

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Fitopatologia e Nematologia
LFN 0225 - Microbiologia Geral

MICROORGANISMOS: RELAÇÕES ECOLÓGICAS



Ecologia Microbiana

- Relaciona-se com bactérias, fungos, algas, protozoários ou vírus em qualquer ambiente onde possam ocorrer: no solo ou nas águas, sobre animais ou plantas, etc ...



Ecologia Microbiana

- **ECOLOGIA:** estuda as inter-relações entre os seres vivos e entre estes e o ambiente
- Microrganismos ocorrem potencialmente em qualquer lugar na superfície do globo terrestre

Ecologia Microbiana

COMUNIDADE: conjunto de organismos que habitam um local em um ambiente específico



Composta de populações de espécies diferentes

- As comunidades microbianas (ex. solo, água, folhas) são específicas - devido a seleção pelo ambiente (propriedades físicas, químicas, biológicas)

Tabela 28.1 Número aproximado de organismos comumente encontrados nos solos*


| Organismo** | Número estimado/grama | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------|
| Bactérias (exceto actinomicetes) | 3.000.000 a | 500.000.000 |
| Actinomicetes | 1.000.000 a | 20.000.000 |
| Fungos (exceto leveduras) | 5.000 a | 900.000 |
| Leveduras | 1.000 a | 100.000 |
| Algas | 1.000 a | 500.000 |
| Protozoários | 1.000 a | 500.000 |
| Nematódeos | 50 a | 200 |

* Os valores para bactérias, actinomicetes, fungos e leveduras são baseados nas contagens em placas e referem-se a células viáveis, esporos ou fragmentos de micélios capazes de crescer em meios em placa.



** Além destes, há um grande número de fungos filamentosos (mixomicetes), vírus ou bacteriófagos, plantas, insetos e outros artrópodes, minhocas terrestres, micoplasmas e outros organismos.

Fonte: J. P. Martin e D. D. Focht, "Biological Properties of Soils", in L. F. Elliott e F. J. Stevenson, eds., *Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters*, Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1977.



Colonização e sucessão de populações




Folha caída no solo
(substrato)



Fungos de crescimento rápido
(fração solúvel - açúcares)



Basidiomicetos, bactérias, actinomicetos
(hemicelulose, celulose e lignina)



Modificações que induzem a sucessão de populações

- ❖ Acidificação / alcalinização do meio
- ❖ Síntese de um nutriente / fator de crescimento
- ❖ Autointoxicação
- ❖ Alteração na concentração de íons inorgânicos
- ❖ Variações sazonais de temperatura / umidade / luz

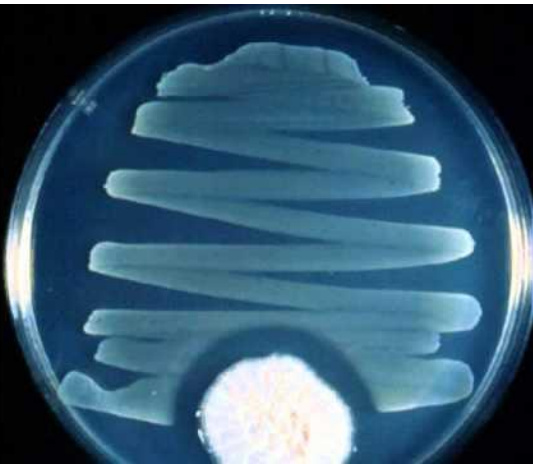
Tabela 1 - Densidade de bactérias, fungos e actinomicetos de amostras de solo de áreas do Parque Natural Ilto Ferreira Coutinho (Tangará da Serra-MT), nos períodos seco (agosto/2005) e chuvoso (março/2006).

| Áreas /estação | Bactérias | | Fungos* | | Actinomicetos | |
|-------------------|--|----------|--|--------|--|-------|
| | UFC x 10 ⁴ g ⁻¹ solo | | UFC x 10 ⁴ g ⁻¹ solo | | UFC x 10 ⁴ g ⁻¹ solo | |
| | Seca | Chuva | Seca | Chuva | Seca | Chuva |
| Reserva Natural | 88,7 aA | 133,0 aA | 3,5 aB | 5,3 bA | 5,8 bA | 0 aB |
| Alterada | 51,4 aA | 97,7 abA | 2,0 bB | 6,9 aA | 5,4 bA | 0 aB |
| Lazer | 73,1 aA | 75,3 bA | 0,7 cB | 6,4 aA | 8,5 aA | 0 aB |

* Dados transformados: raiz quadrada. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade; letras minúsculas comparam as áreas dentro de cada época e letras maiúsculas comparam épocas dentro de cada área.



Tipos de interações biológicas entre espécies



Ecologia Microbiana

SIMBIOSE: é a condição em que os indivíduos de uma espécie vivem em associação íntima com indivíduos de outra espécie.



-Interações harmônicas
(positivas) **benéficas** para uma ou
mais espécies envolvidas



-Interações **desarmônicas** (negativas)
podem ser inibitórias para uma ou mais
espécies

Relações inter-específicas

- ❖ Raramente na natureza as populações se desenvolvem independentemente
- ❖ Os diversos membros de comunidades normalmente são significativamente afetados por seus vizinhos



NEUTRALISMO

- Duas espécies vivem lado a lado sem que a presença de uma afeta a outra
- O neutralismo pode ser classificado como ausência de interação fisiológica e de ocorrência casual

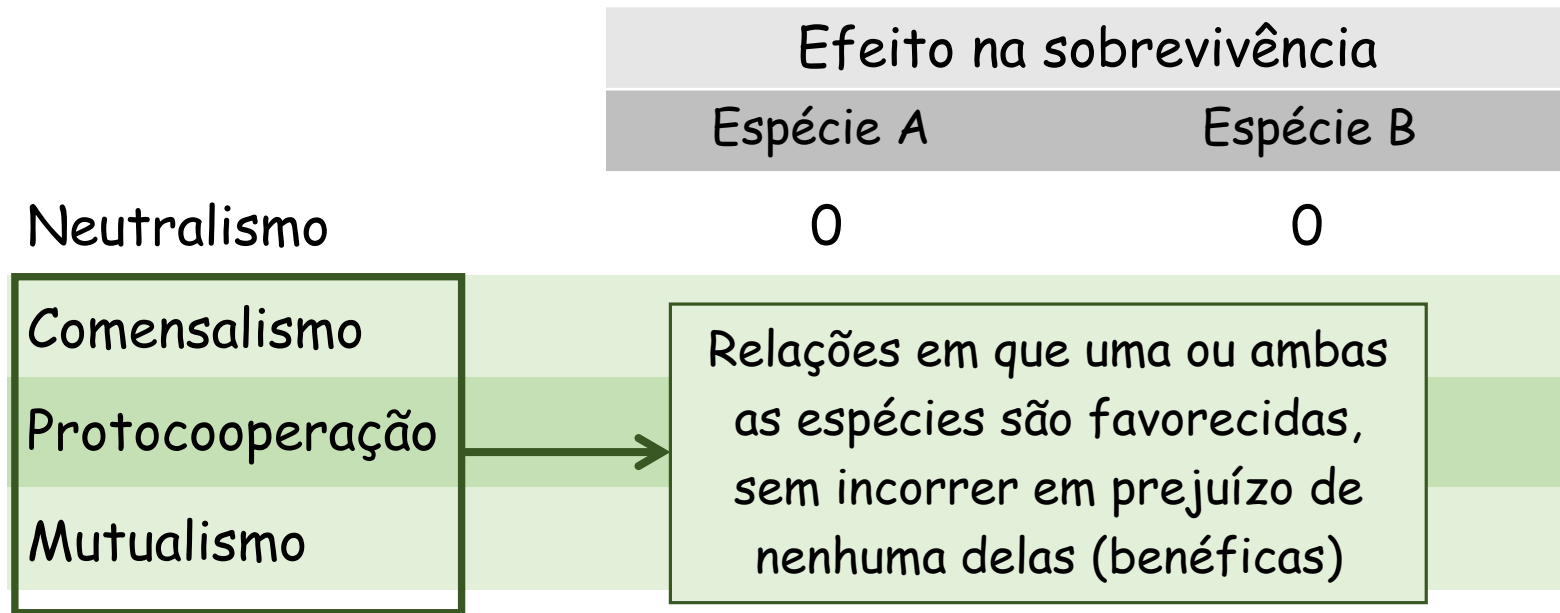
Pode-se dizer que o neutralismo é inexistente, pois sabe-se hoje que todas as espécies são interdependentes

Tipos de interações biológicas entre duas espécies

| | Efeito na sobrevivência | |
|-------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |

(0) Ausência de efeito (+) Efeito positivo (–) Efeito negativo

Tipos de interações biológicas entre duas espécies



(0) Ausência de efeito (+) Efeito positivo (–) Efeito negativo

Tipos de interações biológicas entre duas espécies

Efeito na sobrevivência

Espécie A

Espécie B

Parasitismo

Predação

Competição

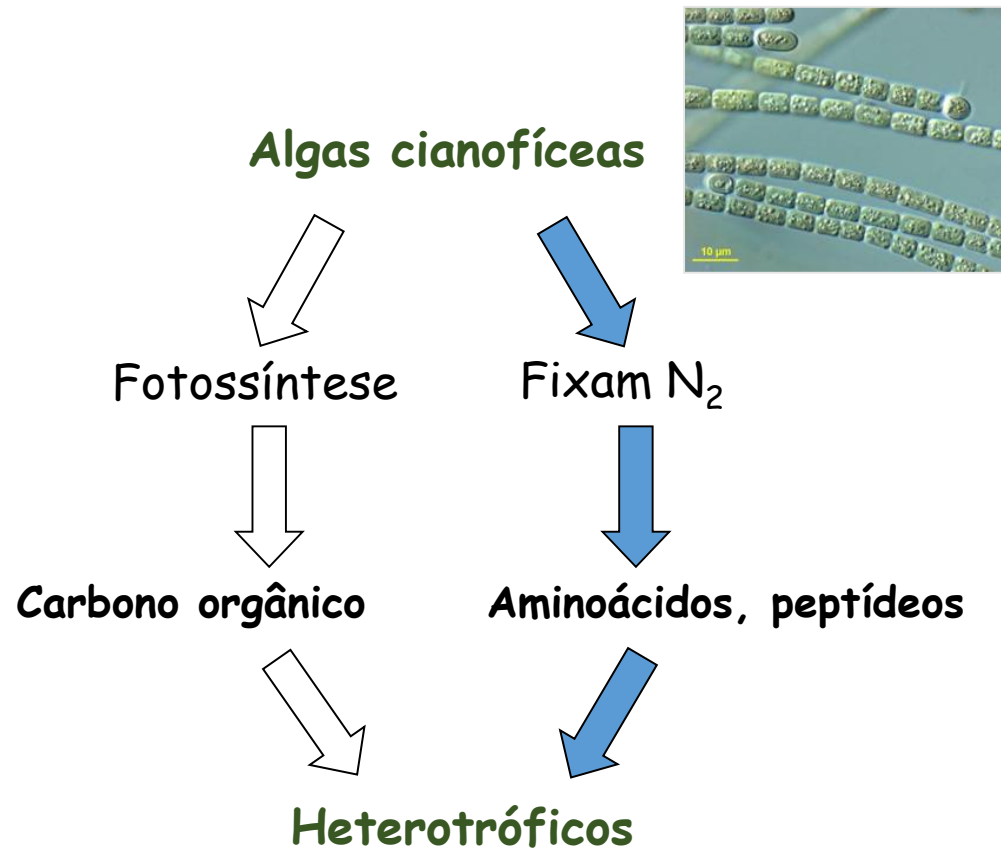
Amensalismo (antibiose)

Relações englobadas pelo termo geral de antagônicas - pelo menos um dos organismos envolvidos sofrerá um efeito negativo causado pelo outro elemento da associação

(0) Ausência de efeito (+) Efeito positivo (-) Efeito negativo

Comensalismo

- Associação, muitas vezes casuais, em que um dos organismos recebe benefícios (comensal) e o outro não é afetado



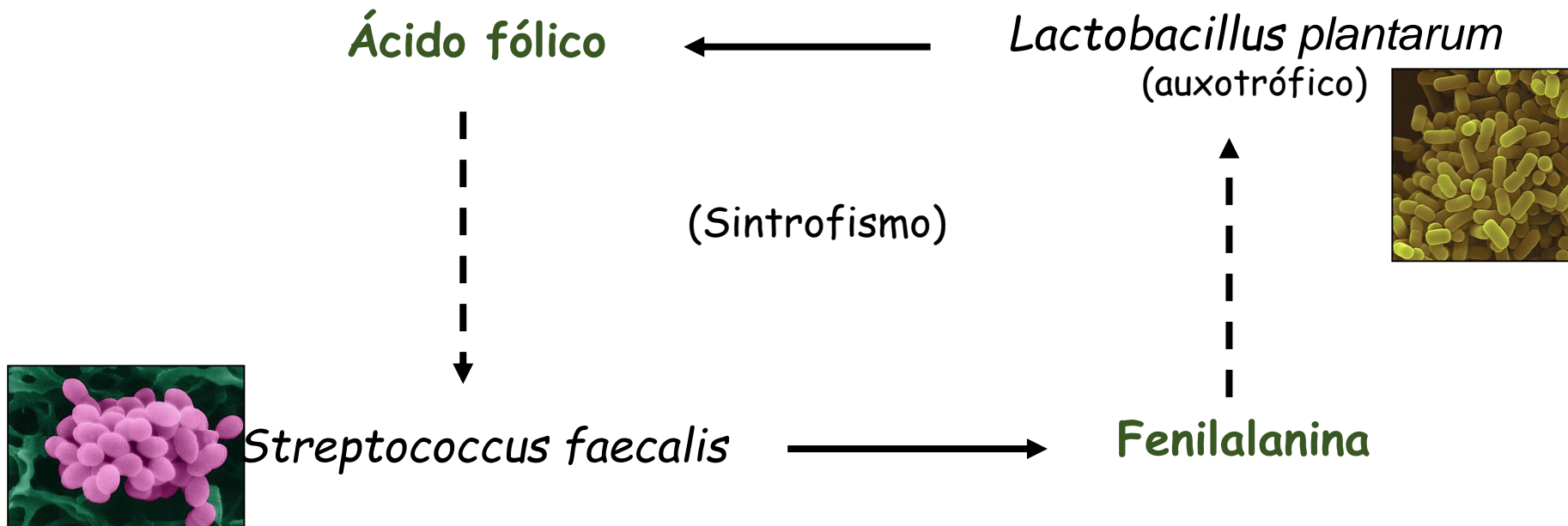
| | Efeito na sobrevivência | |
|--------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |

(0) Ausência de efeito (+) Efeito positivo (–) Efeito negativo

Protocooperação

(Mutualismo não obrigatório)

- Associação em que um dos organismos beneficia o outro e cada qual se torna um complemento do ambiente de vida para o outro

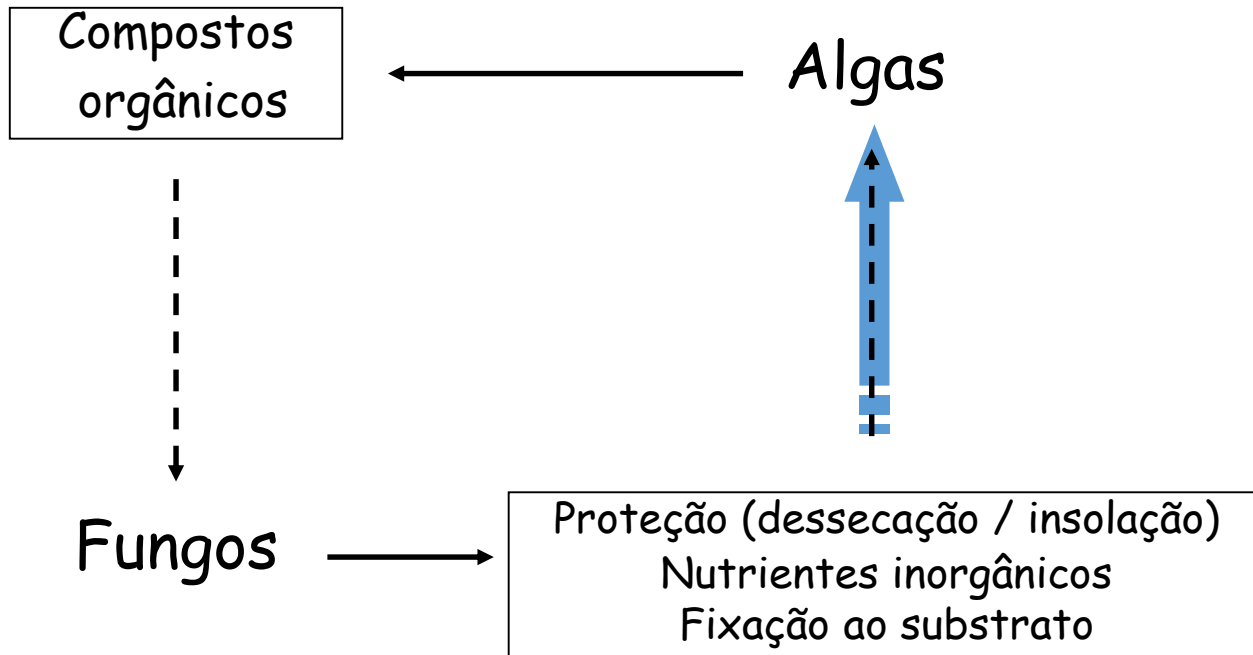


| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |

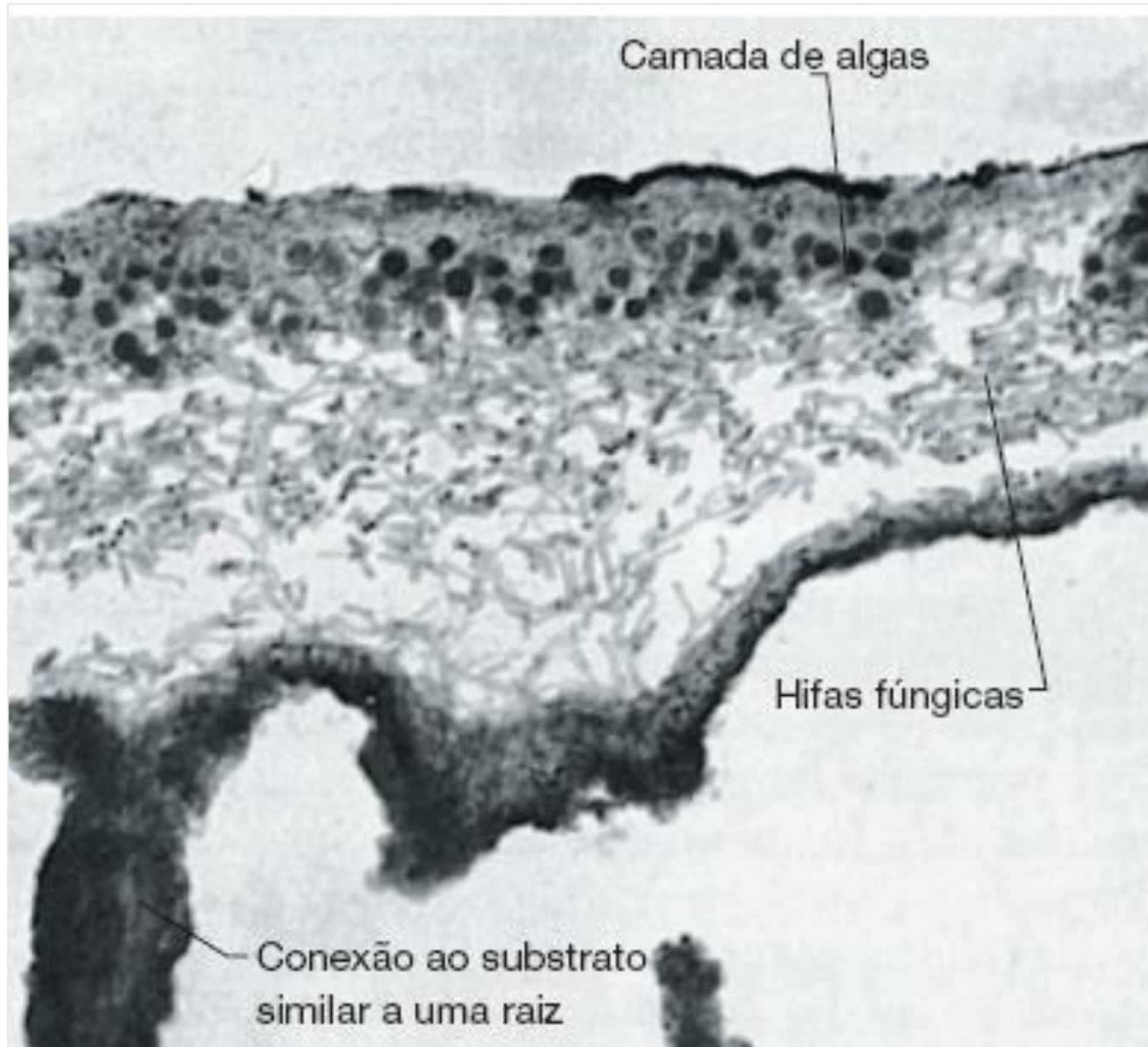
Mutualismo

- É a coexistência íntima entre duas espécies na qual ambas recebem os benefícios da associação

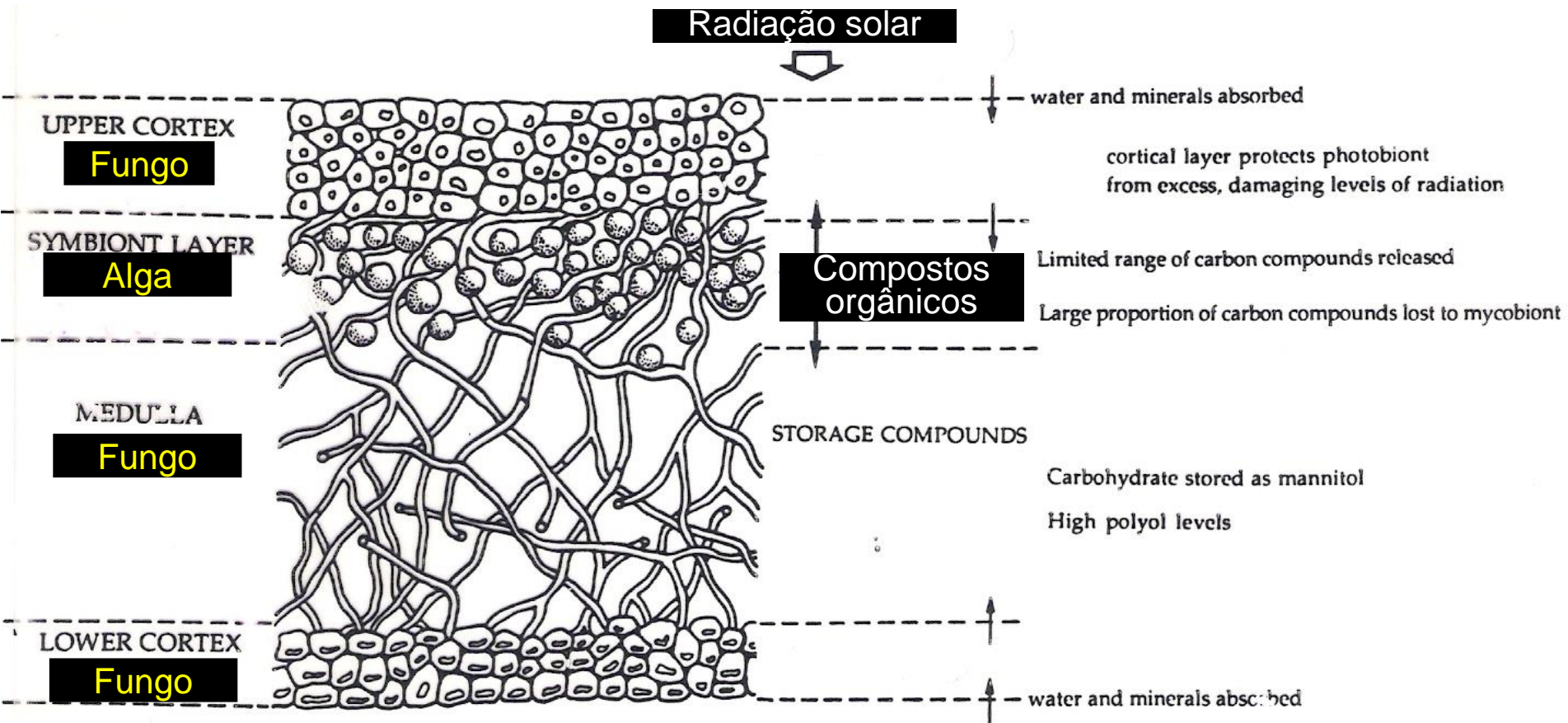
Líquens: associação entre algas e fungos



Líquens: associação entre algas e fungos



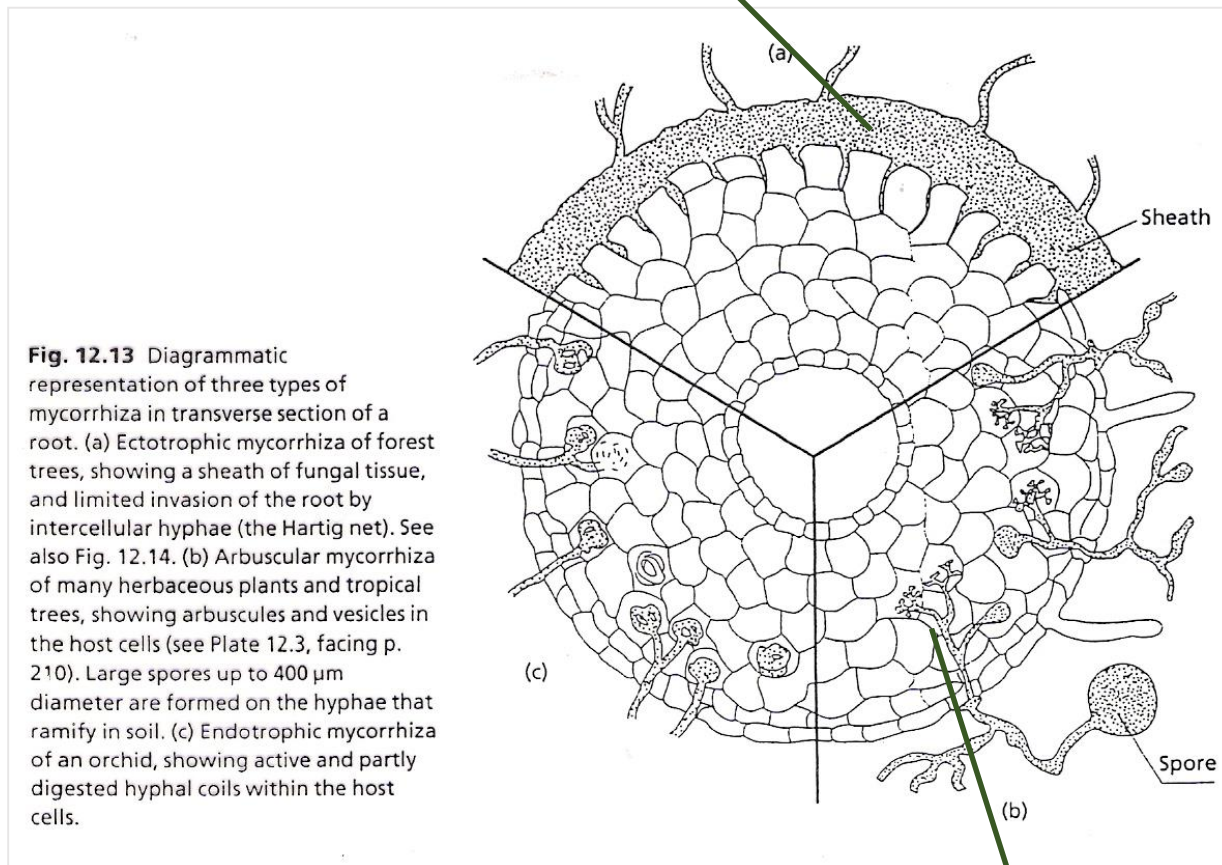
Líquens: associação entre algas e fungos



Mutualismo

Micorrizas: associação entre fungos e plantas superiores

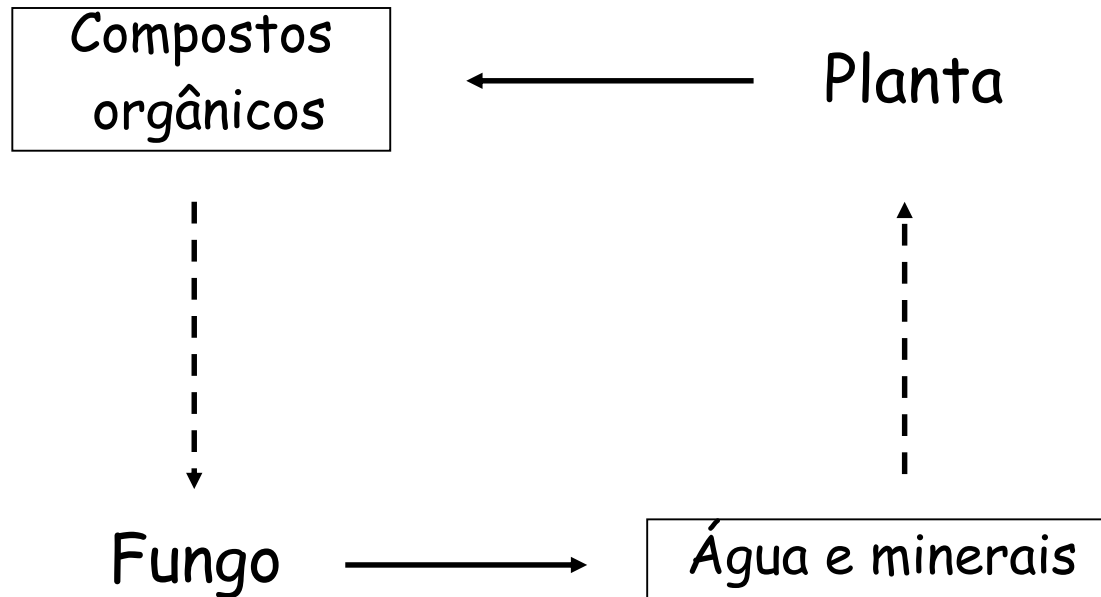
Ectomicorrizas



(Aumento da superfície de absorção das raízes)

Endomicorrizas

Micorrizas: associação entre fungos e plantas superiores



Ectomicorrizas em plântula de *Pinus* com 4 cm acima do solo (extraído de Raven *et al.* 2001)

Micorrizas: associação entre fungos e plantas superiores

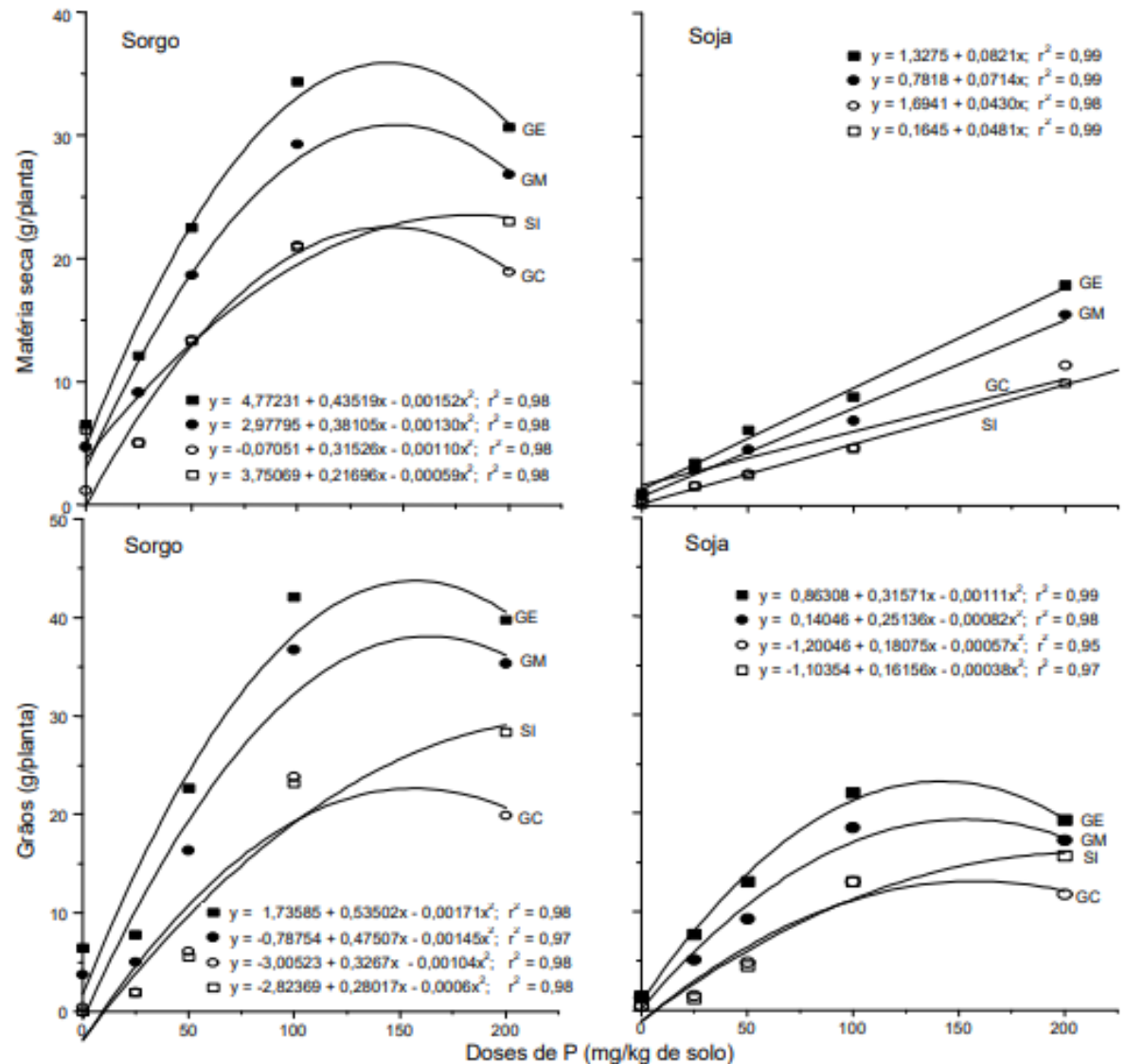
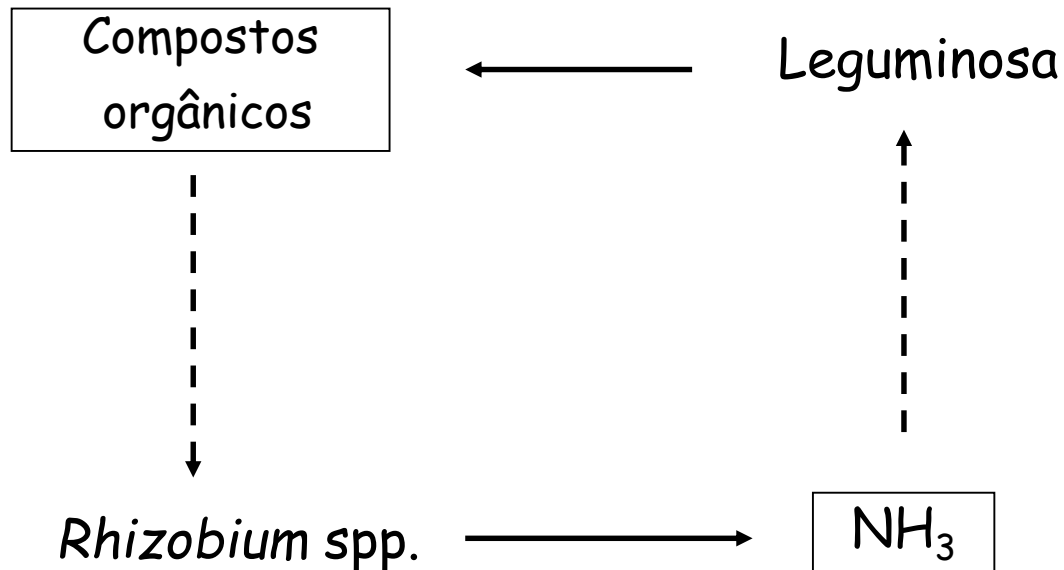
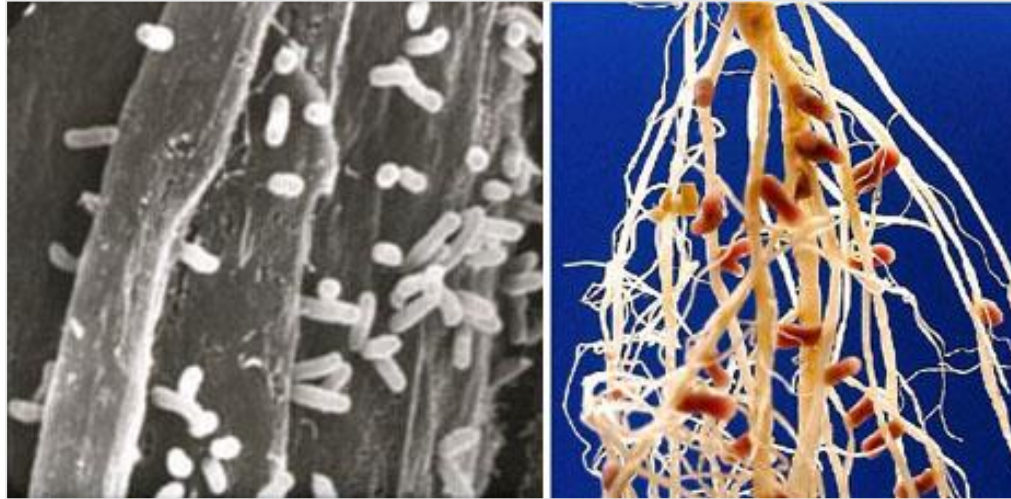


Figura 1. Matéria seca da parte aérea e peso dos grãos secos do sorgo e da soja consorciados em solo tratado com diferentes doses de P, em que foram inoculados os fungos micorrizicos *Glomus etunicatum* (GE), *Gigaspora margarita* (GM), *Glomus clarum* (GC), e (SI) sem inoculação.

Mutualismo

Associação bactéria *Rhizobium* sp com plantas leguminosas



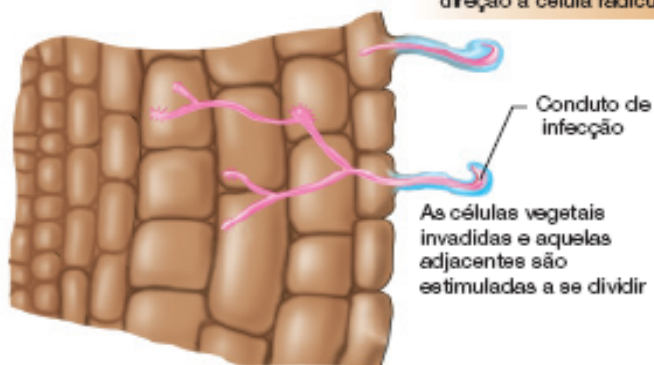
1. Reconhecimento e ligação
(mediados por ricadesina)



2. Excreção de fatores de nodulação pela bactéria, promovendo o encurvamento do pêlo radicular

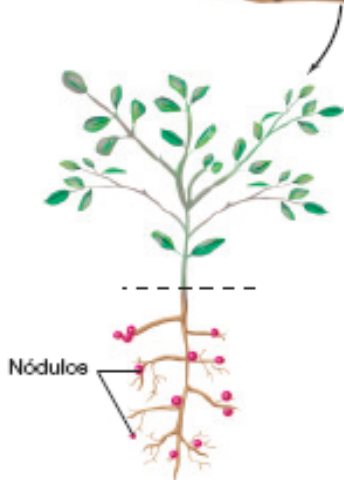
3. Invasão. Rizóbios penetram no pêlo radicular e se multiplicam em um 'conduto de infecção'

4. As bactérias no conduto de infecção crescem em direção à célula radicular



5. Formação do estado de bacteróide no interior da célula vegetal

6. Divisão continuada da célula bacteriana e da planta

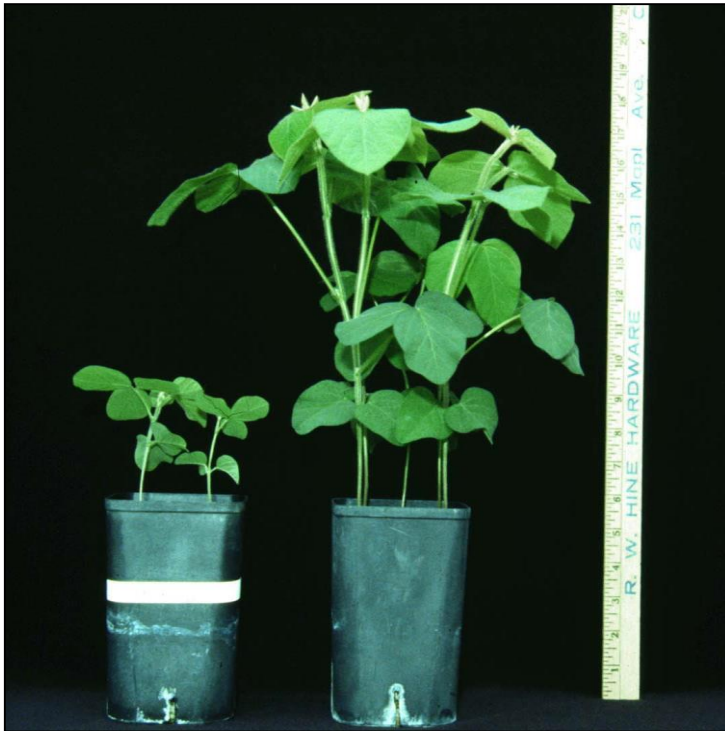


Etapas na formação de um nódulo radicular em uma leguminosa infectada por *Rhizobium* sp.



A formação do estado de bacteróide é um pré-requisito para a fixação de nitrogênio.

Associação bactéria *Rhizobium* sp com plantas leguminosas



Ben B. Bohlool



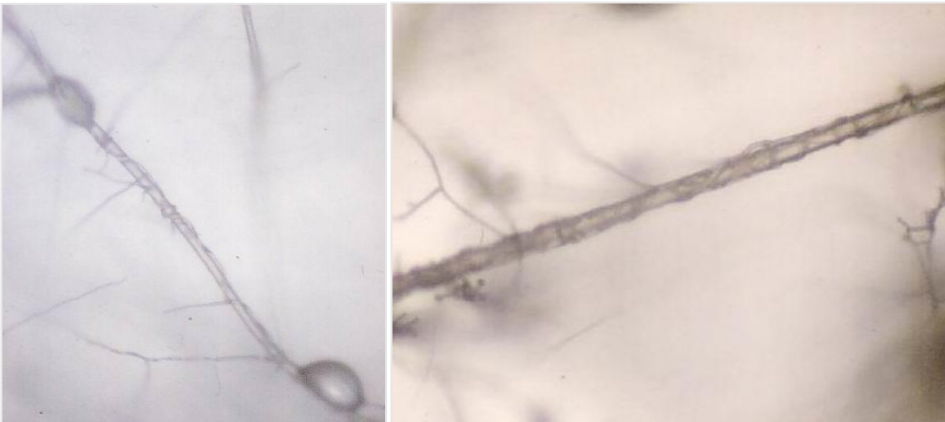
■ **Figura 20.63** Plantação de soja em que há plantas desprovidas de nódulos (à esquerda) e plantas noduladas (à direita), em um solo pobre em nitrogênio.

| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |

Parasitismo

- Um organismo (parasita) vive sobre ou dentro de um outro organismo vivo (hospedeiro), obtendo seu alimento deste último

Trichoderma spp. x *Rhizopus* spp.

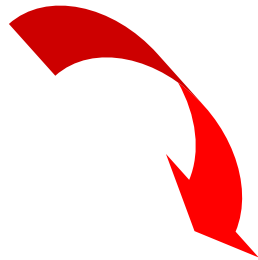
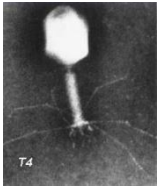


Beauveria bassiana x Insetos

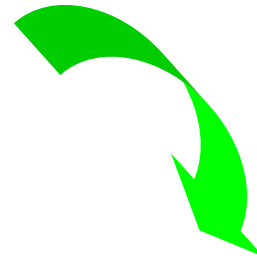
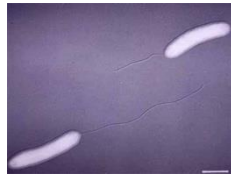


Hiperparasitismo

Bacteriófagos



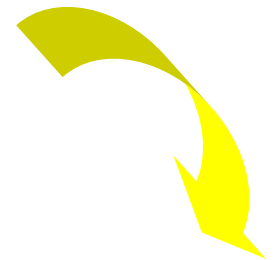
Xanthomonas



Puccinia graminis



(Ferrugem do trigo)



Trigo



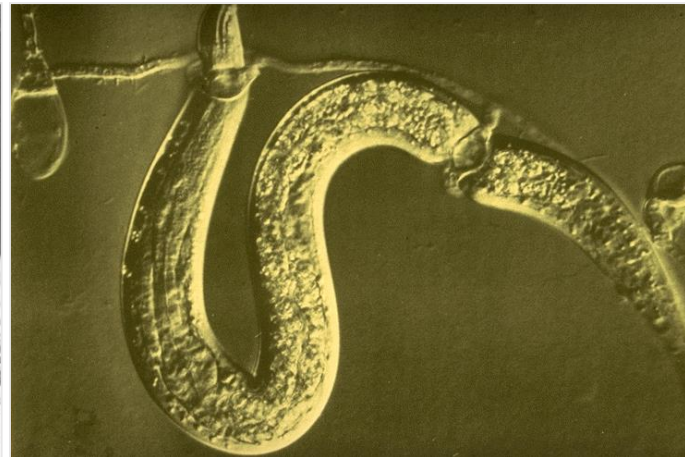
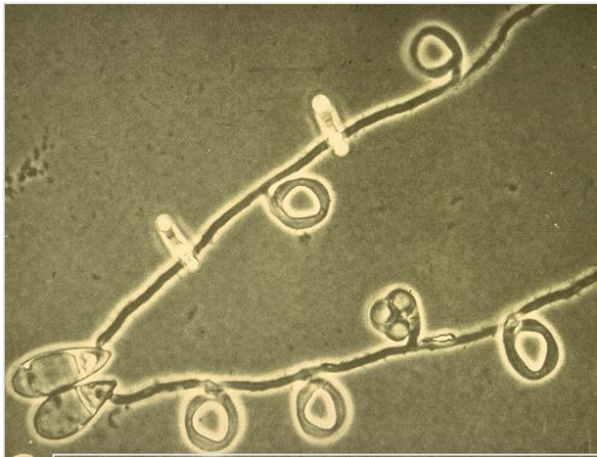
Hiperparasitas - organismos que invadem e prejudicam parasitas

| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |
| Parasitismo | + | - |

Predação

- Um organismo (predador) destrói seu oponente com violência, para então obter o seu alimento deste último (presa)

Arthrobotrys anchonia x nematóides

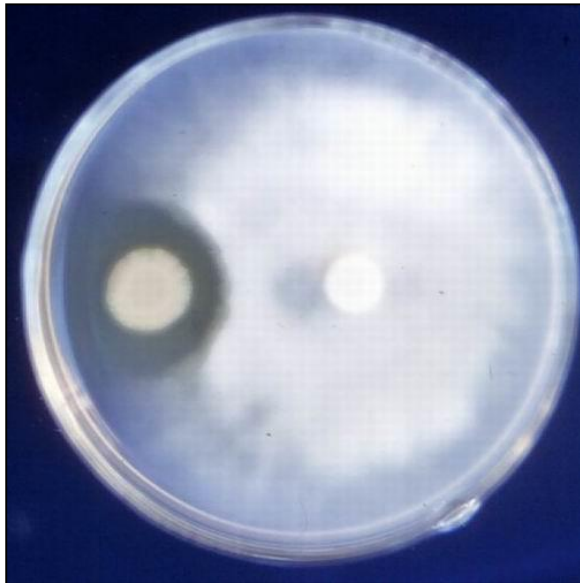


Arthrobotrys anchonia

| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |
| Parasitismo | + | - |
| Predação | + | - |

Competição

- Interação de dois organismos que "disputam" um recurso indispensável (espaço, água, nutrientes, oxigênio, luz, etc...)



Pseudomonas fluorescens

X

Pythium spp.

Produção de sideróforos (competição por Fe^{2+})

Competição

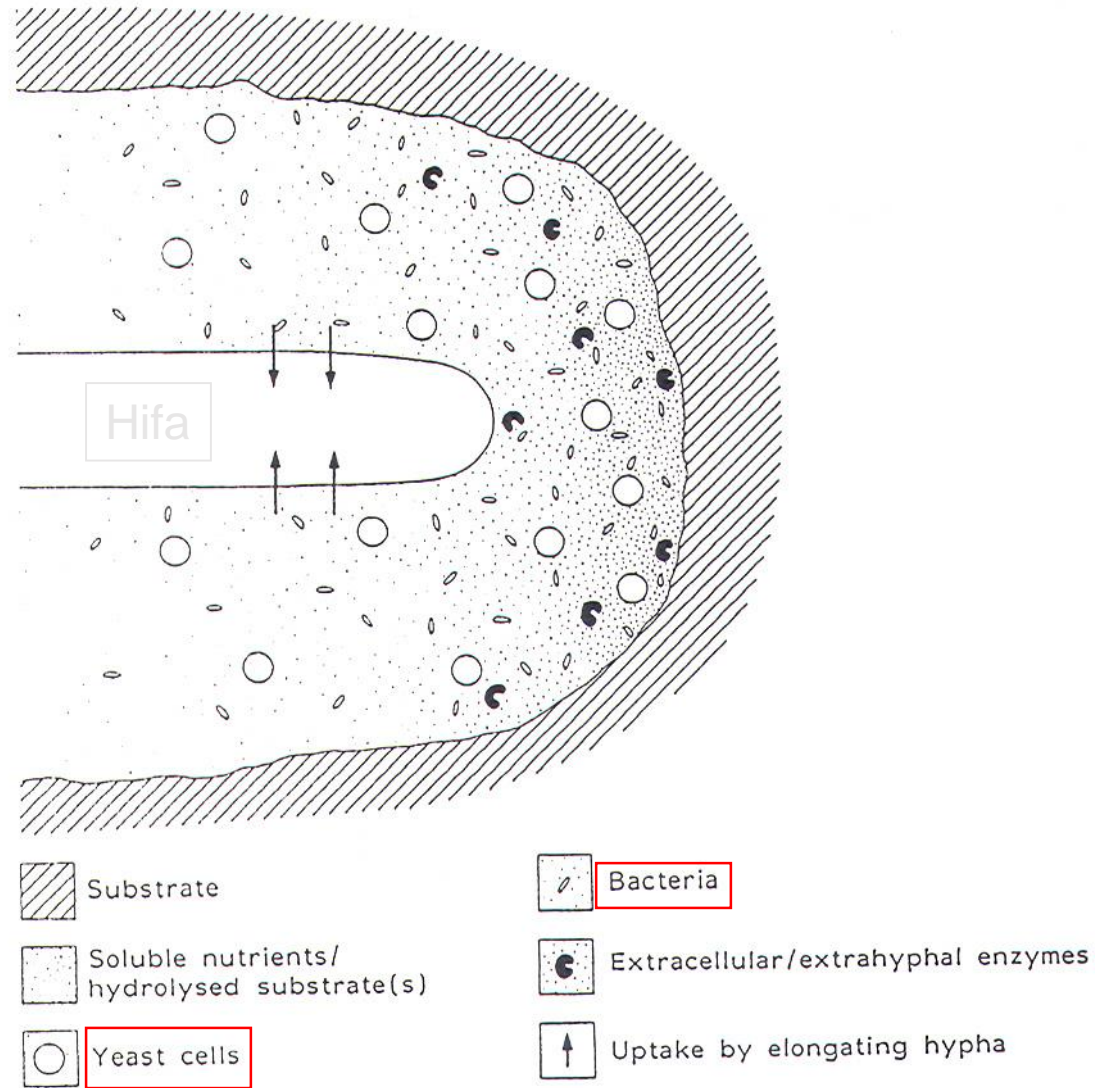


Figure 9.1: Diagram showing competition by bacteria and yeast cells around the extending hyphal tip.

| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |
| Parasitismo | + | - |
| Predação | + | - |
| Competição | - | - |

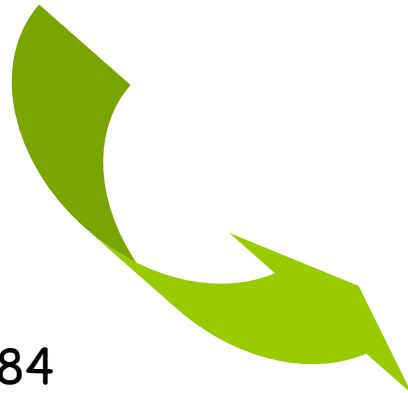
Amensalismo (antibiose)

- Um metabólito produzido por um organismo tem um efeito prejudicial sobre o outro

Agrobacterium radiobacter x *Agrobacterium tumefaciens*

Patógeno (causa doença em plantas)

Agrocina K-84



(Galha da coroa)

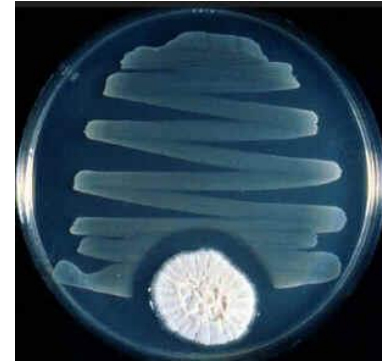
Antibiose

A descoberta da Penicilina



Bacteriologista escocês
Alexander Fleming, em 1928

esqueceu seu material de estudo sobre a
mesa enquanto saía de férias.

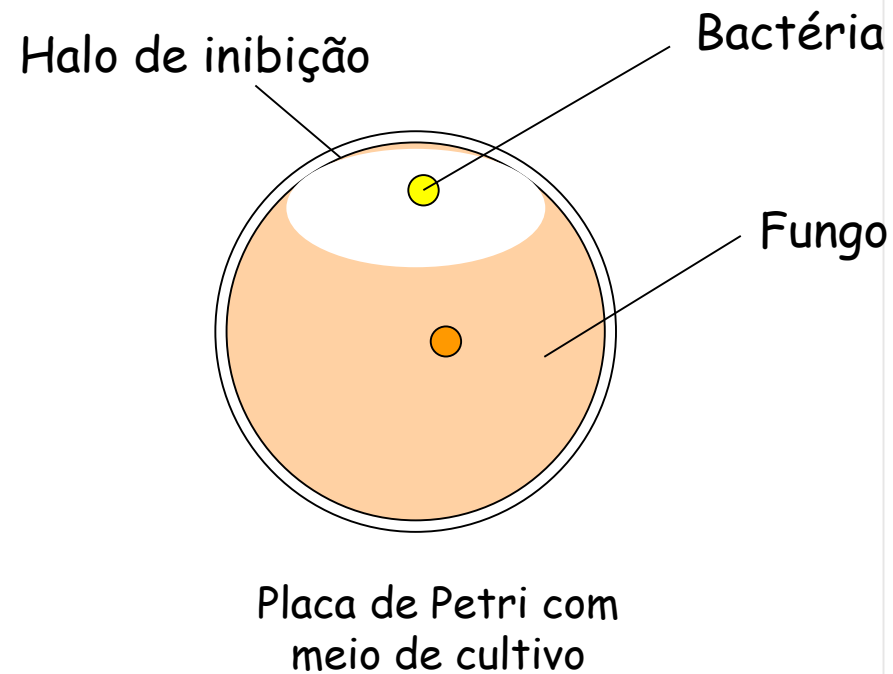
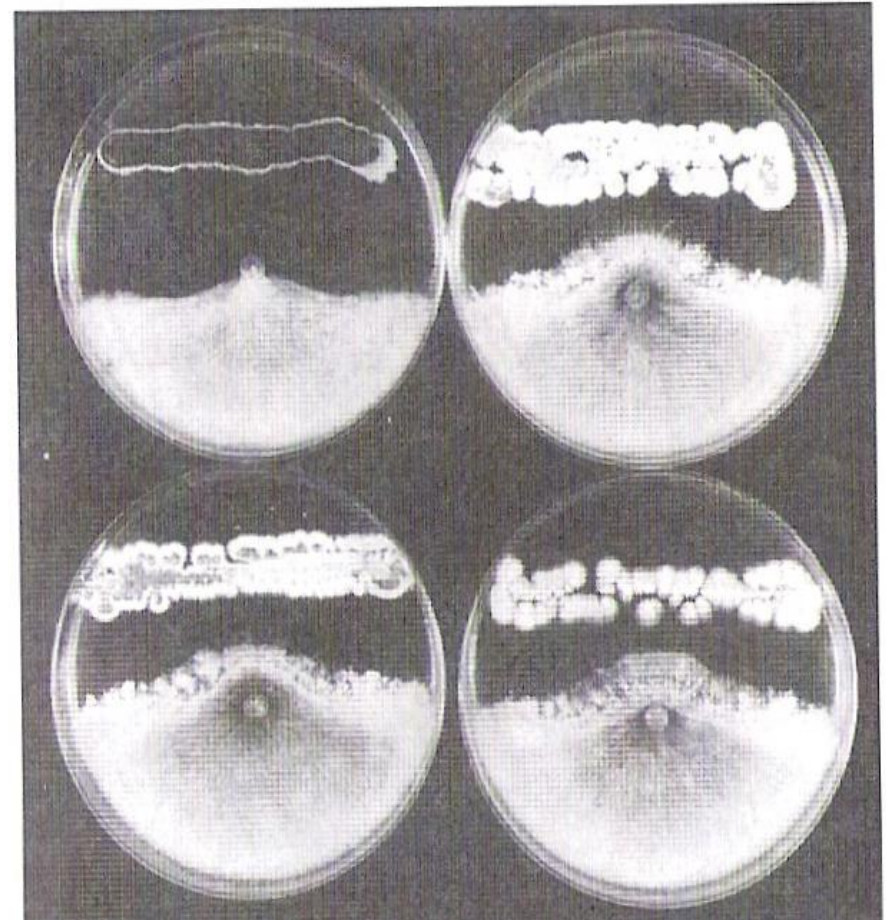


Ao retornar, observou que suas culturas de
Staphylococcus aureus estavam contaminadas por
mofo e que, nos locais onde havia o fungo, existiam
halos transparentes em torno deles, indicando que
este poderia conter alguma substância bactericida



Bolor: Fungo do gênero *Penicillium*
A substância recebeu o nome de "penicilina".

Figura 28.10 (A) Atividade antibiótica de microrganismos do solo. Cada cultura em placa de Petri mostra uma bactéria isolada que foi semeada na parte superior do ágar nutriente e, na região inferior, foi inoculado o fungo *Rhizoctonia solani*, um patógeno de planta. Observe que cada uma das bactérias isoladas previne o crescimento do fungo (região central clara).



| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |
| Parasitismo | + | - |
| Predação | + | - |
| Competição | - | - |
| Antibiose | - | 0 |

**Como o homem pode
utilizar o conhecimento
básico sobre as
relações ecológicas a
seu favor ?**



Controle alternativo*



Controle biológico



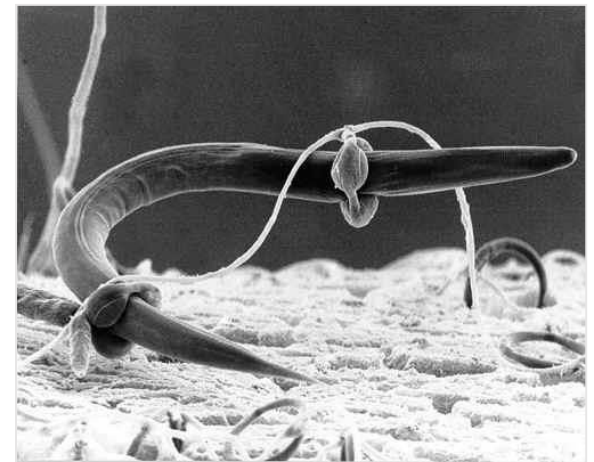
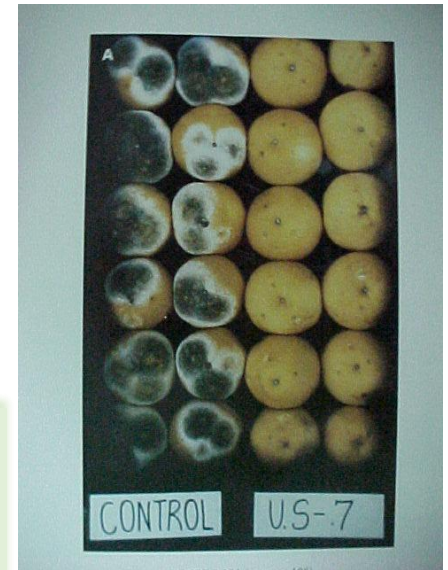
Indução de resistência

* Não inclui:

- Melhoramento genético clássico para resistência
- Controle químico clássico



Controle biológico de doenças de plantas



Controle Biológico - Conceito

Definição simples e direta:

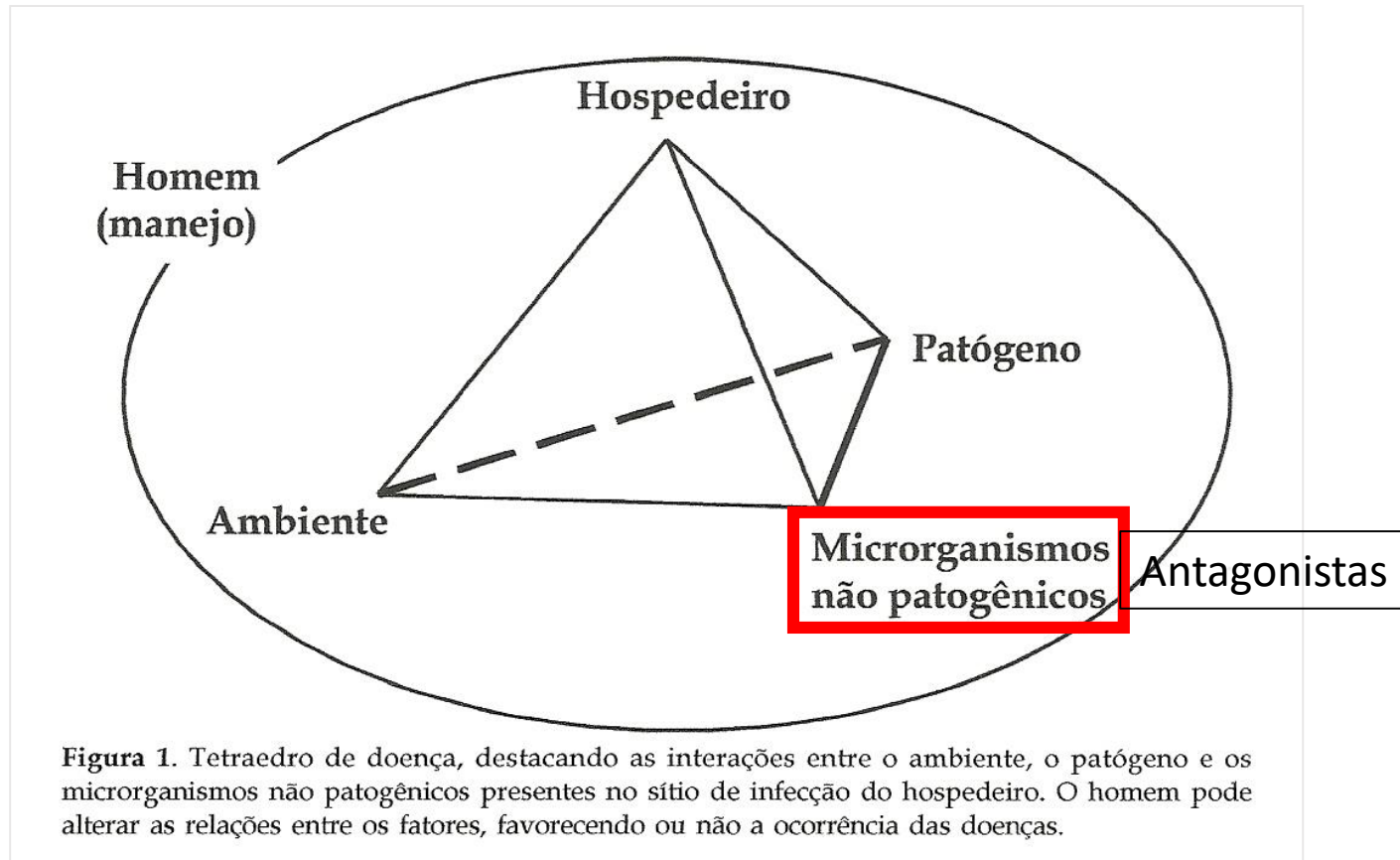
“Controle biológico é o controle de um microrganismo através de outro microrganismo”

(Bettiol & Ghini, 1995)

| | Efeito na sobrevivência | |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| | Espécie A | Espécie B |
| Neutralismo | 0 | 0 |
| Comensalismo | + | 0 |
| Protocooperação | + | + |
| Mutualismo | + | + |
| Parasitismo | - | - |
| Predação | - | - |
| Competição | - | - |
| Antibiose | - | - |

Relações englobadas pelo termo geral de antagônicas - pelo menos um dos organismos envolvidos sofrerá um efeito negativo causado pelo outro elemento da associação

Controle Biológico - Componentes



“Os componentes do controle biológico são o patógeno, o hospedeiro e os antagonistas, sob a influência do ambiente, todos interagindo num sistema biológico”

Controle Biológico - Mecanismos de ação

Mecanismo de ação dos antagonistas:

O conhecimento sobre os mecanismos de antagonismo dos organismos colabora na determinação da época, da forma e da quantidade adequadas para aplicação dos antagonistas.

(Bettiol, 1991)

Mecanismo de ação dos antagonistas:

- Antibiose
- Competição
- Parasitismo
- Predação
- **Hipovirulência**
- Indução de defesa do hospedeiro

- Um antagonista pode agir através de um ou mais mecanismos de interações antagonistas
- Essa é uma característica adequada (chances de sucesso aumentadas)

Hipovirulência

Introdução de uma linhagem do patógeno menos agressiva ou não patogênica, que pode transmitir a característica para as patogênicas

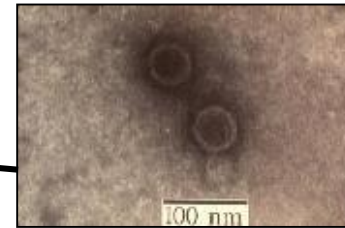
Linhagem hipovirulenta de *Cryphonectria (Endothia) parasitica* controlando o cancro da castanheira (chestnut blight) em árvores na Itália (naturalmente) e França (artificialmente)



Linhagem virulenta

Linhagem hipovirulenta de *Cryphonectria (Endothia) parasitica* controlando o cancro da castanheira (chestnut blight)

Linhagem virulenta



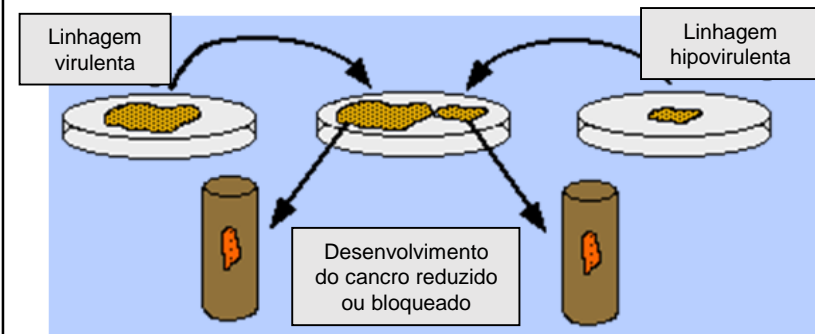
Partículas de vírus (dsRNA)

Linhagem hipovirulenta

linhagem hipovirulenta (dsRNA) Linhagem virulenta

Linhagem virulenta torna-se hipovirulenta

Desenvolvimento do cancro reduzido ou bloqueado



Controle Biológico - Potencial de Uso Contra:

- Patógenos veiculados pelo solo (solo supressivo, introdução de antagonistas, microbiolização)



FIGURE 9-7 (A) Biological control of potato scab caused by the bacterium *Streptomyces scabies* with a suppressive strain of another *Streptomyces* species. Tubers at left were harvested from soil treated with the biocontrol agent; tubers at right were harvested from soil not amended with the biocontrol agent (B,C). Minimal incidence of

Controle Biológico - Potencial de Uso Contra:

- Patógenos veiculados pelo solo (solo supressivo, introdução de antagonistas, microbiolização)

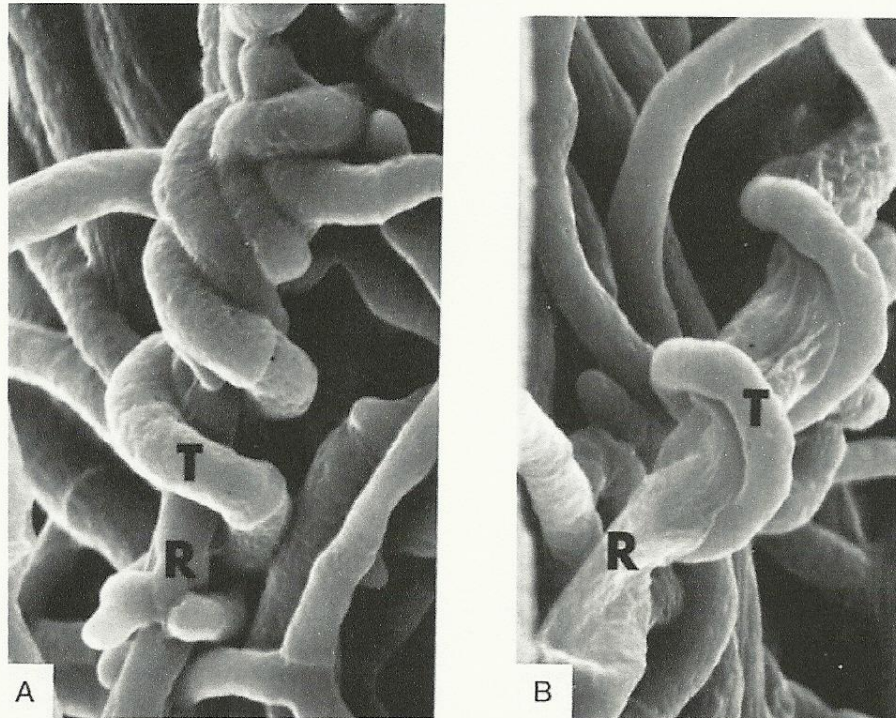
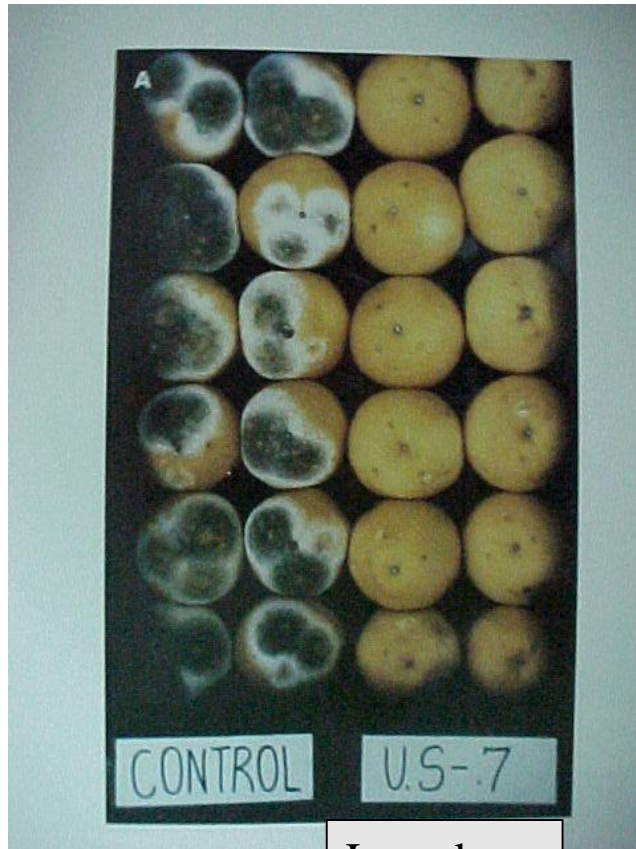


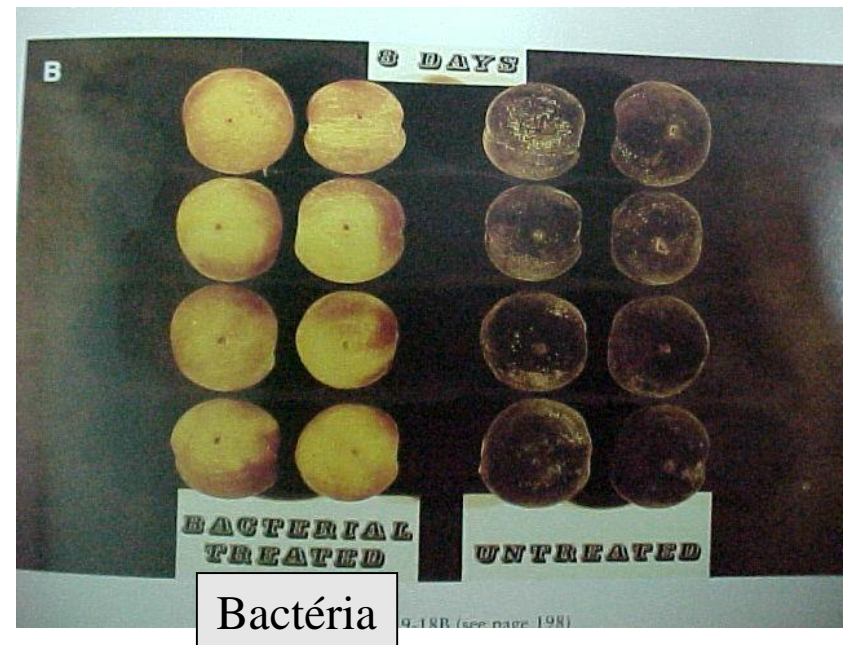
FIGURE 9-8 Effect of the biological control fungus *Trichoderma harzianum* on the plant pathogenic fungus *Rhizoctonia solani*. (A) Hyphae of *Trichoderma* (T) form dense coils and tightly encircle hyphae of *Rhizoctonia* (R) within 2 days after inoculation. (Magnification: 6000 \times .) (B) By 6 days after inoculation, *Rhizoctonia* hyphae show loss of turgor and marked cell collapse, whereas *Trichoderma* hyphae continue to look normal. (Magnification: 5000 \times .) [From Benhamou and Chet (1993). *Phytopathology* 83, 1062–1071.]

Controle Biológico - Potencial de Uso Contra:

- Patógenos de doenças pós-colheita



Levedura



Controle Biológico de Doenças

Agentes Disponíveis Comercialmente no Brasil

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

AGROFIT

Pragas | Ingredientes Ativos | Produtos Formulados | Relatórios | Componentes

► **Consulta de Produtos Formulados**

► **Dados do Produto**

| Marca Comercial | Titular de Registro | Nr. Registro | Ingrediente Ativo(Grupo Químico) |
|----------------------------------|--|-----------------------|---|
| richodermax EC | Novozymes BioAq Produtos para Agricultura LTDA | 12511 | Trichoderma asperellum (biológico) |
| Afla-Guard | Biosphere Indústria e Comércio de Insumos Agrícolas LTDA | 4011 | Aspergillus flavus NRRL 21882 (biológico) |
| Biometha GR Plus | BIOTECH CONTROLE BIOLÓGICO LTDA | 6810 | Metarhizium anisopliae (biológico) |
| Quality | LABORATORIO DE BIOCONTROLE FARROUPILHA LTDA | 8611 | Trichoderma asperellum (biológico) |
| Sonata | BAYER S.A. São Paulo/ SP | 4311 | Bacillus pumilus (biológico) |

Registros[1/5] - Total de 5

[Nova Consulta](#)

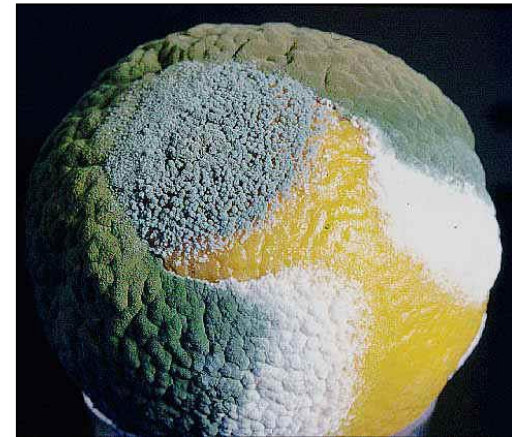
http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Inseticida microbiológico - registrados no mínimo 29

Fungicida microbiológico - registrados 14



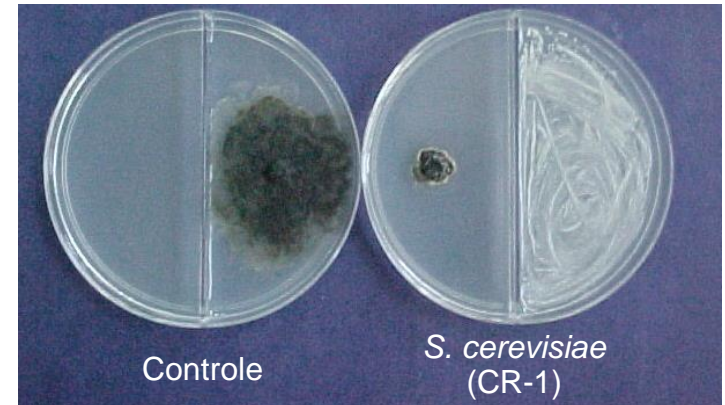
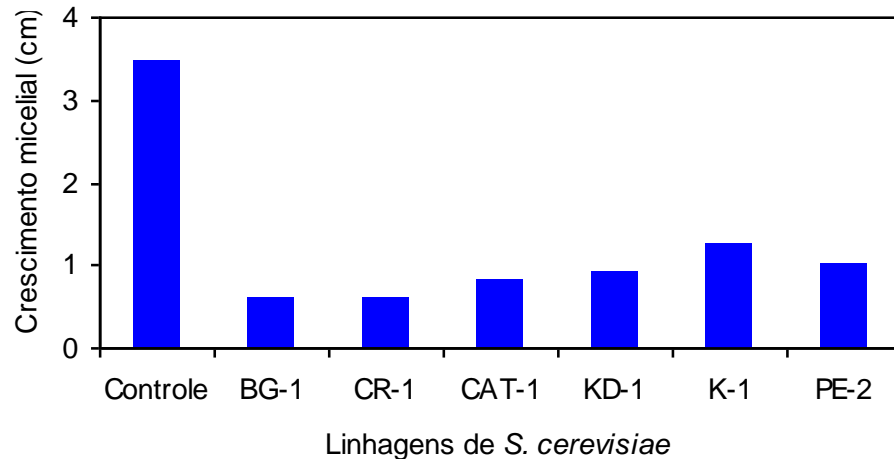
Controle Biológico em Pós-Colheita



Controle Biológico em Pós-Colheita

- Uma das grandes dificuldades na utilização de antagonistas para o controle de doenças é a impossibilidade do controle das condições ambientes
- No caso da pós-colheita o controle biológico é viável e passível de exploração:
 - a) Controle das condições ambientes
 - b) Limitação da superfície de aplicação dos antagonistas
 - c) Economicamente praticável sob condições de armazenamento

Compostos voláteis produzidos por *S. cerevisiae* são capazes de inibir (83%) o desenvolvimento *in vitro* de *G. citricarpa*.



Efeito de compostos voláteis liberados pelas diferentes linhagens de *S. cerevisiae* no crescimento micelial de *G. citricarpa* cultivada em meio BDA

Efeito da mistura artificial de voláteis identificados em *S. cerevisiae* no desenvolvimento de fungos e bactérias

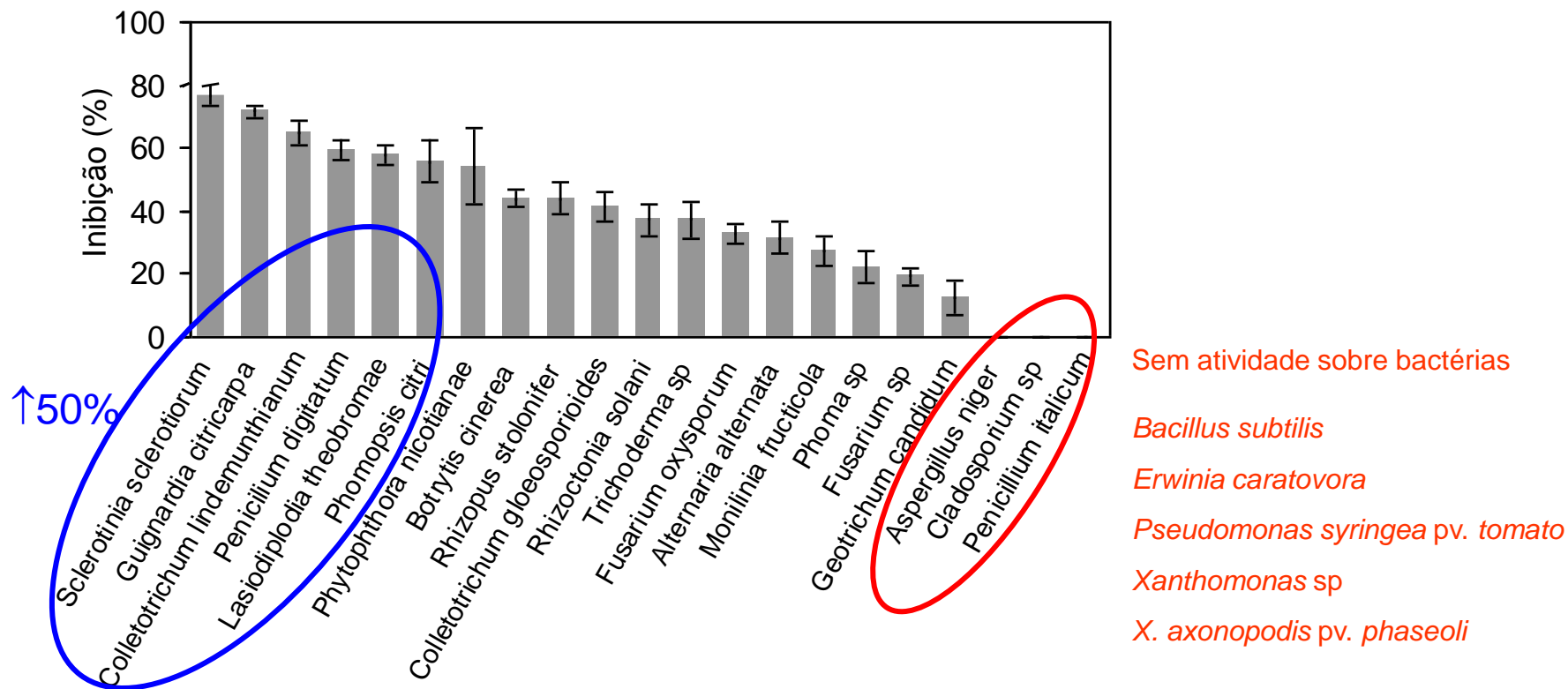


Figura 14. Influência da adição da mistura artificial de voláteis ($2 \mu\text{L mL}^{-1}$ de ar) no desenvolvimento de fungos e bactérias.

Os compostos orgânicos voláteis poderiam ser utilizados no tratamento dos frutos em câmaras fechadas durante o armazenamento e exportação.



Controle de doenças pelo uso de “agrotóxicos”

- Simplicidade
- Previsibilidade
- Necessidade de pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema

(Morandi & Bettiol, 2009)

Controle de doenças pelo uso de agentes de controle biológico

- Mais complexo
- Menor previsibilidade
- Maior necessidade do entendimento dos mecanismos envolvidos nas interações entre os agentes de biocontrole, os patógenos, as plantas e o ambiente

Mecanismo de ação dos antagonistas:

- Antibiose
- Competição
- Parasitismo
- Predação
- Hipovirulência
- **Indução de defesa do hospedeiro**

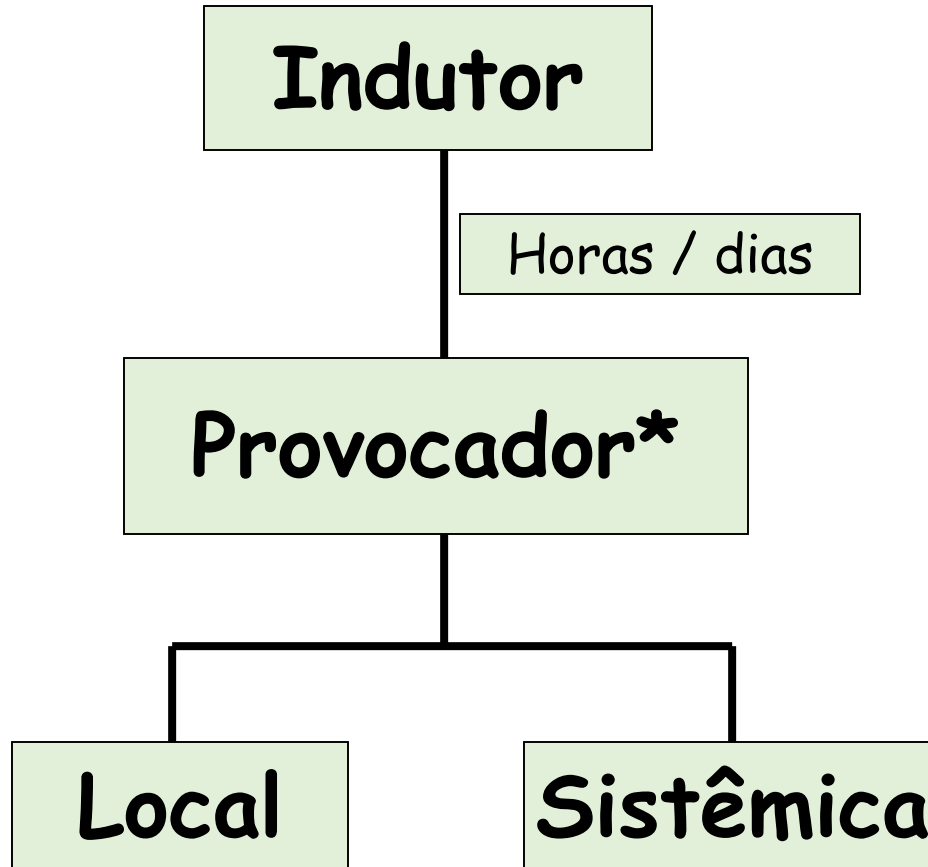
Resistência induzida ou adquirida

Ativação de mecanismos de resistência latentes em resposta ao tratamento com **agentes bióticos** ou abióticos (indutores)



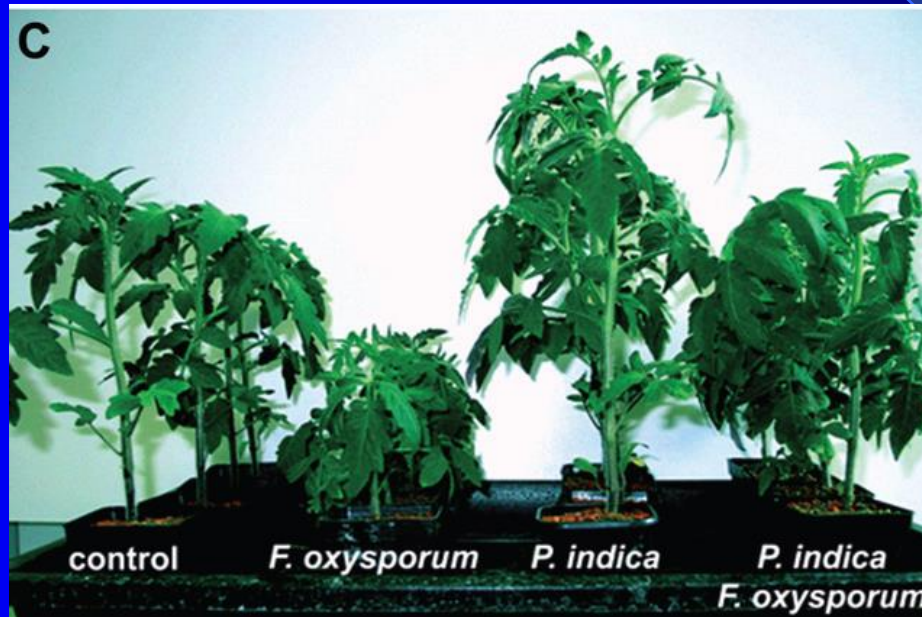
A ação se dá sobre a planta hospedeira modificando a sua relação com o patógeno

Resistência induzida



*Provocador = desafiador = patógeno ("Challenger")

Fig. 2 *Piriformospora indica* and its beneficial effects on colonized plants. (A, B) *Piriformospora indica* grows and forms chlamydospores on solid and liquid artificial media. (C) Tomato cv. Hildaris is protected by *P. indica* against *Fusarium oxysporum*. Note the growth-promoting effect in plants colonized by *P. indica* in comparison with control plants. (D, E) Systemic protection of

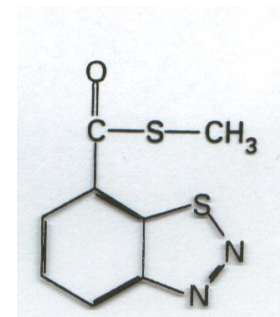


C - Tomateiro cv. Hildaris
protegido por
Piriformospora indica
contra *Fusarium*
oxysporum

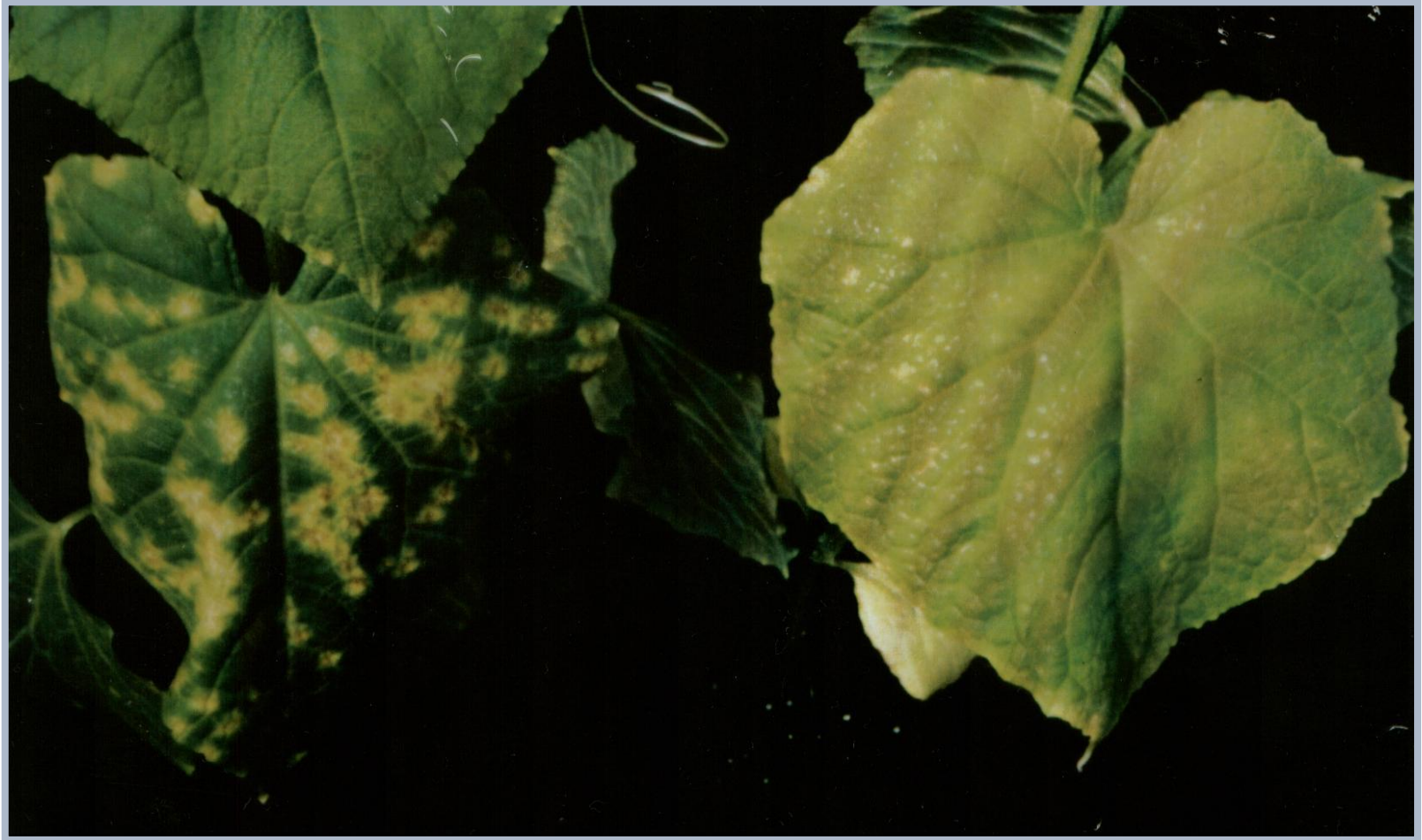
Ativador de plantas ("Plant activator")

(Ativadores químicos da "resistência sistêmica")

BION (Acibenzolar-S-metílico) - Éster S-metílico do ácido 1,2,3-benzotiadiazol-7-carbotiólico - composto sintético (1996)



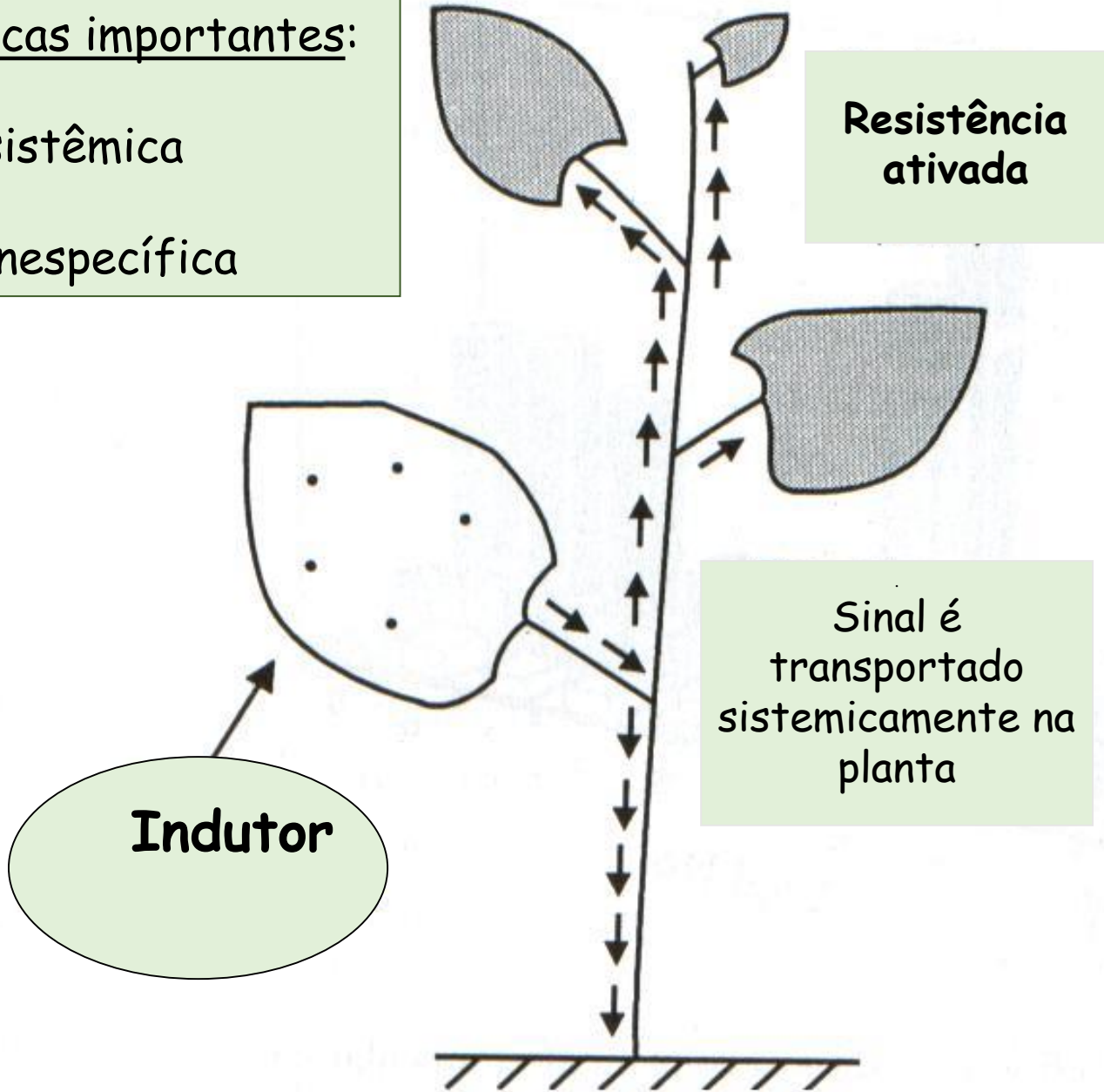
Resistência induzida em pepino
contra *Colletotrichum* sp



Acibenzolar-S-metílico
(Bion)

Características importantes:

- Resposta sistêmica
- Resposta inespecífica



Resistência induzida ou adquirida

Tecnologia potencial para o controle
de doenças vegetais
(Manejo integrado de pragas e doenças)

