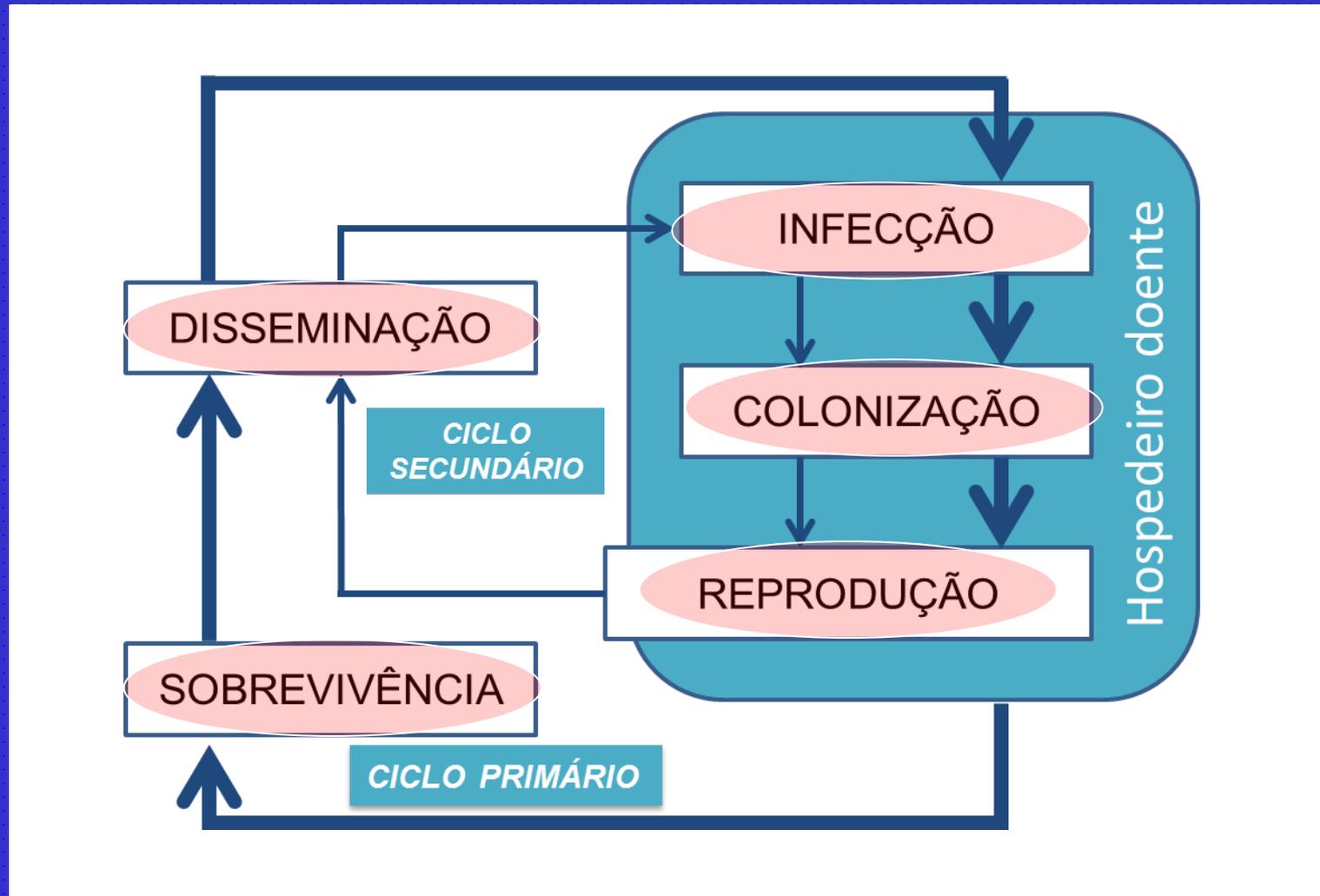
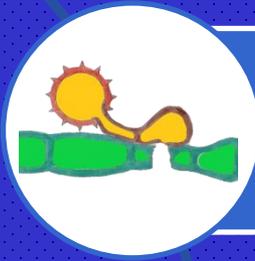


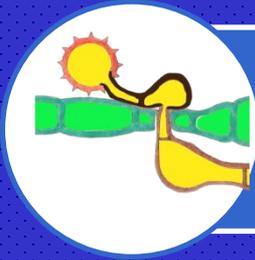
Ciclo das relações patógeno-hospedeiro



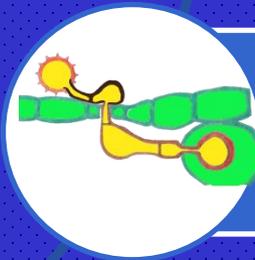
INFECÇÃO



Pré penetração

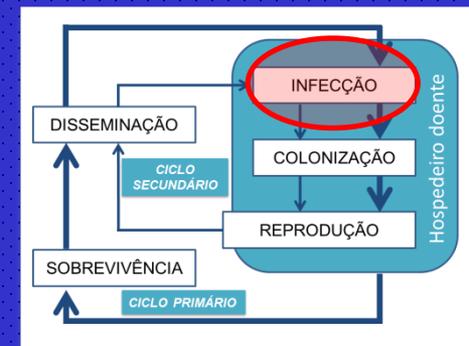


Penetração



Relações parasitárias estáveis

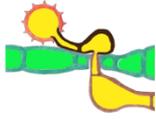
- Gaumann (1950)
- Lucas (1980; 2020)
- Schumann & D'Arcy (2006)
- Amorim & Pascholati (2018)



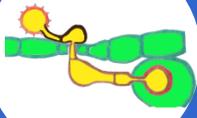
INFECÇÃO



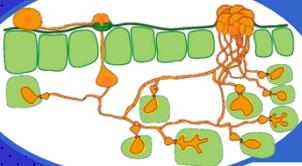
Pré penetração



Penetração

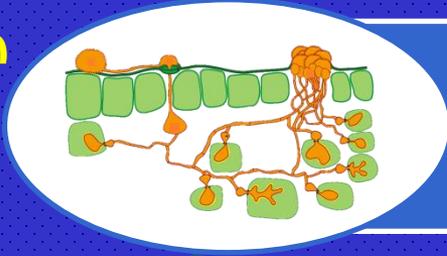


Relações parasitárias estáveis



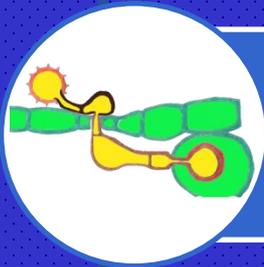
Colonização e Reprodução

- Strobel & Mathre (1970)
- Agrios (1997)



Colonização e Reprodução

- Roberts & Boothroyd (1972)
- Gonzalez (1976)



Relações parasitárias estáveis

- Trigiano et al. (2004)
- Agrios (2005)

INFECÇÃO

The steps of a disease cycle are inoculation, penetration, infection, invasion, reproduction and dissemination (Trigiano, R.N.; Windham, M.T.; Windham, A.S., 2004)

“Infection is the process by which pathogens establish contact with susceptible cells of the host and procure nutrients from them. Following infection pathogens grow...” (Agris, 2005).

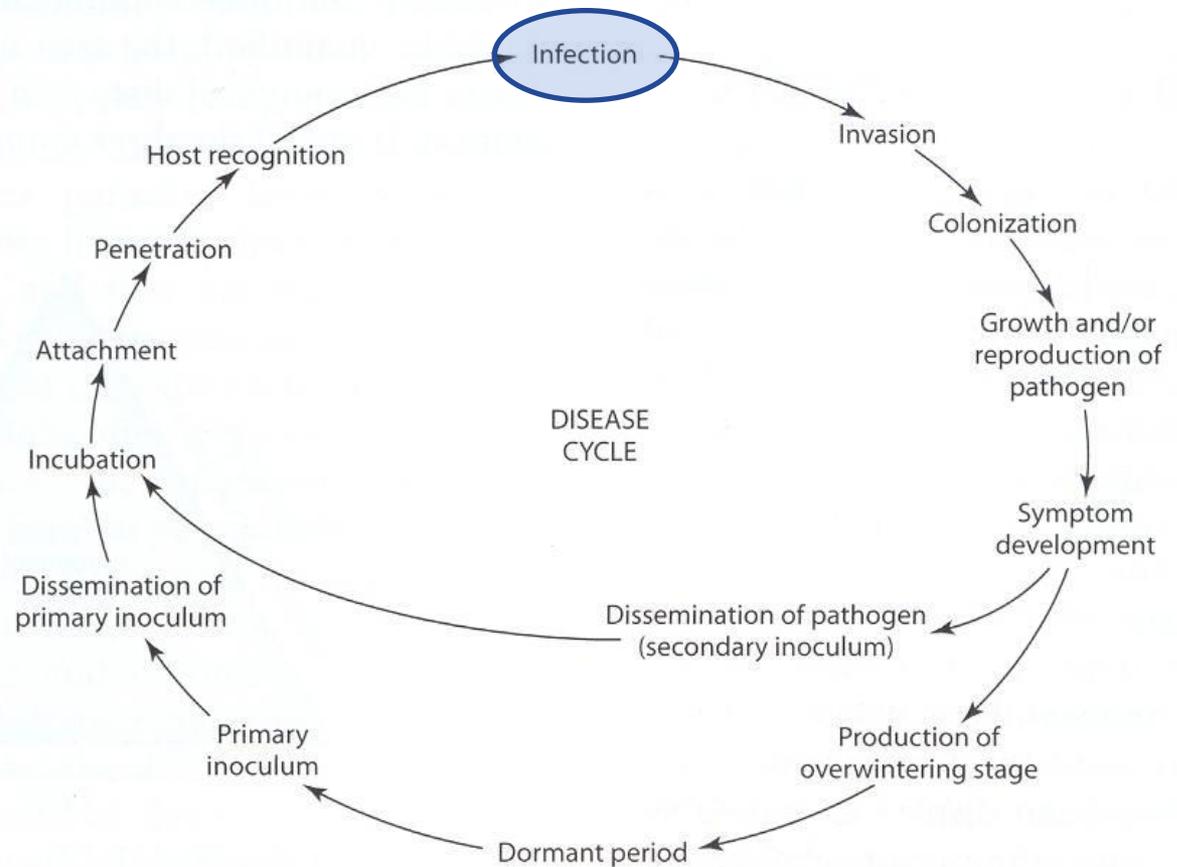
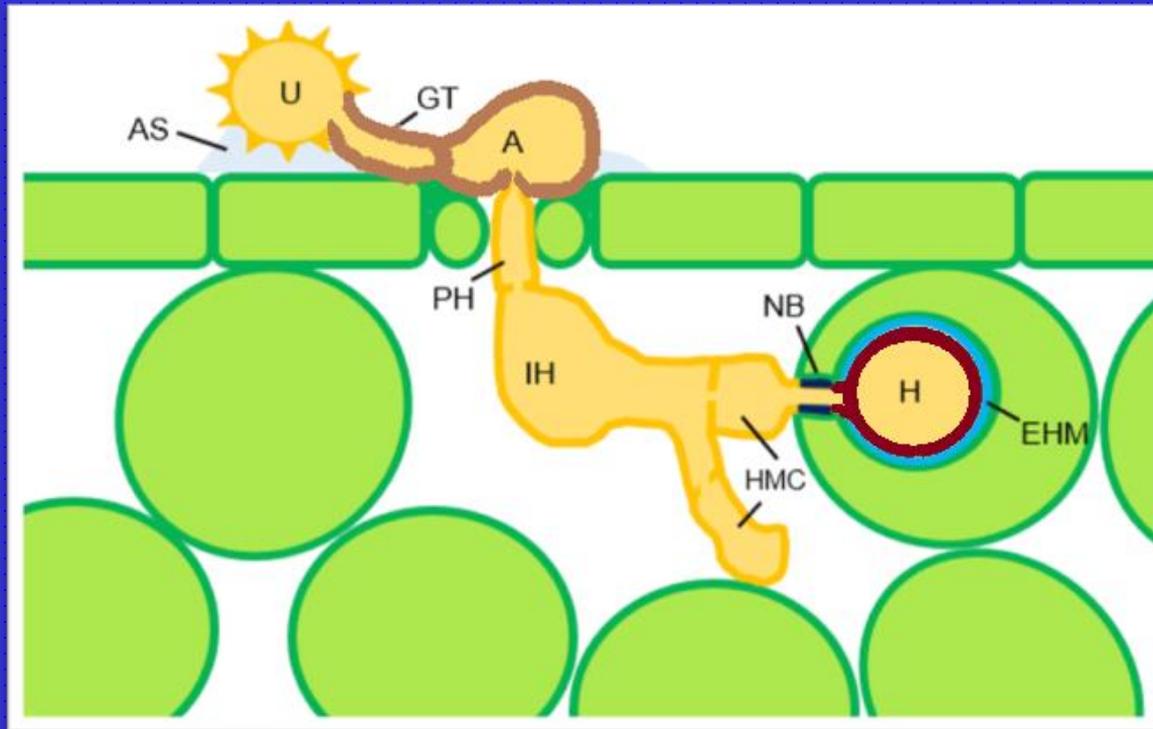


FIGURE 2-2 Stages in development of a disease cycle.

Infecção



Legenda

AS = substâncias adesivas
U = urrediniósporo
GT = tubo germinativo
A = apressório
PH = peg de penetração
IH = hifa de infecção
HMC = célula mãe do haustório
H = haustório
EHM = membrana extra-haustório

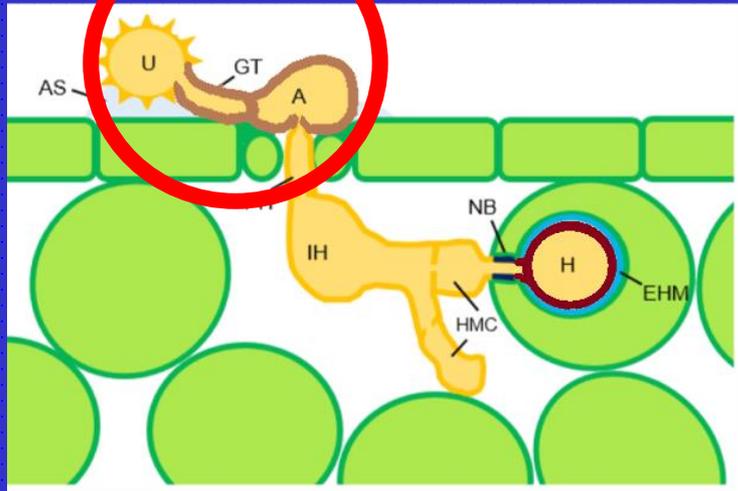
(Mendgen & Hahn, 2002)

- **pré-penetração** adesão / movimento / germinação / crescimento
- **penetração** aberturas / ferimentos / direta
- **estabelecimento de relações parasitárias estáveis**

Infecção

Pré-penetração

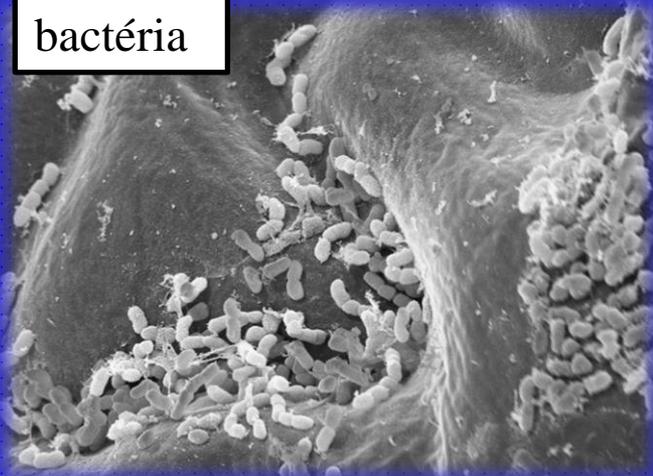
adesão / movimento
germinação / crescimento



fungo



bactéria



nematoide

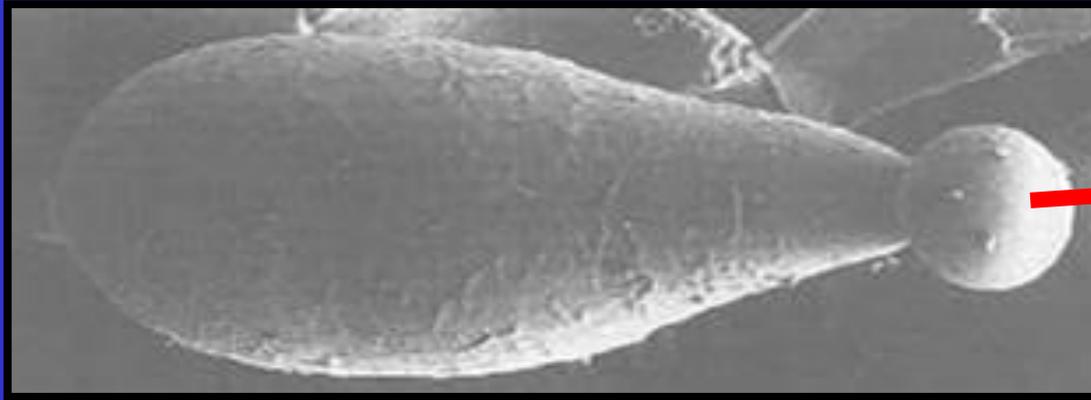


oomiceto

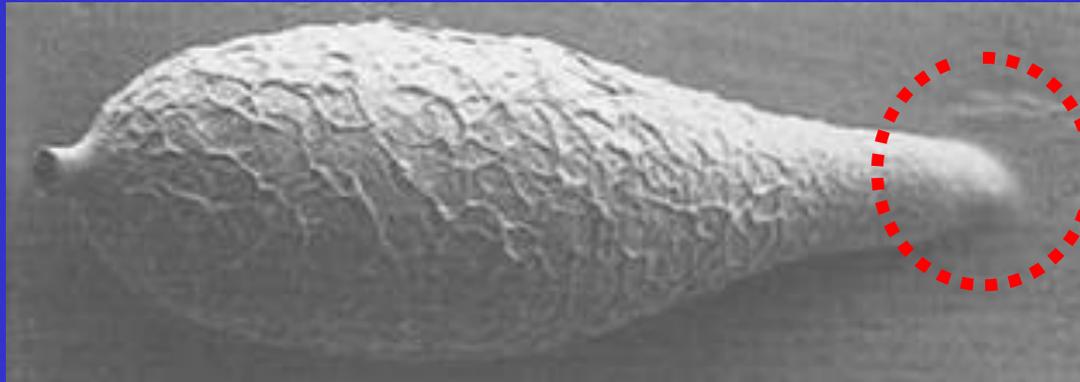


Pré-penetração – adesão à superfície

Conídio de *Magnaporthe oryzae*



Substância lipoproteica formada após a hidratação do conídio



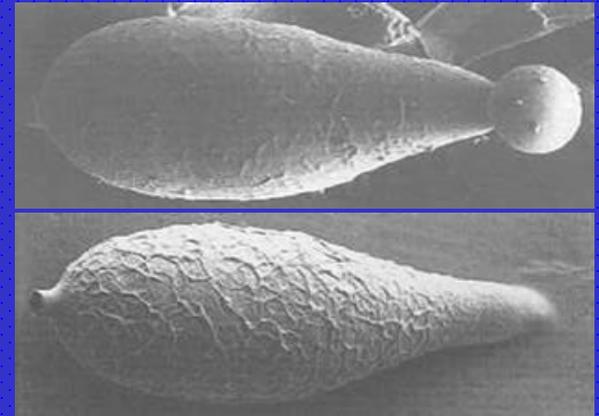
Substância lipoproteica permite firme adesão do conídio à superfície

Adesão apical de conídios de *M. oryzae* permite que eles resistam ao fluxo de água e também favorece a manutenção de gotas d'água ao redor do conídio aderido

Pré-penetração – adesão à superfície

Conídios de *M. oryzae* não hidratados com matriz lipoproteica interna ao esporo, porém fora do citoplasma

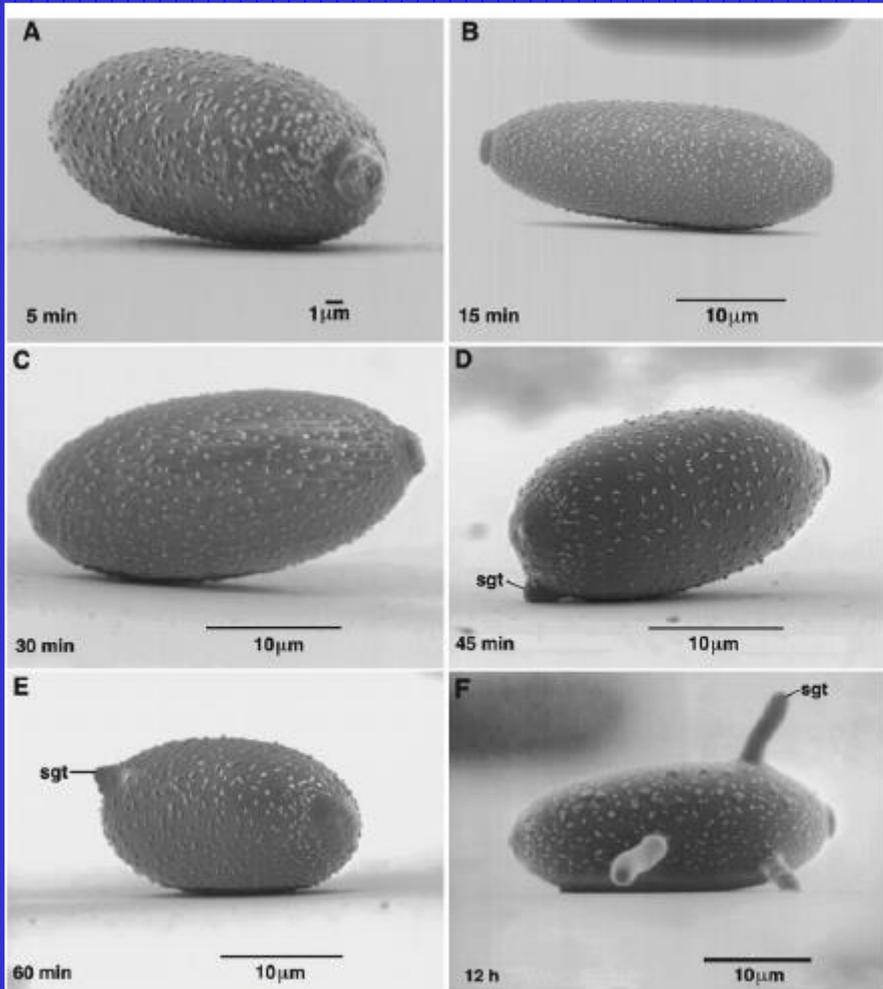
Conídios de *M. oryzae* após a hidratação. A parede celular se rompe e a matriz é liberada



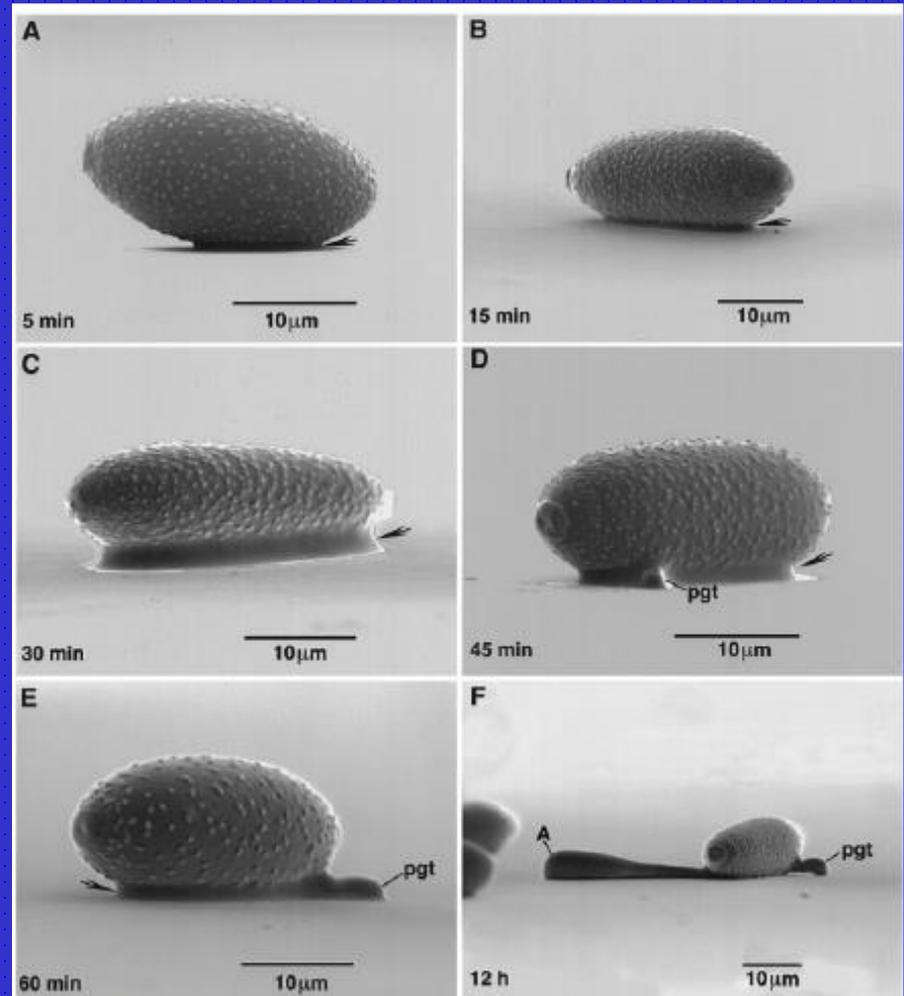
Adesão passiva de *Magnaporthe oryzae* à superfície por substância lipo-proteica pré-formada no esporo



Pré-penetração – adesão à superfície



Conídios de *Blumeria graminis* incubados sobre superfície hidrofílica por diferentes períodos de tempo



Conídios de *Blumeria graminis* incubados sobre plástico hidrofóbico por diferentes períodos de tempo. Setas indicam presença de matriz extra-conidial (ECM). A - apressório, pgt - tubo germinativo primário

Pré-penetração – adesão à superfície

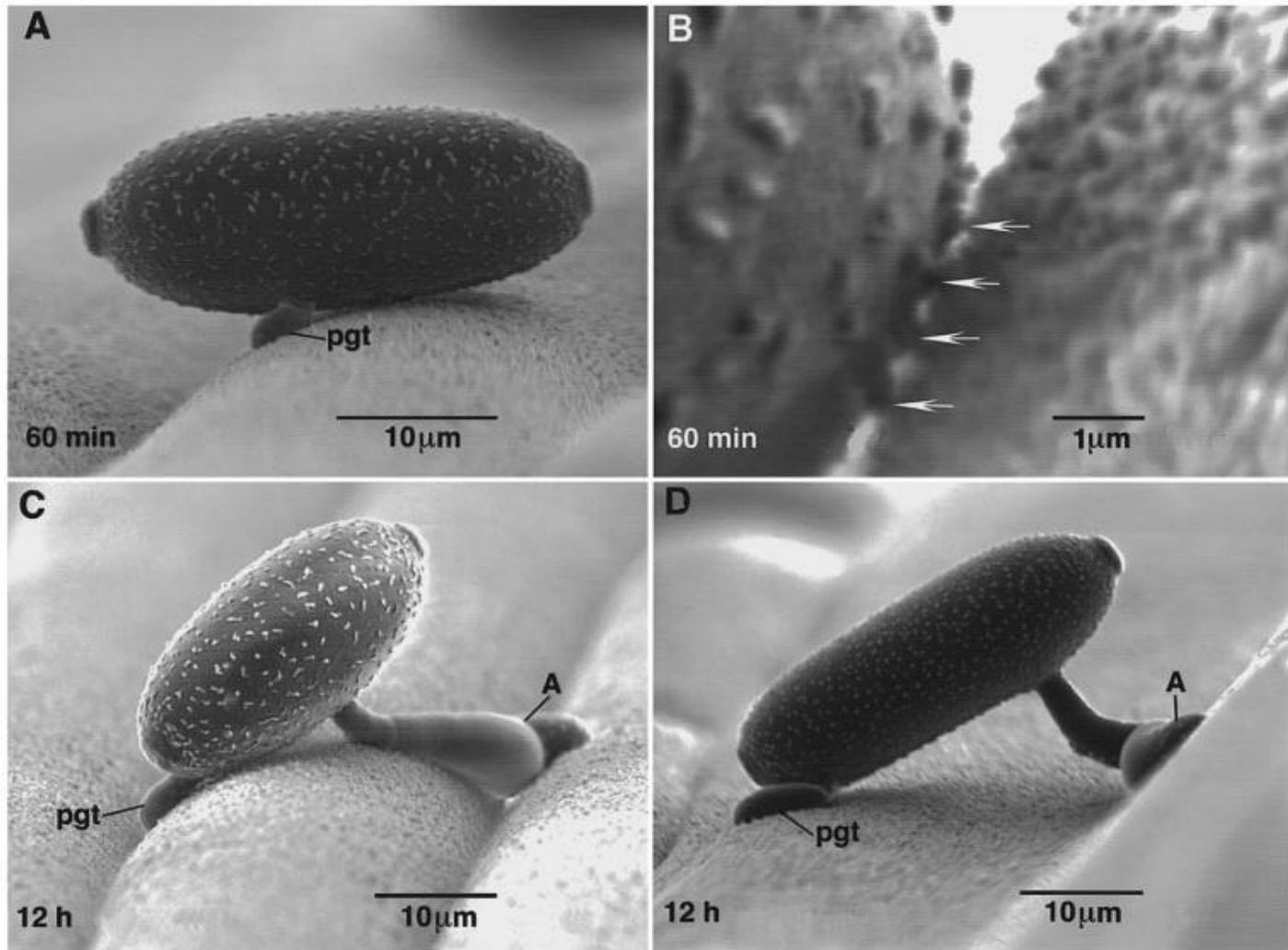


Fig. 9. Low angle, low temperature SEM images of *Blumeria graminis* conidia incubated on barley leaf surfaces with hydrophobic waxes in place. No ECM could be seen at the interface of conidia with the leaf surface. A and B, 60 min after inoculation. Arrows in B point to conidial surface projections that extend outward from the conidium (left of figure) to wax platelets on the surface of the leaf (right of figure). C and D, 12 h after inoculation. A = appressorium, pgt = primary germ tube.

Pré-penetração

Crescimento direcionado →

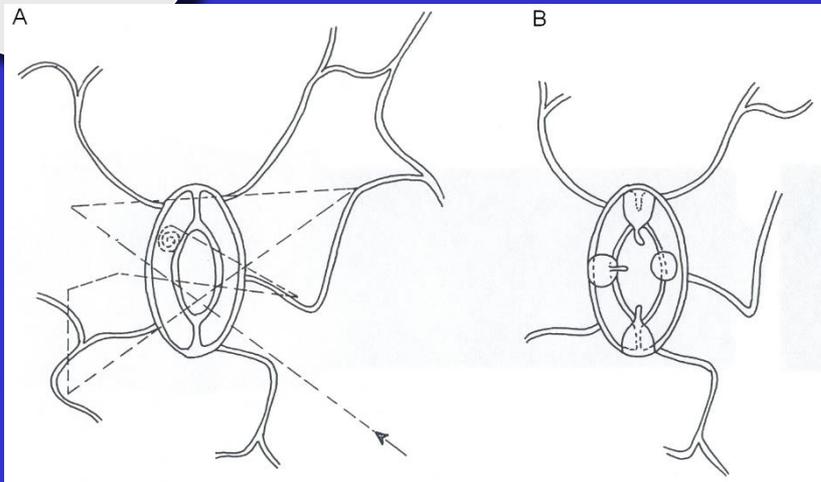
Tropismo

Respostas positivas ou negativas de um organismo (ou parte dele) a um estímulo

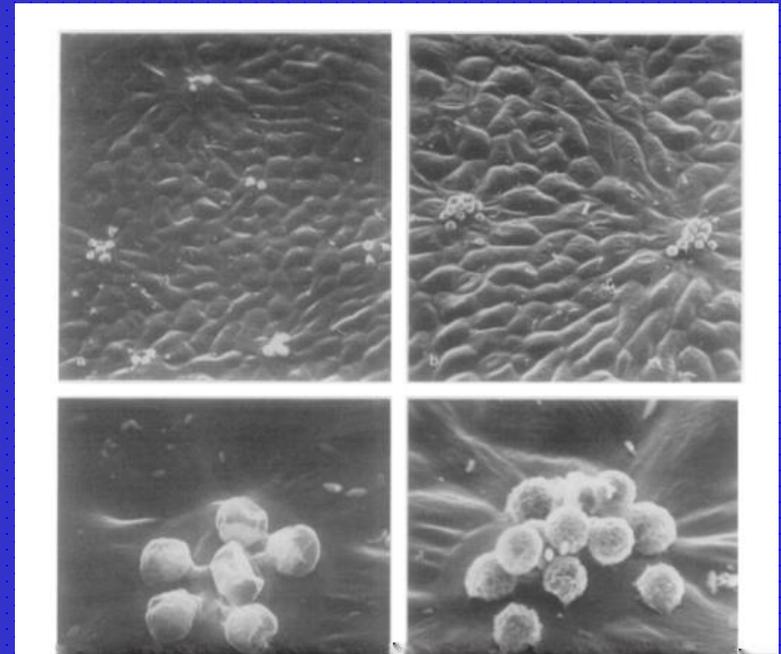
Movimentação direcionada →

Tatismo

oomicetos
bactérias
nematoides



tatismo de zoósporos de *Plasmopara viticola*



Tropismo & Tatismo

Estímulo	Resposta
substâncias químicas →	quimiotropismo quimiotatismo
cargas elétricas →	eletrotropismo eletrotatismo
topografia do hospedeiro →	tigmotropismo
água →	hidrotropismo hidrotatismo
luz →	fototropismo fototatismo

Pré- penetração

Quimiotatismo
em nematoides
juvenis (J2) de

Meloidogyne hapla

Respostas a

compostos voláteis
e não voláteis
produzidos pelas
raízes ou habitantes
da rizosfera

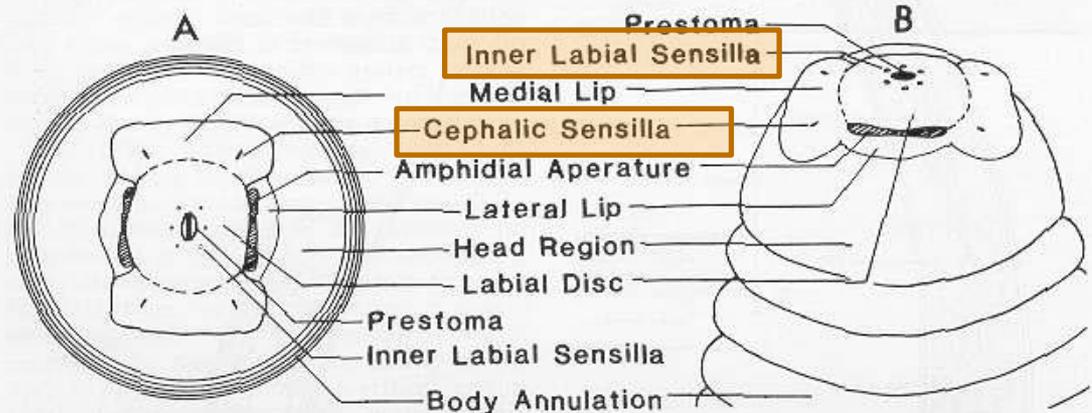


Fig. 4. External head morphology of a second-stage juvenile root-knot nematode in A) face and B) lateral views, as revealed by scanning electron microscopy [After Eisenback & Hirschmann (27)].

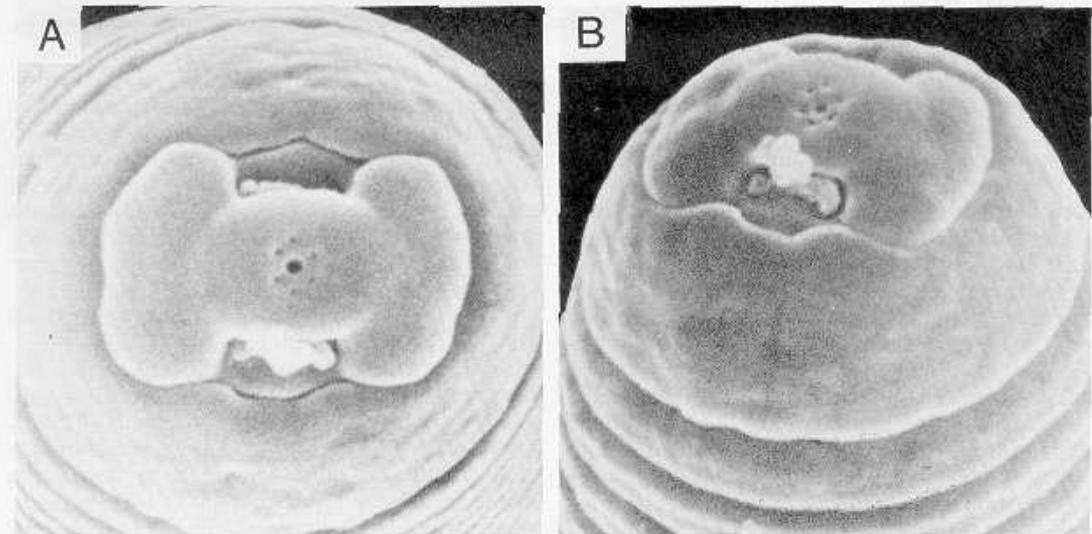


Fig. 5. Scanning electron micrographs of the head of a second-stage juvenile of *Meloidogyne hapla* in A) face and B) lateral views. [After Eisenback & Hirschmann (27)].

Pré-penetração - quimiotatismo

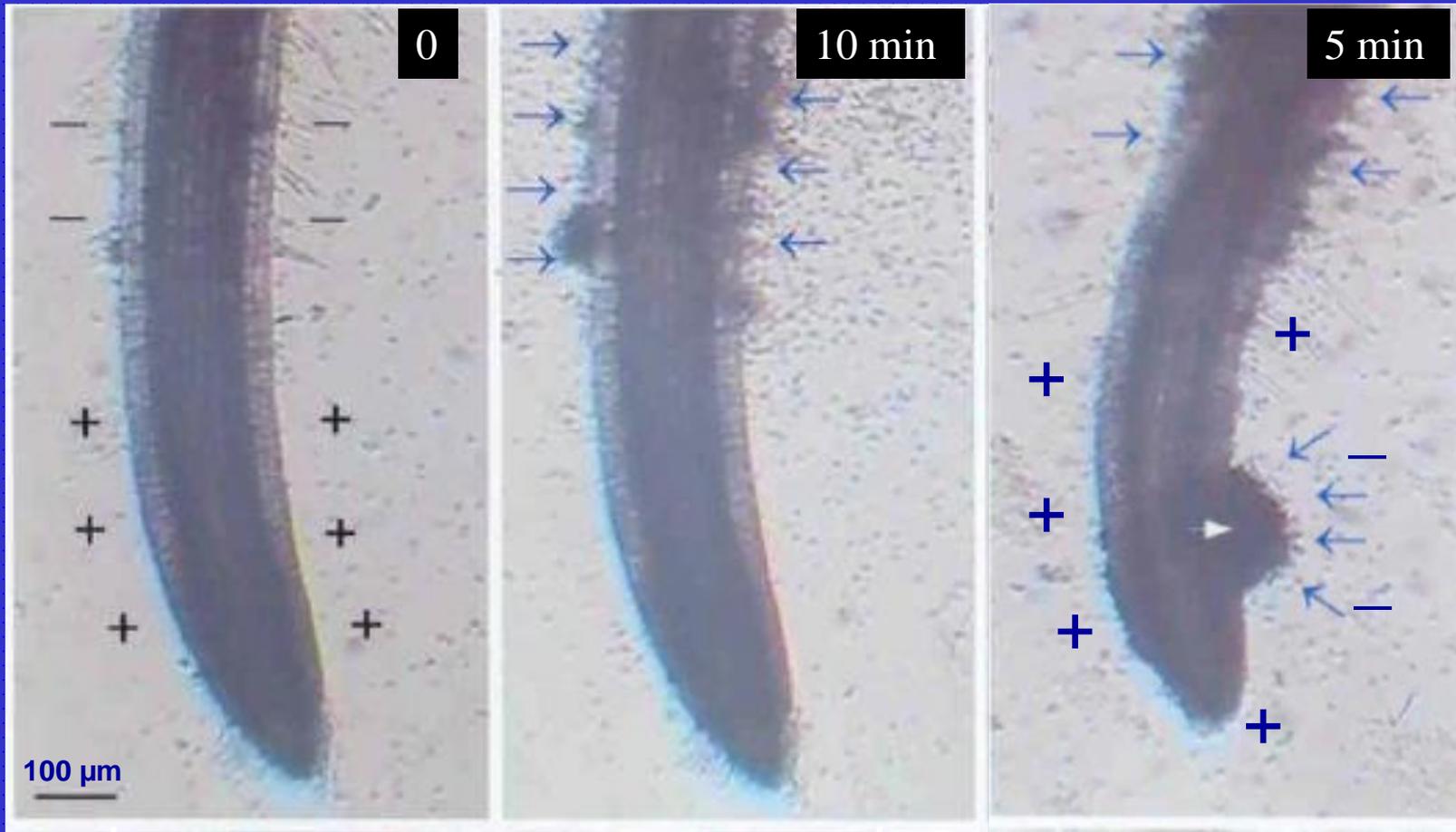
Atração de zoósporos de *Phytophthora plurivora* a extratos de raiz de faia



<https://www.youtube.com/watch?v=F4sITLkhwuY>

Pré-penetração

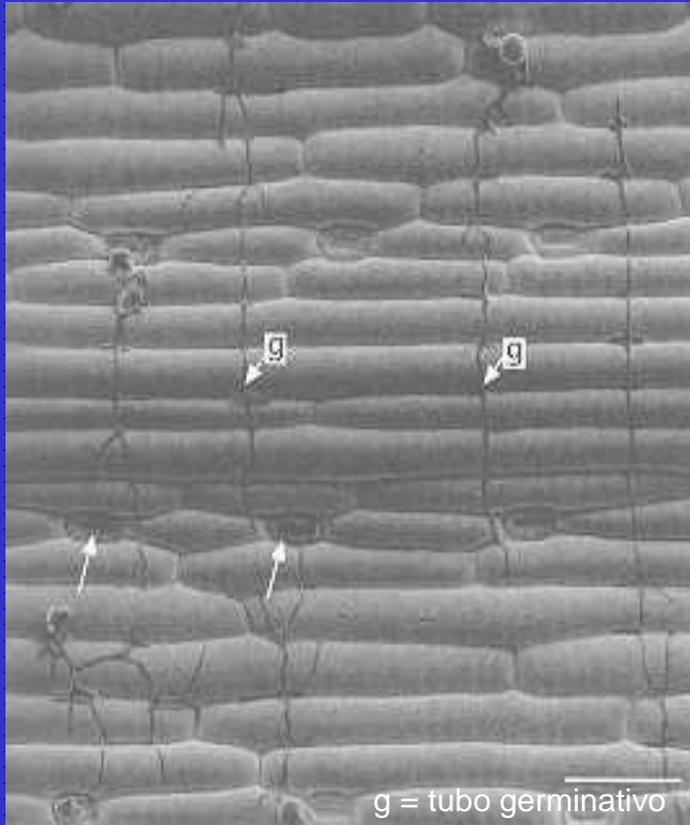
Eletrotatismo em *Pythium aphanidermathum*



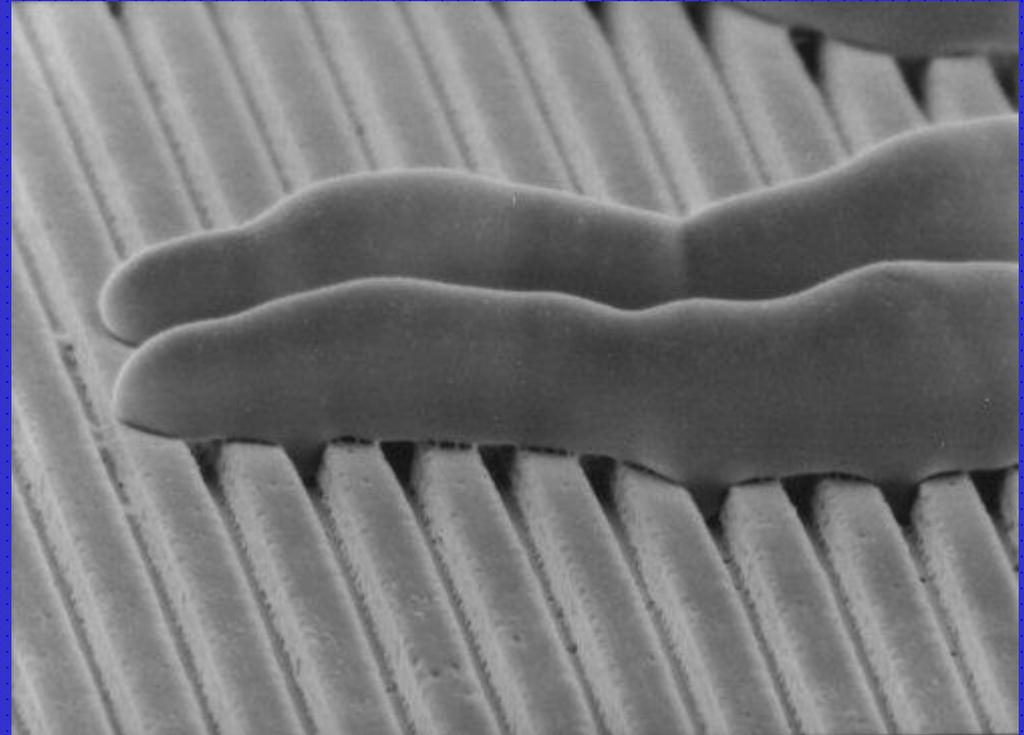
Raízes intactas

Raiz ferida (seta branca)

Pré-penetração - tigmotropismo



Tigmotropismo de hifas de *Puccinia hordei* em cevada

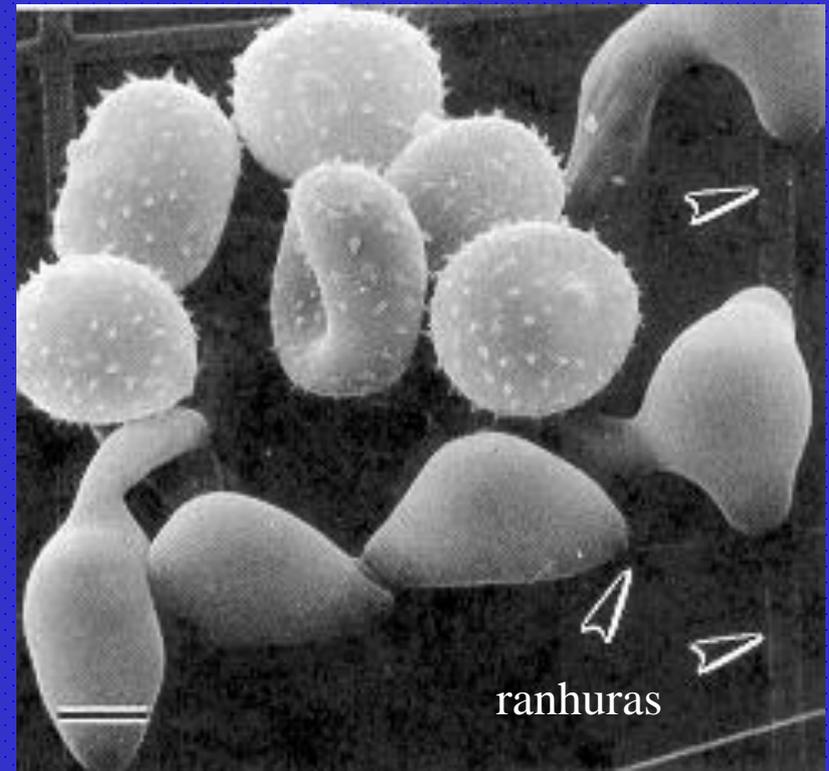
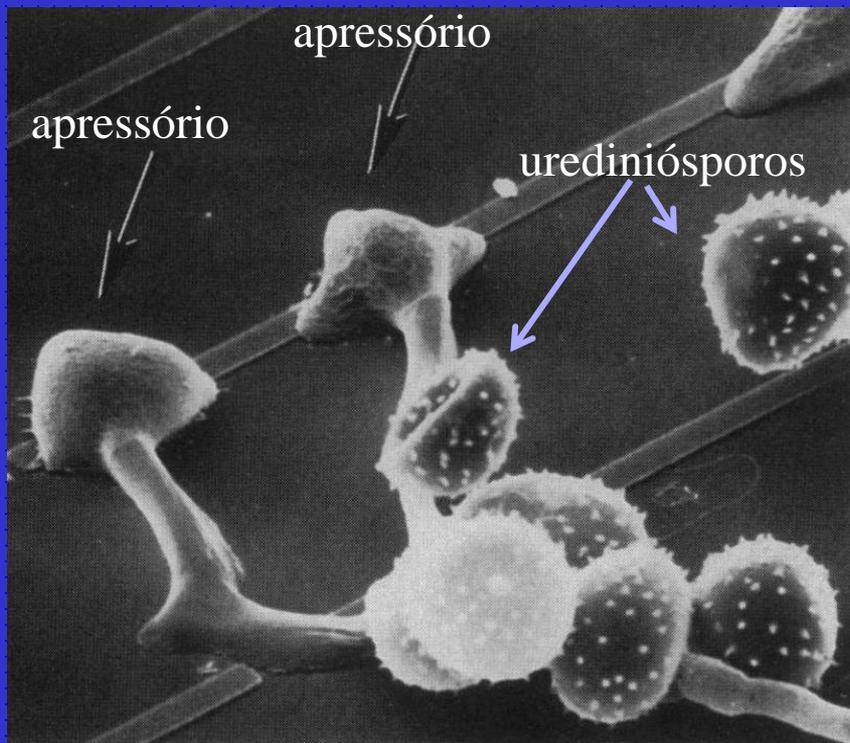


Fotografia em microscópio eletrônico de varredura de dois tubos germinativos de *Puccinia* sobre uma superfície artificial (poliestireno + silicone). As ranhuras e saliências induzem o crescimento direcional de tubos germinativos que também têm uma aparência "nose-down" mostrando que eles percebem e respondem à superfície sobre a qual crescem ([Read et al., 1992](#)).

Pré-penetração

Uromyces appendiculatus

Formação de apressórios sobre ranhuras
(setas) de uma superfície artificial



Pré-penetração

- Apressórios típicos – melanizados ou não
- Estruturas semelhantes a apressórios
- Ausência de estruturas especializadas na penetração

86

Y. Kou, N.I. Naqvi / *Seminars in Cell & Developmental Biology* 57 (2016) 84–92

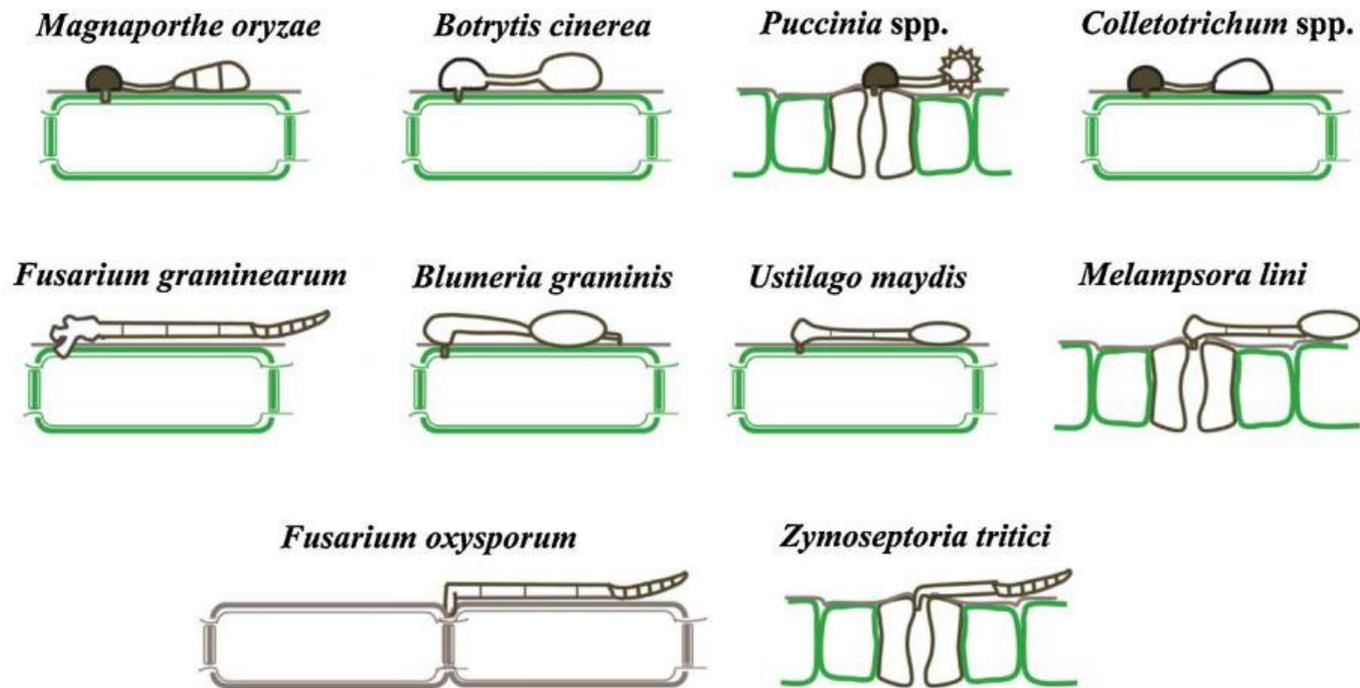
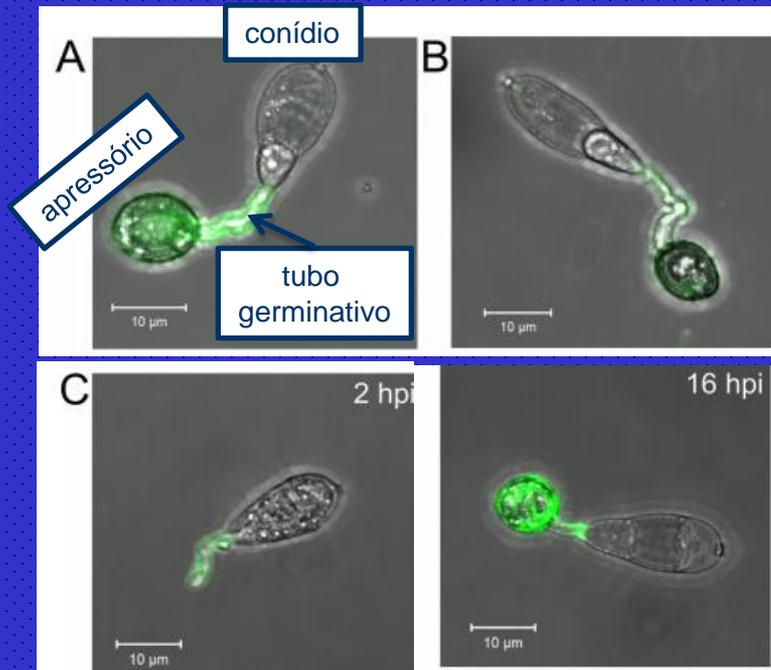


Fig. 1. Strategies and infection structures of top ten plant pathogenic fungi. *M. oryzae*, *B. cinerea*, *Puccinia*, and *Colletotrichum* form the dome-shaped appressoria. *F. graminearum*, *B. graminis*, *U. maydis*, and *M. lini* form appressoria which are difficult to distinguish morphologically. *F. oxysporum* and *Z. tritici* invade the respective hosts without any discernible use of an appressorial function.

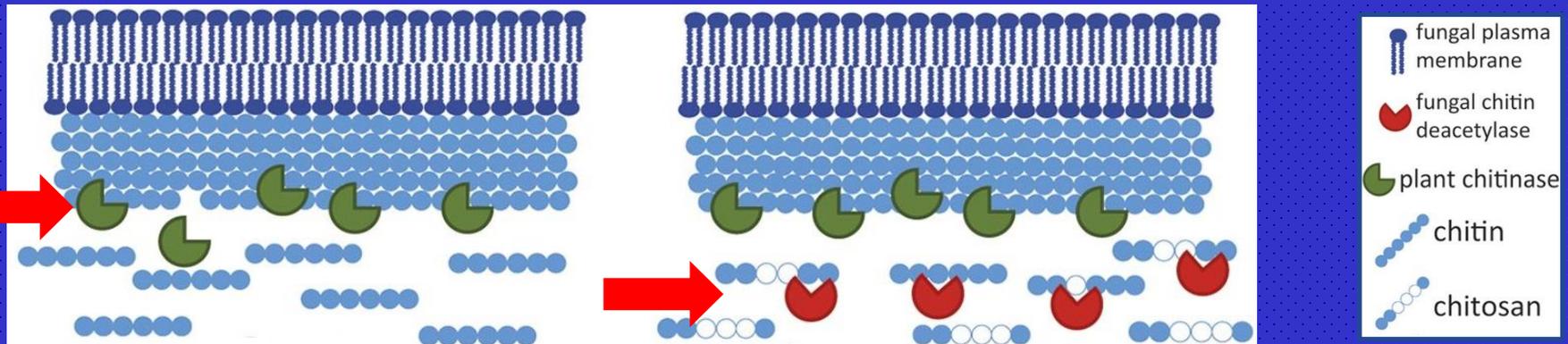
Pré-penetração – Modificação na parede fúngica



Quitosana na parede de *M. oryzae*

Quitosana é um componente da parede do tubo germinativo e do apressório de *M. oryzae*. Tubo germinativo e apressório marcados com anticorpos monoclonal (A) e policlonal (B) às 16 h após a deposição do esporo na superfície hidrofóbica, ou com sondas de quitosana (C) (anti-chitosan probe OGA488) que localizou a quitosana em células vivas às 2 e 16 horas após a deposição dos esporos em superfície hidrofóbica

(Geoghegan & Gurr, 2016)



Pré-penetração e penetração bacteriana

estômato

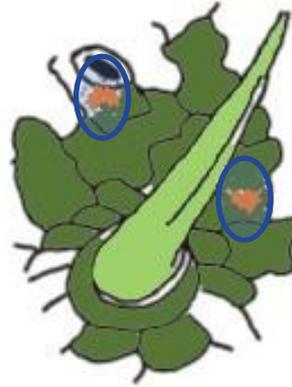
tricoma



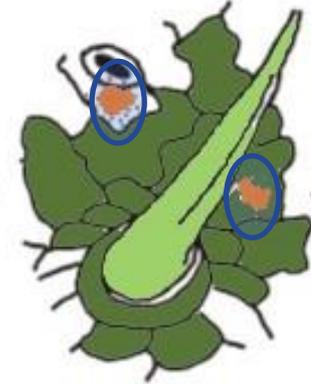
Step 1:
Bacterial
immigration



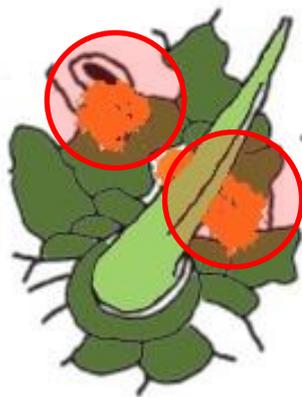
Step 2:
Habitat
modification



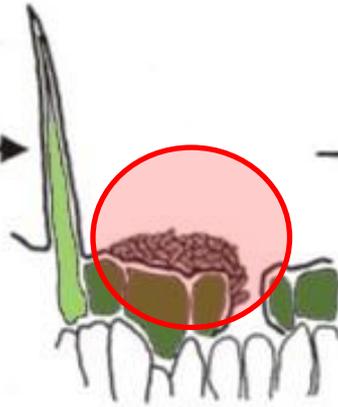
Step 3:
Bacterial
division



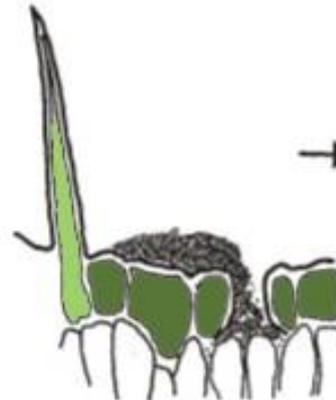
Step 4:
Microcolony
formation



Step 5:
Large
aggregate
formation



Step 6:
Entry into
internal
spaces



Step 7:
Habitat
modification
and bacterial
division



Step 8:
Egression
onto the
leaf surface

Fig. 1. Model of leaf colonization by phyllobacteria.

Beattie & Lindow (1999)

Pré-penetração e penetração bacteriana

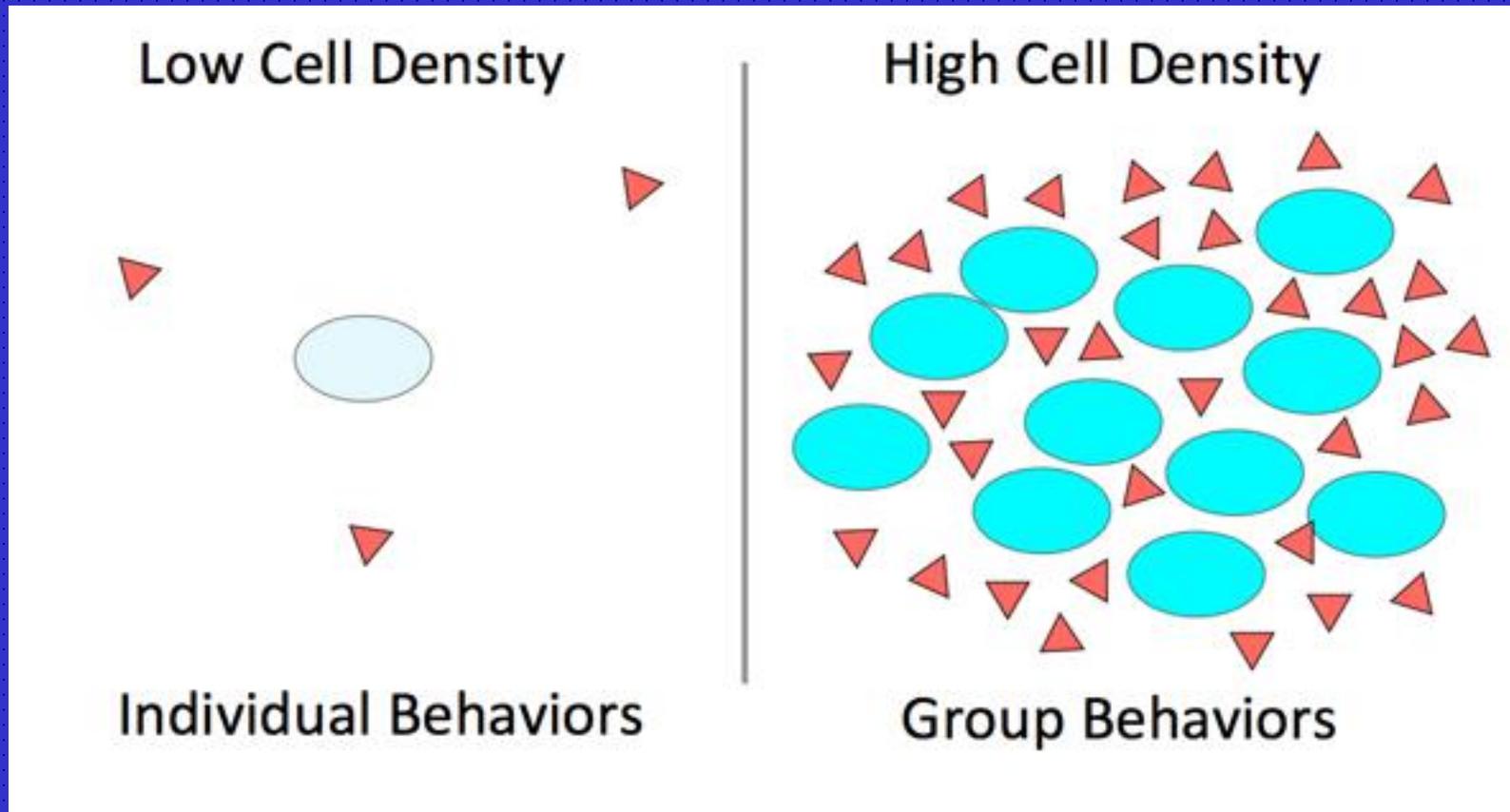
"QUORUM - SENSING"

Comunicação entre bactérias pela excreção de moléculas de baixo peso

Permite que a bactéria perceba a densidade populacional

Permite que as bactérias ajam em grupo ("seres sociais")

Sobrevivência, infecção e colonização

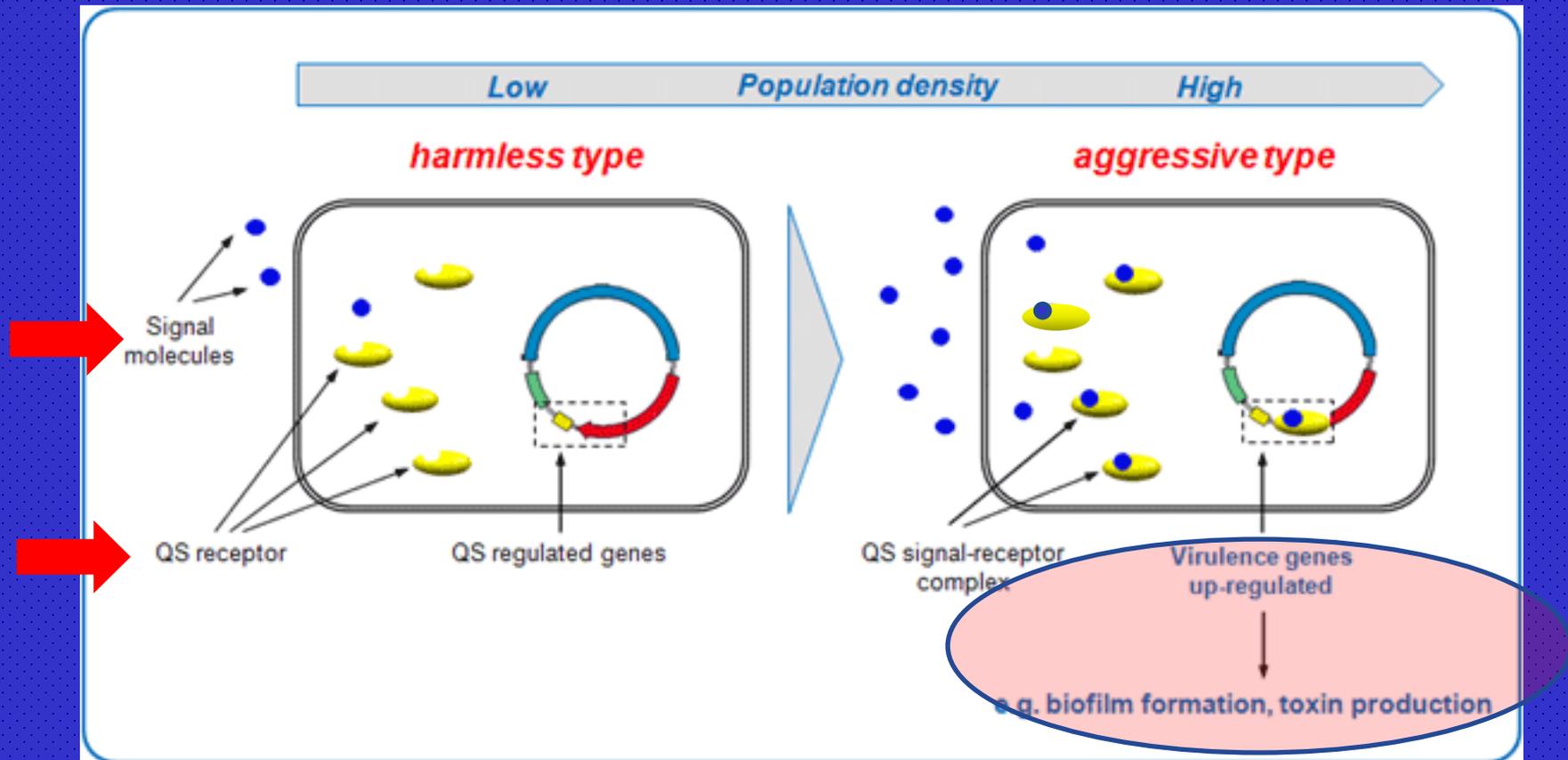


Pré-penetração e penetração bacteriana

"QUORUM - SENSING"

Comunicação entre bactérias para regular coordenadamente a expressão de genes

Presente em *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*...



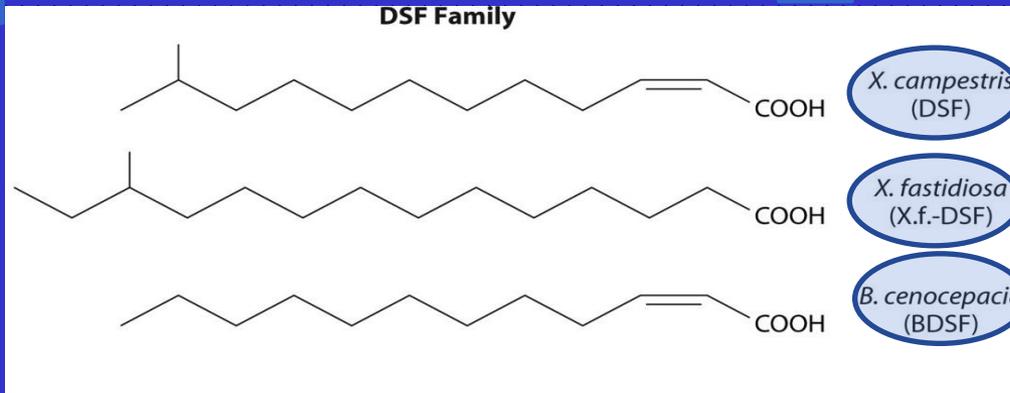
Moléculas sinalizadoras e receptoras de quorum sensing.

Sinalizadoras

Autoinducers (AI) – AI1, AI2, AI3
Diffusible signal factor (DSF)

Receptoras

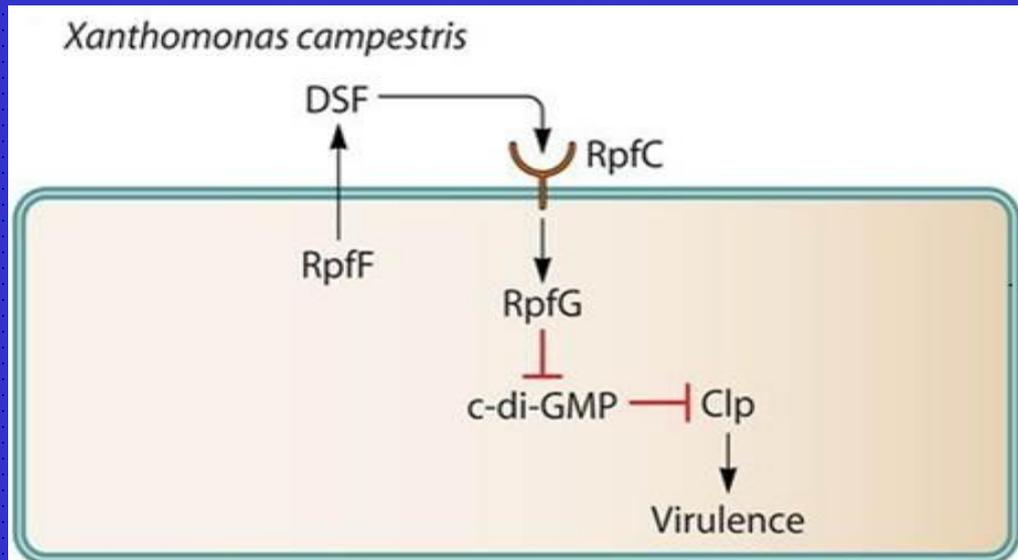
RPf – regulation pathogenicity factor
Esa – fator de transcrição do gene Esa



Efeito de inibidores de DSF em *Pectobacterium*: acima inoculação com presença de inibidores, abaixo inoculação sem a presença de inibidores



Inibição de quorum sensing é conhecida por “quorum quenching”



Sinal = DSF; **Síntese do sinal** = RpfB, RpfF; **Receptor** = RpfC

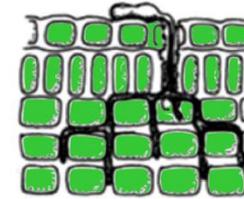
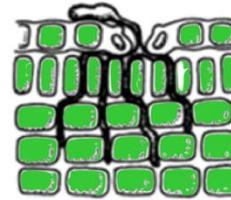
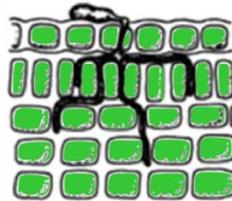
Penetração

Direta

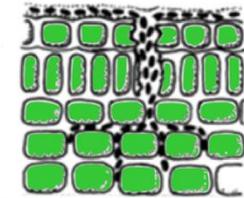
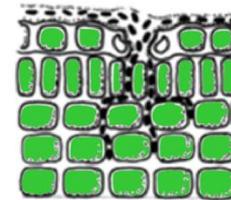
Abertura natural

Ferimento

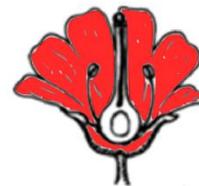
Fungos e Oomicetos



Bactérias



Vírus e Fitoplasmas



Nematoides



Penetração direta

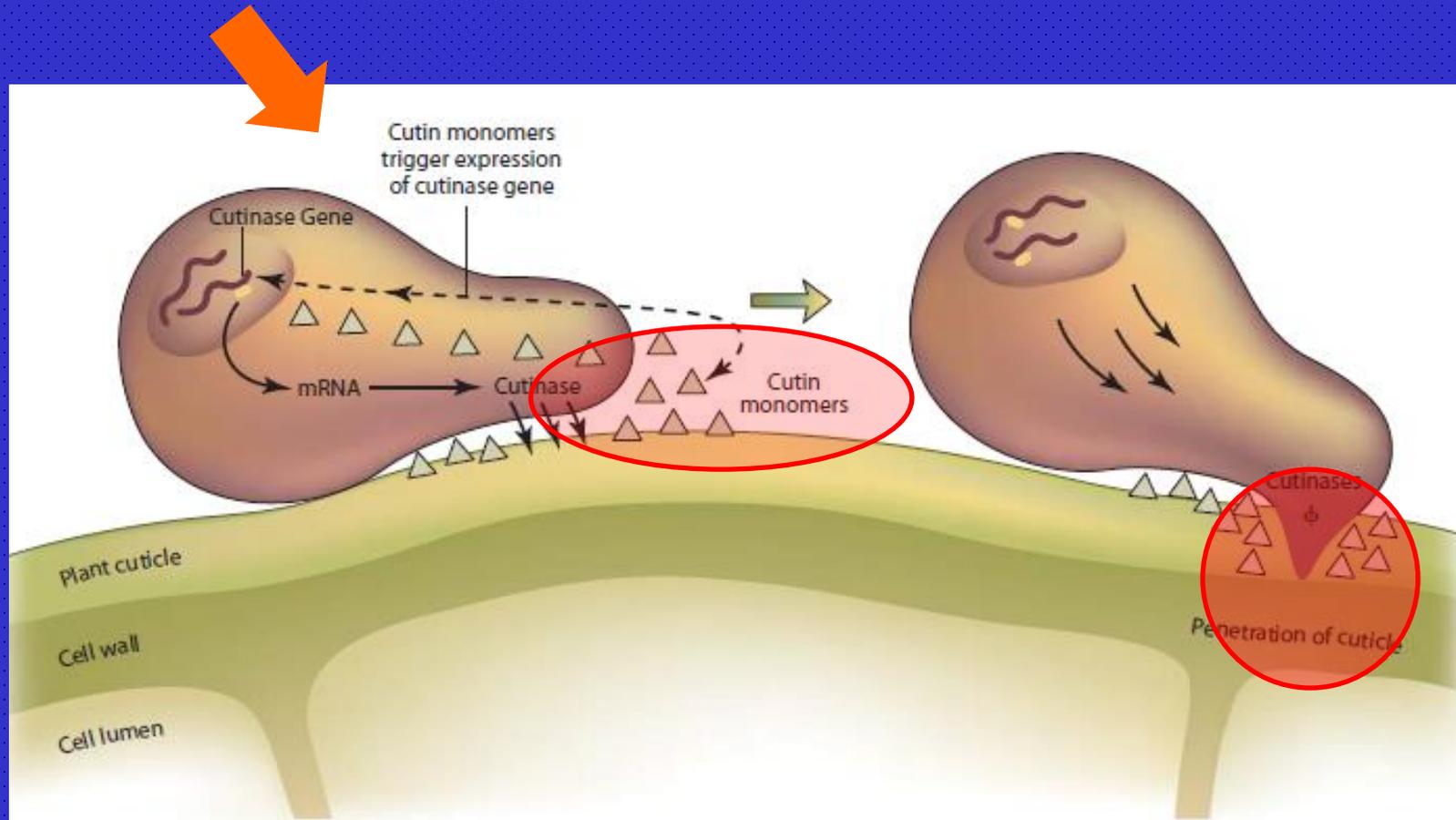


FIGURE 5-5 Diagrammatic representation of cuticle penetration by a germinating fungus spore. Constitutive cutinase releases a few cutin monomers from the plant cuticle. These trigger expression of the cutinase genes of the fungus, leading to the production of more cutinase(s), which macerates the cuticle and allows penetration by the fungus.

Penetração direta - Fitonematoides

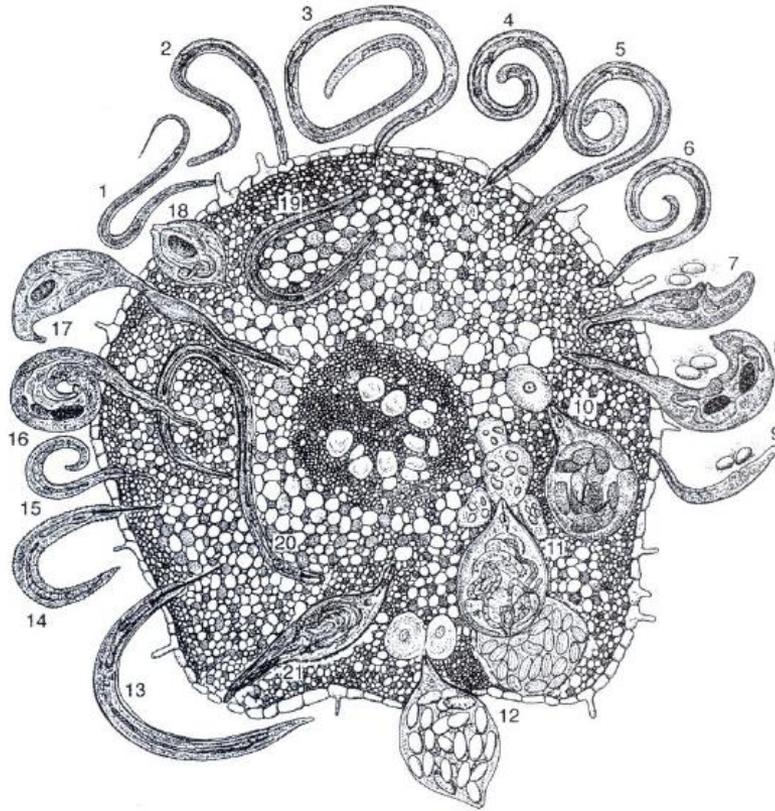
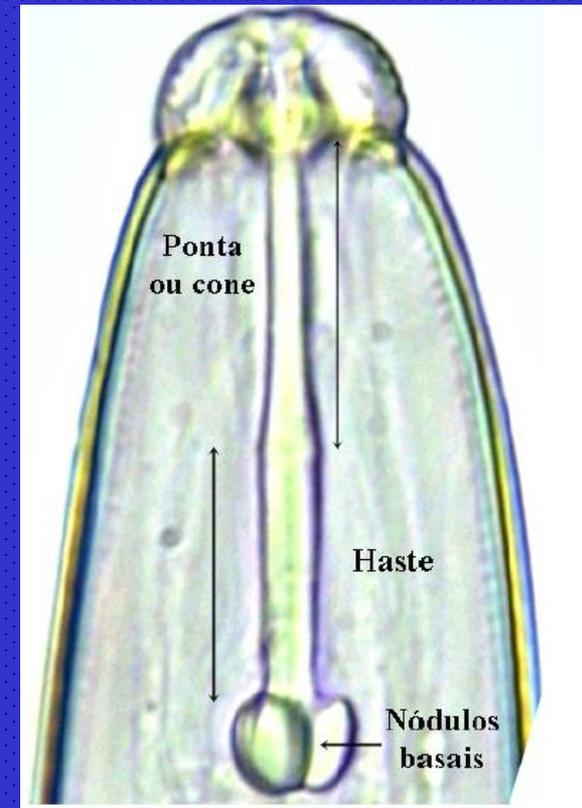
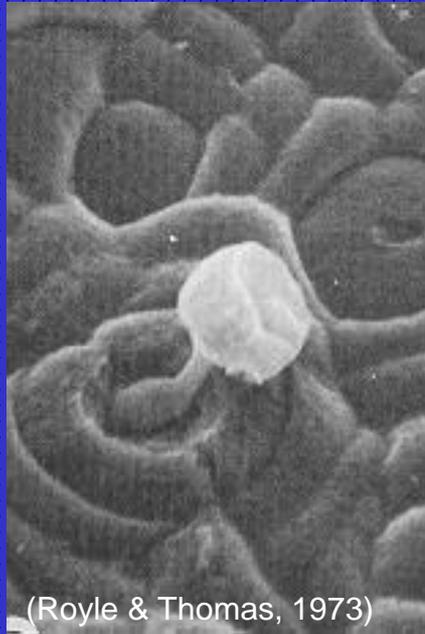


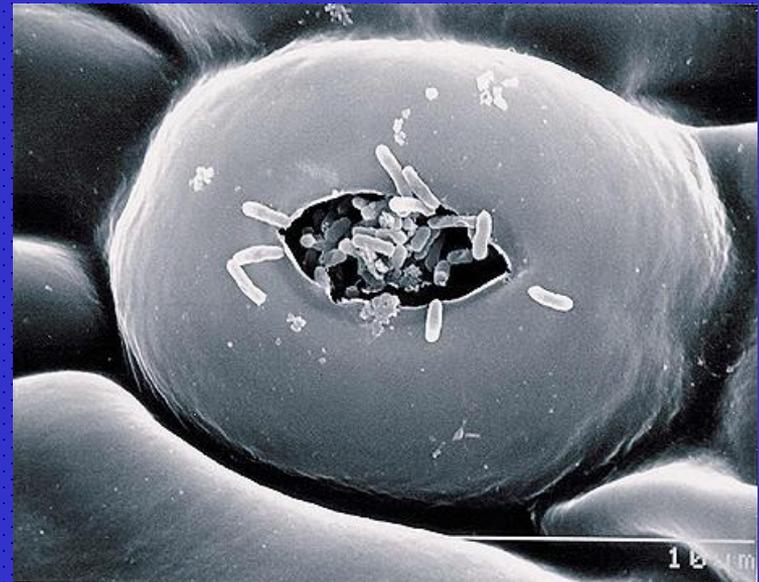
Figura 1.2 – Ilustração esquemática de fitonematoides atacando raiz de planta, onde: 1. *Cephalenchus*; 2. *Tylenchorhynchus*; 3. *Belonolaimus*; 4. *Rotylenchus*; 5. *Hoplolaimus*; 6. *Helicotylenchus*; 7. *Verutus*; 8. *Rotylenchulus*; 9. *Acontylus*; 10. *Meloidodera*; 11. *Meloidogyne*; 12. *Heterodera*; 13. *Hemicycliophora*; 14. *Criconemoides*; 15. *Paratylenchus*; 16. *Trophotylenchulus*; 17. *Tylenchulus*; 18. *Sphaeronema*; 19. *Pratylenchus*; 20. *Hirschmanniella*; 21. *Nacobbus* (de M. R. Siddiqi).



Penetração por abertura natural

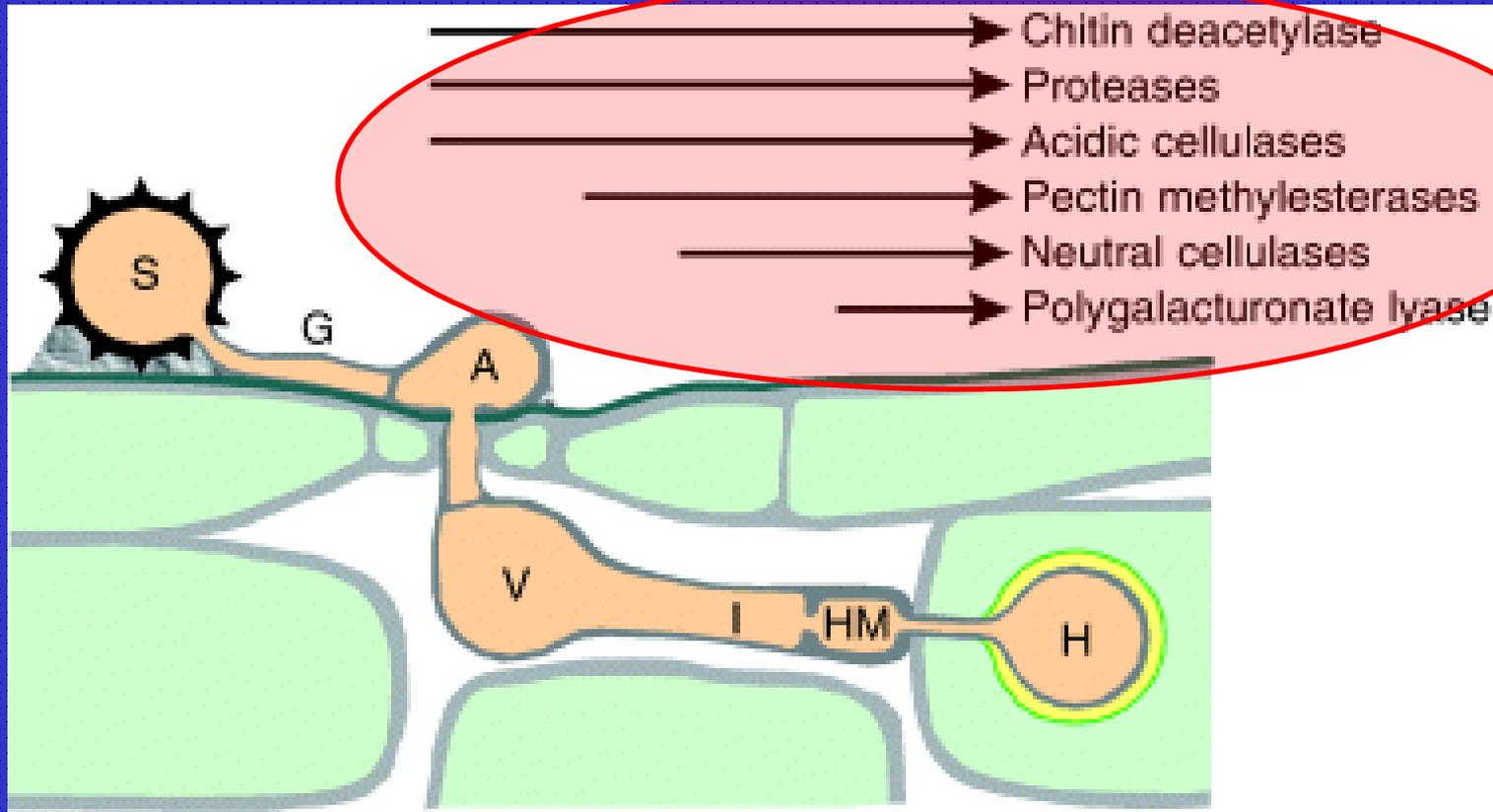


Zoósporo encistado e apressório de *Pseudoperonospora humili*

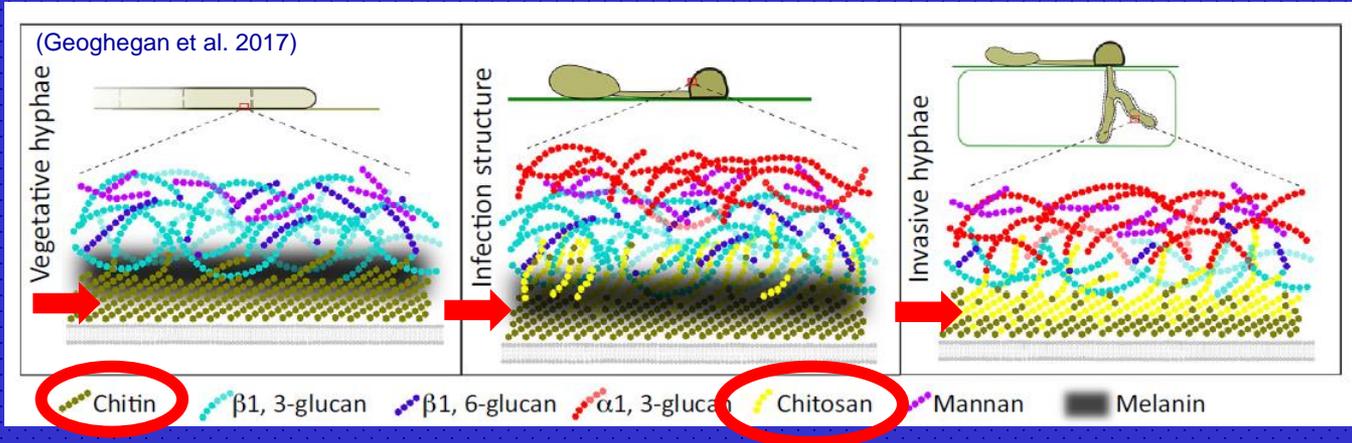


Xanthomonas axonopodis pv. *citri* em câmara subestomática de folhas de grapefruit (Gottwald et al., 2002)

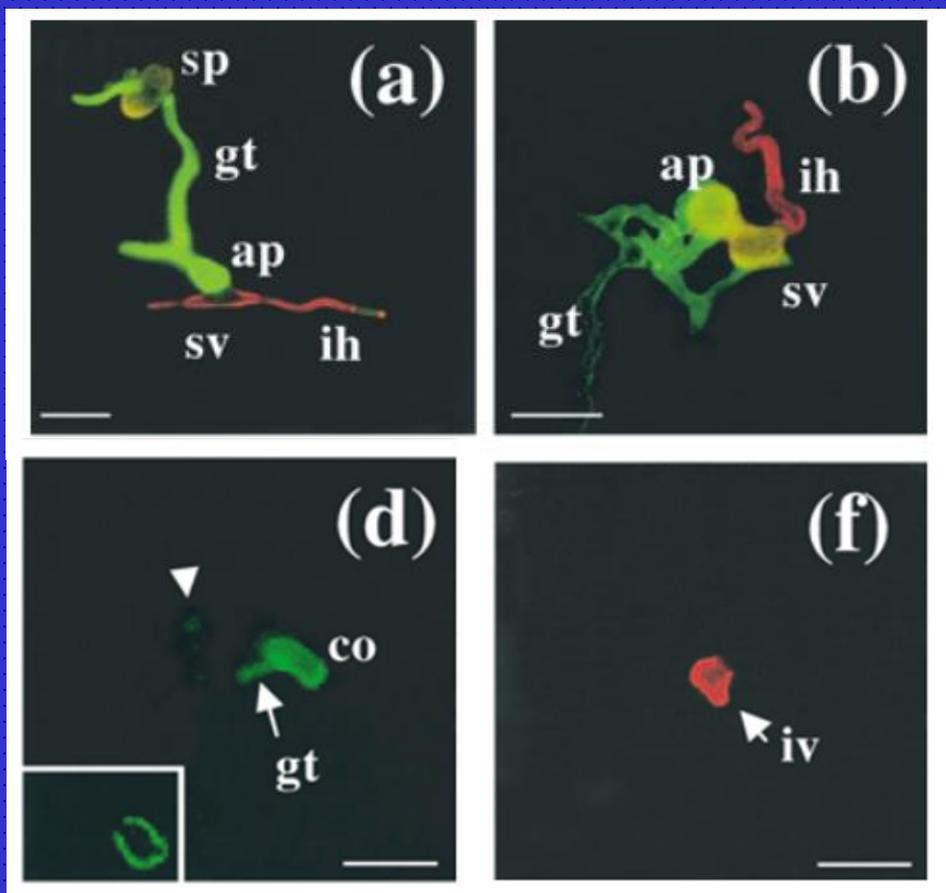
Relações parasitárias estáveis



Diferenciação orquestrada de estruturas de infecção e produção de enzimas por *Uromyces fabae*. Algumas enzimas degradadoras da parede celular são produzidas durante a penetração pelo estômato.



Modificações progressivas na parede de fungos: hifa vegetativa com predominância de quitina e estruturas de infecção com predominância de quitosana



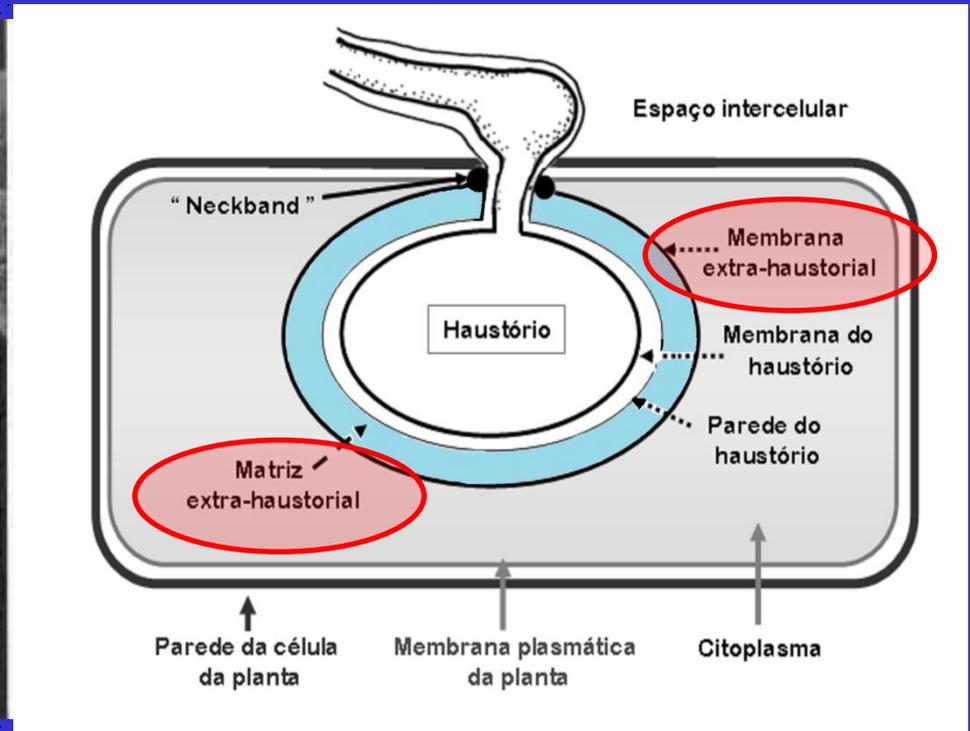
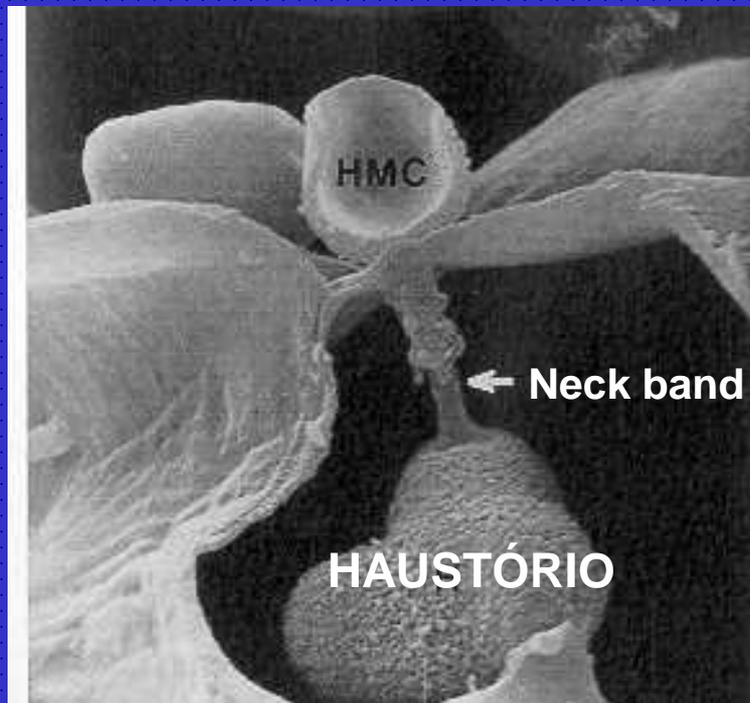
“Driblando o hospedeiro”

Modificação na parede do peg de penetração e das hifas internas de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (a); *Uromyces fabae* (b) e *Colletotrichum graminicola* (d, f). Fluorescência verde indica presença de quitina e vermelha, de quitosana.

sp=esporo; gt=tubo germinativo; sp=apressório; ih= hifa de infecção, co=conídio; iv=vesícula de infecção

(Gueddari et al. 2002)

Relações parasitárias estáveis

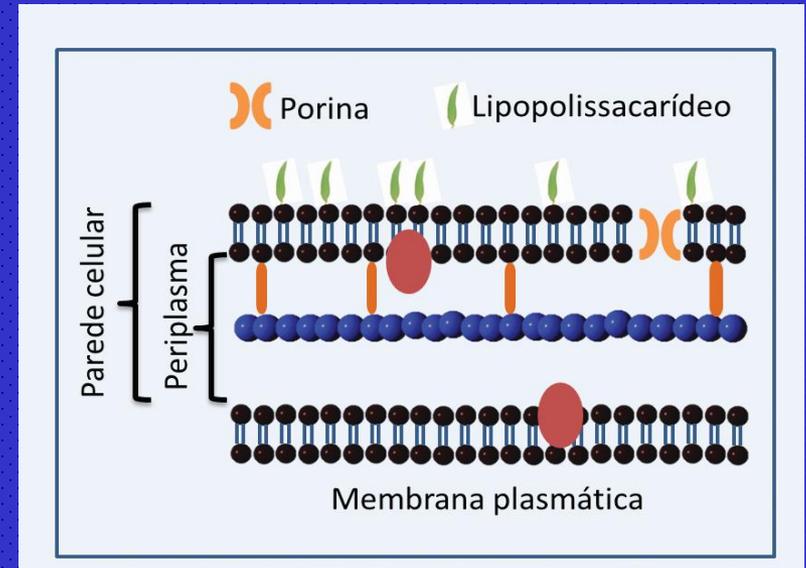


HMC = CÉLULA MÃE DO HAUSTÓRIO EM
Hemileia vastatrix

Neck band - contenção da matrix
extrahaustório

Relações parasitárias estáveis

Sistemas de secreção bacterianos
I a VI Gram negativas
Tipo IV Gram positivas e negativas



Camada fosfolipídica Proteína

Peptídeooglicano Lipoproteína

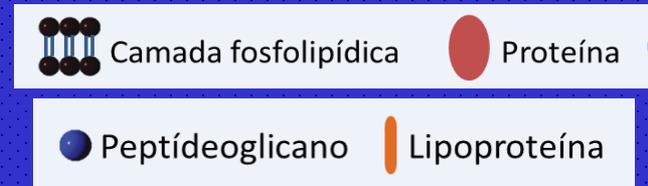
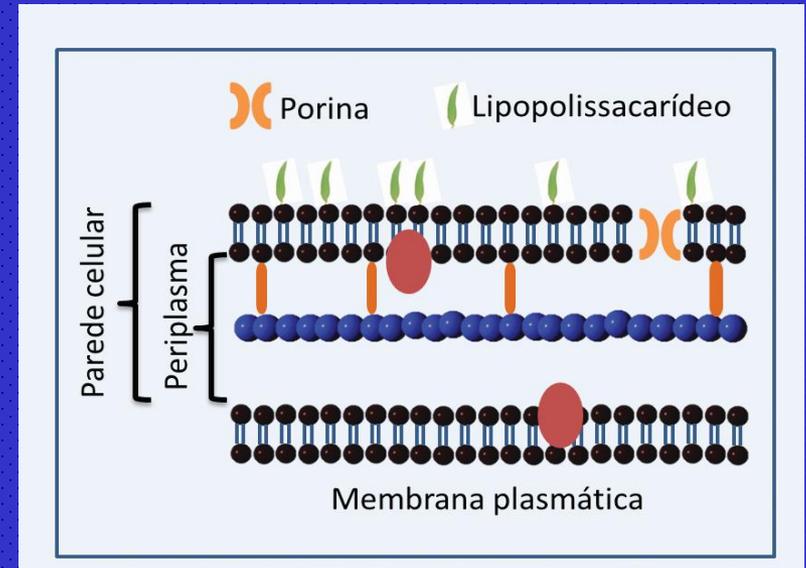
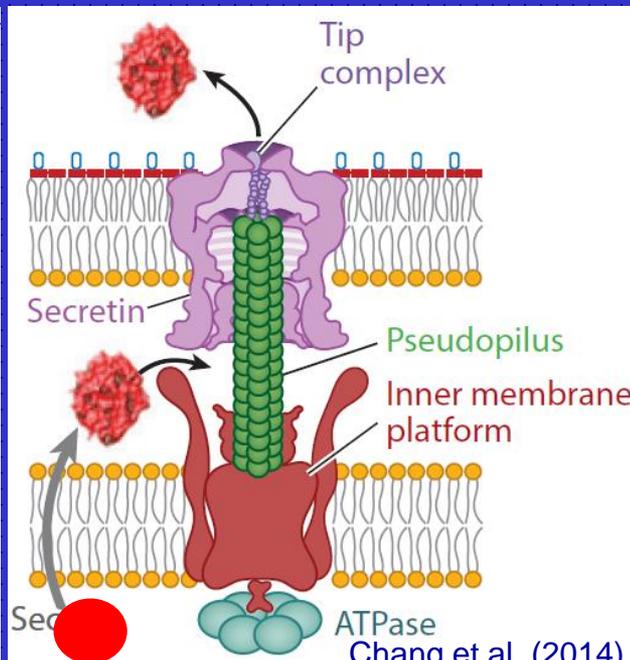
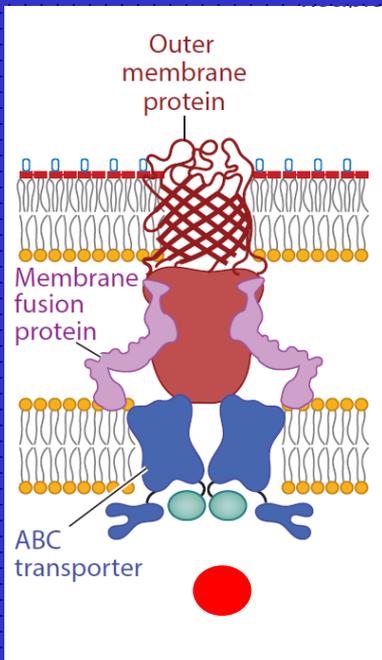
Relações parasitárias estáveis

Sistemas de secreção bacterianos
I a VI Gram negativas
Tipo IV Gram positivas e negativas

Secreção para o meio

Tipo I (TISS)

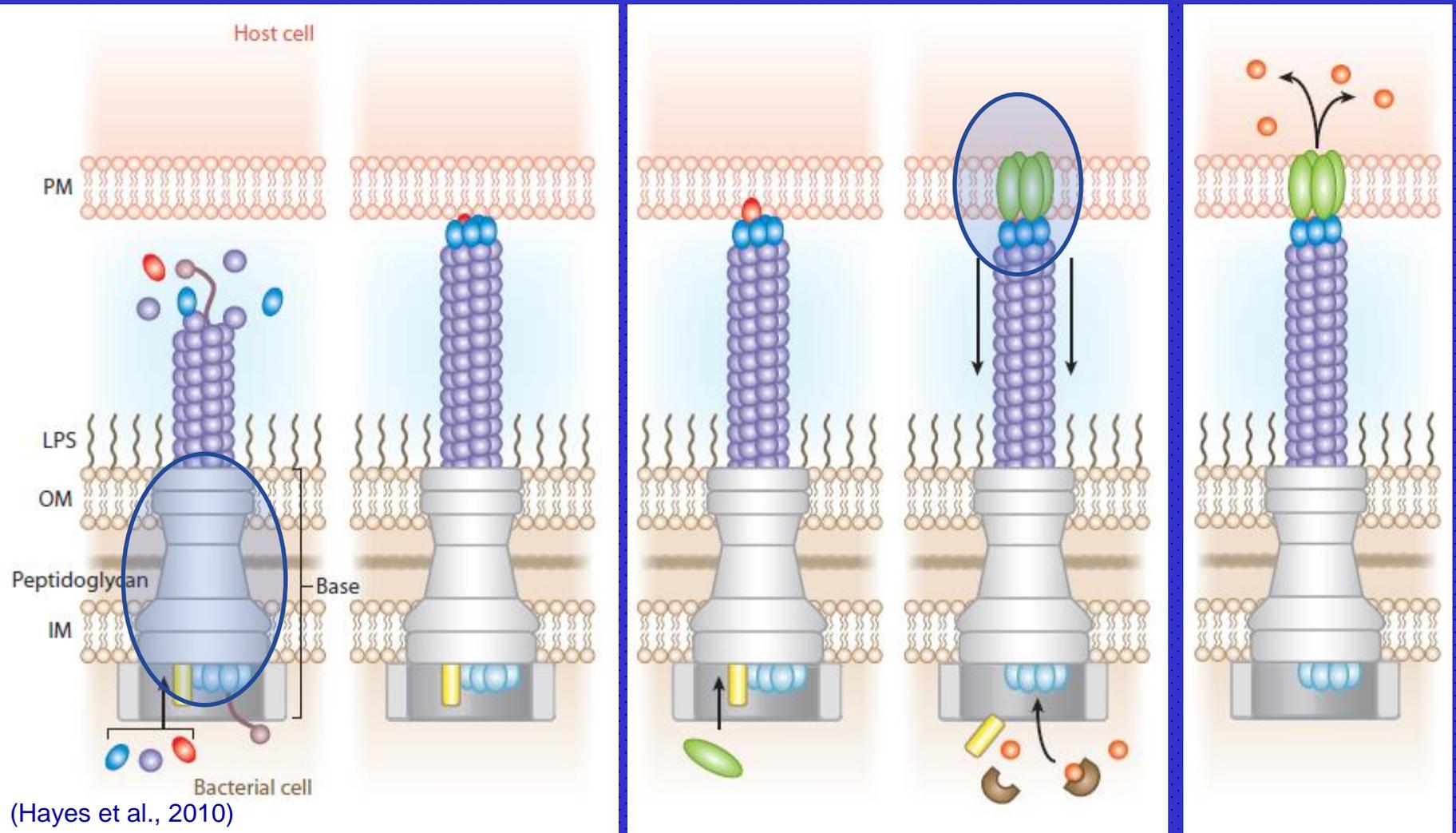
Tipo II (TISS)



Sistemas de secreção I e II transportam toxinas, proteases, celulasas e lipases

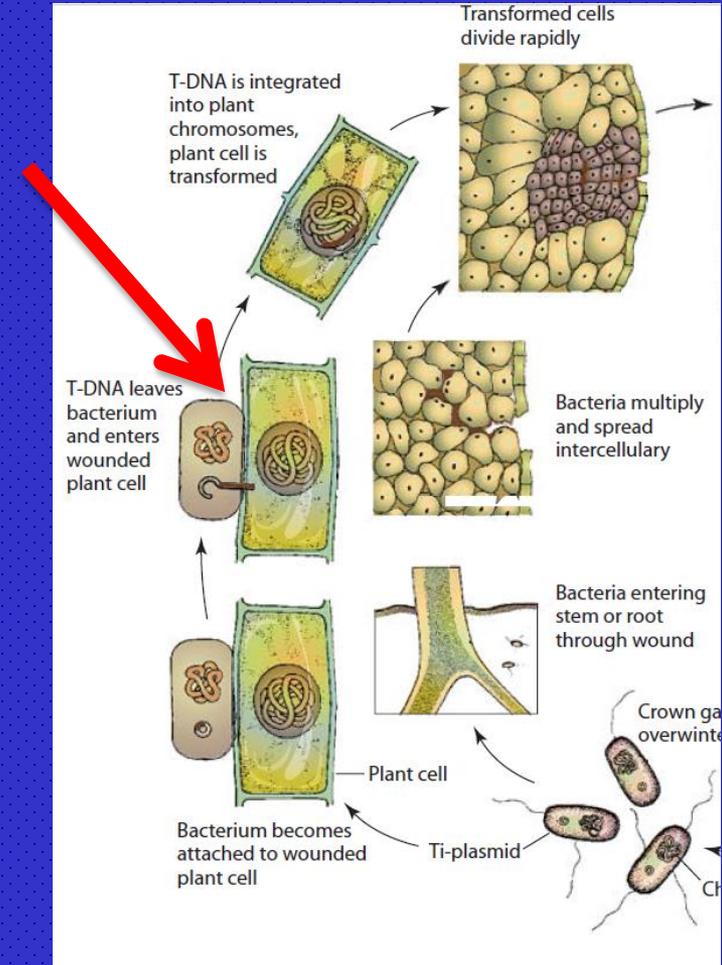
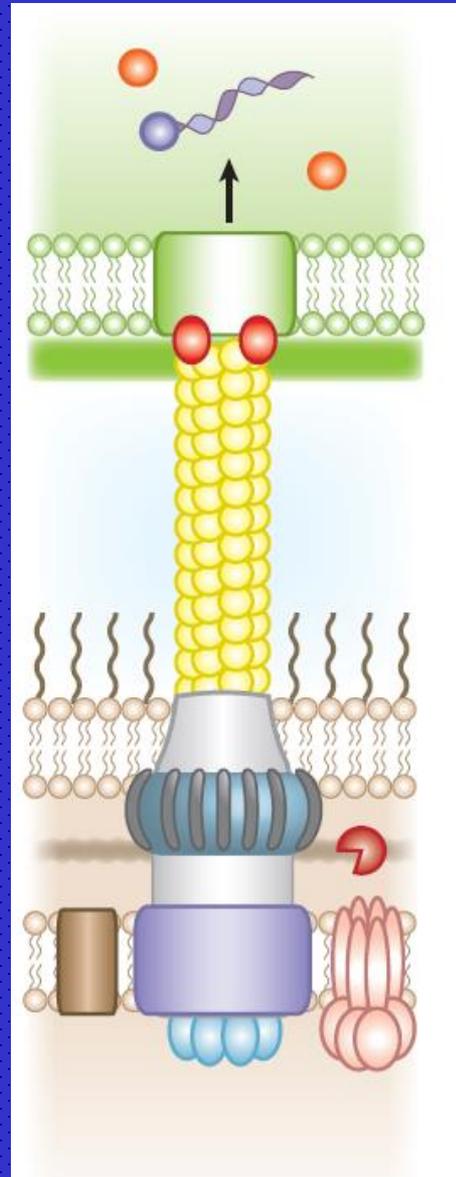
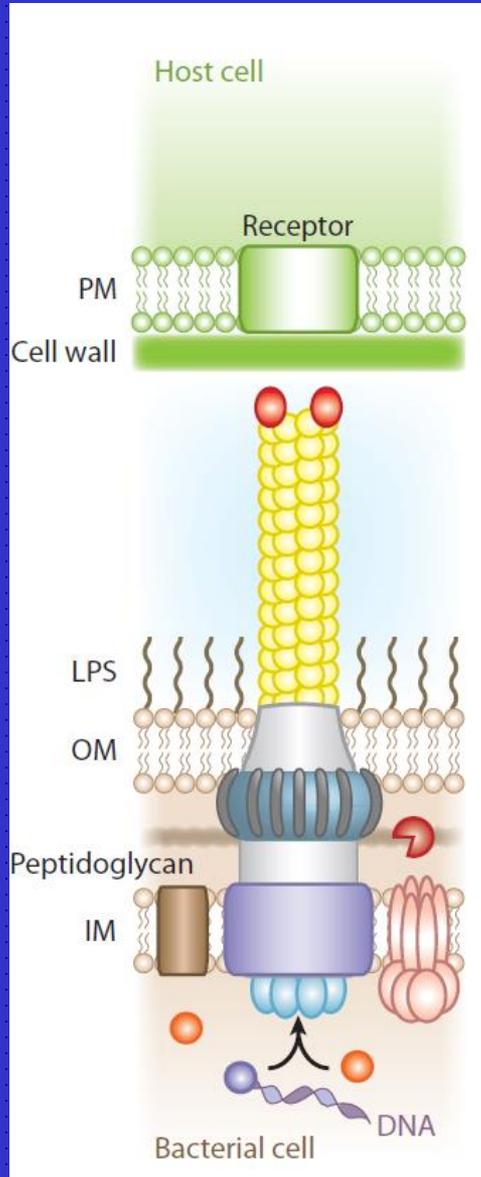
Relações parasitárias estáveis

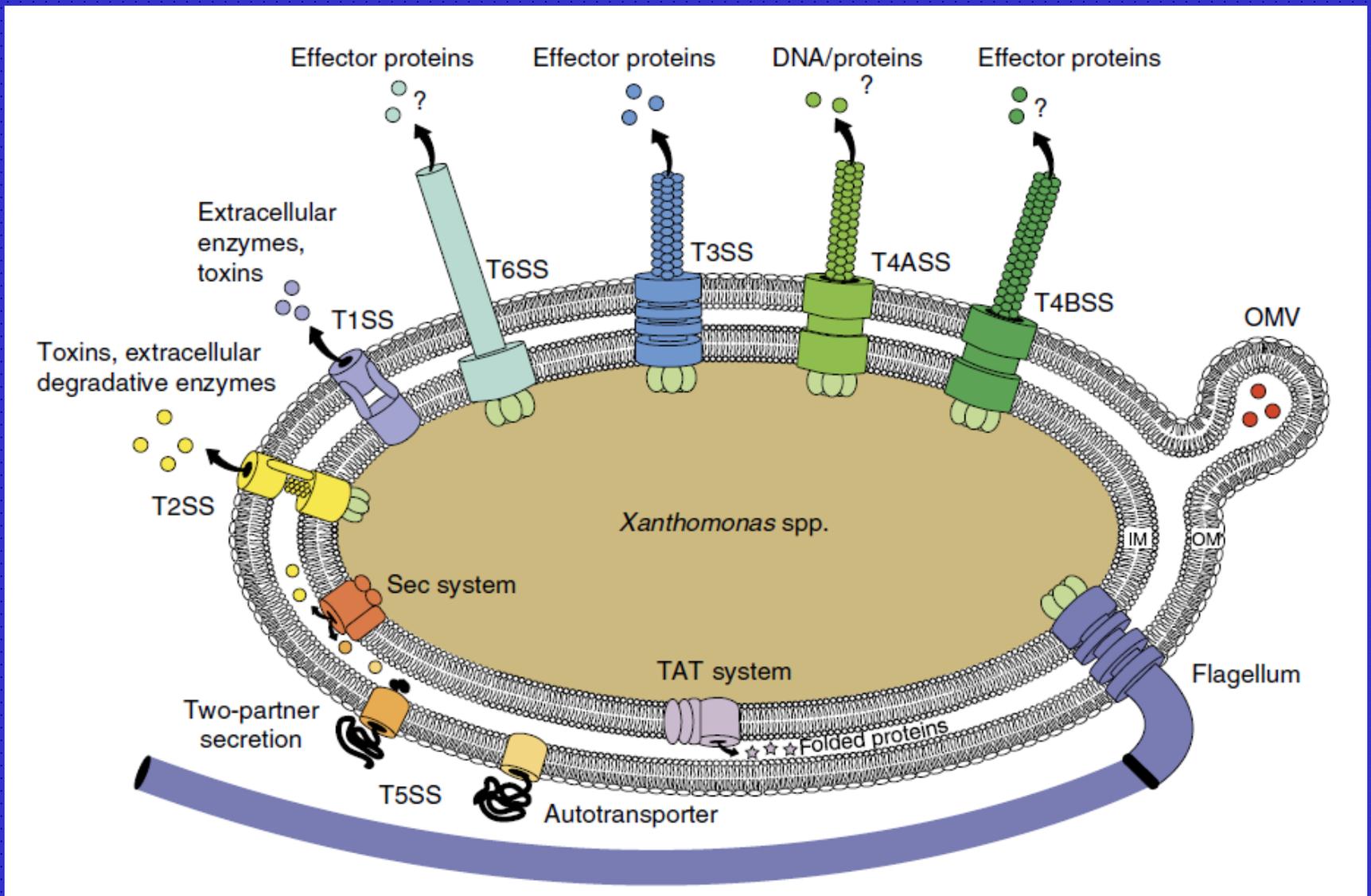
SISTEMA DE SECREÇÃO TIPO III



Relações parasitárias estáveis

SISTEMA DE SECREÇÃO TIPO IV





Por análises comparativas dos genomas constatou-se que *Xanthomonas* spp. possuem seis sistemas de secreção (tipo I ao tipo VI)