tipo	Formação	Função	Resistência	Tempo de Formação
<b>Endósporos</b>	Esporo bacteriano	Dentro da célula vegetativa	Sobrevivência em condições adversas	Altamente resistente	6-8 horas
<b>Blastósporos</b>	Célula fúngica reprodutiva assexuada	Por brotamento de hifas ou células fúngicas (meio líquido)	Propagação vegetativa	Pouco resistente	12-24 horas
<b>Conídios aéreos</b>	Esporo assexuado fúngico	No ápice de conidióforos aéreos	Dispersão e propagação	Moderadamente resistente	3-7 dias
<b>Conídios submersos</b>	Esporo assexuado fúngico	Em meio líquido ou sólido submerso	Propagação em meio líquido	Moderadamente resistente	3-7 dias
<b>Clamidósporos</b>	Esporo de resistência fúngico	A partir de segmentos de hifas	Sobrevivência em condições adversas	Altamente resistente	7-14 dias
<b>Microescleródios</b>	Estrutura de resistência fúngica compacta	Agregação de hifas	Sobrevivência em condições adversas	Altamente resistente	14-21 dias

Estrutura	Resistência à Temperatura	Resistência à Restrição Hídrica	Resistência à Radiação UV
<b>Endósporos</b>	<b>Muito alta (até 120°C)</b>	<b>Muito alta</b>	<b>Muito alta</b>
Conídios	Moderada (até 50°C)	Moderada	Moderada
Blastósporos	Baixa (até 35°C)	Baixa	Baixa
Clamidósporos	Alta (até 80°C)	Alta	Alta
Microescleródios	Alta (até 80°C)	Alta	Alta

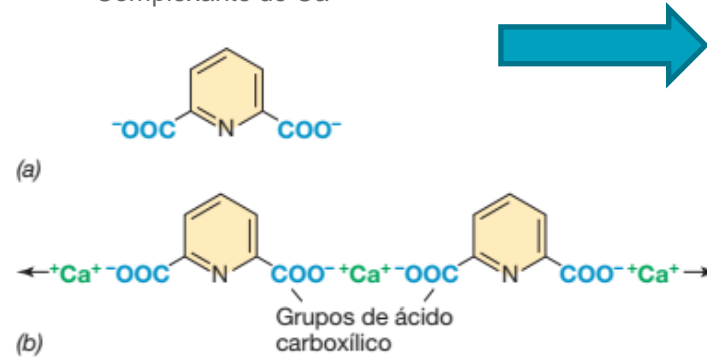
# Estrutura do Endósporo



**Figura 2.45** Estrutura do endósporo bacteriano. (a) Micrografia eletrônica de transmissão de uma secção fina de um endósporo de *Bacillus megaterium*. (b) Fotomicrografia de fluorescência de uma célula de *Bacillus subtilis* em processo de esporulação. A área em verde deve-se a um corante que cora especificamente uma proteína de esporulação presente na capa do esporo.

## Ácido Dipicolínico (DPA) :

- Presente apenas em endósporos
- Acumula-se no cerne
- Complexante de  $\text{Ca}^{2+}$



- Auxilia **reduzindo a disponibilidade de água** no interior do endósporo (auxilia na desidratação)
- Insere-se entre as bases de DNA estabilizando o mesmo **contra a desnaturação térmica (sobrevivem até 120°C)**
- Desidratação confere ao endósporo **resistência a químicos tóxicos (como  $\text{H}_2\text{O}_2$ )**
- Desidratação promove **inativação de enzimas do cerne**

- **Exospório:** envoltório proteico
- **Capa do esporo:** camada de proteínas específicas do esporo
- **Córtecx:** composto de peptidoglicano
- **Cerne:** DNA, organelas, membranas etc (interior do Córtecx) – presença de **ácido dipicolínico**

Contém 75% menos água encontrado em célula vegetativa (consistência do citoplasma é semelhante a um gel)

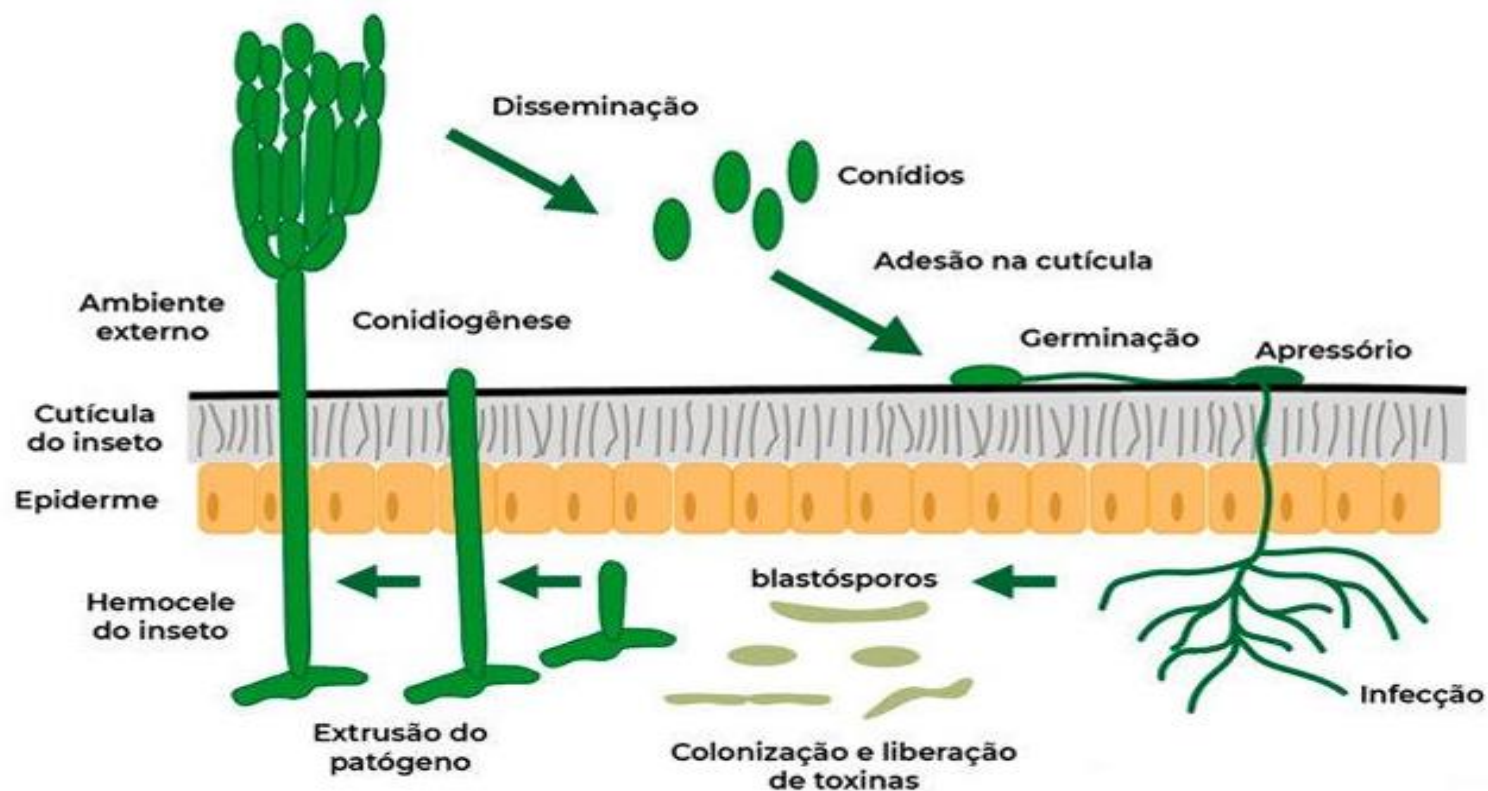
Presença de **Proteínas Ácido-solúveis (PPASs):**

- Ligam-se ao DNA do cerne e **protegem contra radiação UV, dessecação e calor seco**
- Atuam como **fontes de carbono e energia para extrusão** (formação nova célula vegetativa)

# Bioinseticidas : Modo de ação de fungos entomopatogênicos

## Parasitismo é o principal Modo de ação fungos entomopatogênicos

Modos de Ação Contra Insetos (Fungos entomopatogênicos)  
(*Beauveria spp*, *Metarhizium spp* e *Cordyceps spp*)



### Modo de Ação

**Contato:** Colonização do inseto alvo e desenvolvimento no interior do mesmo (hemocele), desativando sistema de defesa do hospedeiro e produzindo toxinas que levam o inseto a morte

### Principais Alvos

- Cigarrinhas
- Mosca-branca
- Percevejos
- Ácaros (menor proporção)
- Lagartas (menor proporção)

Fonte: Adaptado de Silva, 2012



# Bioinseticidas : Modo de ação de fungos entomopatogênicos

## Parasitismo é o principal Modo de ação fungos entomopatogênicos



***Metarhizium anisopliae***  
colonizando cigarrinha  
em cana-de-açúcar  
(Fonte: Alexandre Sene -  
GeBio)



***Beauveria bassiana***  
colonizando mosca-branca  
(Fonte: UK Crown copyright©)

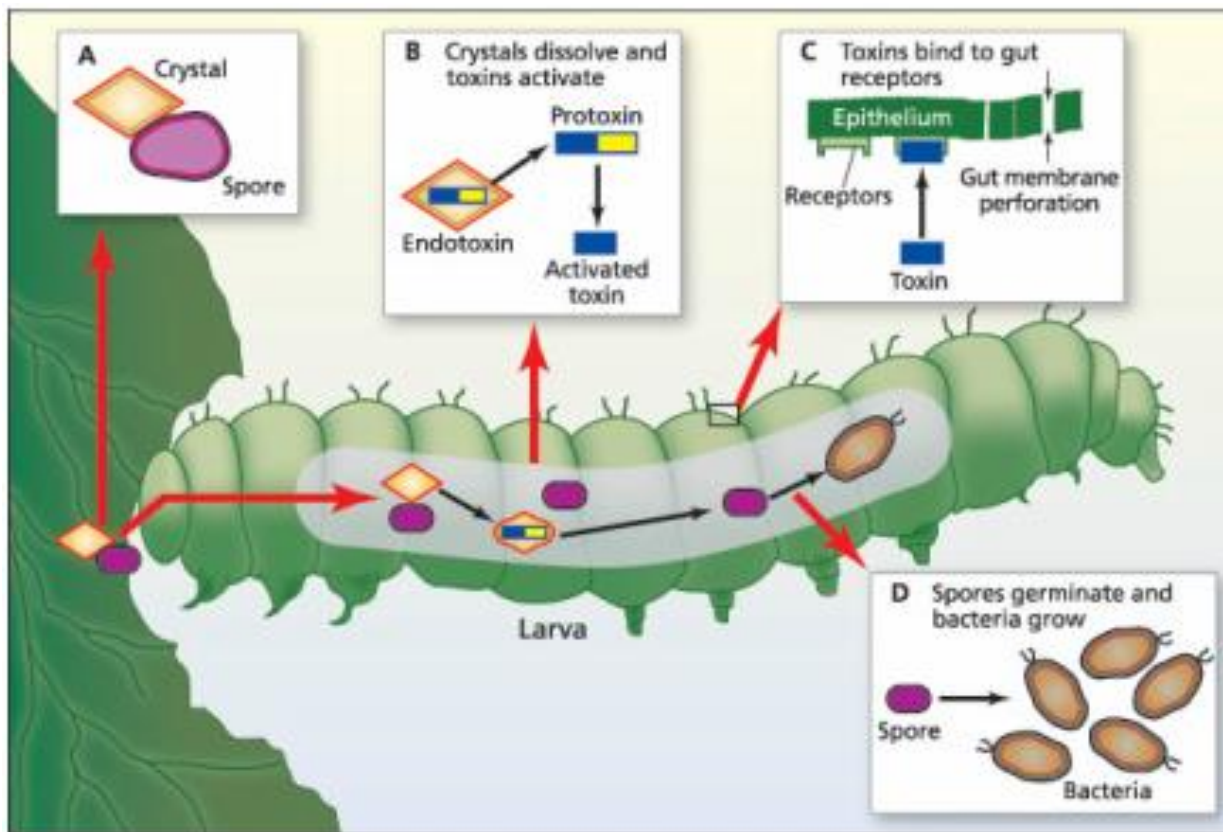


***Cordyceps fumosorosea***  
colonizando psílideo  
(Fonte: Koppert)

# Bioinseticidas : Modo de ação de *Bacillus thuringiensis* (Bt)

## Parasitismo é o principal Modo de ação de *Bacillus thuringiensis*

Modo de ação de Bt Contra Insetos (Lepdopteras)  
(*Bacillus thuringiensis*)



Fonte: Adaptado de Silva, 2012

## Modo de Ação

**Ingestão:** Ingestão de cristais produzidos pela bactéria (Cry ou  $\delta$ -endotoxinas) que são solubilizadas e ativadas por enzimas presentes no trato digestivo do inseto alvo. Posteriormente, ocorre a formação de poros nas membranas epiteliais, seguido de desequilíbrio osmótico, paralisia intestinal e septicemia.

## Principais Alvos

- Lagartas (Lepdopteras)
- Dipteros (dependendo da subespécie)
- Coleópteros (dependendo da espécie)

# Bioinseticidas : Modo de ação de *Bacillus thuringiensis* (Bt)

## Parasitismo é o principal Modo de ação de *Bacillus thuringiensis*

Subespécies de Bt utilizadas para o controle de insetos

Parâmetro	<i>Bt kurstaki</i>	<i>Bt aizawai</i>	<i>Bt israelensis</i>
Alvos mais amplamente controlados	Lepidópteros (lagartas)	Lepidópteras alguns Coleópteros (besouros)	Algumas espécies de Dípteros (moscas e mosquitos)
Cristais formados (Cry)	Cry1Aa, <b>Cry1F</b> , Cry1Ab, <b>Cry1Ac</b> e Cry2A	Cry1Aa, <b>Cry1F</b> , Cry1Ab, Cry1Ca e Cry1Da	Cry11A

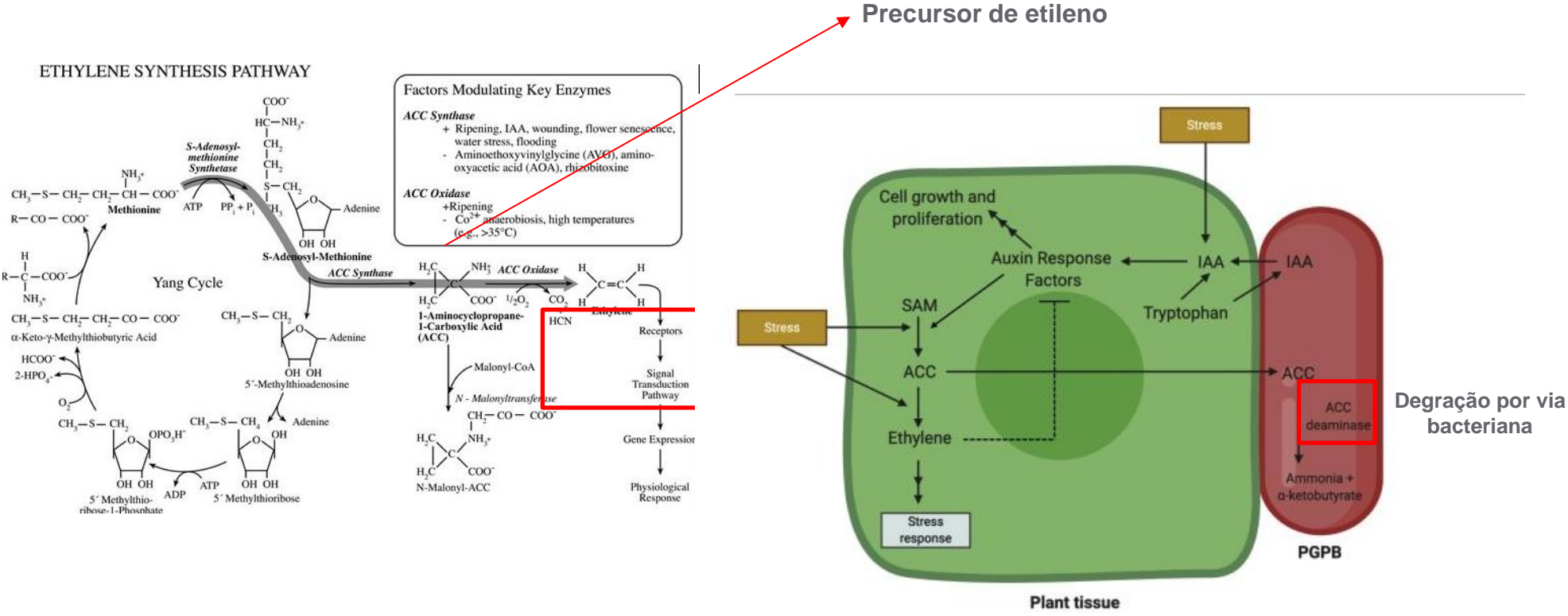
- ✓ Em geral, a ação de *Bacillus thuringiensis* varia entre 2 a 5 dias
- ✓ *Spodopteras spp.* apresentam baixa susceptibilidade em relação a tecnologia (alta exposição a tecnologias OGMs) – queda de adoção na cultura do milho e sendo substituída pelos NPVs (vírus)
- ✓ *Controle de lagartas até L3 (3º ínstar)*

Fontes:

- Bravo, A., Likitvivatanavong, S., Gill, S. S., & Soberón, M. (2011). *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41(7), 423-431.
- Van Frankenhuyzen, K. (2009). Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*, 101(1), 1-16.
- Lacey, L. A. (2007). *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(2 Suppl), 133-163.
- Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., ... & Dean, D. H. (1998). *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62(3), 775-806.
- Lacey, L. A. (2007). *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(2 Suppl), 133-163.



# Bactérias e PGPRs: Redução de estresse e Promoção de Crescimento



- A enzima **ACC deaminase**, produzida por algumas espécies de *Bacillus* e outras bactérias promotoras de crescimento, **são responsáveis por minimizar estresse abiótico**, degradando a enzima e contribuindo para a **promoção de crescimento vegetal**
- Produção de auxinas

# Bacillus spp: Podem ser generalizados? Promoção de Crescimento

Bacillus não são todos iguais e os metabólitos apresentam efeitos complementares

Testemunha 38,6% Cobertura Vegetal (%) Bacillus 2 45,3%



Arvatico® 54,2%

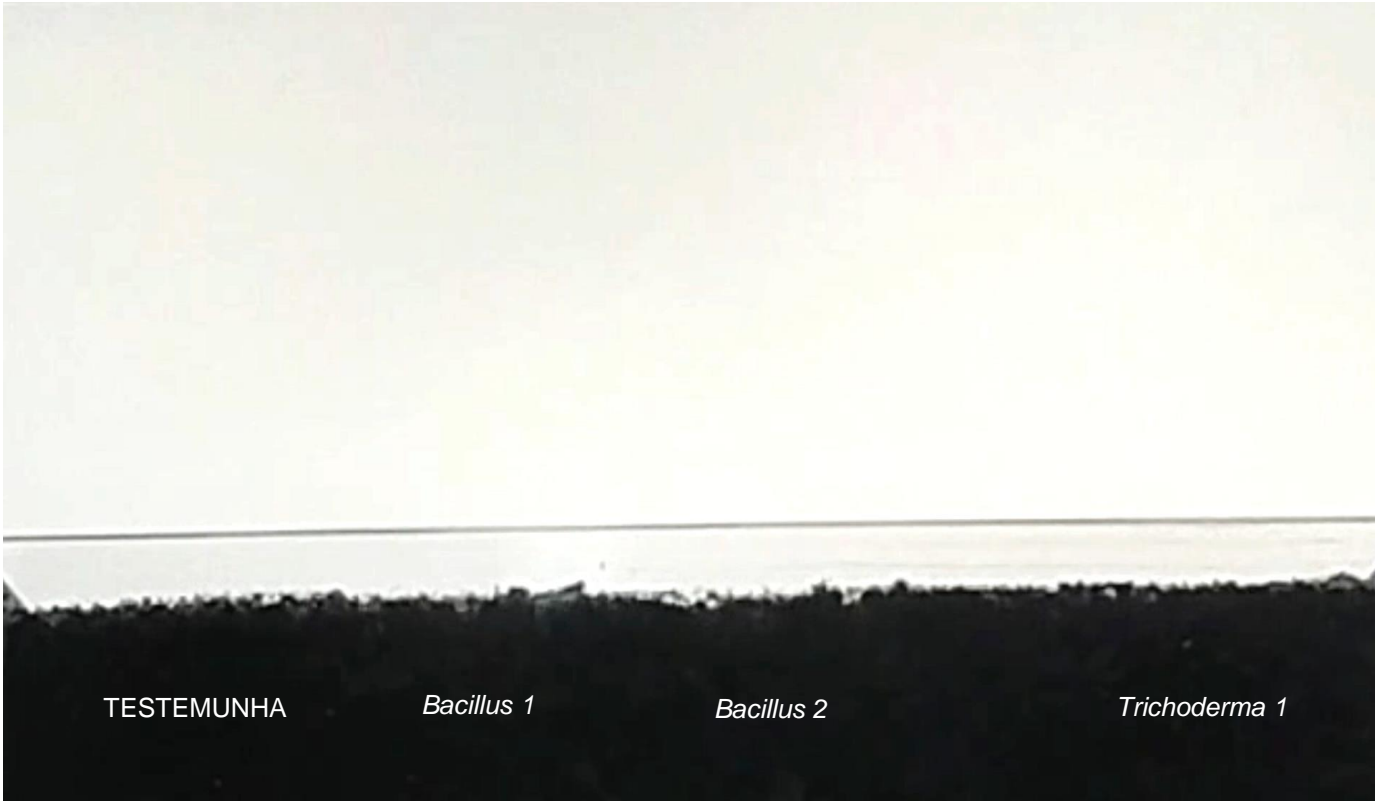
Bacillus 5 44,3%



Fonte: Syngenta (2023)

# Bactérias e PGPRs: Redução de estresse e Promoção de Crescimento

Efeito de promoção de crescimento em cana-de-açúcar







**Obrigado!**

Sergio Zanon

[sergio.zanon@syngenta.com](mailto:sergio.zanon@syngenta.com)

(65) 9 99097727

Classification: INTERNAL USE ONLY