

PENETRAÇÃO E COLONIZAÇÃO DO HOSPEDEIRO

*** SOBREVIVÊNCIA E DISPERSÃO**

*** PENETRAÇÃO E COLONIZAÇÃO/REPRODUÇÃO**

PRÉ-PENETRAÇÃO

Envolve o **aumento da população bacteriana** na superfície do hospedeiro

Migração das células bacterianas para os locais de penetração

PRÉ-PENETRAÇÃO

AUMENTO DE INÓCULO

- presença da bactéria como epífita pode levar à ocorrência de doença
- ocorrência do patógeno como epífita **não** garante a ocorrência da doença
- doença depende: quantidade de inóculo / fatores do ambiente / condições do hospedeiro

Exemplo: AUMENTO POPULAÇÃO EPÍFITA X PREVISÃO EPIDEMIA

Hospedeiro: pêra e maçã

Patógeno: *Erwinia amylovora*

Aplicação do controle: tem por base avaliação aumento da população e a previsão de fatores climáticos

PRÉ-PENETRAÇÃO

AUMENTO DE INÓCULO

Exemplo: Limite mínimo de inóculo X doença [condições naturais]

Hospedeiro: Feijoeiro

Patógeno: *Pseudomonas syringae pv syringae*

Doença: mancha parda

Limite mínimo inóculo p/ infecção: 10^4 células/g de tecido

Destaque: frequência com que a população excede este limite é mais importante do que a população média

PRÉ-PENETRAÇÃO

O PAPEL DO MOVIMENTO DA CÉLULA BACTERIANA NA INFECÇÃO

- movimento é regido pela motilidade da célula combinada com estímulo químico
- variantes móveis provocam mais doença que aqueles não móveis
- *in vitro*: bactérias respondem a estímulos de extratos vegetais / compostos orgânicos / exsudatos de planta
- *in vivo*: há evidências de respostas ao quimiotactismo

O PAPEL DO MOVIMENTO DA CÉLULA BACTERIANA NA INFECÇÃO

- tipo de resposta pode estar associado à compatibilidade H/P
- resposta a estímulos químicos pode ser ampla ou muito específica
- resposta ampla pode ser emitida por um não patógeno
- resposta específica pode ser dada por patógenos relacionados ao hospedeiro

PRÉ-PENETRAÇÃO

Resposta de patógeno e não patógeno a compostos produzidos pelo hospedeiro

Table 5.2. *Chemotactic response of Erwinia amylovora and Erwinia herbicola*

Purified chemical or extract	Chemicals which produce a chemotactic response	
	<i>Erwinia amylovora</i>	<i>Erwinia herbicola</i>
Nectar extract	Organic acid fraction only	All components
Sugars	None	Many: fructose, glucose, sucrose
Aminoacids	Aspartate only	Many
Organic acids	Malate (& tartrate)	Malate (& fumarate)
Species of surface chemoreceptor	Few, possibly one	Many

- espécie patogênica reconhece específica/e certas substâncias da planta
- espécie não patogênica é atraída por ampla gama compostos

PRÉ-PENETRAÇÃO

Papel da motilidade de bactéria e ocorrência de infecção

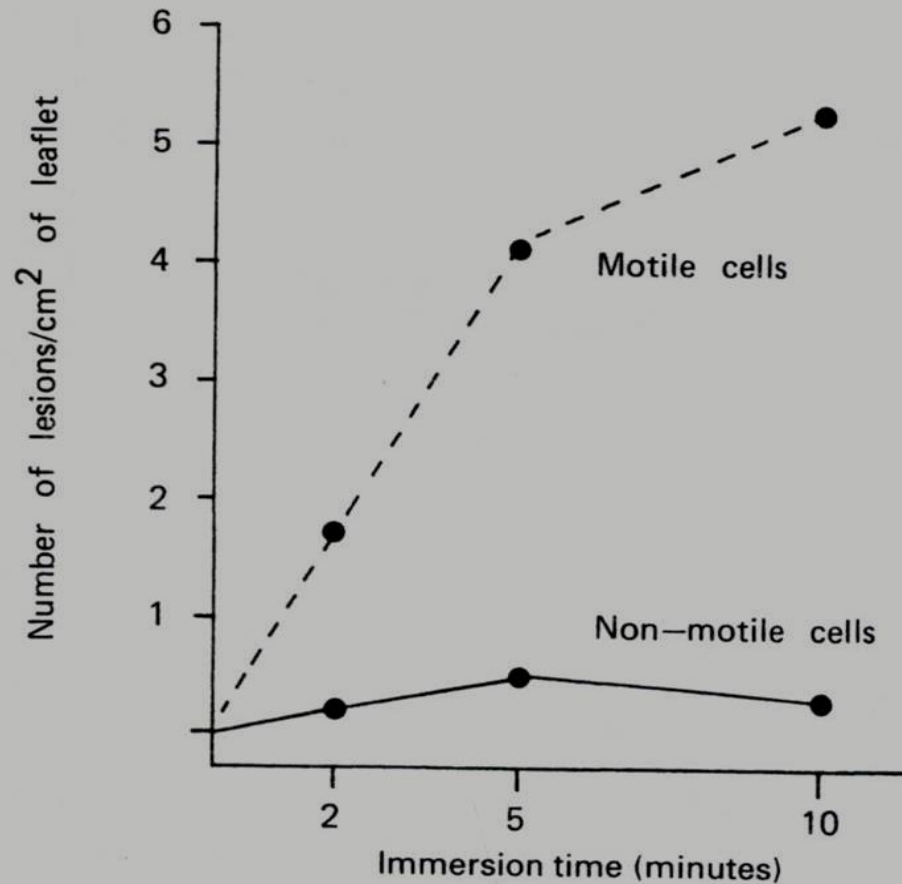


Fig. 5.3 Effect of bacterial motility on leaf infection. The development of necrotic lesions in soybean leaflets is shown with increasing time of immersion in bacteria suspension, for motile and non-motile strains of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Adapted from Hatterman and Ries, 1989.)

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

LOCAIS DE PENETRAÇÃO

. Ferimentos

. Aberturas naturais

- estômatos

- hidatódios

- lenticelas

. Órgãos florais

. Tricomas

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

FERIMENTOS

- Tipo:

- * macro e microferimentos na parte aérea e subterrânea

- Origem:

- * provocados por fatores do ambiente: vento / granizo / poeira

- * relacionados à própria planta: abscisão, emissão de raízes, deiscência de antera

- * resultantes de práticas culturais: poda / desbrota / enxertia / colheita seriada

- causados por animais: insetos e nematoides

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ABERTURAS NATURAIS :

ESTÔMATOS

locais mais comuns para penetração de bactérias

. Fatores relacionados à estrutura

- penetração está relacionada com número/área e tamanho/morfologia
- frequência média maioria espécies: 100 – 400 estômatos / mm² folha
- tamanho médio em folha de milho: 2x26 µm [ocupam área 1,5% da planta]

. Fatores relacionados ao inóculo

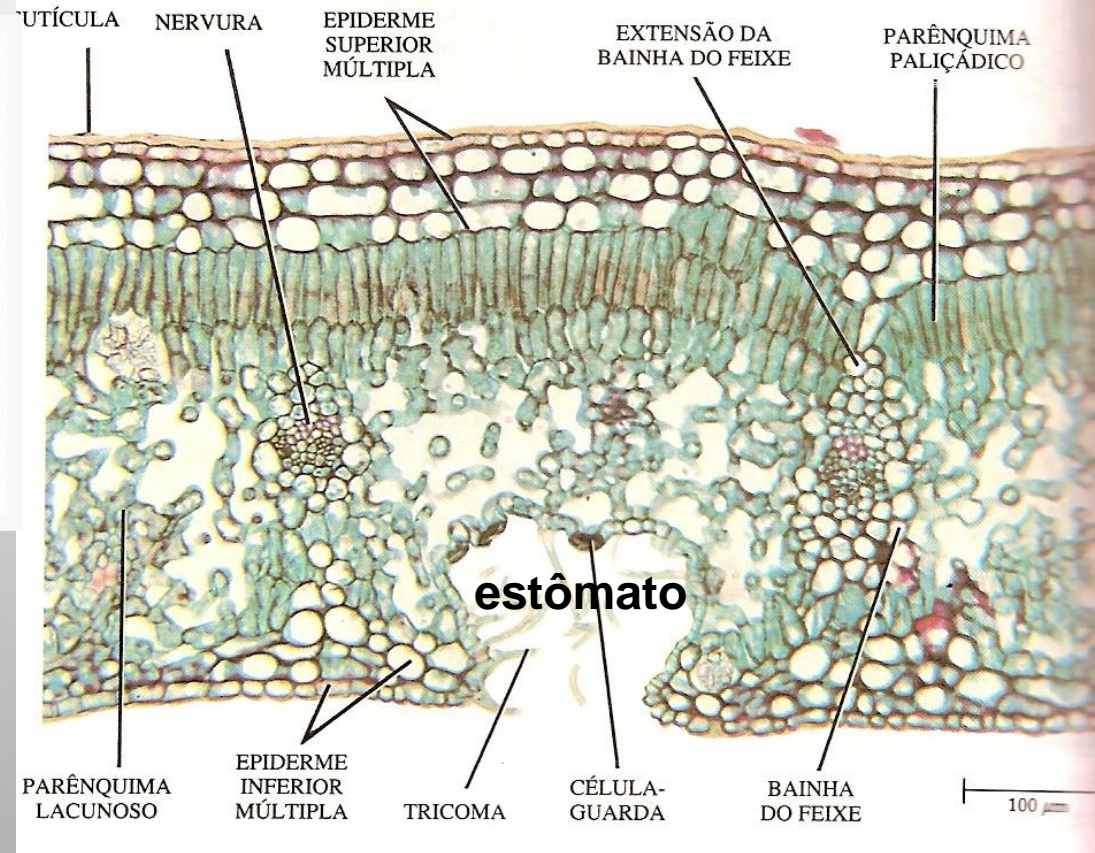
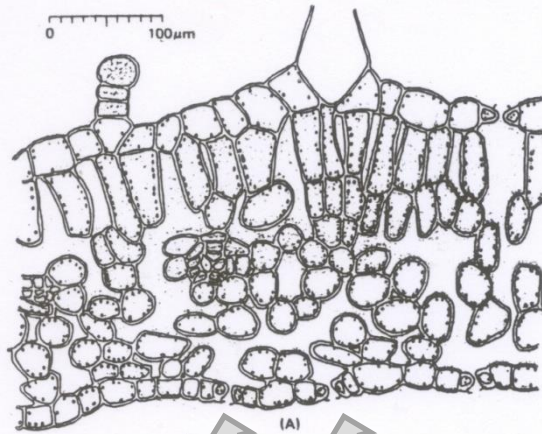
- população bacteriana presente na superfície folha
- motilidade da célula bacteriana (polêmica)

. Fatores relacionados ao ambiente

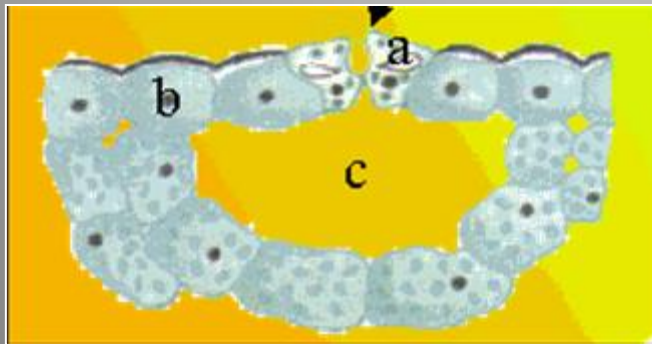
- presença filme de água e alta umidade relativa
- continuidade filme entre abertura estômato e espaço intercelular
- condições que favorecem epidemias em épocas chuvosas

Estômato X Estrutura foliar

Continuidade estômato – espaço intercelular

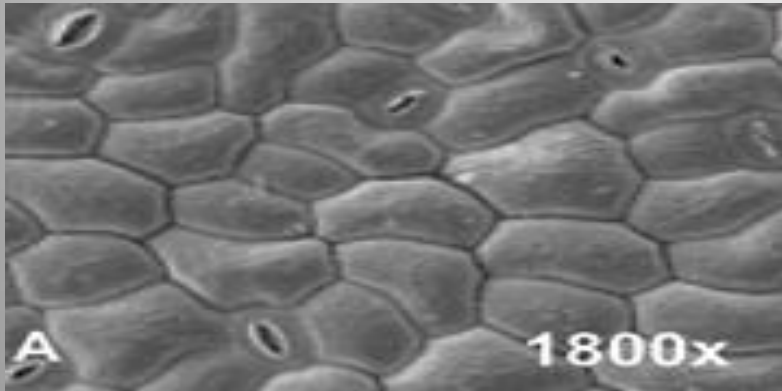


Secção transversal de folha de espirradeira



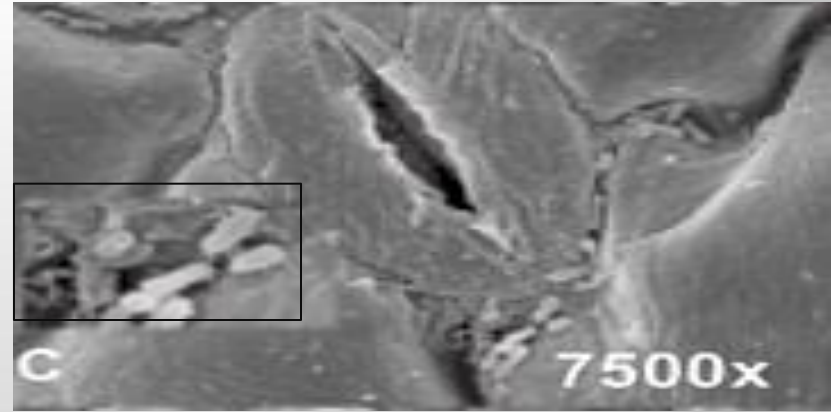
A) Célula guarda; B) Células epidérmicas; C) Câmara estomática

Microscopia de varredura

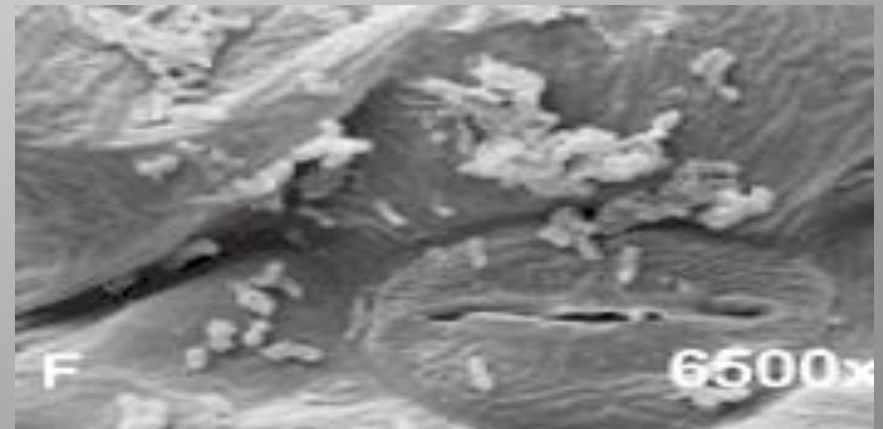


Células epidérmicas e estômatos

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS



Estômatos e células bacterianas



Estômatos e penetração de bactérias

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ESTÔMATOS

RELAÇÃO ABERTURA DO ESTÔMATO X INCIDÊNCIA DOENÇA

TABLE 1. Relationship of stomatal opening to disease incidence in tomato (*Lycopersicon esculentum*) after inoculation by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Experiment 1)¹

	Infected plants after inoculation ^u (%)			Mean leaf spot lesion counts/cm ^{2v}	Mean spot size (mm ²) ^w	Total foliage area per plant (cm ²) ^x
	4 days	7 days	12 days			
Stomata open—light	32.5 a ^y	88.8 a	100.0 a	6.5 a	4.6 a	124.0 b
Stomata closed—dark	0.0 b	16.3 b	31.3 b	1.9 b	1.6 b	191.8 a
Stomata closed—phenylmercuric acetate ^z	2.5 b	15.0 b	21.3 c	1.4 b	1.8 b	188.1 a
Uninoculated control	0.0 b	0.0 c	0.0 d	0.0 c	0.0 c	210.7 a

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ESTÔMATOS

MÉTODO DE INOCULAÇÃO E PENETRAÇÃO VIA ESTÔMATO

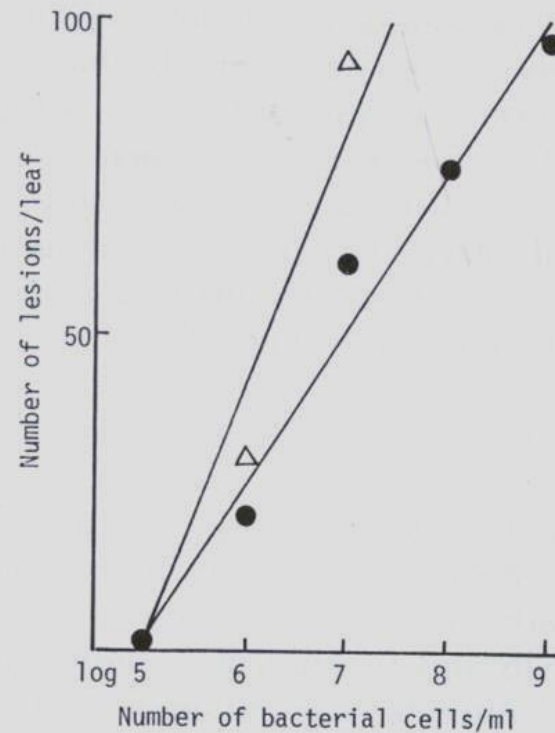


Fig. 10.2 Relation between inoculum doses and infection rates in citrus canker. ●, spray inoculation; △, inoculated by pressing method.

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ABERTURAS NATURAIS

HIDATÓDIOS (poros d' água)

- localizados nos bordos das folhas
- formados por poros d' água
- poros são terminações de vasos de xilema
- cada folha possui de 10-15 hidatódios
- cada hidatódio tem 10-20 poros d' água



Esquema hidatódio: poro e estômato

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ABERTURAS NATURAIS

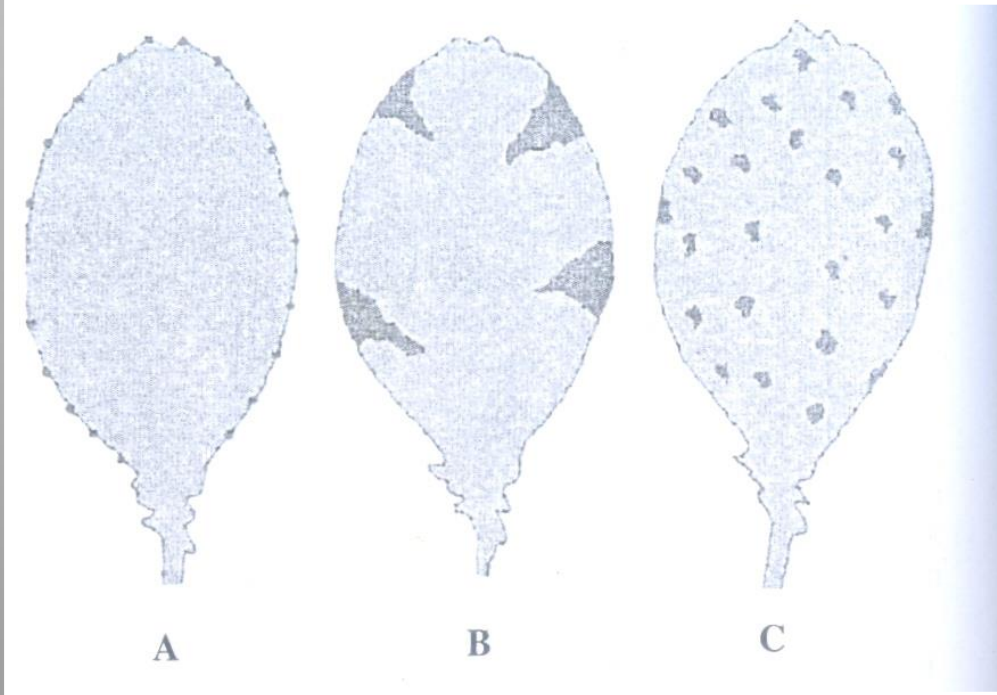
HIDATÓDIOS (poros d' água)



- gutação: excesso água xilema extravasa forma gotas via hidatódios
- gotas contém nutrientes (sais, açúcares, subst. orgânicas)
- alto teor nutrientes podem provocar injúrias - portas entrada bactérias
- células bacterianas se multiplicam na gota e invadem xilema
- colonização do xilema leva ao bloqueio no transporte água e solutos
- bloqueio causa rompimento vaso favorecendo colonização parênquima
- *Xanthomonas campestris* pv *campestris*: hidatódios importantes locais p/ penetração
- *X. campestris* pv *oryzae* - agente queima bacteriana do arroz

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

Podridão negra em folhas de repolho
X. campestris pv. *campestris*



A: Topologia dos hidatódios no limbo foliar;

B: Padrão sintomatológico de infecção natural

C: Infecção experimental via estômatos
(lesões dispersas no limbo)

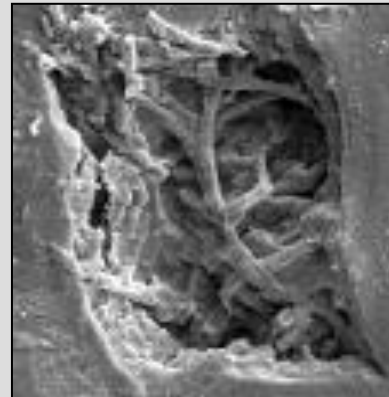
Sintomas típicos



ABERTURAS NATURAIS

LENTICELAS

- presentes em caules lenhosos e órgãos subterrâneos
- derivados de estômatos durante formação da periderme
- grupos células organizadas frouxa/e atuam trocas gasosas
- abertura exige absorção água que tem continuidade c/ córtex
- importantes vias de penetração bactérias vivem na rizosfera (ambiente saturado)



PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

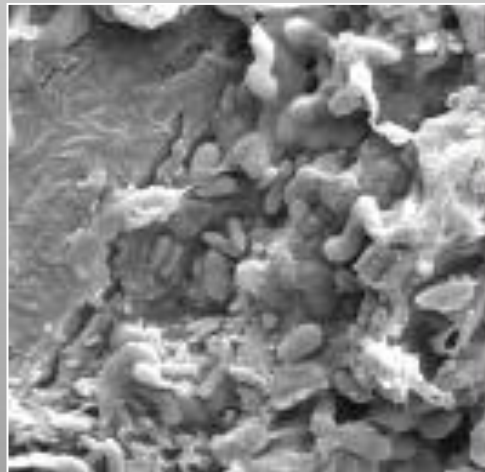
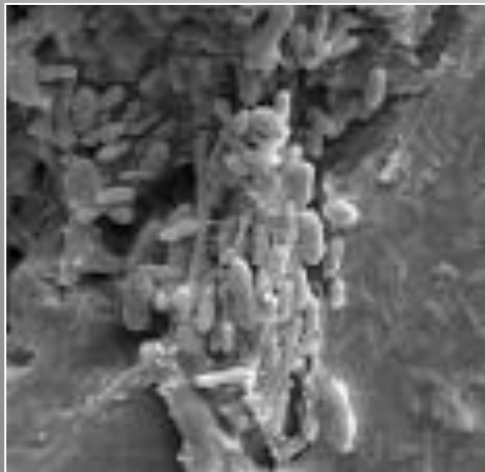
ABERTURAS NATURAIS

LENTICELAS

- Exemplos:

* *X. campestris* pv *oryzae*: penetração por lenticelas raízes de arroz

* *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*: lenticelas do tubérculo batata



Células de bactérias sobre a abertura das lenticelas



PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ÓRGÃOS FLORAIS (locais de multiplicação, disseminação e penetração)

ESTIGMA

- bactéria penetra espaço entre células papilares
 - embrião pode ser atingido e desenvolver sementes infectadas
- umidade superficial favorece população epífita da bactéria (10^7 ufc)
 - água chuva e orvalho carrega bactéria p/ nectários

NECTÁRIOS

- locais mais importantes p/ penetração bactérias
- entrada ocorre via abertura de 'estômatos' modificados (nectarthodes)
 - néctar favorece população epífita (nutrientes)
- penetração exige alta umidade / filme de água

ANTERA

- células bacterianas penetram através lóculo (deiscência da antera)
- consequência: produção de pólen contaminado

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ÓRGÃOS FLORAIS (locais de multiplicação, disseminação e penetração)

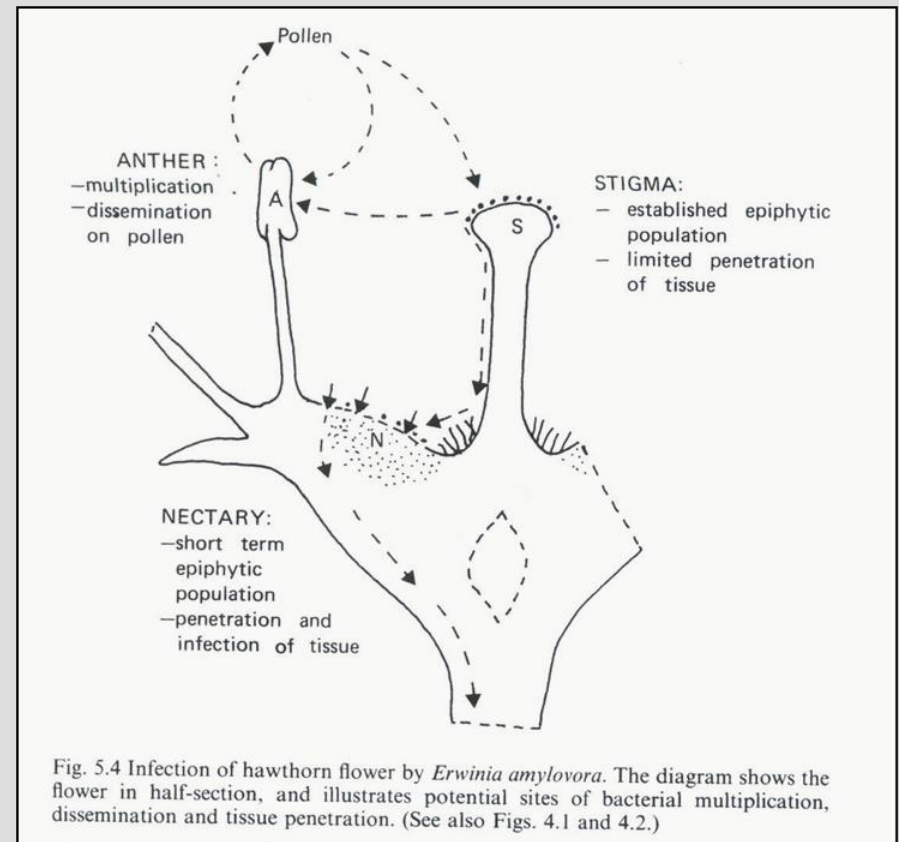
ESTIGMA

- bactérias penetram o espaço entre células papilares

- embrião pode ser atingido e desenvolver sementes infectadas

- umidade superficial favorece a população epífita (10^7 ufc)

- água de chuva e orvalho carregam bactérias p/ nectários

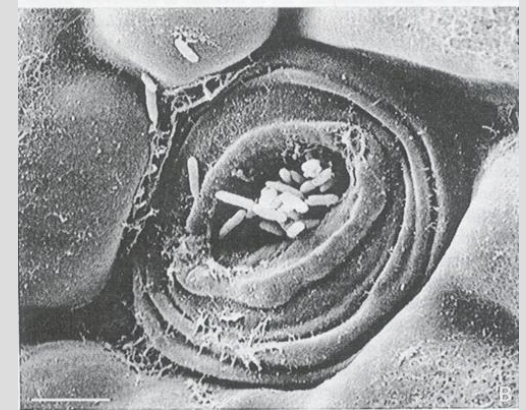
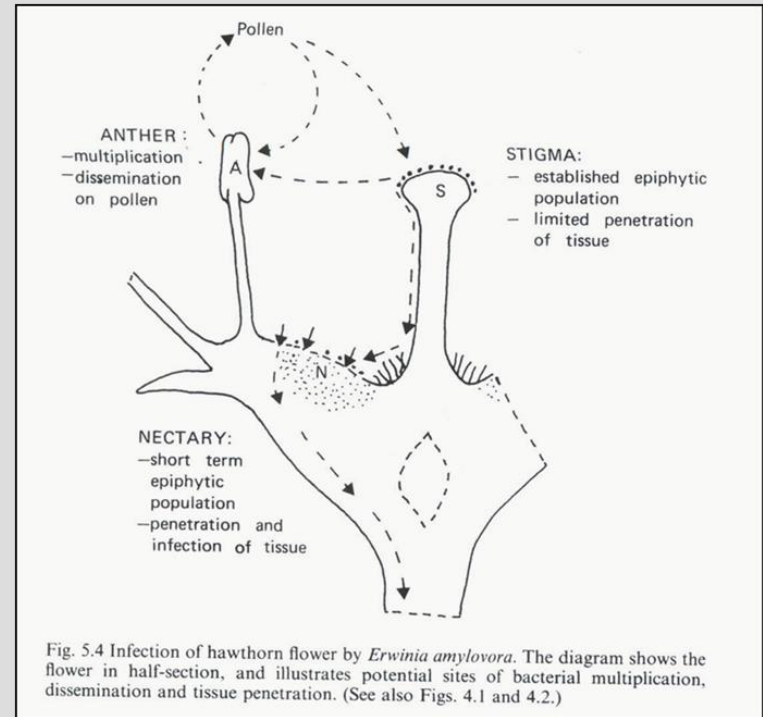


PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ÓRGÃOS FLORAIS (locais de multiplicação, disseminação e penetração)

NECTÁRIOS

- locais mais importantes p/ penetração
- entrada ocorre via “nectarthodes”
- “nectarthodes” estômatos modificados
- néctar favorece a população epífita (nutrientes)
- penetração exige alta umidade / filme de água



PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

ÓRGÃOS FLORAIS (locais de multiplicação, disseminação e penetração)

ANTERA

- bactérias penetram pelo lóculo (deiscência da antera)
- consequência: pólen contaminado



Grão de pólen contaminado

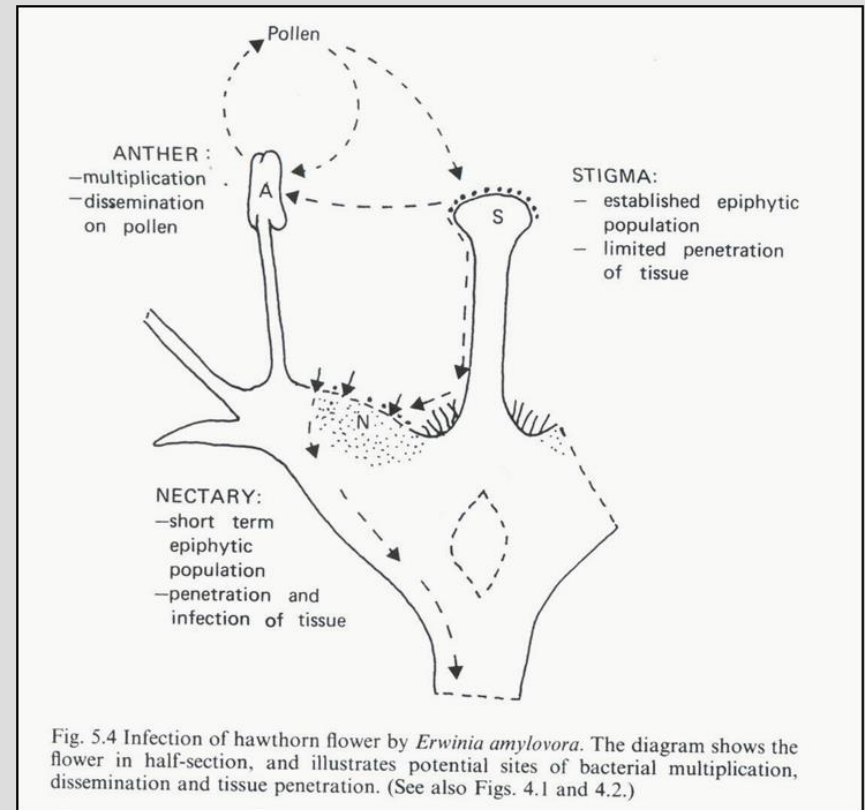


Fig. 5.4 Infection of hawthorn flower by *Erwinia amylovora*. The diagram shows the flower in half-section, and illustrates potential sites of bacterial multiplication, dissemination and tissue penetration. (See also Figs. 4.1 and 4.2.)

PENETRAÇÃO DE BACTÉRIAS EM PLANTAS

Erwinia amilovora

Aumento da população 24-48h após inoculação



Néctar : substrato para proliferação das bactérias



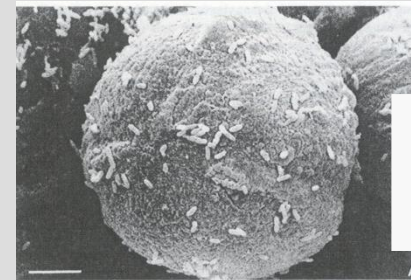
Infecção do estigma e tecido do nectário



Resulta na produção sementes infectadas



Nectário



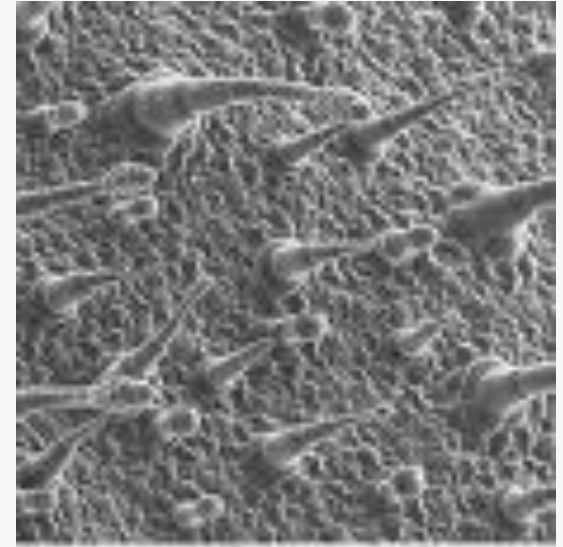
Células de *E. amylovora* sobre grão de pólen



Bactérias na superfície de nectário (nectarthode)

TRICOMAS

- Apêndices da epiderme, uni ou multicelulares
- Variáveis em forma, tamanho, conteúdo e função
- Conferem pilosidade a diversos órgãos vegetais
- Locais de acúmulo de células bacterianas
- Locais penetração quando quebrados
- *Clavibacter michiganensis* subs *mich.* - Tomateiro
 - . Relação entre intensidade de infecção e densidade de tricomas
- *Erwinia amilovora* – Macieira
 - . Tricomas atuam como locais infecção



**LOCAIS DE
PENETRAÇÃO
DE PATÓGENO
EM PLANTAS**

Table 5.3. Typical mode of entry of phytopathogenic bacteria

Bacterium	Wounds ^a	Natural openings ^b
Leaf spot diseases		
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>	—	+s
<i>tabaci</i>	—	+s
<i>psi</i>	+i	+s
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>malvacearum</i>	—	+s
<i>oryzae</i>	—	+s.h
<i>translucens</i>	+c	+s
<i>vesicatoria</i>	—	+s
Cankers and die-back		
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	+c	+s
<i>Erwinia amylovora</i>	+	+n
Wilt diseases		
<i>Pseudomonas solanacearum</i>	+	—
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	+	+h.s
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	+	—
<i>sepedonicum</i>	+	—
<i>Curtobacterium</i> <i>flaccumfaciens</i>	+	—
Xylem- and phloem- limited prokaryotes	+i	
Soft rot diseases		
<i>Erwinia carotovora</i> "group"	+	+l
<i>Pseudomonas marginalis</i>	+	—
Tumour diseases		
<i>Agrobacterium</i> <i>tumefaciens</i>	+	—
<i>rhizogenes</i>	+	—
<i>Rhodococcus fascians</i>	+	—

^a i, insects feeding; c, ice damage.

^b h, hydathodes; n, nectarhodes; s, stomata; l, lenticels.

Avenues of entry for plant pathogenic bacteria

Bacteria host-tissue interaction	Avenues of entry
<i>A. tumefaciens</i> - Tobacco stems	wounds
<i>C. michiganense</i> - tomato leaves	trichomes
<i>E. carotovora</i> var. <i>atroseptica</i> - potato tubers	lenticels
<i>E. chrysanthemi</i> pv. <i>Dieffenbachiae</i> - Dieffenbachia root	lateral root
<i>P. chicorii</i> - lettuce leaves	stomata, trichomes
<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> - tomato leaves	stomata, trichomes
<i>P. syringae</i> pv. <i>avenae</i> - rice seedlings	stomata
<i>P. syringae</i> pv. <i>lachrymans</i> - cucumber leaves	stomata
<i>P. solanacearum</i> - tomato roots	lateral root
<i>P. syringae</i> pv. <i>mors-prunorum</i> - sweet cherry leaves	stomata
<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i> - bean leaves	stomata
<i>P. albo-precipitans</i> - sweet corn leaves	stomata
<i>Rhizobium</i> cowpea train - peanut root hairs	junction of root hairs and epidermal cells
<i>R. trifolii</i> - clover root hairs	direct penetration
<i>X. campestris</i> pv. <i>pruni</i> - peach leaves	stomata leaf scars
<i>X. campestris</i> - leaves of apple explants	stomata
<i>X. campestris</i> pv. <i>oryzae</i> - rice leaves	hydathodes

COLONIZAÇÃO DA PLANTA e REPRODUÇÃO DA BACTÉRIA

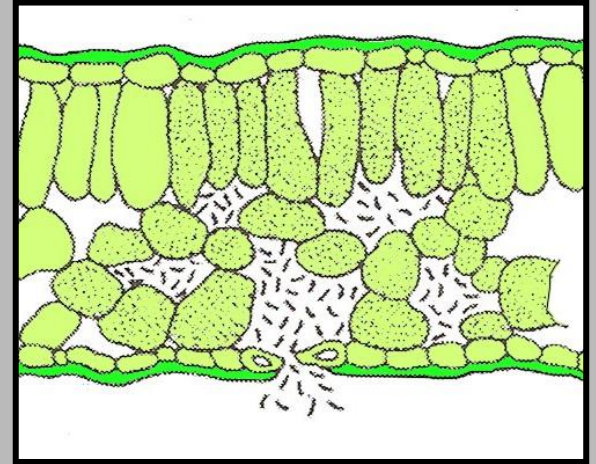
GENERALIDADES

- Colonização e reprodução são fases que ocorrem simultaneamente
- Reprodução e colonização são processos interdependentes
- À medida que aumenta o número de células ocorre ocupação de tecido
- Bactérias atuam como parasitas intercelulares / parasitas intracelulares
- Locais colonização: espaços intercelulares (parênquima) / xilema e floema
- Colonização intercelular: bactéria usa fluido (água e nutrientes) que envolve as células do hospedeiro
- Colonização de xilema: ambiente menos rico em nutrientes e há menor resistência à colonização
- Colonização de floema: mais rico em nutrientes, pode acionar mecanismos de defesa da planta

Formas de colonização

DESLOCAMENTO DA MASSA BACTERIANA

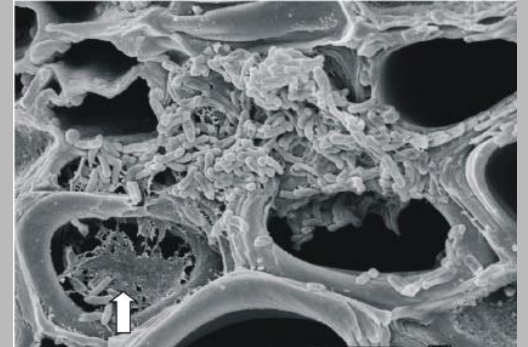
- A divisão celular aumenta a população
- A matriz extracelular cresce, a massa se expande
- Ocorre a ocupação dos espaços intercelulares
- Seque-se a desagregação de células vegetais
- Continua o crescimento populacional do patógeno
- Como consequência, a ocupação de novas áreas do parênquima



Formas de colonização

TRANSPORTE PASSIVO ATRAVÉS DE VASOS

- # Bactérias adaptadas aos vasos são levadas passivamente via floema e xilema (fastidiosas ou não)
- # Presença flagelo não teria papel no deslocamento
- # Bactérias não adaptadas aos vasos podem ser levadas pelo fluxo vascular (Agrobacterium)
- # Movimento é associado à corrente transpiratória
- # Ocorrência de bloqueio de vasos condutores (EPS)



PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE INFECÇÃO DE FOLHA POR BACTÉRIA

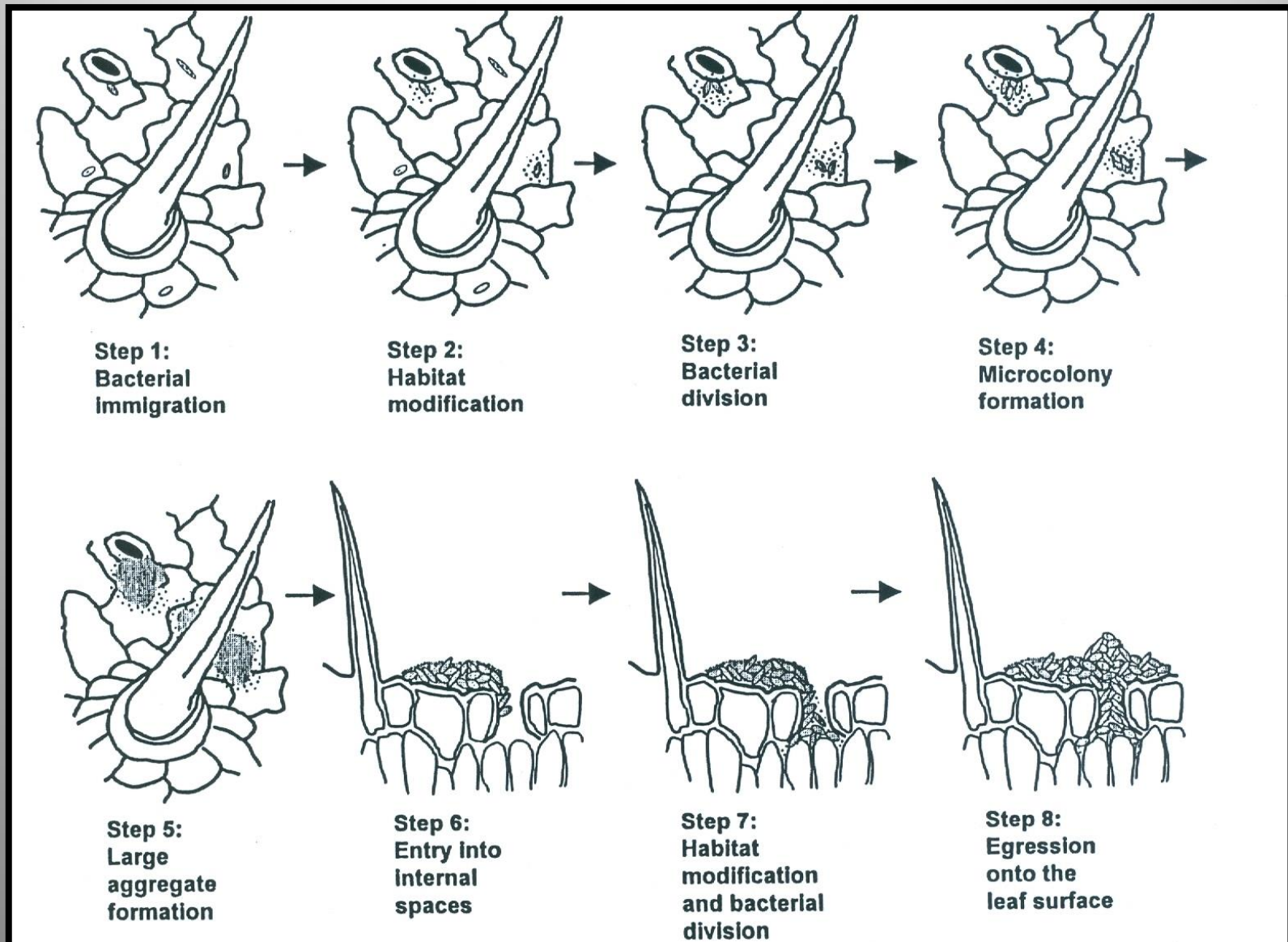


Fig. 1. Model of leaf colonization by phyllobacteria.

