

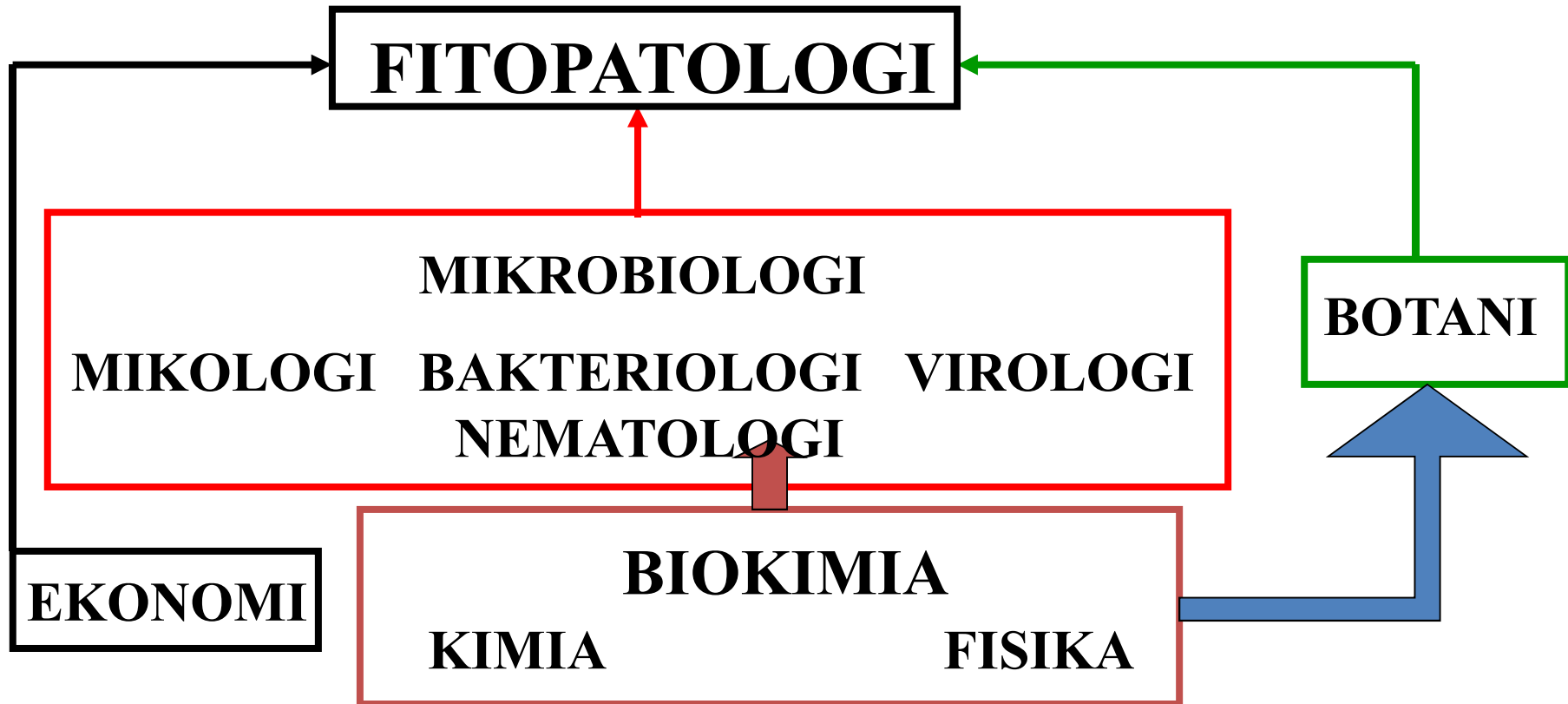
IDENTIFIKASI PENYAKIT TUMBUHAN

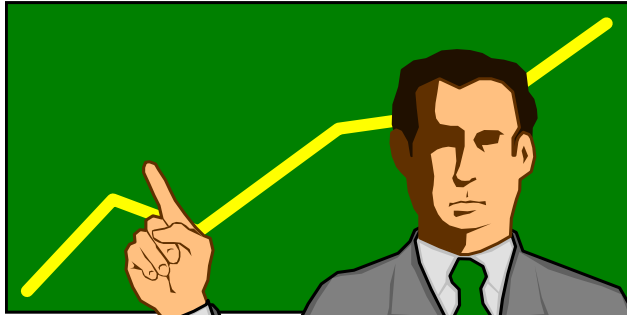


ILMU PENYAKIT TUMBUHAN

- **Fitopatologi**
 - *phyton (bhs.Yunani)* = tumbuhan
 - *pathos (bhs.Yunani)* = penderitaan, penyakit
 - *logos (bhs.Yunani)* = pengetahuan, ilmu
- **Bagian dari ilmu tumbuhan (botani) yang mempelajari penyakit tumbuhan**
 - Ilmu Penyakit Tumbuhan

ILMU YANG MENDUKUNG





PENGERTIAN TENTANG PENYAKIT

KASUS I



KASUS II: PENJELASAN SEORANG PENYULUH LAPANGAN



- Memetik daun kedelai
- Menunjuk bercak-bercak pada daun
- Mengatakan
 - Bercak ini adalah PENYAKITNYA



- Mencabut tanaman tomat
- Menunjuk busuk pada akar
- Mengatakan
 - Busuk ini adalah PENYAKITNYA

KASUS III: PENJELASAN PETUGAS DISBUN



Pohon kelapa sawit yang mati

- Pada pangkal batang kelapa sawit
- Bentuk seperti tapal kuda



Petugas mengatakan: “Bentuk seperti tapal kuda adalah PENYAKITNYA”

APAKAH BENAR

PENJELASAN PETUGAS PENYULUH ITU



- **JAWABANNYA:**

TIDAK BENAR !!!

MENGAPA?

- Layu tanaman, bercak pada daun
- Busuk pada akar

adalah **BUKAN** penyakit

tetapi **GEJALA PENYAKIT**

- Struktur seperti tapal kuda

adalah **TANDA PENYAKIT**
(Bagian tubuh penyebab penyakit)



APAKAH PENYAKIT ITU ?

PENYAKIT

- **Adalah suatu proses interaksi**
 - Oleh karena itu penyakit tidak dapat dilihat
- **Interaksi antara apa?**
 - Interaksi antara tumbuhan dengan patogen (penyebab penyakit)
- **Apa yang mempengaruhi interaksi itu?**
 - Lingkungan
- **Apa akibat interaksi itu?**
 - Terjadinya gangguan/penyimpangan fisiologi atau struktur tumbuhan

DEFINISI

- **Penyakit adalah proses interaksi antara tumbuhan dengan patogen yang dipengaruhi oleh lingkungan dan mengakibatkan gangguan/ penyimpangan fisiologi dan atau struktur tumbuhan**

JENIS PENYAKIT

A. PENYAKIT BIOTIK

B. PENYAKT ABIOTIK

A. PENYAKIT BIOTIK

- Interaksi antara tumbuhan dgn agens hayati (jasad hidup) & virus
 - Jamur
 - Bakteri
 - Fitoplasma
 - Protozoa
 - Tumbuhan parasit
 - **Nematoda**
- Virus
- Viroid
- Patogen dapat menular / ditularkan dari tanaman sakit
- Patogen dapat mengalami variabilitas

VARIABILITAS PATOGEN

- Perubahan sifat genetik patogen
 - Pembentukan varian (*forma speciales* dan ras jamur, patovar bakteri, strain virus, dll.)
 - Sifat patogen berubah (patogenisitas, virulensi)
- Disebabkan oleh cekaman faktor lingkungan
- Menimbulkan masalah dalam upaya pengendaliannya

CONTOH PENYAKIT BIOTIK

- Nama penyakit

- Bercak daun
- Tepung
- Karat
- Layu
- Busuk basah umbi
- CVPD (jeruk)
- Mosaik
- Keriting
- Tungro (padi)
- **Puru akar**
- **Siste keemasan (kentang)**

Penyebab

- Jamur
- Jamur
- Jamur
- Jamur / bakteri
- Bakteri
- Bakteri
- Virus
- Virus
- Virus
- Nematoda**
- Nematoda**

B. PENYAKIT ABIOTIK

- Interaksi antara tumbuhan dgn agens abiotik (bukan jasad/agens hayati)
 - Ketidakseimbangan hara
 - Suhu (tinggi atau rendah)
 - Lugas rendah
 - Pencemar udara
 - Hujan asam
- Patogen tidak ditularkan dari tanaman sakit ke tanaman sehat

1. KETIDAK SEIMBANGAN HARA

- Kahat (defisiensi) hara
 - Kekurangan hara utama
 - N, P, K, S, Ca, Mg
- Keracunan
 - Kelebihan unsur mikro atau unsur runtu
 - Al, Fe, B, Cu, Co

2. SUHU TINGGI

- Radiasi panas
 - Panas sinar matahari
 - Pemaparan langsung tanpa naungan (lahan terbuka)
 - Panas api (pembakaran sampah, api unggun)
- Gejala daun “terbakar” (*scorching*)

3. SUHU RENDAH

- *Chilling injury*
 - Suhu rendah di atas 0^o C (= sejuk)
 - Buah tropika di rak lemari es
- *Freezing injury*
 - Suhu rendah di bawah 0^o C (=beku) kerusakan jaringan lunak/muda tumbuhan
 - Buah & sayuran dlm *freezer* almari es
 - Diperparah oleh *freezing and thawing* (keluar-masuk)
 - ‘Embun upas’ di dataran tinggi

4. LENGAS RENDAH

- Kehilangan air dari jaringan tumbuhan
 - Layu
 - Layu sementara (*temporary wilt*)
 - Layu permanen (*permanent wilt*)
 - Kerusakan permukaan jaringan
 - Keriput
 - Retak/pecah

5. PENCEMAR UDARA

- Jenis
 - Gas
 - Partikel
- Pengaruh
 - Langsung (sebagai Patogen Abiotik)
 - Kerusakan jaringan/sel
 - SO₂ ==> hujan asam
 - NO_X ==> PAN & ozon
 - Tidak langsung (sebagai Predisposisi)
 - Tumbuhan lebih rentan thd. serangan patogen biotik
 - Efek rumah kaca (ERK)
 - Lubang Ozon

ARTI PENTING PENYAKIT TUMBUHAN

A. Merugikan

B. Menguntungkan

A. MERUGIKAN

- Nilai ekonomi turun
 - Penyusutan produksi
 - Bobot, jumlah, ukuran
 - Penurunan mutu produk
 - Bentuk, warna, tekstur, aroma, rasa
- Gangguan kesehatan konsumen
 - Zat alergen dalam patogen
 - Senyawa racun dlm bahan pangan
- Penurunan mutu lingkungan hidup
 - Pengurangan oksigen
 - Suaka satwa

1. PENURUNAN MUTU PRODUK

- Bentuk
 - Tidak teratur, mengecil, bisul, benjol
- Warna
 - Menjadi kusam, menjadi coklat kehitaman
- Tekstur
 - Mudah menjadi hancur, mudah robek, menjadi lembek
- Aroma
 - Bau menyengat, bau busuk
- Rasa
 - Menjadi masam, pahit, hambar

PENURUNAN MUTU PRODUK



Diagnosing Nematode Problems

- It can be very difficult to decide if nematodes are causing or are likely to cause significant crop injury.
- If a particular nematode pest was previously found in a site, it probably is still present. Plan to continue to take steps to manage it.
- In a location for which a complete history is lacking, the identities and population densities of nematode pests, hence the severity of damage which might be expected can usually be determined by laboratory assay of soil and/or plant samples.
- Another common diagnostic problem is determining the role of nematodes when established plants are making unsatisfactory growth.
- This task is often difficult because few nematodes cause distinctive diagnostic symptoms. A sound diagnosis should be based on as many as possible of symptoms above and below ground, field history, diagnostic nematicide tests, and laboratory assay of soil and/or plant samples.

Above-Ground Symptoms

- These are rarely, if ever, sufficient evidence to diagnose a root nematode problem. However, they are important because possible nematode problems are almost always first noticed because of abnormal top growth.
- Certain kinds of symptoms are typical of nematode injury to roots, and should always make one consider nematodes as a possible cause for the inferior performance.
- They can also be used to help locate the most severely affected areas in the planting after the problem is diagnosed.
- Since most plant nematodes affect root functions, most symptoms associated with them are the result of inadequate water supply or mineral nutrition to the tops: chlorosis (yellowing) (Figure 14) or other abnormal coloration of foliage, stunted top growth (Figure 15), failure to respond normally to fertilizers, small or sparse foliage (Figure 16), a tendency to wilt (Figure 17) more readily than healthy plants, and slower recovery from wilting.

- Woody plants in advanced stages of decline incited by nematodes will have little or no new foliage when healthy plants have substantial flushes, and eventually exhibit dieback of progressively larger branches. “Melting out” (Figure 18) or gradual decline is typical of nematode-injured turf and pasture.
- Plantings that are stunted by nematodes often have worse weed problems (Figure 19) than areas without nematode injury because the crop is less able to compete with weeds than it should be.
- The distribution of nematodes within any site is very irregular. Therefore, the shape, size, and distribution of areas showing the most severe effects of nematodes will be highly irregular (Figure 20 and Figure 21) within the field.
- Nematodes move very few feet per year on their own.
- In the undisturbed soil of groves, turf, and pastures, visible symptoms of nematode injury normally appear as round, oval, or irregular areas which gradually increase in size year by year.
- .

- In cultivated land, nematode-injured spots are often elongated in the direction of cultivation because nematodes are moved by machinery.
- Erosion, land leveling, and any other force which moves masses of soil or land parts can also spread a nematode infestation much more rapidly than it will go by itself.
- Nematode damage is often seen first and most pronounced in areas under special stresses, such as heavy traffic, excessive drainage because of slope or soil and dry areas outside regular irrigation patterns

Below-Ground Symptoms

- These may be more useful than top symptoms for diagnosing many nematode problems.
- Galls, abbreviated roots, necrotic lesions in the root cortex, and root rotting may all help in diagnosing nematode problems.

Plant Parasitic Nematodes

- Plant nematodes attack all crops grown in Florida, causing farmers millions of dollars in crop loss annually.
- Nematodes also are of great concern to the home owner, since they cause severe damage to turfgrasses, ornamentals and home gardens.
- We are often unaware of losses caused by nematodes since they are hidden from sight and much of the damage caused by them goes unreported or is attributed to other causes.
- both may be required for reproduction. However, reproduction without males is common, and some species are
- hermaphroditic (“females” produce both sperm and eggs).

Life Cycle and Reproduction

- Plant parasitic nematodes have a simple life cycle of six stages: egg, four juvenile stages, and adult.
- The embryo develops inside the egg to become the first-stage juvenile.
- The first-stage juvenile molts inside the eggshell to become a second-stage juvenile, which hatches (Figure 3) from the egg, and in most species must feed before continuing to develop.
- The nematode molts three more times to become a fully developed adult.

Life Cycle and Reproduction

(Lanjutan....)

- Egg production by the individual completes the cycle.
- The number of eggs deposited by a female varies among species and is affected by their habitat.
- Most species produce between 50 and 500 eggs, but a few occasionally produce several thousand eggs per female.
- The length of the life cycle varies considerably depending on nematode species, host plant, and the temperature of the habitat.
- During summer months when soil temperatures are in the 80's, many plant nematodes complete their life cycles in about 30 days.

Nematode Feeding and Host-Parasite Relationships

- Plant parasitic nematodes feed on living plant tissues.
- All have some form of oral stylet (Figure 4) or spear, which is used somewhat like a hypodermic needle to puncture the host cell wall.
- Many (probably all) plant nematodes inject enzymes into the host cell before feeding.
- These enzymes partially digest the cell contents before they are sucked into the gut.
- Most of the injury that nematodes cause to plants is related in some way to the feeding process.

- Nematodes may feed on plant tissues from outside the plant (ectoparasitic) or inside the tissues (endoparasitic).
- If the adult female moves freely through the soil or plant tissues, the species is said to be “migratory.”
- Species in which the adult females become swollen and permanently immobile in one place in or on a root are termed “sedentary”.

- The feeding/living relationships that nematodes have with their hosts affect sampling methods and the success of management practices.
- Ectoparasitic nematodes that never enter roots may be recovered only from soil samples.
- Endoparasitic nematodes often are detected most easily in samples of the tissues in which they feed and live (burrowing and lesion nematodes), but some occur more commonly as migratory stages in the soil (root-knot and reniform nematodes).

- Those stages of endoparasites, which are inside root tissues, may be protected from nematicides that do not penetrate into roots, such as some soil fumigants. Root tissues may also shield them from many micro-organisms which attack nematodes in the soil.
- Ectoparasites are fully exposed to pesticides and natural control agents in the soil.

Ectoparasitic Nematodes

- Ectoparasitic nematodes are generally migratory.
- Most feed superficially at or very near the root tip or on root-hairs, but a few have stylets long enough to enable them to feed deeper in the root.
- Those which cause the most widespread and severe plant injury in Florida are the sting (*Belonolaimus* spp.), stubby root (*Trichodorus* spp.), and awl (*Dolichodorus* spp.) nematodes. These feed at or near root tips and usually inhibit root elongation.
- Ectoparasites (Figure 5) that rarely cause severe injury to their plant hosts include ring (*Mesocriconema* spp.) and spiral (*Helicotylenchus* spp.) nematodes. They apparently feed primarily on root-hairs and superficial cortical tissues and cause serious injury only to plants that are especially sensitive to drought stress.

- Among plant nematodes, only stubby-root nematodes and their close relatives, the dagger (*Xiphinema spp.*) and needle (*Longidorus spp.*) nematodes, are known to transmit plant viruses.
- The corky ringspot disease of potatoes, a problem in the Hastings area, is caused by a virus which is carried and transmitted by stubby-root nematodes.

Migratory Endoparasites

- Migratory endoparasites can move into, through, and out from host tissues at any stage of development (except the egg).
- Migratory endoparasites generally live and feed in tender tissues such as the root cortex.
- They burrow (Figure 6) through the tissue, breaking open many cells after feeding on them.
- Cells surrounding the feeding area are often killed by toxic materials from the disrupted cells.
- The relatively large areas of dead cells usually turn brown, to become small spots or lesions (Figure 7) big enough to see, and are often easily colonized by fungi.
- Root rot (Figure 8) diseases are often associated with infestations of migratory endoparasitic nematodes.

- The most important examples in Florida are species of burrowing and lesion nematodes. The citrus burrowing nematode, *Radopholus similis*, causes the spreading decline disease of citrus.
- It is the subject of strict (and expensive) quarantine regulations for ornamentals, nursery stock, and other growing plants being exported from the state, and can severely limit growth of many ornamental plants.
- Various species of lesion nematodes live in the roots of most crops grown in the state and may be especially damaging to citrus, peanuts, and commercial fern nurseries.
- The foliar (*Aphelenchoides spp.*) nematodes are the most important representatives in Florida of a group of migratory nematodes that attack plants at the soil line or above the ground.

- They feed on or inside the leaves and buds of ferns, strawberries, chrysanthemums, and many kinds of foliage ornamentals, and cause distortion or death of buds, leaf distortion, or yellow to dark brown lesions (Figure 9) between major veins of leaves.
- Other nematodes that attack plants above ground cause leaf or seed galls and still others cause deterioration of the bulbs and necks of onions and their relatives, but are not common here.
- Ectoparasitic and migratory endoparasitic nematodes generally deposit their eggs singly as they are produced, wherever the female happens to be in the soil or plant.

Sedentary Endoparasitic Nematodes

- Sedentary endoparasitic nematodes are typified by the rootknot (*Meloidogyne spp.*), cyst (*Heterodera spp.*), reniform (*Rotylenchulus spp.*), and citrus (*Tylenchulus semipenetrans*) nematodes.
- In most of these species, the second-stage juvenile is the “infective” stage, which moves through the soil.
- Second-stage juveniles locate host roots and enter them (Figure 10). They then establish a suitable feeding site within the root tissues. Once a feeding site is selected, the nematode injects growth regulating substances into the cells near its head, causing some of those cells to enlarge.
- These “giant” or “nurse” cells become specialized food sources for the nematode. At the same time, the nematode becomes immobile, and the body swells (Figure 11) to a round, lemon, kidney, or ovoid form.

- Mature females of the sedentary endoparasitic nematodes generally produce large numbers of eggs that remain in their bodies (Figure 12) or accumulate in masses (Figure 13) attached to their bodies.
- The nematodes and the giant cells on which they feed are very dependent on each other: if the nematode dies, the giant cells die or lose their highly active condition; if the giant cells die, the nematode dies of starvation, because it cannot move to a new site.
- Sedentary endoparasites damage their hosts by redirecting use of large amounts of energy and nutrients from normal activities to development of the nematodes and their special feeding sites. The altered tissues of the feeding site also disrupt the vascular system.
- Roots severely galled by root-knot nematodes also usually deteriorate much earlier from root rots than roots that are not galled: gall tissues are succulent, poorly protected from invasion, and rich in nutrients to help the fungi grow rapidly.
- Sedentary endoparasites are the nematodes for which host resistance has most often been identified. Relatively small differences in heritable characteristics within some plant species seem to determine whether or not a specific nematode will be able to establish giant cells in their tissues.

- Plants in which giant cells cannot be established, or in which they degenerate before a nematode can complete its life cycle, are resistant to that nematode. The attempted infection by the nematode may injure the plant, but the nematode cannot complete its life cycle in it.

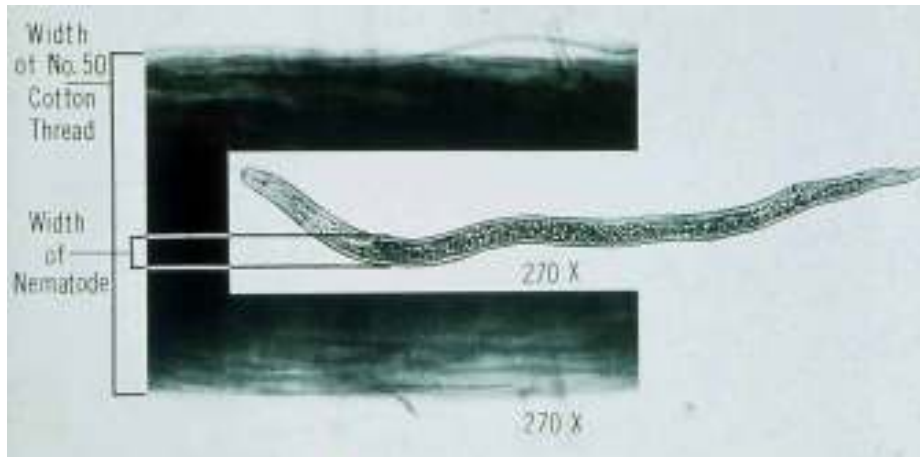


Figure 1. Size comparison of a typical plant-parasitic nematode to a cotton thread.

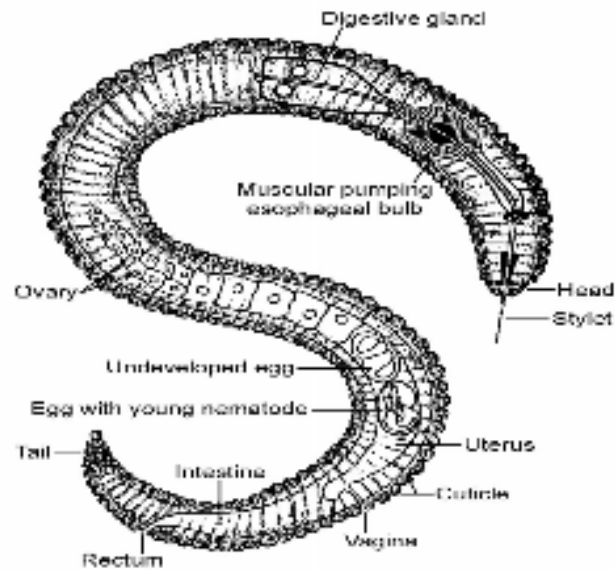


Figure 2. Diagram of a typical plant-parasitic nematode.

Figure 4. A plant-parasitic nematode stylet is used to puncture plant cells, to inject enzymes, and to ingest cell contents.

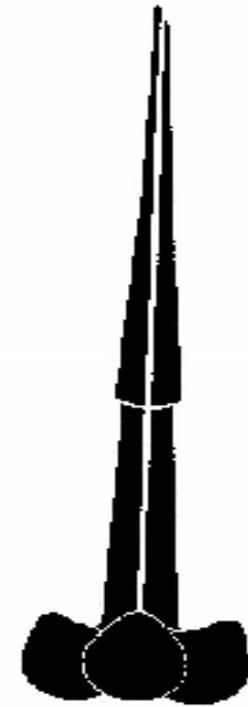


Figure 3. Second-stage juvenile nematode hatching from its egg. Credits: Photo by U. Zunke, University of Hamburg.





Figure 1. Rotting palm roots resulting from infection with migratory endoparasitic nematodes.

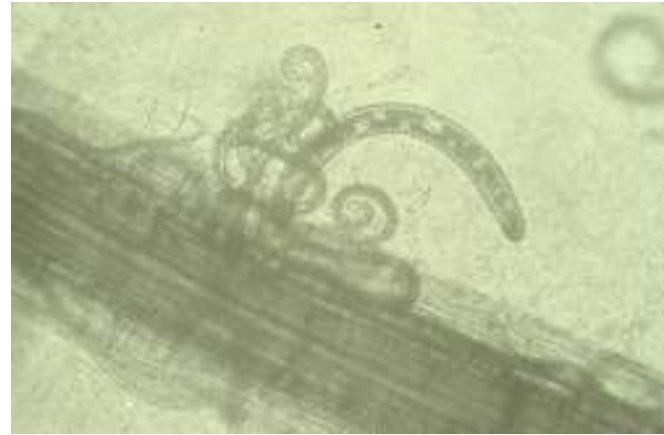


Figure 2. A ring nematode (thicker nematode) and spiral nematodes (thinner nematodes) feeding on a plant root. These nematodes are ectoparasitic nematodes.



Figure 3. Root lesions caused by migratory endoparasitic nematodes



Figure 3. Endoparasitic nematodes burrowing within a root.



Figure 5. Symptoms of foliar nematode damage are often angular shaped leaf spots



Figure 6. Second-stage juvenile nematodes entering a root tip.



Figure 8. Cyst nematodes retain most of their eggs within their bodies



Figure 7. Root tissue pulled-back to reveal a swollen root-knot nematode within.



Figure 13. Root-knot nematode egg masses on a root surface.



Figure 9. Yellowing of pepper plants resulting from nematode damage to roots.



Figure 10. Healthy lettuce (left) and stunted lettuce that has been damaged by nematodes. Healthy lettuce (left) and stunted lettuce that has been damaged by nematodes.



Figure 11. A bottlebrush being damaged by root-knot nematodes. Notice the thin canopy compared to the healthy plants behind it.



Figure 12. Patch of St. Augustine grass declining from nematode damage.



Figure 19. Spurge is a weed often associated with nematode damage to turf grasses.



Figure 17. Wilting bean plants resulting from nematode damage to roots.



Figure 20. Irregular patches of declining turf illustrate the uneven distribution of nematodes.



Figure 21. An irregular patch of stunted corn shows where nematode populations were highest at planting.

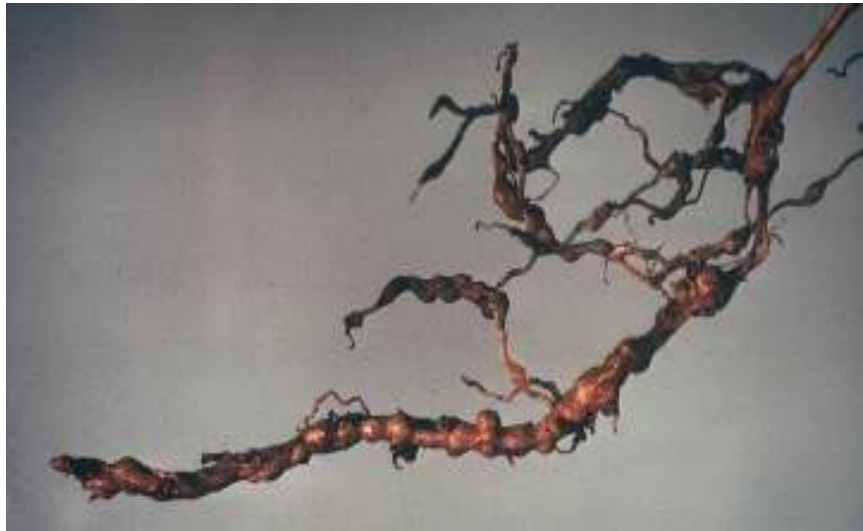


Figure 22. Bead-like galls on cotton roots result from root-knot nematode infection.



Figure 23. Massive lumpy galls caused by root-knot nematodes on passion flower roots.



Figure 24. Root-knot nematode galls (left) are an integral part of the root and cannot be easily removed. Nitrogen fixing nodules



Figure 25. Abbreviated "stubby-root" symptoms resulting from damage caused by ectoparasitic nematodes



Figure 26. The tiny white spots on these soybean roots are female cyst nematodes.



Figure 27. In a diagnostic nematicide trial always have untreated areas (front) and treated areas (back) for comparison.

2. GANGGUAN KESEHATAN

- Apabila manusia atau hewan
 - Terpapar bahan sakit
 - Mengonsumsi bahan sakit
- Tidak terjadi pada bahan yang rusak oleh hama
- Penyebab: senyawa yang dihasilkan patogen
 - Zat alergen : menyebabkan alergi
 - Pengelola gudang biji-bijian: mata merah, batuk, gatal
 - Mikotoksin (racun jamur dlm bahan pangan/pakan)
 - Aflatoksin : dihasilkan *Aspergillus flavus*
 - Okratoksin : dihasilkan *A. ochraceus*
 - Toksin beras kuning : dihasilkan *Penicillium islandicum*
 - Toksin T-2 : dihasilkan *Fusarium tricinctum*

CONTOH TOKSIN DLM PANGAN

- AFLATOKSIN
 - Kematian anak-anak kalkun di Inggris (1969) → *Turkey-X Disease*
 - Ransum unggas campuran bungkil kacang tanah impor dari Brasil
 - Bungkil kacang berjamur (*Aspergillus flavus*)
 - Toksin yang dihasilkan diberi nama AFLATOKSIN
- TOKSIN DALAM PANGAN
 - Asam bongkrek : dlm tempe bongkrek
 - Salmonellosis : dlm makanan kaleng

AFLATOKSIN

Dalam produk yg ditumbuhi
Aspergillus flavus



Pangan resiko tinggi:

- Kacang tanah & olahannya
- Produk yg mengandung minyak / lemak



RACUN DALAM PANGAN ?



3. PENURUNAN MUTU LINGKUNGAN



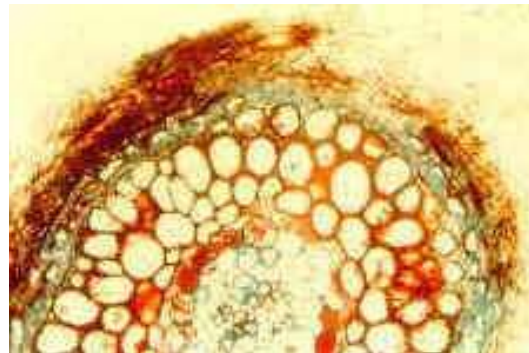
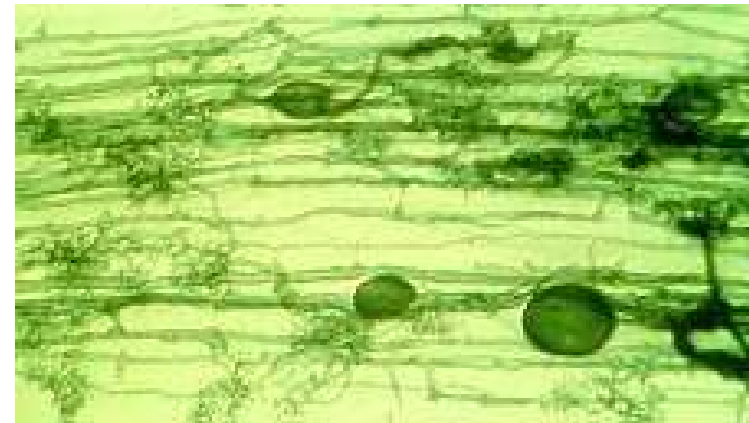
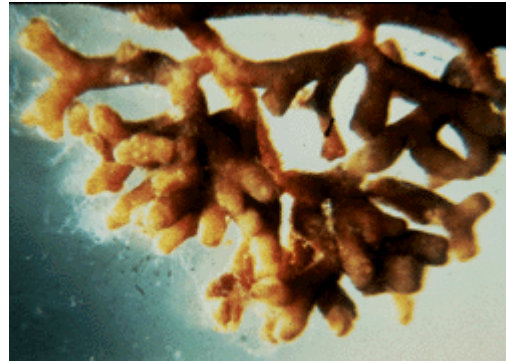
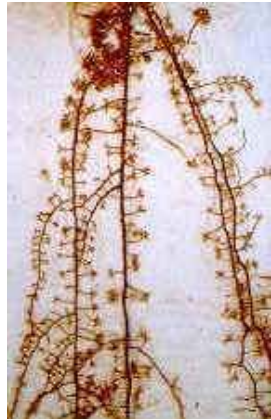
B. MENGUNTUNGGKAN

- Hubungan simbiosis antara tumbuhan dengan “patogen”
 - Mikoriza : antara akar dgn jamur
 - Bintil akar pada legum : antara akar dgn bakteri
- Nilai ekonomi meningkat
 - Tanaman/bagian tanaman eksotik
 - Mahkota bunga belang-belang
 - Daun belang
 - Kerdil/bonsai
 - Patogen sebagai bahan farmasi
 - Kelapa kopyor ?

1. SIMBIOSIS MIKORIZA



MIKORIZA



Akar Pinus

Akar Sesbania

2. BUNGA EKSOPIK



Tulip sehat



Tulip terserang virus





3. BAHAN FARMASI

- *Ganoderma lucidum* (= *ling zhi*)
 - Tubuh buah jamur patogen tanaman tahunan
 - Produk obat/jamu
 - DXN^R
 - Sido Muncul
- Ergot *Claviceps purpurea*
 - Sklerosium jamur pada gandum *Secale cereale* (rye)
 - Produk farmasi
 - Ergodryl^R (ergotamine tartrat)

Lingzhi (*Ganoderma lucidum*)



Ergot (Claviceps purpurea)



- Menghentikan pendarahan
 - Menyelamatkan ibu melahirkan



KONSEP PENYAKIT

GEJALA PADA DAUN



GEJALA PADA BATANG



PENGAMATAN PADA PANGKAL BATANG



KONSEP PENYAKIT TUMBUHAN

- Telah berkembang dari waktu ke waktu
 - Jawaban thd. pertanyaan: “**APAKAH PENYAKIT ITU?**”
- Tergantung konsep/pengertian yang diyakini/dianut
- Mempengaruhi upaya atau tindakan yg dilakukan

PENYAKIT

KONSEP	PENYEBAB	CARA MENGATASI
1. Kekuatan gaib	Dewa murka Makhluk halus	Pesta pora, kenduri Sesaji
2. Dosa manusia	Manusia berdosa	Bertaubat
3. Tempat tumbuh	Tanah jelek	Pemilihan tempat
4. Cairan tubuh	Cairan kotor	Pelukaan, pemotongan
5. Lingkungan	Lingkungan jelek	Perbaikan lingkungan
6. Jasad hidup	Jasad renik	Pemberantasan
7. Segitiga penyakit	Interaksi T-P-L	Pengelolaan T-P-L
8. Segiempat penyakit	Interaksi T, P, L, M	Pengelolaan T, P, L, M
9. Piramida penyakit	Interaksi T, P, L, M, W	Pengelolaan T, P, L, M, W
10. Kerucut penyakit	Interaksi T, P, L, M, W	Pengelolaan T, P, L, M, W

1. KONSEP KEKUATAN GAIB

- Masyarakat kuna - POLITEISME
- Masyarakat primitif - ANIMISME

A. DEWA MURKA

– Romawi kuna :

- Karat tanaman Gandum = kemurkaan *DEWA ROBIGUS*

Supaya panen baik ==> **PESTA ROBIGALIA**

– Jawa kuna

- Padi = titisan (reinkarnasi) DEWI SRI
- “HAMA” tanaman padi = Balatentara *BETARA KALA* yang menyerang

supaya panen baik ==> “WIWITAN” (kenduri) di sawah



B. MAKHLUK HALUS

- Pengganggu
- Perusak



Jawa : Hama **MENTHEK** pada tanaman padi

- . Makhluk kerdil, gundul, bugil
- . Bermain-main di sawah

==> dilakukan **SESAJI** di sawah

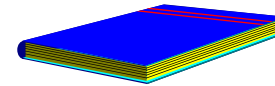
2. KONSEP DOSA MANUSIA

- Hukuman TUHAN karena manusia melanggar aturan-Nya

- Dalam masyarakat agamis dogmatik

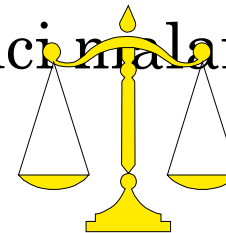
- a. Dalam kitab-kitab suci

- Kisah Nabi Musa a.s. VS. Fir'aun
 - Gagal Panen, Paceklik & wabah

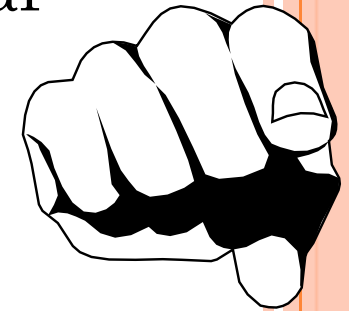


- b. Abad Pertengahan

- Wabah Ergotisme di Eropa “Api suci malaikat”
(*HOLY FIRE*)



i ==> BERTAUBAT



3. KONSEP TEMPAT TUMBUH



- Pengamatan Theophratus (300 S.M.)
 - Tanaman gandum
 - Di puncak bukit - tumbuh baik/sehat/subur
 - Di dasar bukit (lembah) - tumbuh tidak baik
- ====> . Pemilihan tempat untuk menanam
- . Mengusahakan tempat tumbuh menjadi baik

5. KONSEP LINGKUNGAN

- Cuaca/iklim yang jelek

- Suhu & kelembaban
 - Suhu rendah & kelembaban tinggi
- ==> TANAMAN SAKIT



- Penganut konsep GENERASI SPONTAN

===> Memperbaiki lingkungan

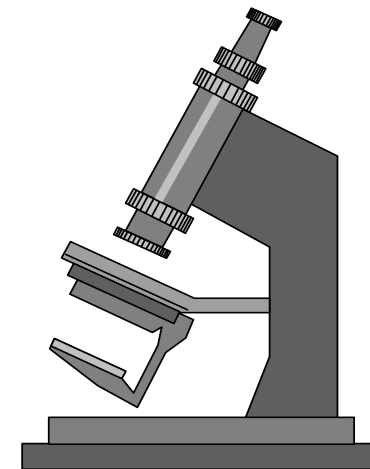
- . Penghangatan kebun dengan api unggun & obor

- PREDISPOSITIONIS

6. KONSEP JASAD RENIK

- Penemuan mikroskop
- Jasad renik sebagai penyebab penyakit
 - Jamur
 - Prevost (1807)
 - Tulasne bersaudara (1837)
 - Antonius de Bary (1850)
 - Bakteri
 - Burrill (1877)
 - Virus
 - E. Smith (1899)
 - Nematoda
 - Cobb (1908)

===> PEMBERANTASAN JASAD RENIK

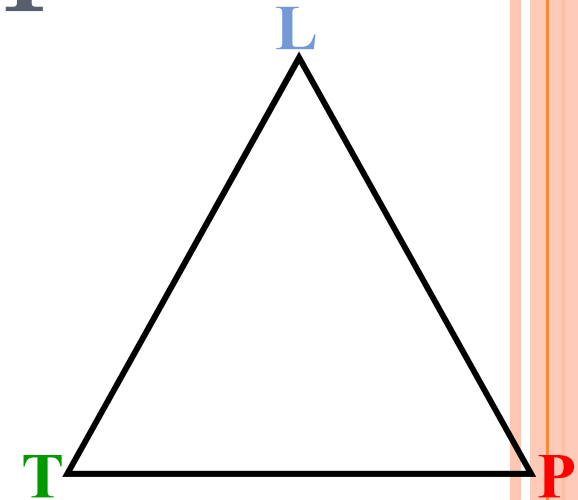


KONSEP INTERAKSI (MODERN)

1. Segitiga penyakit (*disease triangle*)
2. Segiempat penyakit (*disease square*)
3. Piramida penyakit (*disease pyramide*)

1. SEGITIGA PENYAKIT

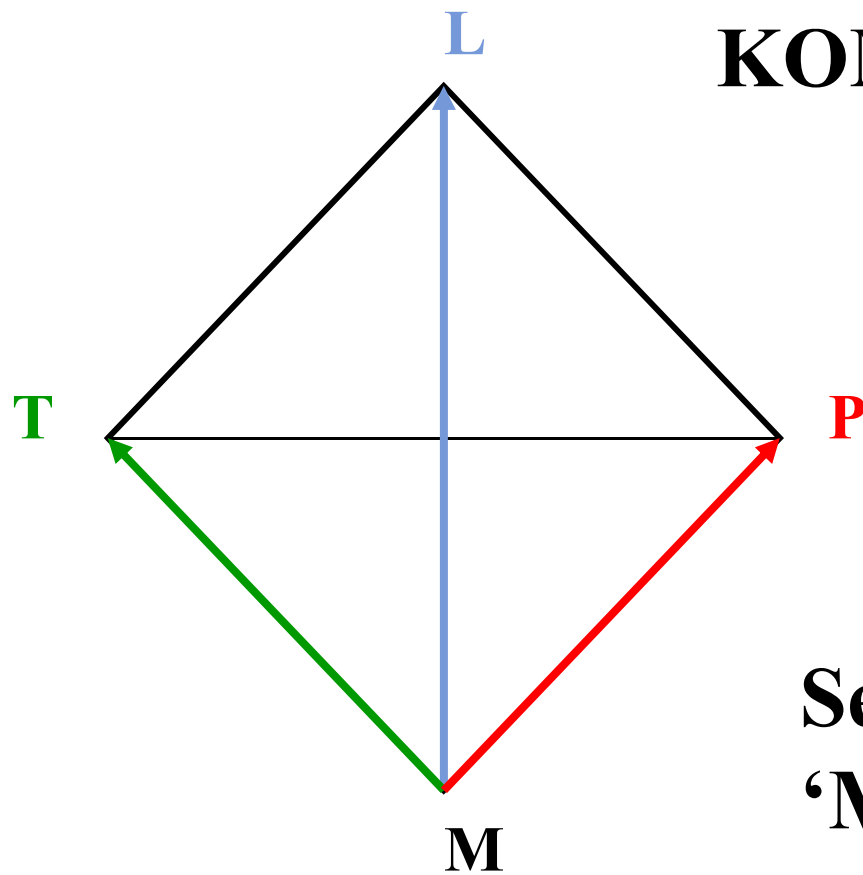
- 3 komponen penyakit
 - Tumbuhan (= T), Patogen (= P) dan Lingkungan (= L)
- Syarat terjadinya penyakit
 - Tumbuhan rentan (tidak tahan)
 - Patogen virulen
 - Mampu menyerang & menyebabkan sakit
 - Lingkungan
 - Tidak cocok utk. tumbuhan, cocok utk. patogen



SEGITIGA PENYAKIT

- Berlaku di ekosistem alami (*natural ecosystem*)
 - Belum ada campur tangan manusia
 - Bukan di lahan pertanian
 - Dicitrakan adanya keragaman & keseimbangan
- Contoh
 - Interaksi tumbuhan-patogen di hutan belantara

2. SEGIEMPAT PENYAKIT



KOMPONEN PENYAKIT

T = Tumbuhan

P = Patogen

L = Lingkungan

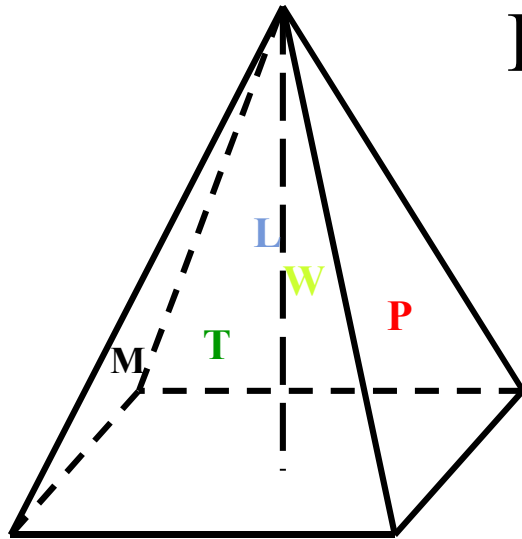
M = Manusia

**Segitiga penyakit ditambah
'Manusia'**

SEGIEMPAT PENYAKIT

- Berlaku dalam ekosistem pertanian (*agroecosystem*)
 - Ada campur tangan manusia
 - Di lahan pertanian
 - Dicitrakan adanya keseragaman & ketidak stabilan
- Manusia dapat mempengaruhi
 - Tumbuhan : memilih jenis, varietas
 - Patogen : mematikan dgn fungisida/nematisida
 - Lingkungan : mengatur lingkungan

3. PIRAMIDA PENYAKIT



KOMPONEN PENYAKIT

T = Tumbuhan - bidang tegak

P = Patogen - bidang tegak

L = Lingkungan - bidang tegak

M = Manusia - bidang tegak

W = Waktu - garis tinggi

Sangat pentingnya komponen WAKTU

PIRAMIDA PENYAKIT

- Penyakit adalah proses yang dinamis
 - Keadaan penyakit berubah dari waktu ke waktu
- Menjadi dasar epidemiologi penyakit
 - Pengukuran penyakit
 - Persentase penyakit
 - Intensitas penyakit
 - Laju penyakit
 - Peramalan penyakit

PENYAKIT DIPENGARUHI WAKTU

$$X_t = X_0 e^{rt}$$

- X_t : keadaan penyakit pada waktu t
 X_0 : keadaan penyakit pada awal ($t = 0$)
 e : konstante (2,718)
 r : laju pertumbuhan penyakit
 t : waktu (hari/minggu/bulan, dst.)

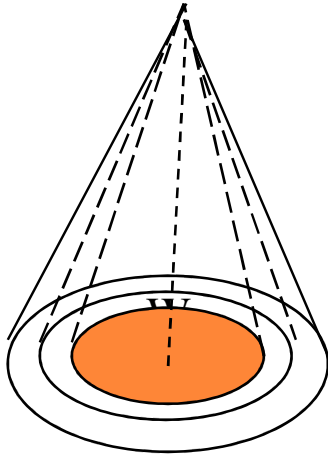
PENGEMBANGAN KONSEP

- Pengukuran penyakit
 - Laju penyakit
 - Intensitas penyakit
- Peramalan penyakit
 - Berdasar persamaan $X_t = X_0 e^{rt}$
 - Berdasar data cuaca
 - Berdasar penangkapan inokulum

PERAMALAN PENYAKIT

- Penyakit penting pada komoditas bernilai ekonomi tinggi
- Program komputer
 - *Blitecast* - *fireblight* pada apel
 - *Epidem* - karat pada gandum
 - *Epimay* - hawar daun pada jagung

D. KONSEP KERUCUT PENYAKIT



KOMPONEN PENYAKIT:

T = Tumbuhan

P = Patogen

L = Lingkungan

M = Manusia

W = Waktu

Penyakit berbeda:

- . Di tanaman yang sama
- . Di lingkungan yang sama
- . Di petani yang sama

Penyakit sama:

- . Di tanaman berbeda
- . Di lingkungan berbeda
- . Di petani berbeda

PENYEBAB PENYAKIT

Penyebab penyakit

- ✘ BIOTIK (Penyakit Biotik)
- ✘ Jamur
- ✘ Prokariot (Bakteri dan Mollicutes)
- ✘ *Virus dan Viroid*
- ✘ Nematoda
- ✘ Protozoa
- ✘ Tumbuhan Tinggi Parasitik

ABIOTIK (Penyakit Abiotik)

- ✘ Kekurangan/Kelebihan hara
- ✘ Keracunan Fe/ logam berat
- ✘ Polusi

JENIS PATOGEN

✘ Patogen biotik

- + Jamur, bakteri, fitoplasma, protozoa, nematoda, virus, viroid

✘ Patogen abiotik

- + Faktor edafik (tanah): kahat hara, keracunan hara
- + Pencemar udara: gas, partikel
- + Agens fisika: suhu, lengas, cahaya

PROKARIOT

- × Terdiri dari Bakteri dan Mollicutes
- × Mikroorganisme bersel tunggal
- × Bahan genetik (DNA) tidak diselubungi oleh suatu membran (tidak mempunyai membran inti)
- × Sel-sel terdiri dari DNA dan ribosom kecil (70S)

BAKTERI

- ✘ Lebih dari 1600 spesies telah diketahui
- ✘ Sebagian besar bersifat saprofit
- ✘ Ada yang bermanfaat bagi manusia
- ✘ Patogen tanaman lebih dari 100 spesies
- ✘ Sebagian besar bakteri patogen tumbuhan bersifat saprofit fakultatif dan dapat ditumbuhkan pada media buatan

MORFOLOGI BAKTERI

× MORFOLOGI

+ BENTUK : LENGKUNG, BATANG, SPIRAL
COCCI, BACILLI, SPIRILLUM

+ UKURAN : 1,0-5,0 ----- 0,5 – 1,0 μm

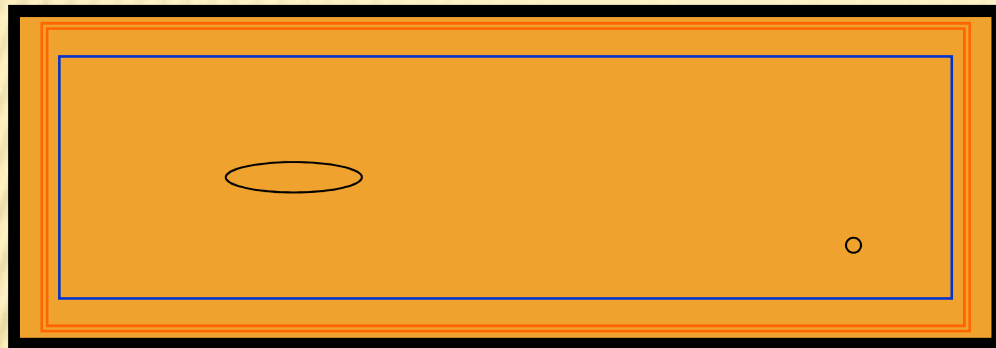
TERGANTUNG: SUHU INKUBASI, MEDIUM, UMUR
BIAKAN, METODA PENGECATAN

× BERGERAK DENGAN FLAGELA

× ADA YANG MEMBENTUK SPORA

× BERKEMBANG BIAK DENGAN PEMBELAHAN BINER 1---
2---4---16---32---64---128---256---1024

SEL BAKTERI



GRAM NEGATIF

DINDING SEL

MEMBRAN SEL

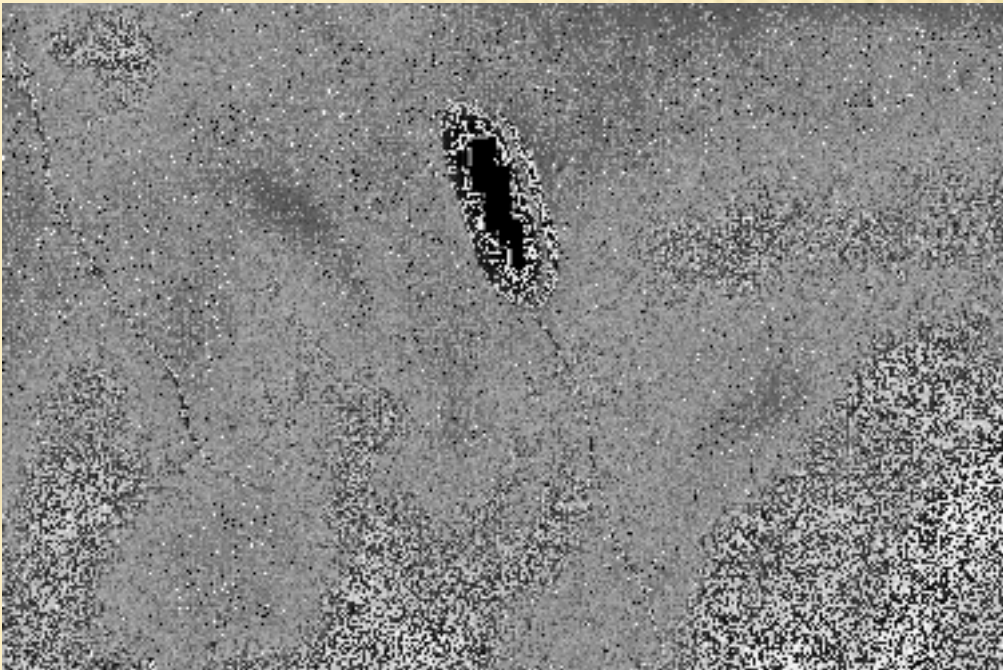
MEMBRAN LUAR



GRAM POSITIF

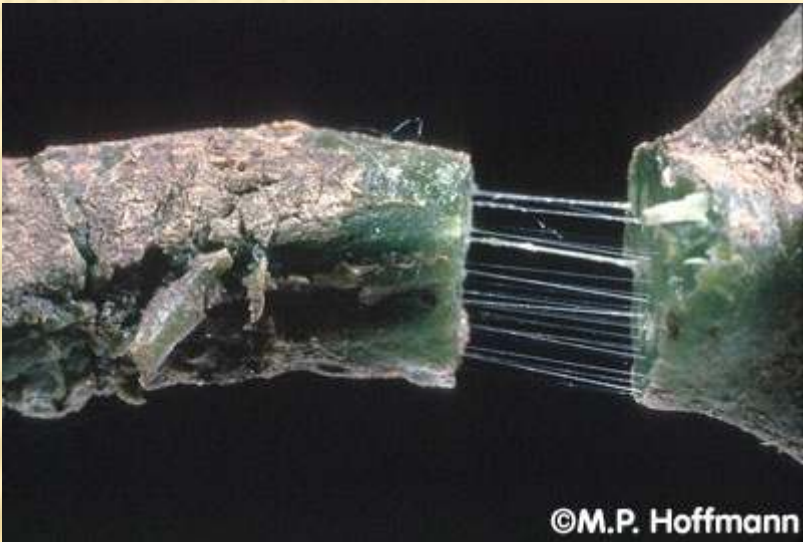
DINDING SEL

MEMBRAN SEL



EKOLOGI DAN PENYEBARAN

- × SEBAGIAN BESAR BAKTERI BERKEMBANG DI DALAM TANAMAN INANG SEBAGAI PARASIT
- × PADA PERMUKAAN TANAMAN TERUTAMA PADA TUNAS SEBAGAI EPIFIT
- × SEBAGIAN PADA SISA-SISA TANAMAN DAN DI DALAM TANAH SEBAGAI SAPROFIT
- × SOIL INHABITANTS: *Agrobacterium tumefaciens*, *Ralstonia solanacearum*, *Streptomyces scabies*
- × SOIL INVADERS: *Erwinia amylovora*, *Xanthomonas campestris*
- × Bertahan di dalam tanah dalam jaringan tanaman, beberapa hidup bebas secara saprofit, ada yang bertahan dengan membentuk *bacterial ooze*



Massa bakteri



PENYEBARAN BAKTERI

× SECARA PASIF

- + AIR, SERANGGA, HEWAN LAIN(KELINCI, SAPI, BURUNG)
- + MANUSIA (CARA BERCOCOK TANAM, TRANSPORTASI BAHAN TANAMAN)

× SECARA AKTIF

- + FLAGELA, KEMOTAKSIS

GENERA BAKTERI PATOGEN TUMBUHAN

× GRAM NEGATIF

- + PSEUDOMONAS (*P.syringae*)
- + XANTHOMONAS (*X. campestris*)
- + XYLOPHILUS (*Xylophilus ampelinus*)
- + ACIDOVORAX (*Acidovorax* sp.)
- + ERWINIA (*E. carotovora*)
- + PANTOEA (*P. stewartii*)
- + BURKHOLDERIA (*B. cepacia*)
- + RALSTONIA (*R. solanacearum*)

GENERA BAKTERI PATOGEN TUMBUHAN

× GRAM POSITIF

- + CORYNEFORM (*Clavibacter xily* subsp *xily*)
- + STREPTOMYCES (*S. scabies*)
- + CLOSTRIDIUM
- + BACILLUS
- + CLAVIBACTER

GEJALA PENYAKIT BAKTERI PADA TANAMAN

Nekrosis : Matinya sel, jaringan atau organ

- ◆ *Nekrose : Matinya bagian tanaman*
- ◆ *Hydrosia : Sebelum sel mati, tampak kebasahan*
- ◆ *Klorosis : Rusaknya klorofil, daun menguning*
- ◆ *Layu : Akibat dehidrasi pada daun atau tunas*
- ◆ *Scorch (terbakar) : bagian tanaman mengering*
- ◆ *Kanker : Pembesaran jaringan , bagian berkayu*

GEJALA PENYAKIT BAKTERI PADA TANAMAN

Hypoplastis : hambatan pertumbuhan

- ◆ *Atropy (kerdil)*
- ◆ *Chlorosis : rusaknya (tidak sempurna) klorofil*

Hyperplasia : pertumbuhan yang luar biasa

- ◆ *Kudis : bercak kasar, terbatas dan agak menonjol*
- ◆ *Fasciasi : perubahan bentuk*


































 Agrobacterium	 Crown gall  Twig gall  Cane gall  Hairy root
 Clavibacter	 Potato ring rot  Tomato canker and wilt  Fruit spot  Fasciation
 Erwinia	 Blight  Wilt  Soft rot  Soft rot
 Pseudomonas	 Leaf spots  Galls (olive)  Banana wilt  Blight (lilac)  Canker and bud blast
 Xanthomonas	 Leaf spots  Cutting rot  Black venation  Bulb rot  Citrus canker  Walnut blight
 Streptomyces	 Potato scab  Soil rot of sweet potato  Rhizobium  Root nodules of legumes

FIGURE 12-4 The most important genera of plant pathogenic bacteria and the kinds of symptoms they cause.

CONTOH BAKTERI PATOGEN TANAMAN

- ❖ *Agrobacterium* : *A. tumifacie* – bengkak akar
- ❖ *Corrynebacterium* : *C. higanensis* - kanker
- ❖ *Erwinia* : *E. carotovora* – busuk basah
- ❖ *Pseudomonas* : *P. solanacearum* – busuk umbi
- ❖ *Xanthomonas* : *X. oryzae* – nekrosis dan gum

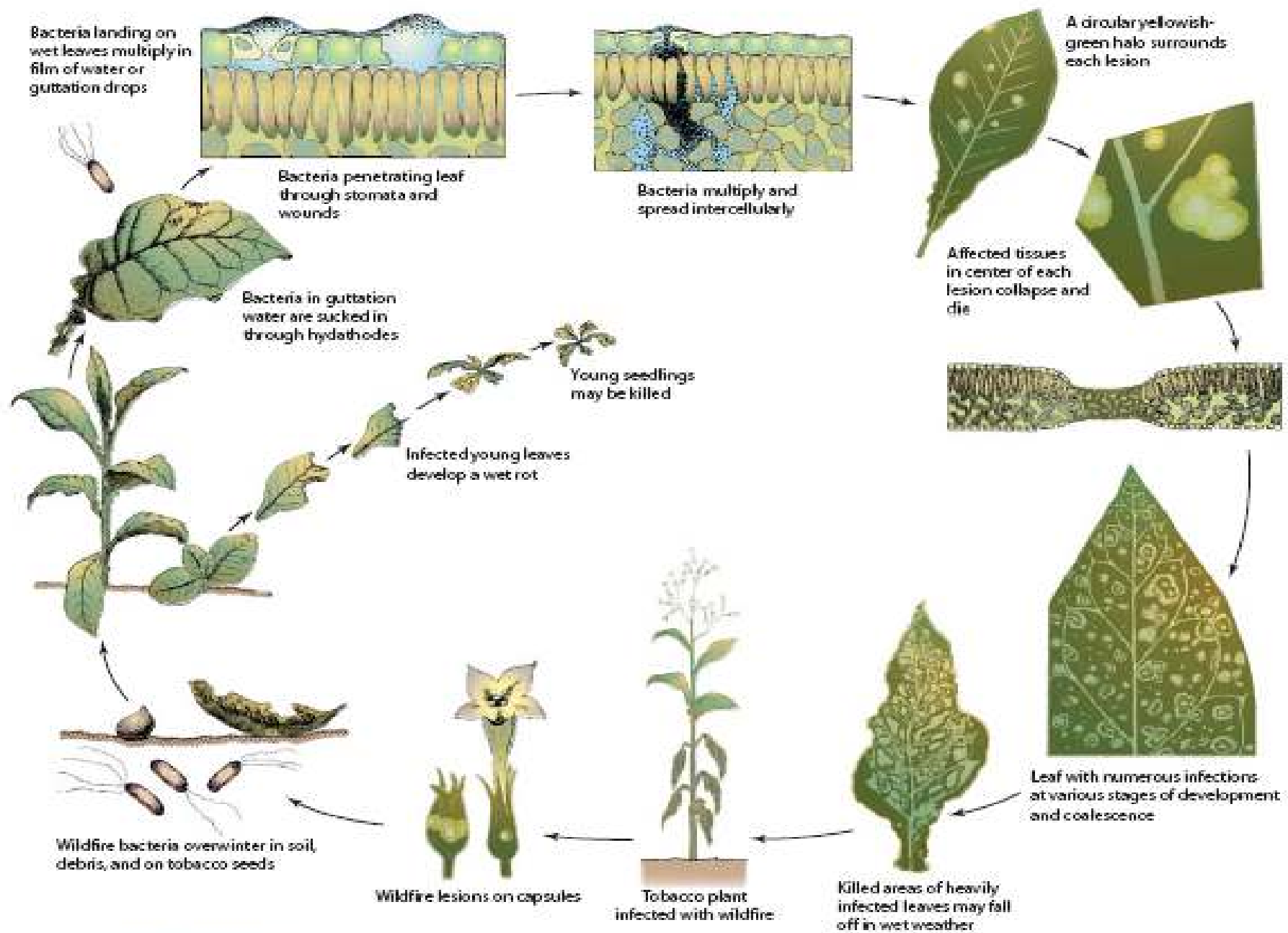
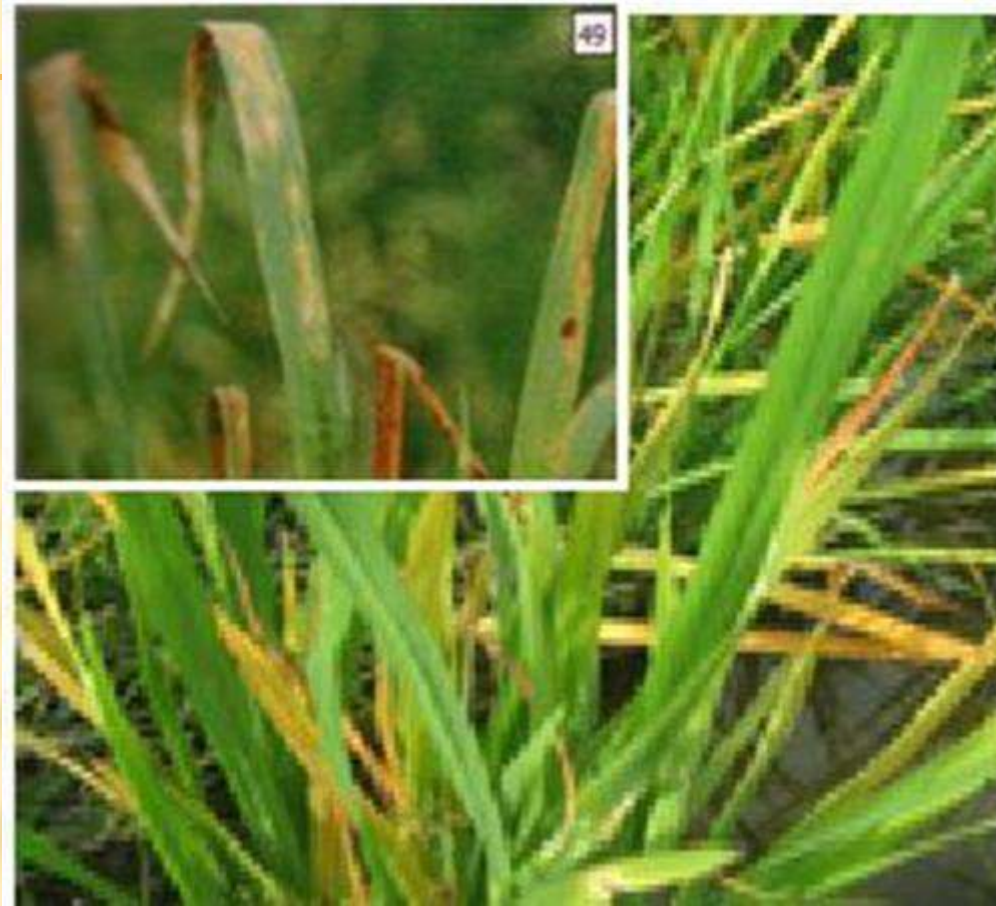


FIGURE 12-10 Disease cycle of a bacterial leaf blight, e.g., wildfire of tobacco or soybeans caused by *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*.



Xanthomonas oryzae



Xanthomonas axonopodis pv vesicatoria



Ralsonia solanacearum



Xanthomonas axonopodis pv citri



Ralsonia solanacearum

JAMUR SEBAGAI PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN

Jamur/Fungi/Cendawan

- . Berukuran mikroskopis, punya inti sejati (eukariotik), berbentuk benang (miselia), menghasilkan spora dan tidak punya klorofil
2. Mempunyai dinding sel yg mengandung kitin dan glucan (polisakarida dan glykoprotein)
3. Lebih dari 100.000 spesies sebagai saprofit (dekomposer), lebih dari 10.000 spesies dpt menyebabkan penyakit tanaman
4. Satu spesies dapat menginfeksi satu/lebih tanaman
5. Beberapa merupakan parasit obligat
6. Reproduksi secara seksual (spora) dan aseksual (fragmentasi)

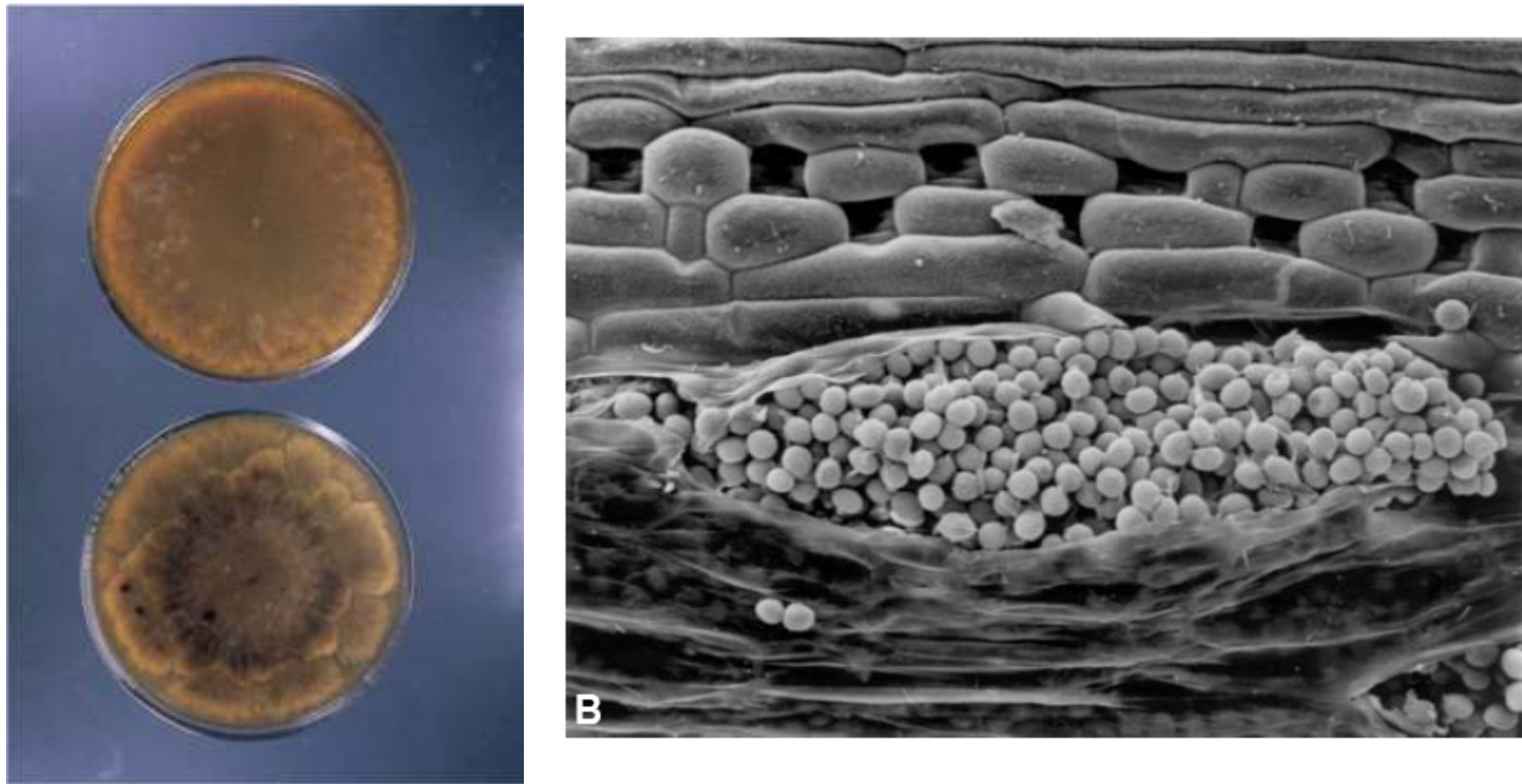


FIGURE 11-1 (A) Appearance of the vegetative body (mycelium) of two cultures of the apple-infecting fungus *Botryosphaeria* growing on a nutrient medium. (B) Fungal spores (teliospores) produced by a cereal smut-causing fungus in a leaf. [Photo (B) from Mims et al. (1998). Intern. J. Pl. Sci. 153: 289–300].

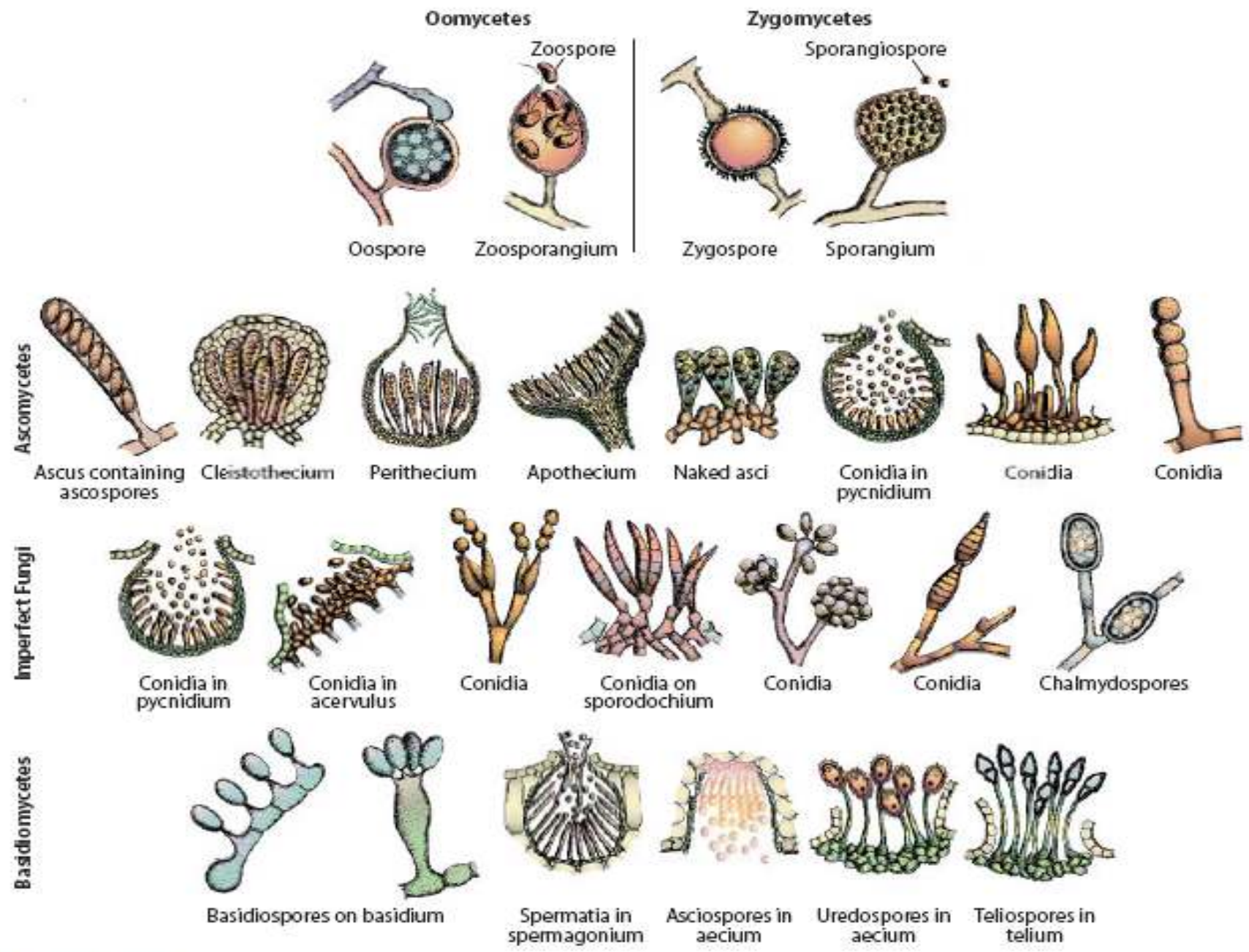
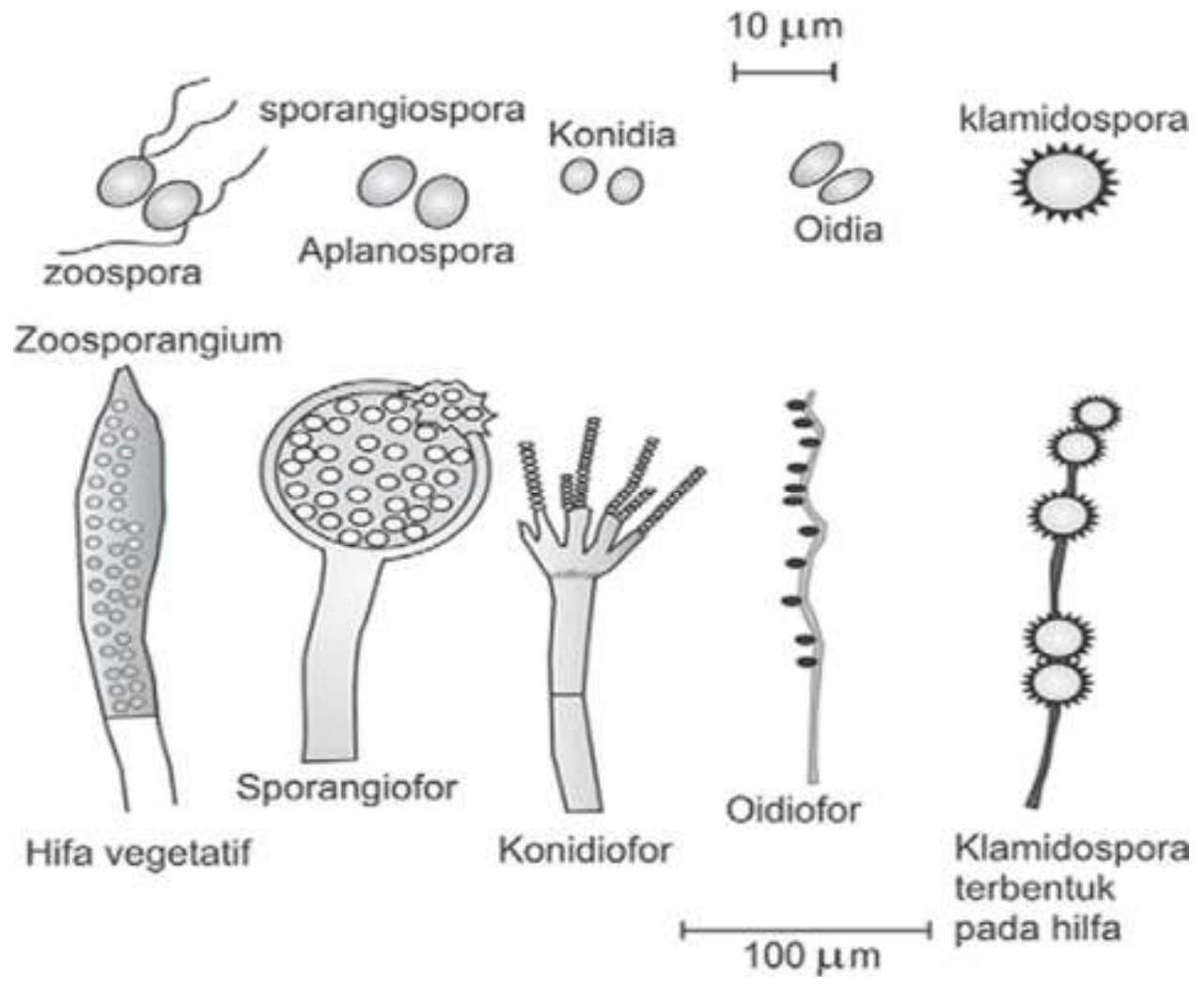
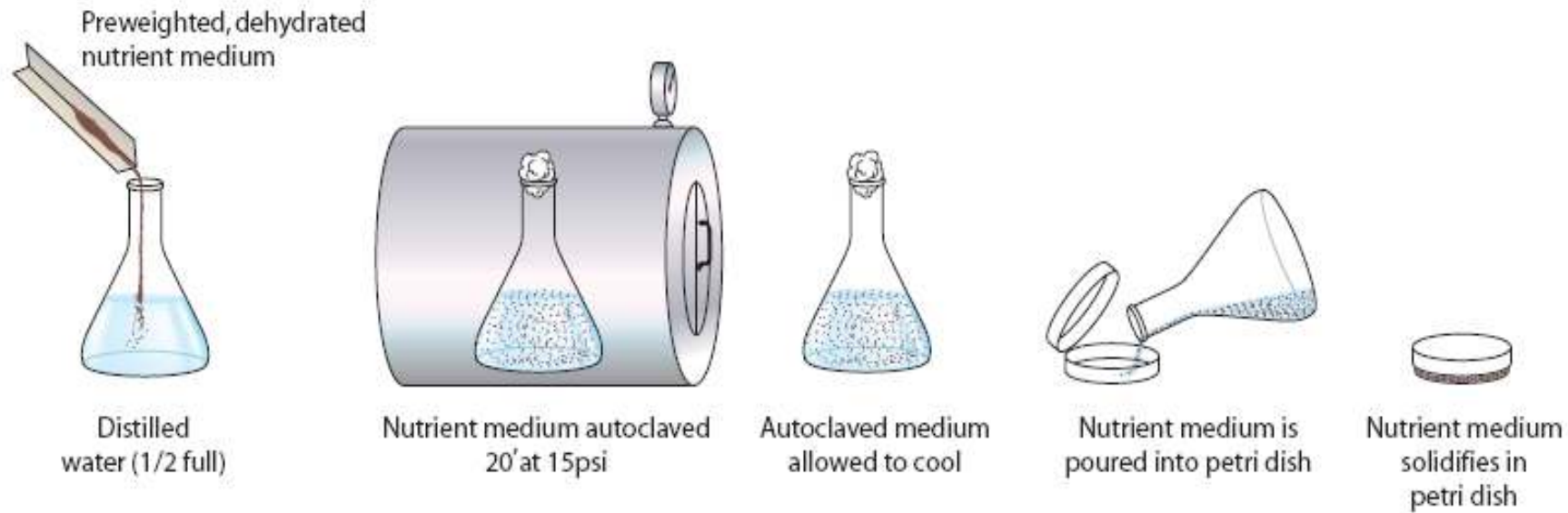
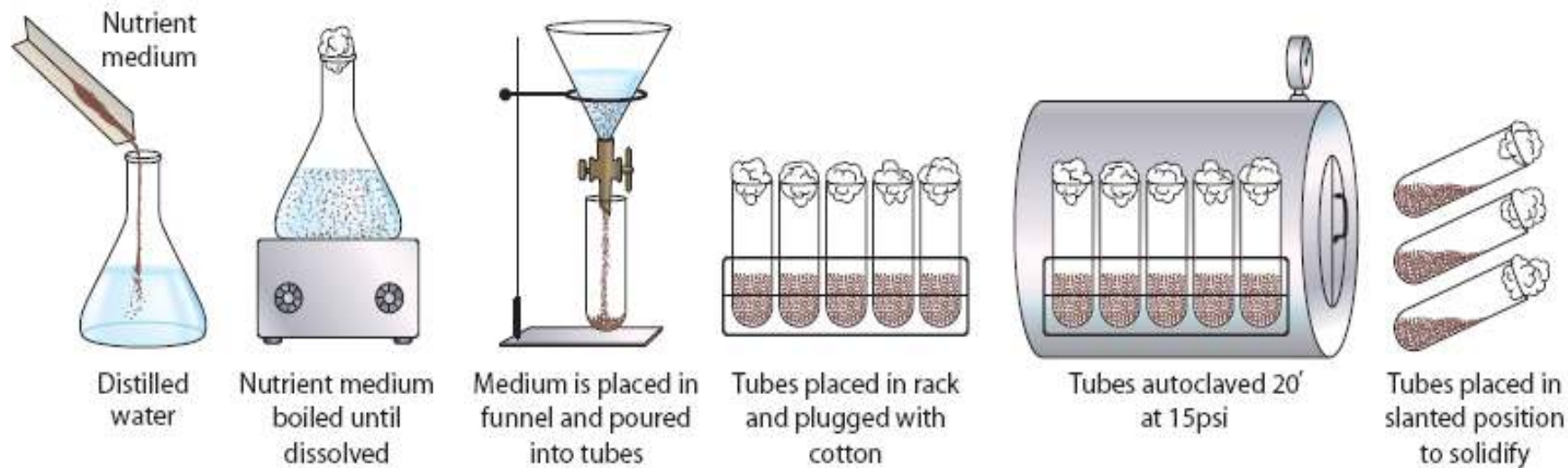


FIGURE 11-2 Representative spores and fruiting bodies of the fungal-like Oomycetes and the main groups of fungi.



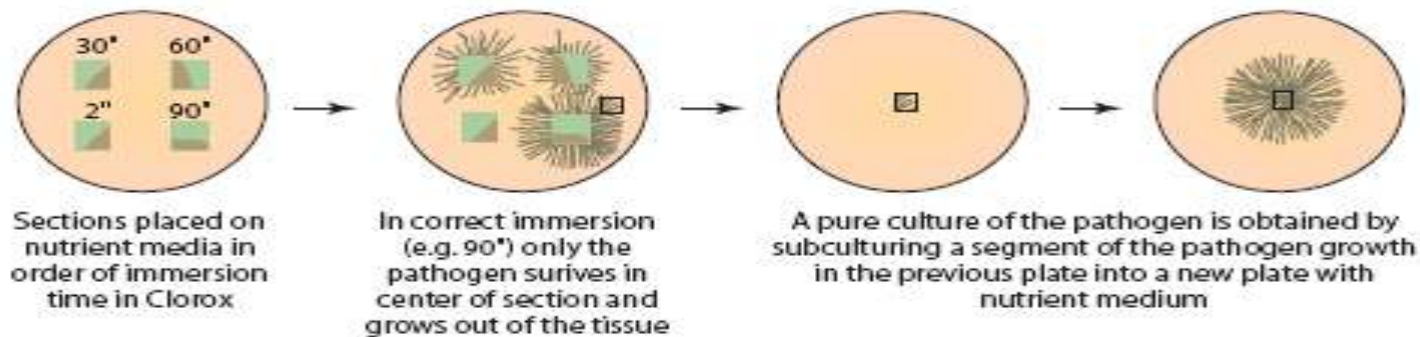
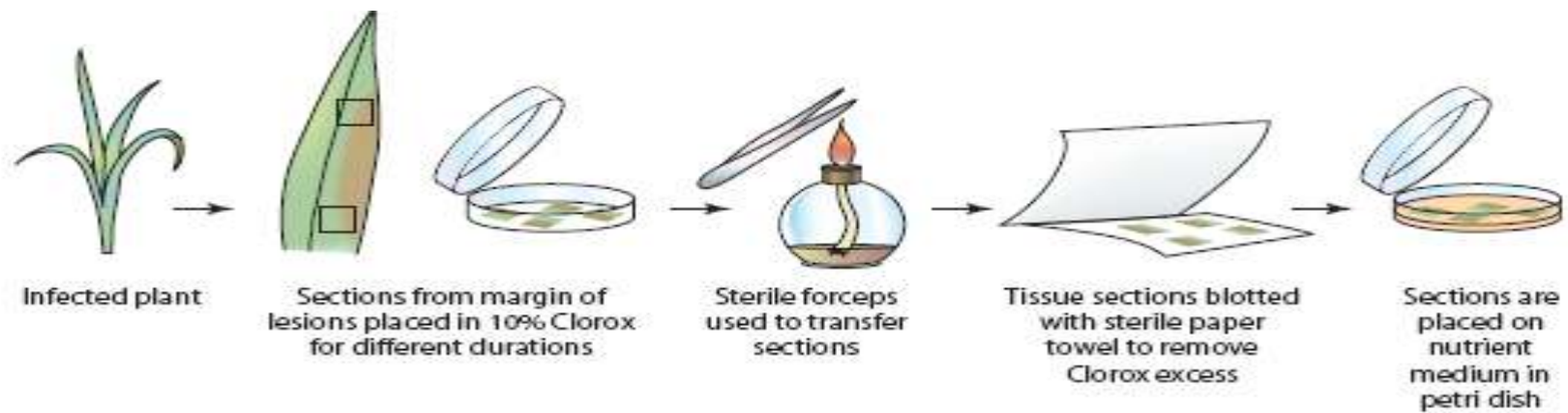


Preparation of solid media in plates (petri dishes)



Preparation of solid media in test tube slants

FIGURE 11-3 Preparation of solid nutrient media in plates (petri dishes) and in test tube slants.



A



B

FIGURE 11-4 Isolation of fungal pathogens from infected plant tissue.

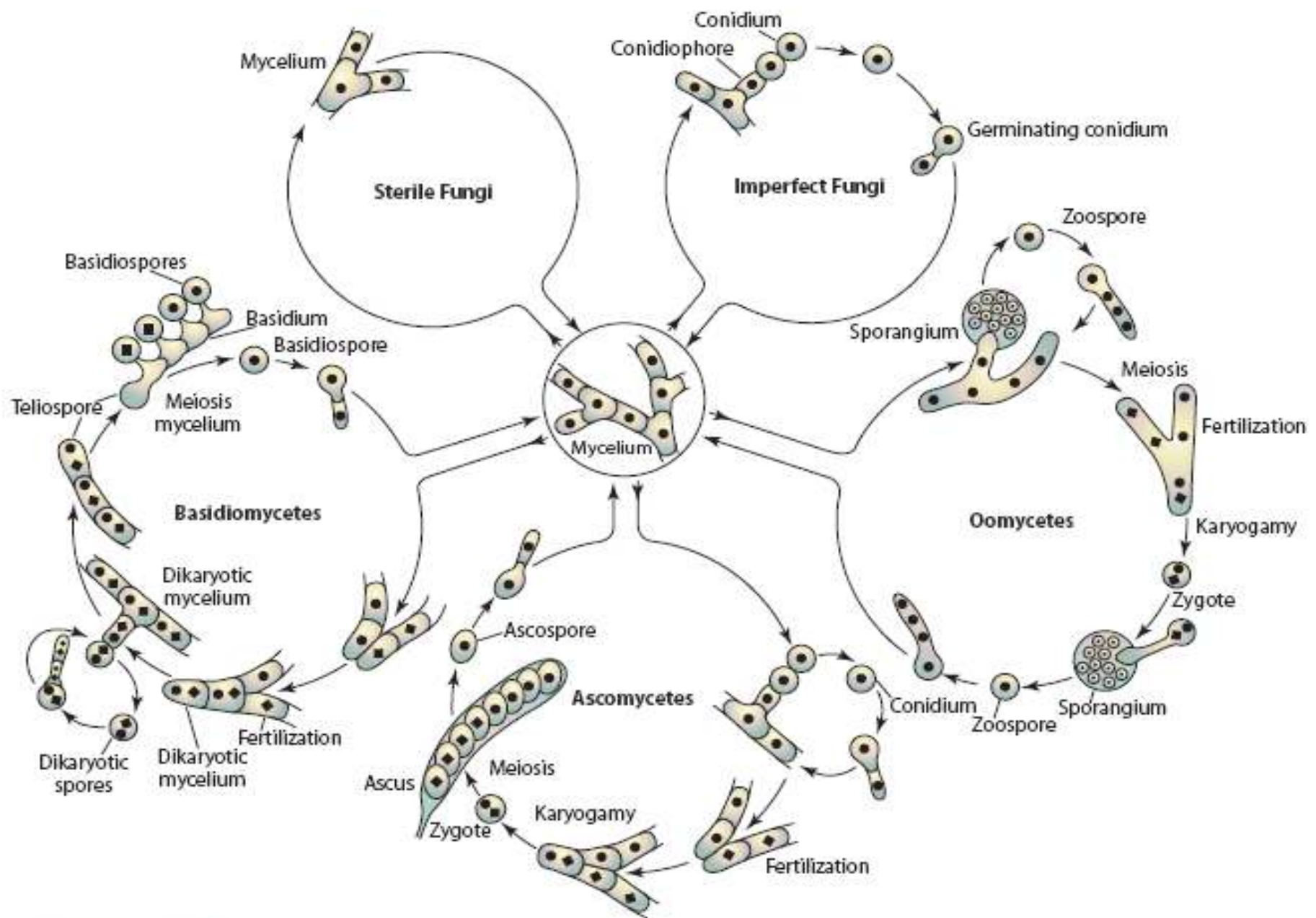


FIGURE 11-5 Schematic presentation of the generalized life cycles of oomycetes and the main groups of phytopathogenic fungi.







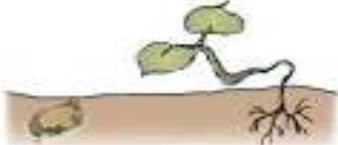














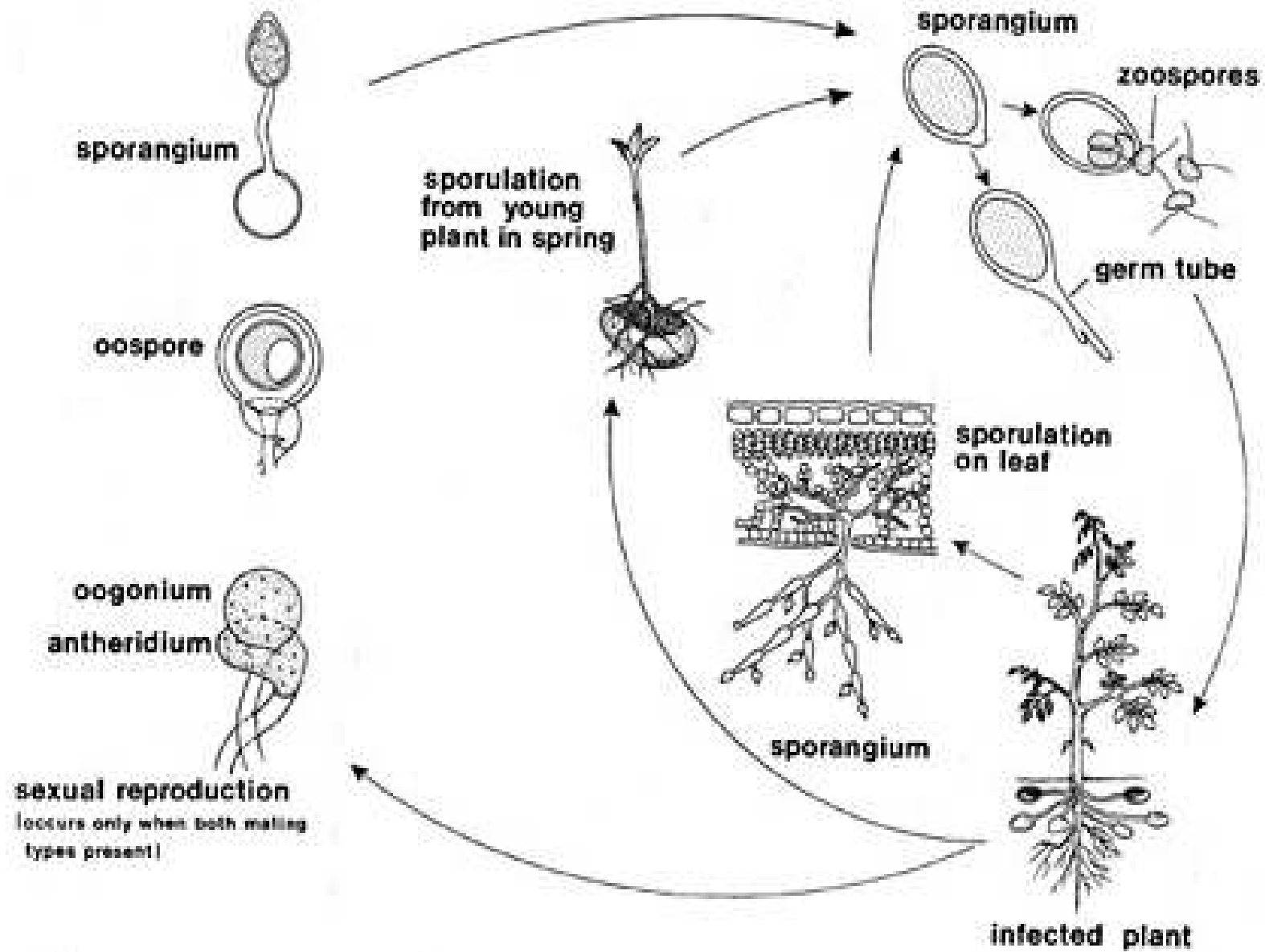
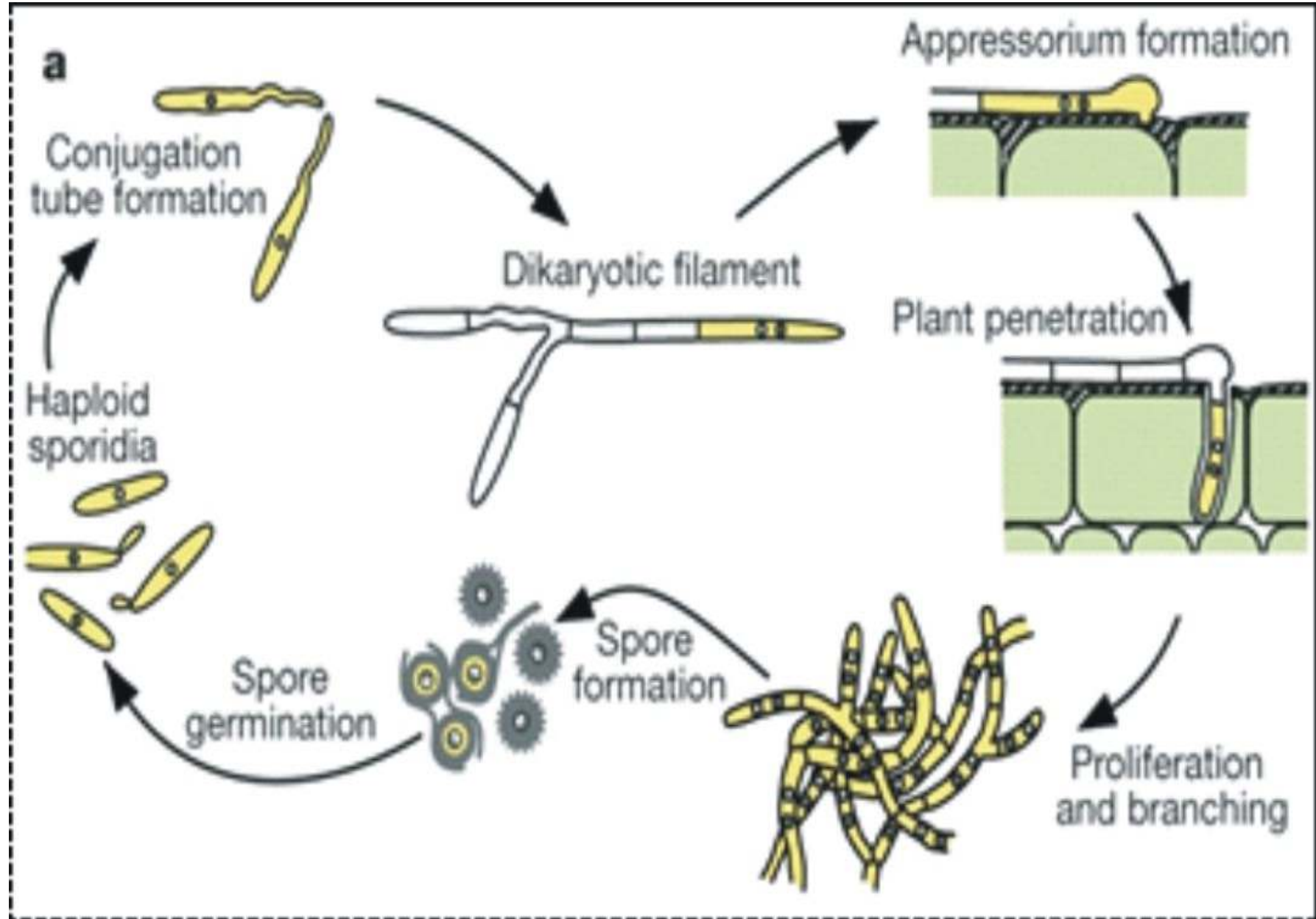
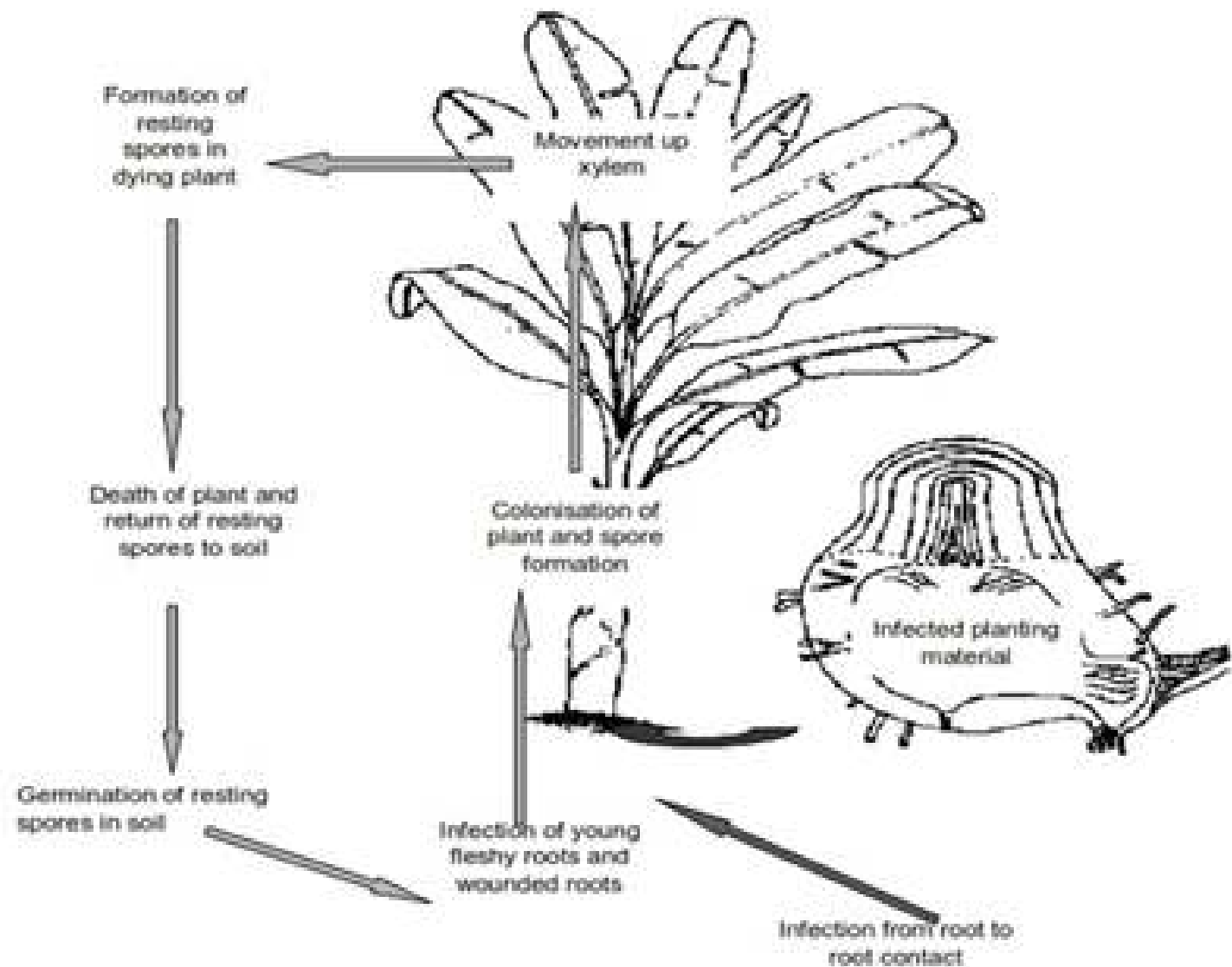
<p>Myxomycetes</p>  <p>Slime mold</p>	<p>Plasmodiophoromycetes</p>  <p>Clubroot of crucifers</p>  <p>Powdery scab of potato</p>		<p>Chytridiomycetes</p>  <p>Black wart of potato</p>  <p>Crown wart of alfalfa</p>  <p>Brown spot of corn</p>		
<p>Oomycetes</p>	 <p>Seed rot</p>  <p>Seedling damping off</p>  <p>Root and stem rot</p>  <p>Blight</p>  <p>Tuber rot</p>  <p>Soft rot</p>				
	 <p>White rust</p>  <p>Upper side</p>  <p>Lower side</p>  <p>Mildews</p>  <p>Oospores on soybean seed</p>				
<p>Zycomycetes</p>	 <p>Rhizopus soft rot (e.g. sweet potato)</p>  <p>Rhizopus fruit rot</p>  <p>Choanephora squash rot</p>  <p>Bread mold</p>				

FIGURE 11-8 The most common symptoms caused by some fungal-like organisms and some fungi.

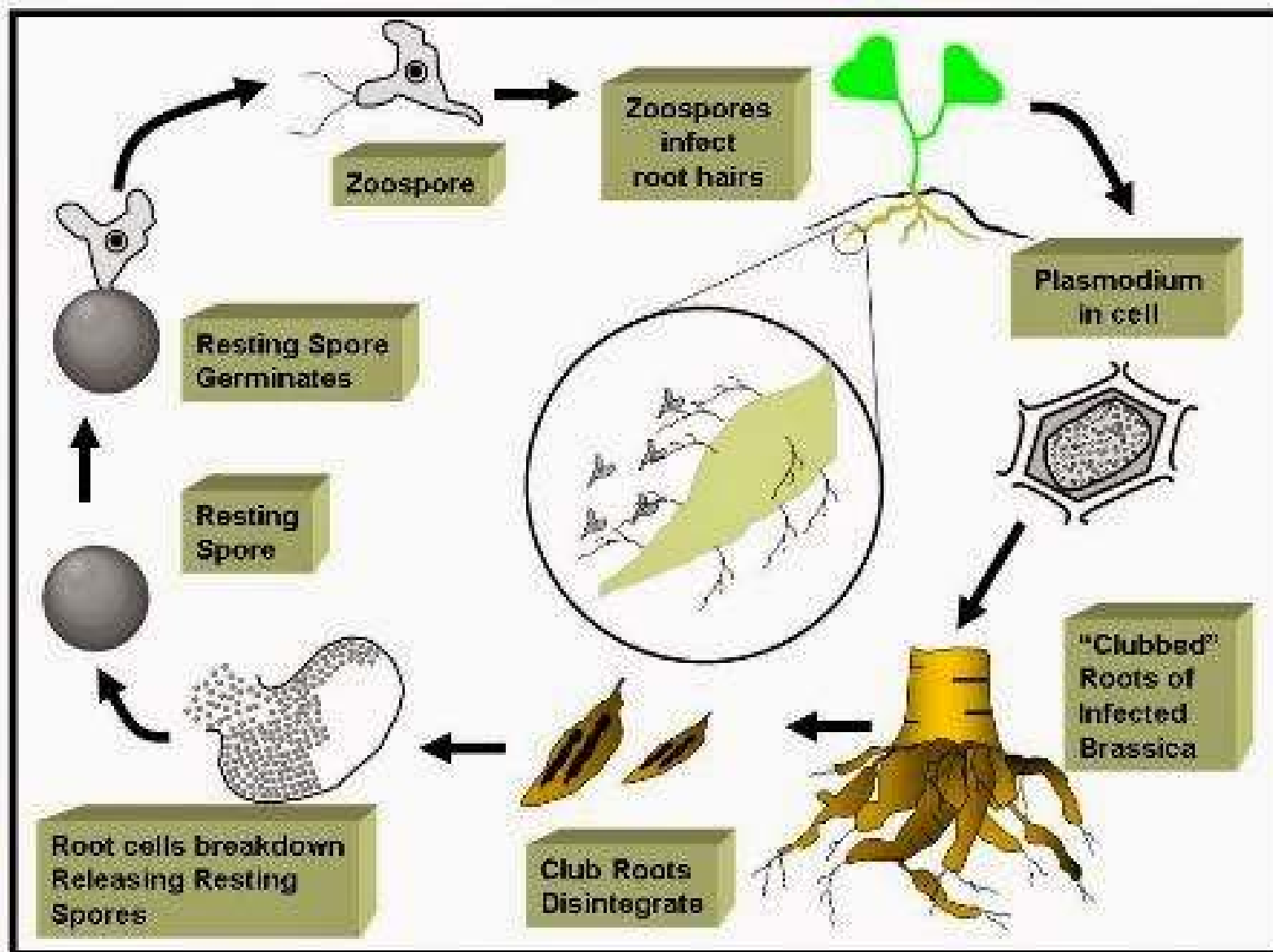
Proses infeksi jamur patogen tanaman

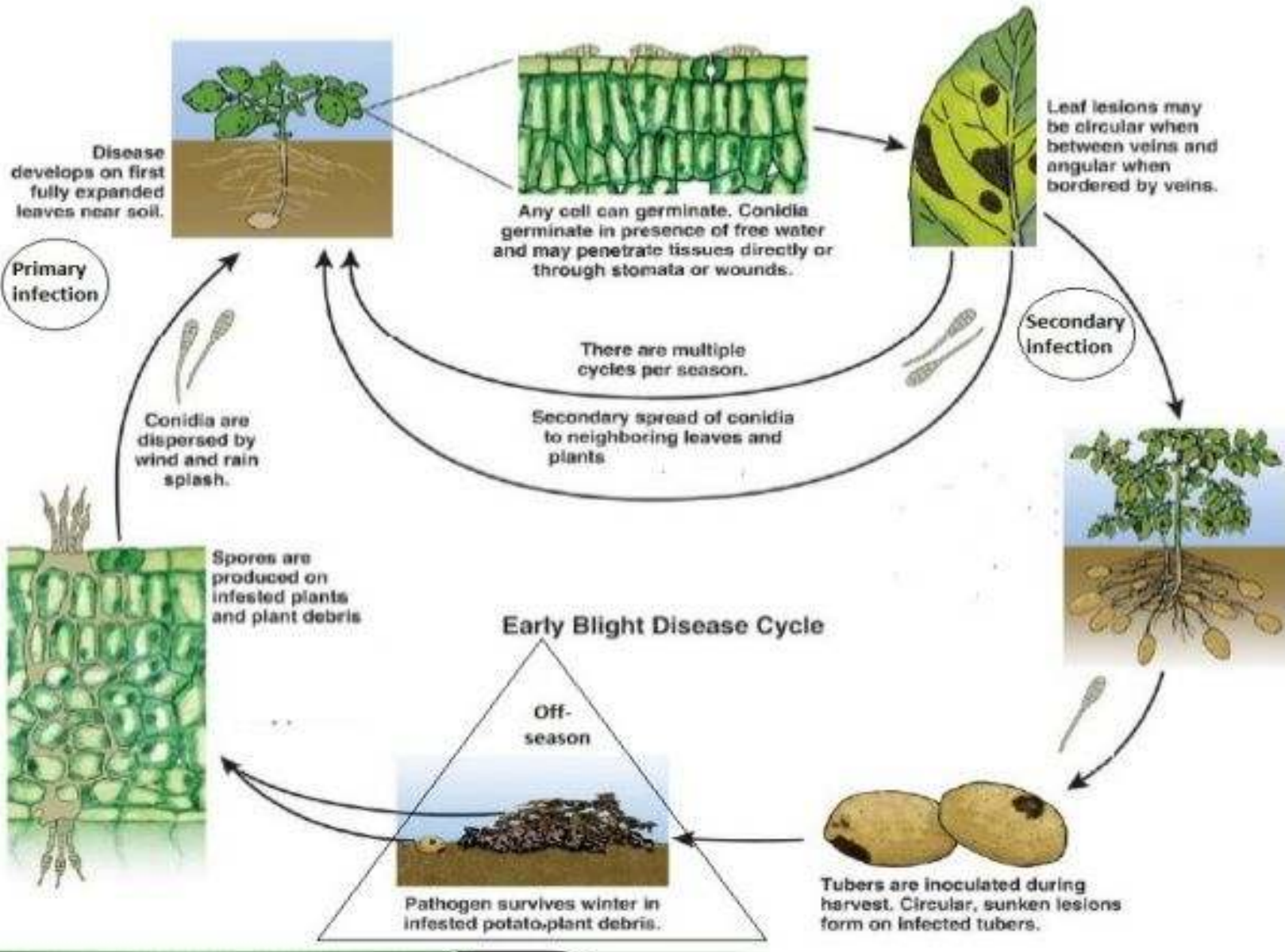






Gambar Siklus Hidup Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. ¶





KLASIFIKASI JAMUR

- Kelas
 - Plasmodiophoromycetes
 - Hypochytridiomycetes
 - Chytridiomycetes
 - Oomycets
 - Zygomycetes
 - Ascomycetes
 - Basidiomycetes
 - Deuteromycetes (= Fungi Imperfecti)

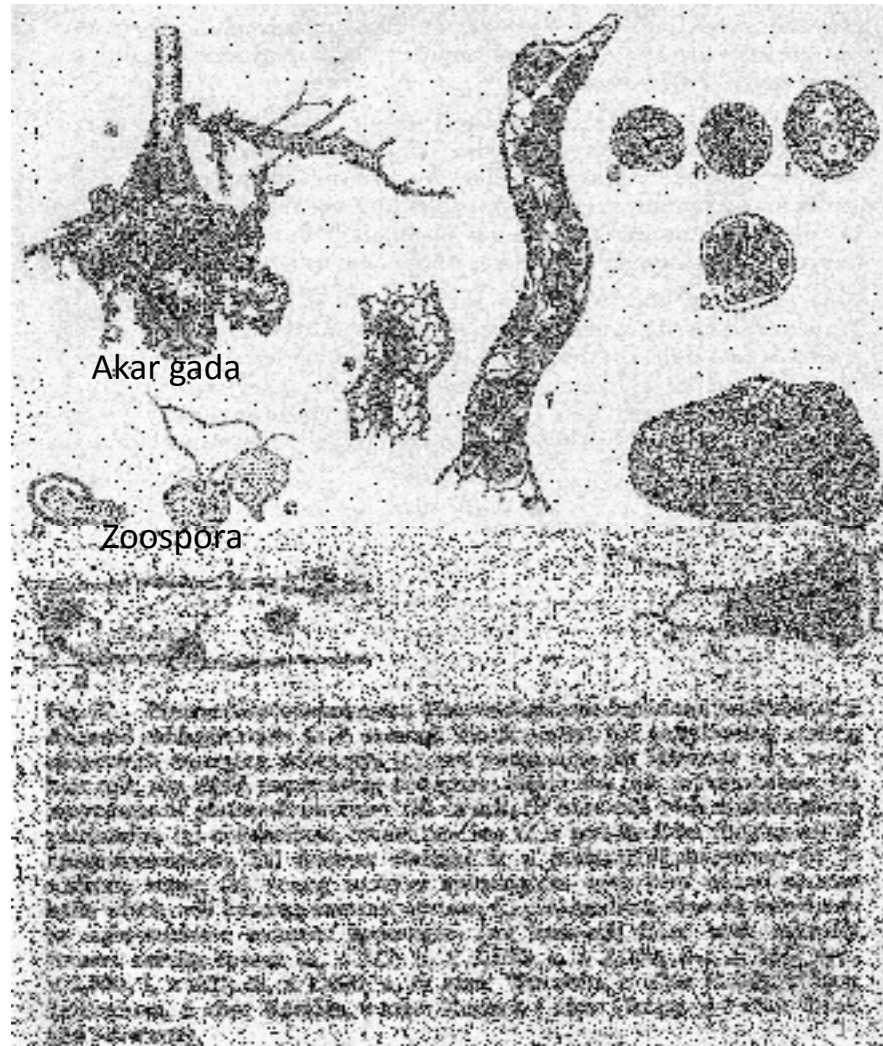
PLASMODIOPHOROMYCETES

- Jamur lendir endoparasit
 - Thallus berupa plasmodium
- Contoh
 - *Plasmodiophora brassicae* penyebab penyakit akar gada pada marga *Brassica* (kobisan)
- Pertumbuhan
 - Bila ada inang
 - Membentuk zoospora yg setelah masuk ke dlm sel akar akan berbentuk plasmodium
 - Plasmodium mengkoloni sel-sel
 - Bila tak ada inang
 - Zoospora membentuk dinding sel tebal (tahan)
 - Zoospora akan tumbuh lagi bila ada eksudat akar *Brassica*

HYPHOCHYTRIDIOMYCETES

- Jamur akuatik (dalam air)
- Hife tidak bersekat
- Membentuk zoospora berflagel tunggal pd bagian apikal
- Beberapa anggota parasit pada ganggang atau jamur akuatik lain
 - *Anisolpidium ectocarpi* - ganggang coklat
 - *Rhizidiomyces parasiticus* - jamur *Rhizophlyctis* sp.

PLASMODIOPHORA BRASSICAE



CHYTRIDIOMYCETES

- Jamur akuatik & terrestrial
- Thallus sederhana, hife tidak bersekat, membentuk
- Zoospora berflagel satu yg panjang & dpt berperan sbg gamet (sel kelamin)
- Contoh
 - *Olpidium brassicae* - *damping-off* kobis
 - *Synchytrium endobioticum* - bisul pd. Kentang
 - *Physoderma alfalfae* - bisul mahkota pd *lucerne*

OOMYCETES

- Hife tidak bersekat
- Reproduksi seksual dgn membentuk oospora
- Reproduksi aseksual dgn membentuk sporangium (kantong spora)
- Banyak anggota merupakan parasit penting
 - *Saprolegnia monoica* - ikan
 - *Phytophthora infestans* - kentang (hawar)
 - *Perenosclerospora maydis* - jagung (bulai)
 - *Plasmopara viticola* - anggur (tepung palsu)
 - *Pythium* spp. - *damping-off*

ZYGOMYCETES

- Hife tidak bersekat
- Reproduksi seksual dgn membentuk zigospora
- Reproduksi aseksual dgn membentuk sporangium
- Hidup sbg saprofit
 - *Rhizopus oligosporus* - jamur tempe
 - *R. nigricans* - jamur pd. roti
 - *Pilobolus* sp. - pd kotoran hewan
- Hidup sbg parasit
 - *Entomophthora muscae* - parasit lalat

ASCOMYCETES

- Hife bersekat
- Reproduksi seksual dgn membentuk askospora di dlm askus
 - Askus tersebar
 - Askus dlm ‘wadah’
 - apotesium
 - peritesium (spt botol),
kleistotesium (bola tertutup)

ASCOMYCETES

- Parasit & patogen tumbuhan
 - *Ceratocystis fimbriata* - kelapa (cairan merah)
 - *Venturia inaequalis* - hawar api (*fireblight*) apel
 - *Claviceps purpurea* - ergot gandum rye
 - *Sclerotinia sclerotiorum* - busuk buah
 - *Xylaria* spp. - busuk akar & pangkal btg
 - *Endothia parasitica* - hawar kastanye
- Saprofit
 - *Aleuria aurantia* - jamur kuping
 - *Morchella esculenta* - jamur morel (edibel)
 - *Helvella crispa* - jamur morel palsu (beracun)
 - *Tuber aestivum* - jamur trufel (edibel)

BASIDIOMYCETES

- Hife bersekat *dolipore*, membentuk hubungan jepit (*clamp connection*)
- Reproduksi seksual dgn membentuk basidiospora

BASIDIOMYCETES

- Parasit tumbuhan
 - *Exobasidium vexans*
 - *Fomes lignosus*
 - *Ganoderma* spp.
 - *Hemileia vastatrix*
 - *Puccinia graminis*
 - *Ustilago maydis*
 - Saprofit
 - *Phallus impudicus*
 - *Cyathus striatus*
 - *Lycoperdon* sp.
- cacar daun teh
 - jamur akar putih
 - jamur akar coklat/merah
 - jamur karat kopi
 - jamur karat gandum
 - jamur gosong bengkok
 - jamur bangkai
 - jamur sarang burung
 - jamur 'emposan'

BASIDIOMYCETES

- Jamur mikoriza: simbiosis dgn akar tumbuhan
 - *Amanita* spp.
 - *Boletus* spp.
 - *Pisolithus tinctorius*
- Jamur edibel
 - *Agaricus campestris*, *A. bisporus*
 - *Auricularia auricula*
 - *Pleurotus ostreatus*
 - *Volvariella volvacea*

DEUTEROMYCETES (FUNGI IMPERFECTI)

- Hife bersekat
- Kelompok yg belum ditemukan reproduksi seksualnya
 - Kelompok sementara
- Reproduksi aseksual dgn fragmentasi hife atau pembentukan konidium

PEMBENTUKAN KONIDIUM

A. Tidak dlm 'wadah' (tersebar bebas)

- Ordo Moniliales

B. Dalam 'wadah'

- Ordo Melanconiales - pd. apotesium
- Ordo Sphaeropsidales - dlm. piknidium

MONILIALES

- Parasit tumbuhan dan perusak pasca panen
 - *Aspergillus* spp.
 - *Fusarium* spp.
 - *Verticillium* spp.
 - *Penicillium* spp.
 - *Cercospora* spp.

MELANCONIALES

- Parasit tumbuhan
 - *Colletotricum* spp.
 - *Gaeosporium* spp.

SPHAEROPSIDALES

- Parasit tumbuhan
 - *Diplodia* spp.
 - *Botryodiplodia* spp.
 - *Phoma* spp.

Contoh penyakit tanaman yang disebabkan jamur patogen



Gejala Penyakit yg
disebabkan oleh Jamur :
(Phytophthora infestans)



Becak daun *Alternaria kubis*
(*Alternaria brassicae*)



Penyakit Layu Fusarium



Gambar *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc); a) Cendawan *F. oxysporum* dan b) Konidia cendawan *F. oxysporum* pada media PDA. ¶



PATOGENESIS

PATOGENESIS (*pathogenesis*):

Urut-urutan peristiwa dari patogen dalam menimbulkan penyakit.

Rangkaian pembentukan penyakit dengan tahapan proses yang berkesinambungan membentuk sebuah siklus.

PATOGENISITAS (*pathogenicity*):

Kemampuan patogen untuk menimbulkan penyakit.

Pathogenesis & Parasitism

Parasite : Parasitism

Symbiosis, Mycorrhiza --→ Menguntungkan

Pathogen : Pathogenesis → kerusakan /
penyakit

Levels of Parasitism

Symbiotic ----- Pathogenic

1. Parasite

- a Bertahan hidup pada seluruh atau hanya disebagian jaringan tanaman
- b Bisa patogen ataupun bukan patogenik
- c Saprofit Fakultatif
- d Parasit Fakultatif
- e Parasit Obligat
- f Nekrotrof

Level of Parasitism

2. Symbiosis

Dua organisme berasosiasi dan saling menguntungkan

Fungi	-----	algae
Rhizobium	-----	legume plant nodules
Mycorrhizal	-----	bentgrass (<i>Glomus</i> spp.)
Endophytes	-----	fescue, ryegrass (<i>Acremonium</i> <i>coenophialum</i> and <i>A. lolii</i>)

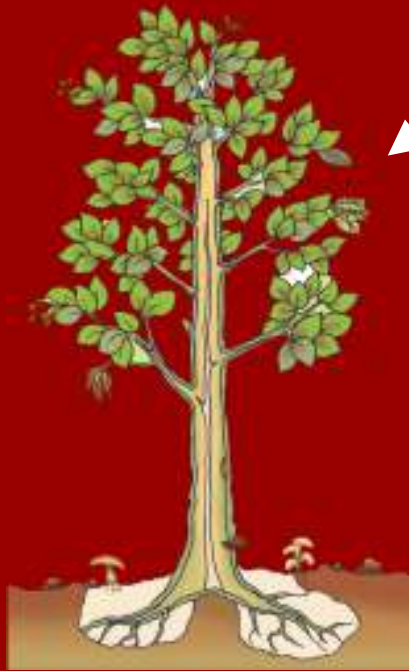
Host range of the pathogen

Disease development

- Disease triangle
- Disease tetrahedron



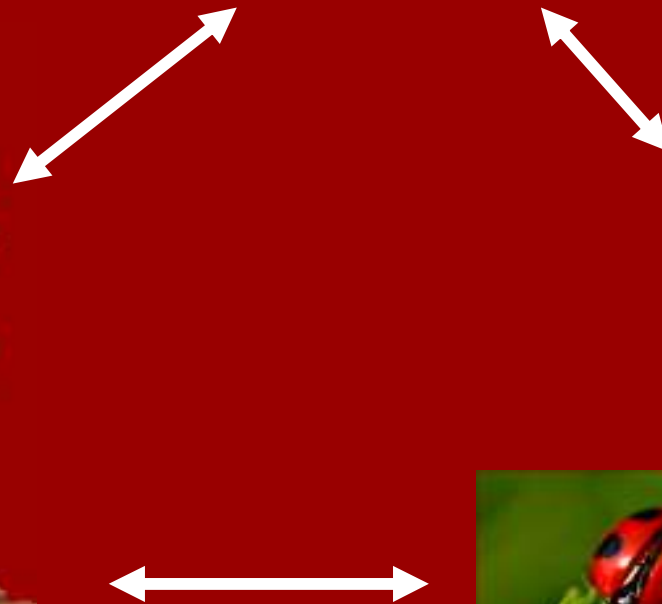
Patogen



**Tumbuhan
Inang**



**Lingkungan
(biotik & abiotik)**

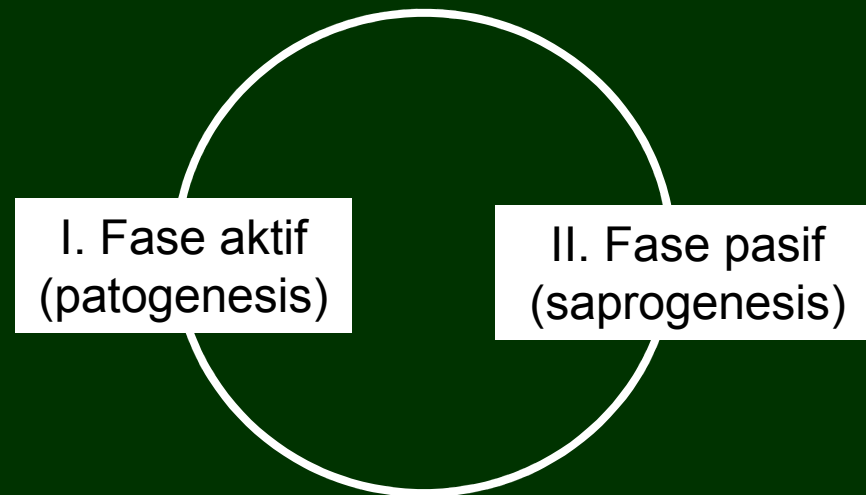


Terminology

- Inoculation
- Inoculum
 - Primary inoculum
 - Secondary inoculum
- Inoculum density
- Infection
- Invasion
- Perpetuation/perennatio / survival
- n Dissemination/
- Dispersal Host
- Predisposition
- Disease escape
- Invasion
- Colonization

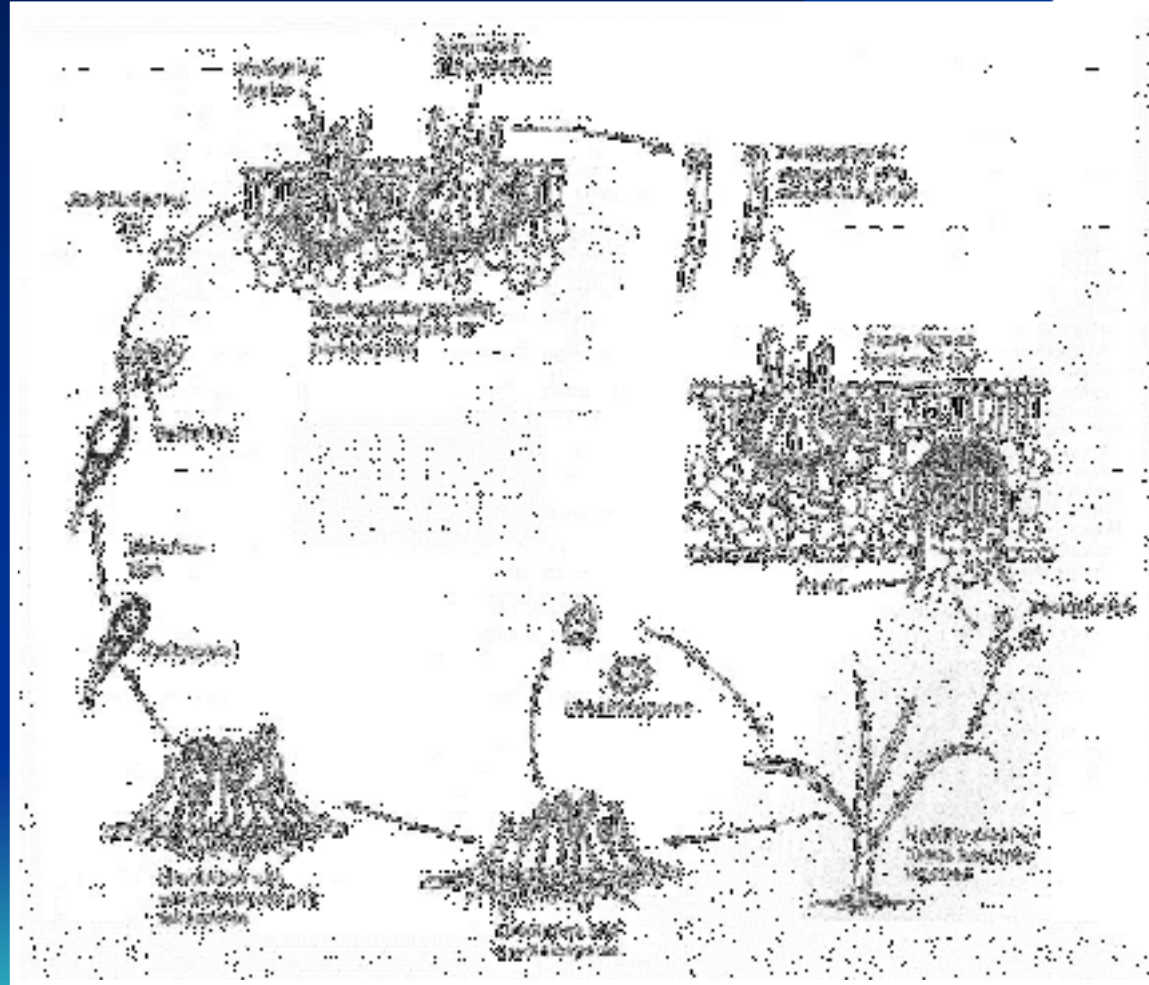
Jadi, dalam pembentukan dan perkembangan tiap penyakit menular (*infectious diseases*) terjadi suatu seri dari beberapa tahap atau proses yang berlangsung kontinyu secara berurutan.

Proses yang terjadi secara berurutan dalam pembentukan dan perkembangan penyakit disebut *siklus penyakit*.



Events in Disease Cycle

- Inoculation
- Penetration
- Infection
- Invasion
- Reproduction
- Dissemination
- Survival





**I. Fase aktif
(patogenesis)**

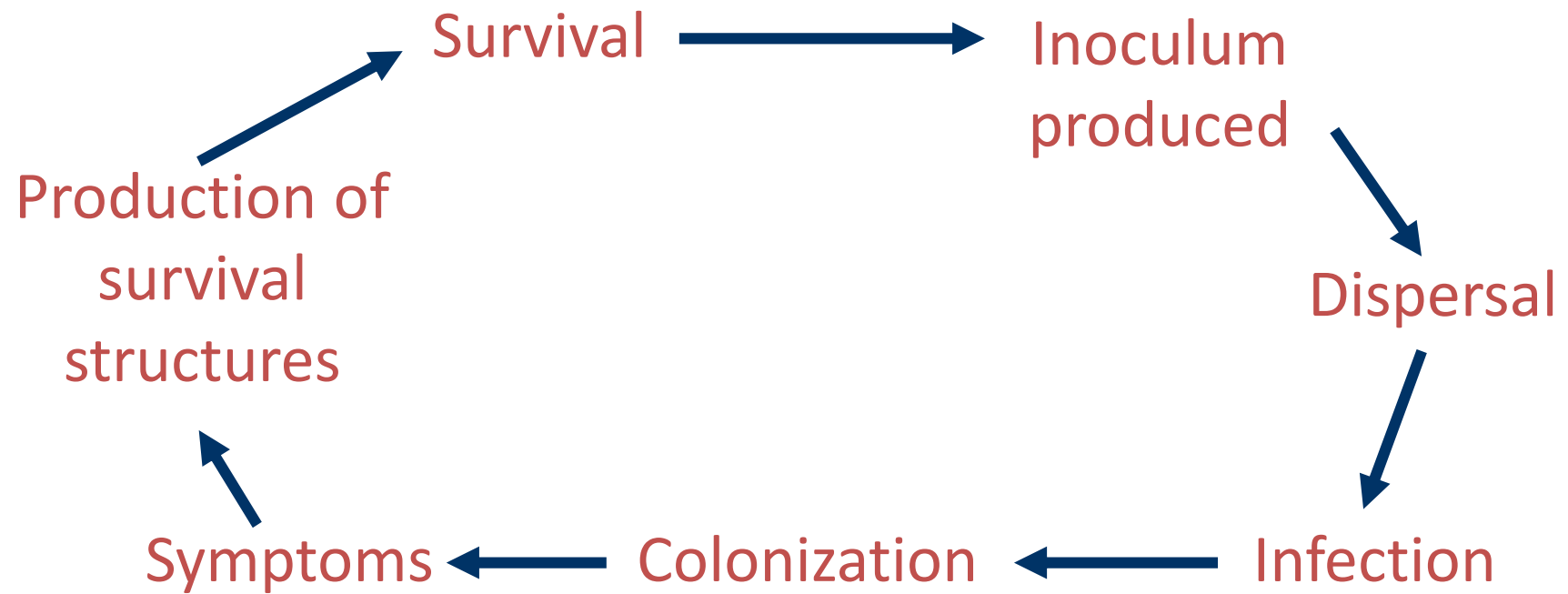
**II. Fase pasif
(saprogenesis)**

Beberapa inokulum (*pathogen*) mungkin tidak mendarat pada inang yang rentan (*susceptible*) dan tidak pada kondisi lingkungan yang kondusif untuk bertahan dan tumbuh/ berkembang.

Sehingga, patogen harus bertahan sampai kondisi lingkungan kembali sesuai untuk melangsungkan PATOGENESIS.

Bila kondisi lingkungan yang sesuai telah tercapai, maka akan berlangsung inokulasi, penetrasi, dan seterusnya sehingga siklus penyakit berulang kembali.

Siklus Penyakit



Perbandingan antara siklus penyakit

	Fungi	Bacteria	Viruses	Nematodes
Survival	Crop residue Soil Alt. hosts -	Crop residue Soil Alt. hosts Insect vectors	- - Alt. hosts Insect vectors	Crop residue Soil - -
Dispersal	Wind Rain Insects	Wind Rain Insects	- - Insects	Tillage Equipment Water run-off
Infection	Directly Wounds Insect feeding	- Wounds Insect feeding	- - Insect feeding	Directly - -



1. Inokulasi

2. Penetrasi

3. Infeksi

4. Kolonisasi

5. Diseminasi

1. Inokulasi

Proses deposisi atau kontaknya inokulum pada permukaan jaringan inang.

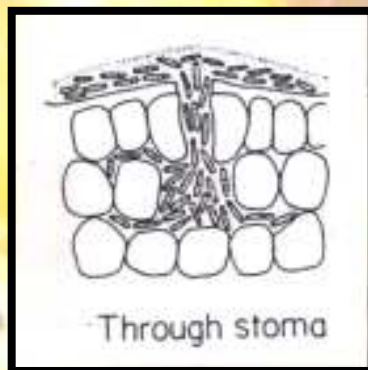
Tempat kontak patogen: lubang alami (→ stoma, lentisel, hidatoda dan retakan karena pertumbuhan) & luka (→ gigitan serangga).

2. Penetrasi

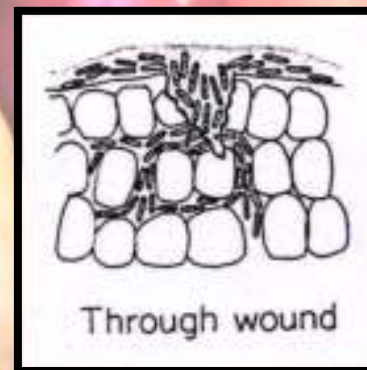
Proses masuknya patogen ke dalam inang.

Penetrasi aktif: patogen berpartisipasi aktif menembus dinding sel dan masuk ke dalam jaringan inang.

Penetrasi pasif: patogen tidak berpartisipasi aktif, misalnya ketika bakteri terbawa oleh film air melalui stomata masuk ke dalam jaringan inang.



atau

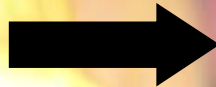


Gambar: *scanning electro micrograph* (SEM) dari spora cendawan karat (*Uromyces phaseoli*) pada tanaman kacang.



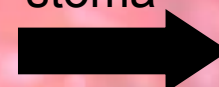
Spora berkecambah

6 jam



Membentuk apresoria

via stoma



Membentuk hifa infeksi (*penetration peg*)

Penetrasi aktif: dilakukan dengan adanya tekanan mekanik atau kerja enzimatis dari hifa patogen.

Penetrasi pasif: dilakukan melalui luka atau lubang alami dari inang (stomata, lentisel, lubang hidatoda, dan kelenjar sekresi).

Inokulum

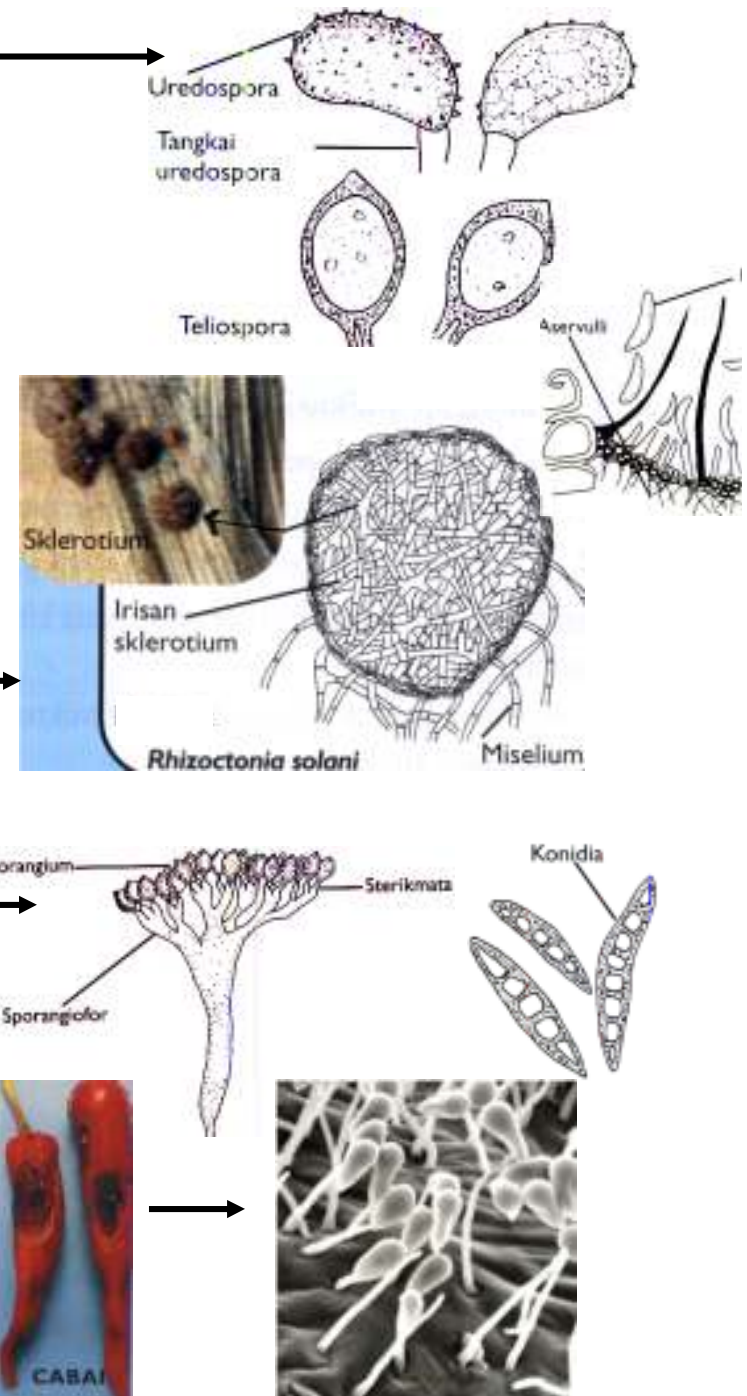
Struktur dari patogen yang dapat menimbulkan infeksi.

Tipe inokulum:

- spora seksual
- spora aseksual
- potongan miselium
- tubuh sklerotia
- rizomorf
- miselium dorman (dalam benih)

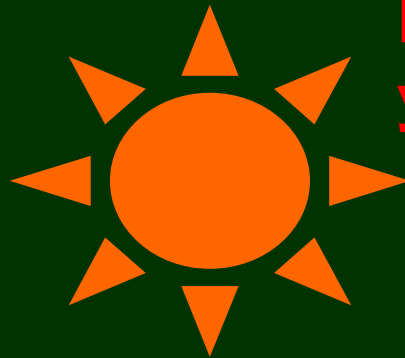
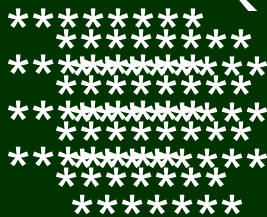
Sumber inokulum

Bagian/ keseluruhan tumbuhan, alat, tanah, tempat penyimpanan, serangga, dll yang berpotensi membawa inokulum



Penyebaran inokulum

- Angin —→ *take off, flight, deposisi.*
- Air/ hujan —→ *memindahkan spora dan mengaktifkan metabolisme.*
- Serangga (sebagai vektor) —→ *terbawa pada tubuh/ organ pemotong.*
- Benih atau pun bagian lain —→ *virus/ viroid, bakteri, cendawan.*
- Manusia —→ *jarak jauh.*



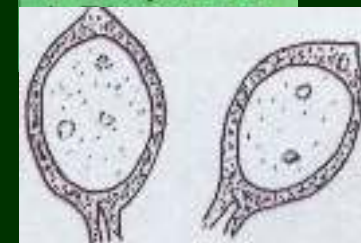
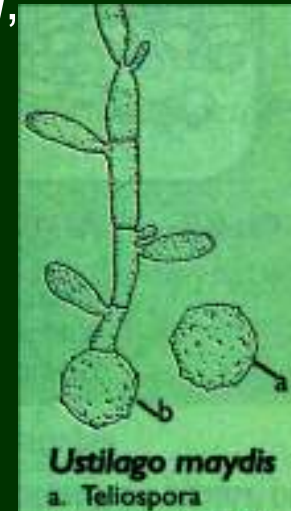
Lingkungan yang ekstrim

Iklm temperate (subtropik) patogen harus mampu bertahan pada kondisi ekstrim.

Caranya

Cara patogen bertahan pada kondisi ekstrim :

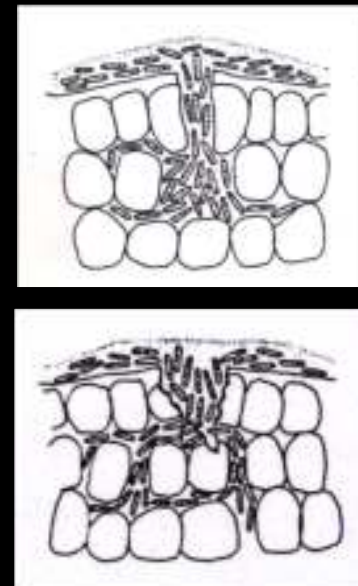
- Bentuk saprofit pada sisa-sisa bagian tumbuhan yang mati dalam tanah → cendawan penghuni tanah (*soil inhabitant*) misal: *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*; cendawan penyerbu tanah (*soil invader*) misal: *Helminthosporium*, *Septoria*.
- Membentuk struktur berdinding tebal dan resisten → teliospora, oospora, askospora.
- Bertahan dalam gulma atau inang lainnya,
- Bertahan pada tubuh serangga vektor, dan
- Bertahan pada benih.

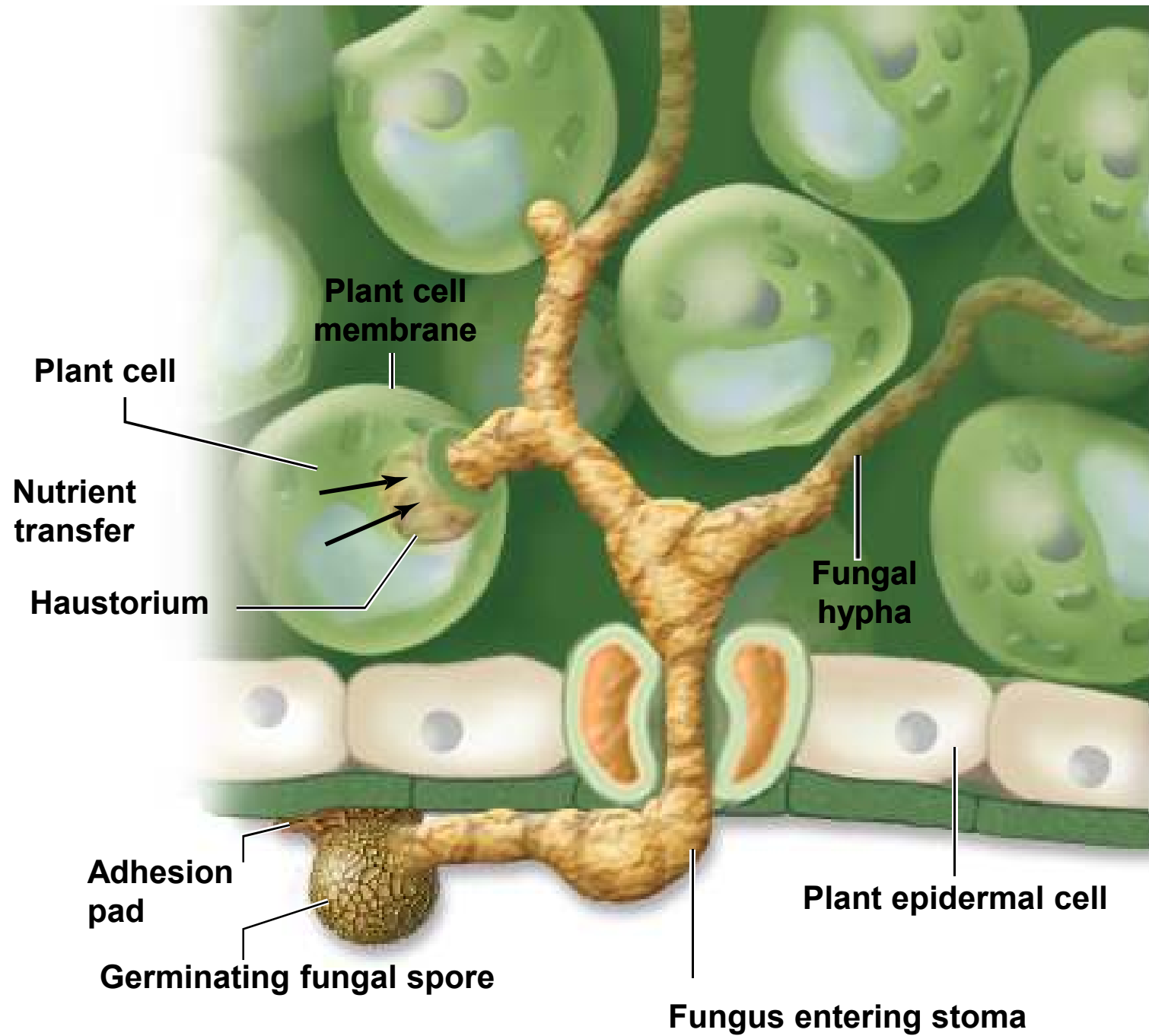


karat daun karet

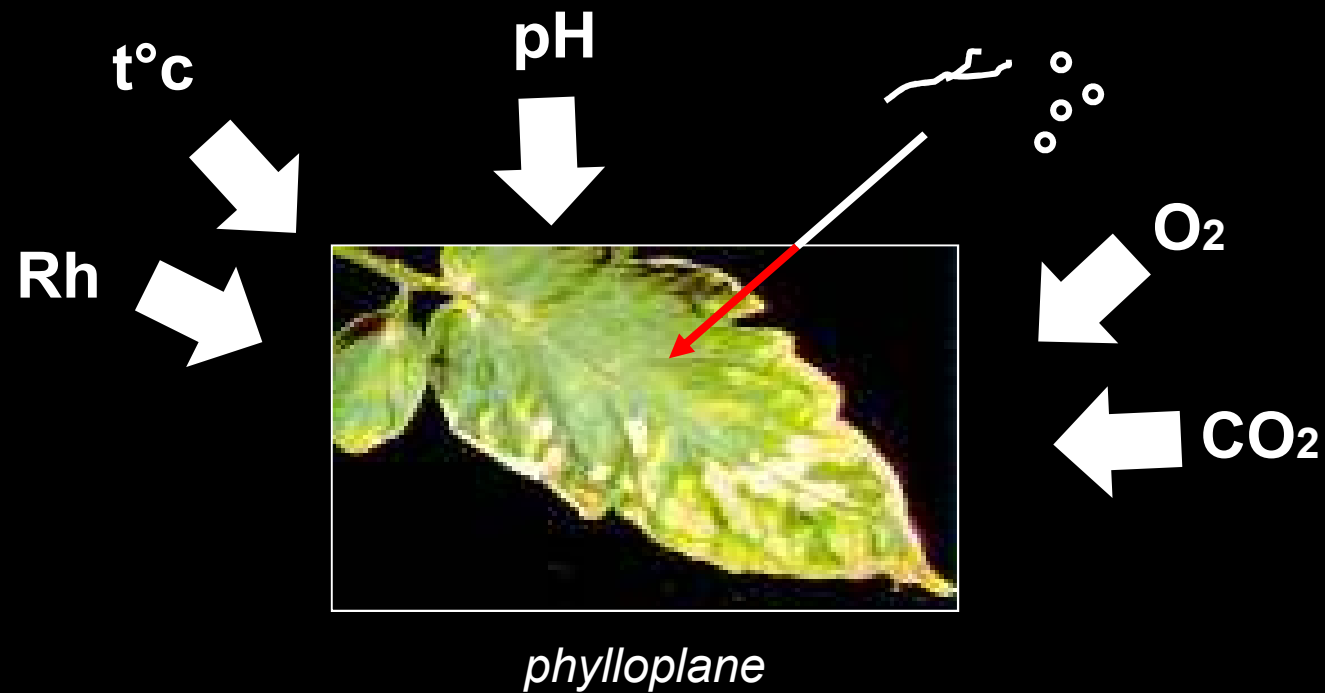
Penetrasi

Patogen untuk pertumbuhan dan perkembangannya perlu makanan (nutrisi). Karena nutrisi yang dibutuhkan berada dalam jaringan inang maka untuk mendapatkannya ia harus melampaui berbagai rintangan. Patogen harus menembus (*penetrate*) lapisan pelindung dinding sel inang. Bahkan setelah berhasil menembus lapisan luar dinding sel, patogen masih harus menembus lapisan-lapisan lain dari dinding sel

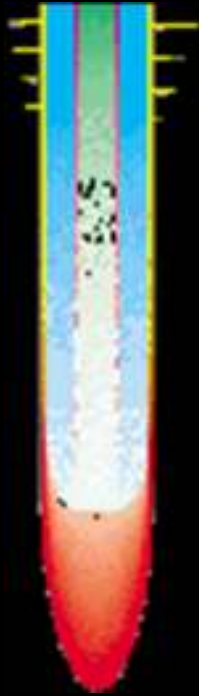




a. Pra-penetrasi



Deposisi suatu inokulum di tempat infeksi sebelum penetrasi terjadi dipengaruhi oleh faktor fisik, kimia, dan biologi

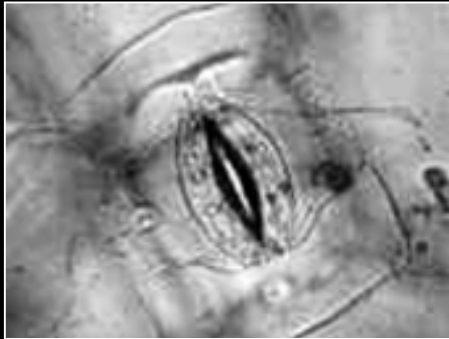


Permukaan akar (*rhizoplane*) yang berada di rizosfer banyak mengandung senyawa metabolit yang diproduksi oleh akar dan dapat dimanfaatkan oleh mikro organisme.

Beberapa hifa cendawan patogenik dapat tumbuh ke arah akar tumbuhan yang rentan (inang) karena adanya daya tarik kimia (*chemotrophic attraction*) berupa gula, asam organik, asam amino, dll.

Namun pada tumbuhan yang resisten, akarnya memproduksi zat penghambat pertumbuhan patogen. Misal: sekresi akar kapri mampu menghambat pertumbuhan spora *Fusarium* sp. strain yang lemah.

a. Penetrasi



Bakteri patogenik umumnya masuk via stomata yang terbuka. Beberapa cendawan patogenik yang biasanya masuk via stomata: *Plasmopara viticola*.

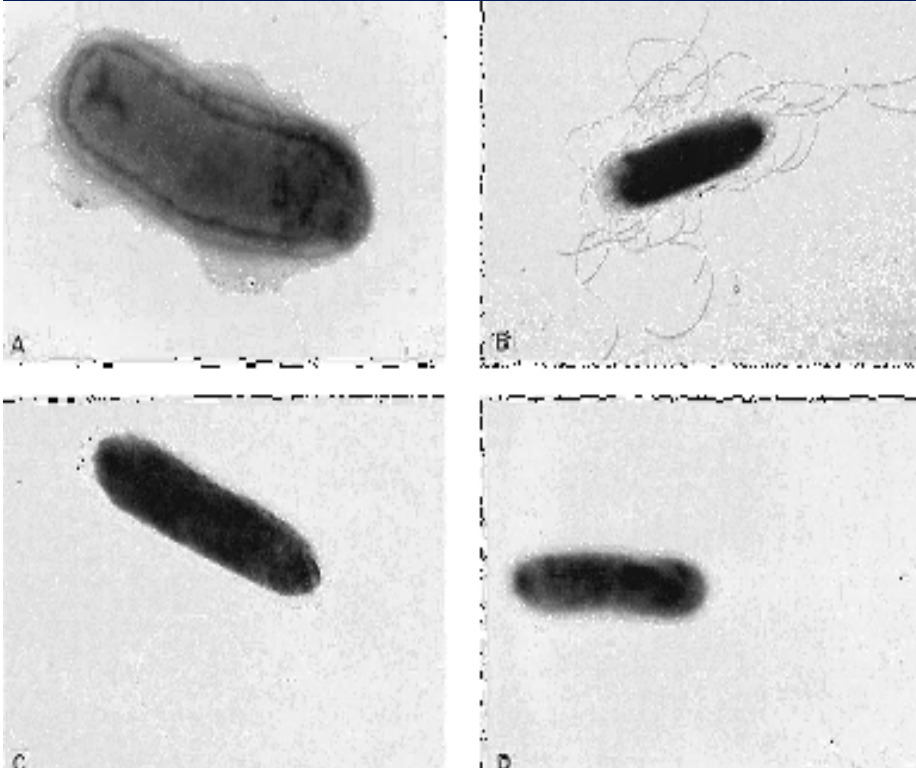
Sedangkan yang dapat masuk via stomata terbuka maupun tertutup adalah *Puccinia graminis* (malam saat stomata tertutup) uredosporanya berkecambah dan menjulurkan tabung kecambahnya ke lubang stomata. Pada saat siang hari (saat stomata terbuka) di ujung apresoria dibentuk *penetration peg (pp)* yang mampu menembus *guard cells* dan menembus lubang stomata. Lalu “*pp*” membentuk vesikel dan hifa penetrasi → haustorium.

Lubang alami lainnya yang berperan dalam penetrasi adalah :

- Lentisel : *Erwinia carotovora* (busuk lunak pada kentang dan wortel)
- Hidatoda : *Xanthomonas campestris* (busuk hitam pada crucifera) masuk via tepi/ ujung helai daun. Bila Rh rendah maka tetes air akan terhisap kembali ke dalam lubang hidatoda sekaligus membawa patogen masuk.
- Trikoma : Kutikula dari kelenjar trikoma dapat pecah pada bagian sekresi kelenjar yang terakumulasi. Sobekan tersebut menjadi lubang masuk.
- Sel nektar : serangga membawa inokulum dan tertinggal pada nektar yang tersisa.

Pre Penetration Process in bacteria

Multiplication in the presence of moisture or host exudates



(A) *Agrobacterium*, (B) *Erwinia*,
(C) *Pseudomonas*, (D) *Xanthomonas*.
Most important genera of plant-pathogenic bacteria



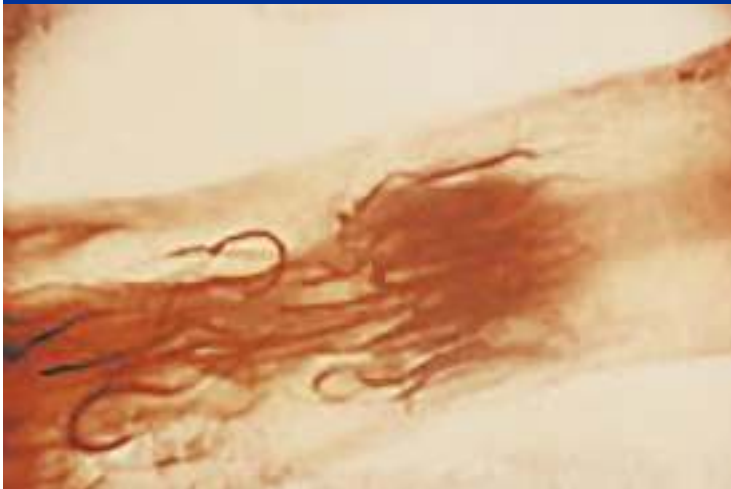


A



B

Pre Penetration Process in **nematodes:**
hatching of eggs



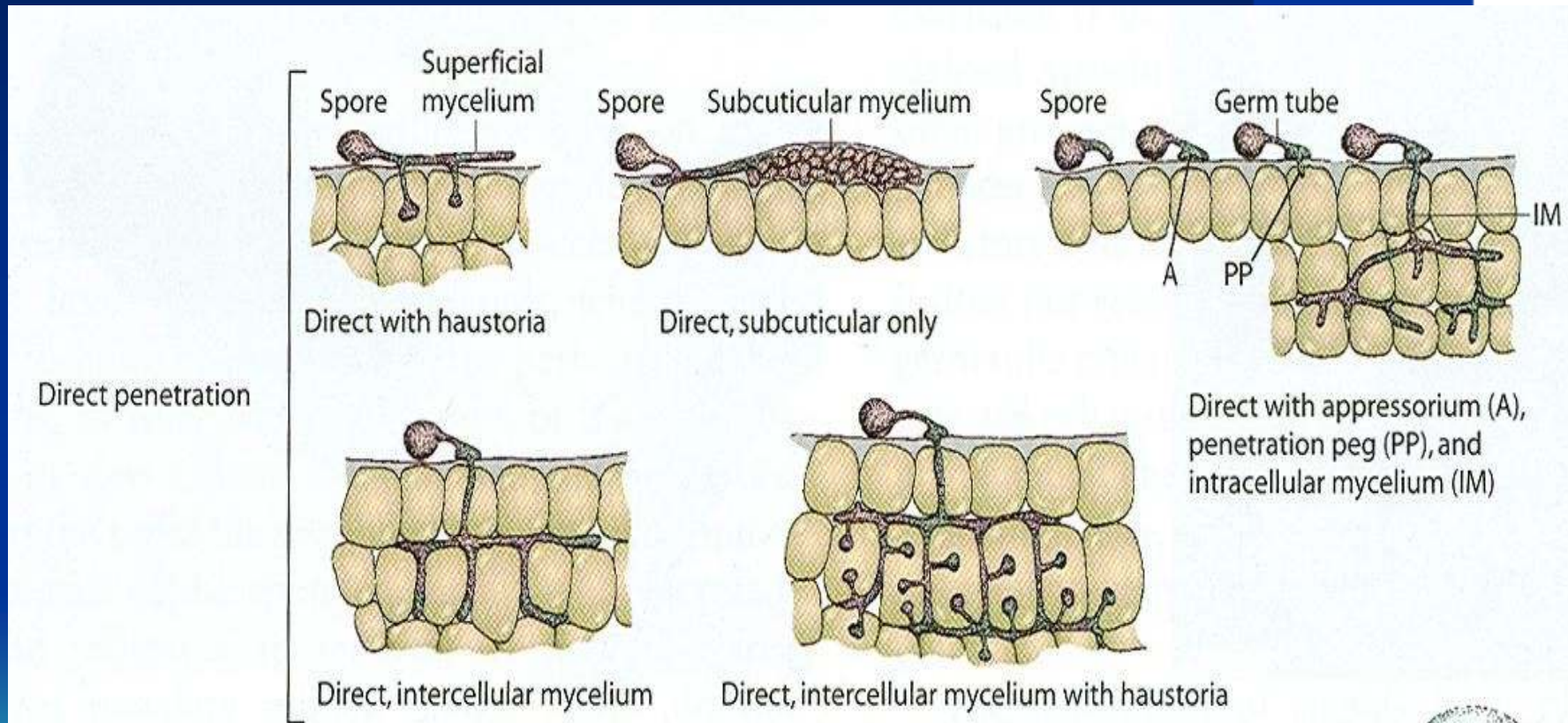
D

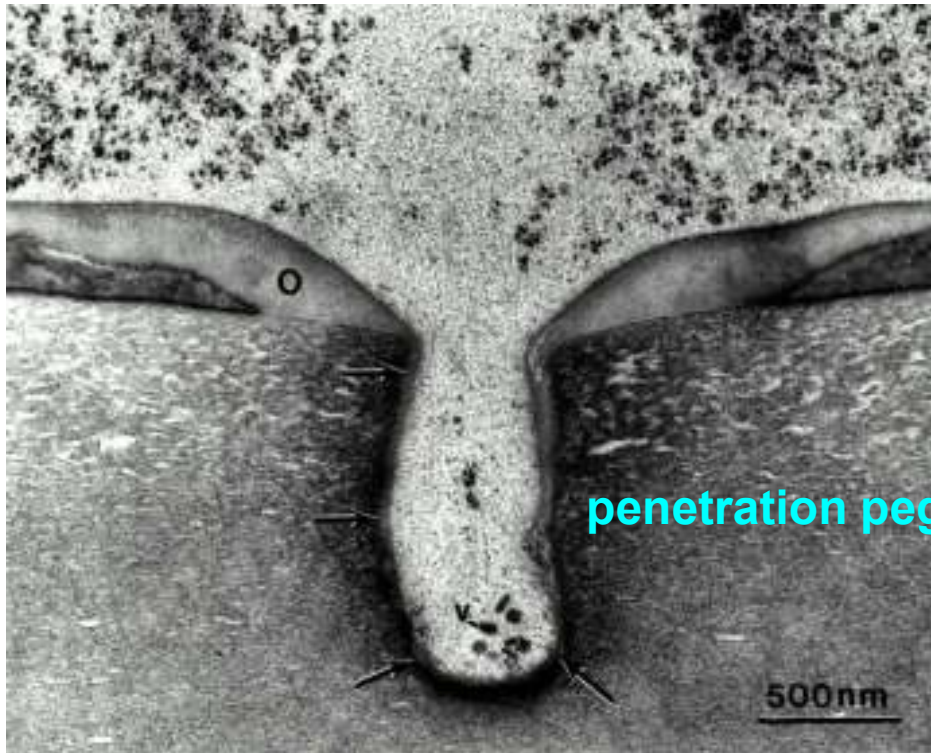


C



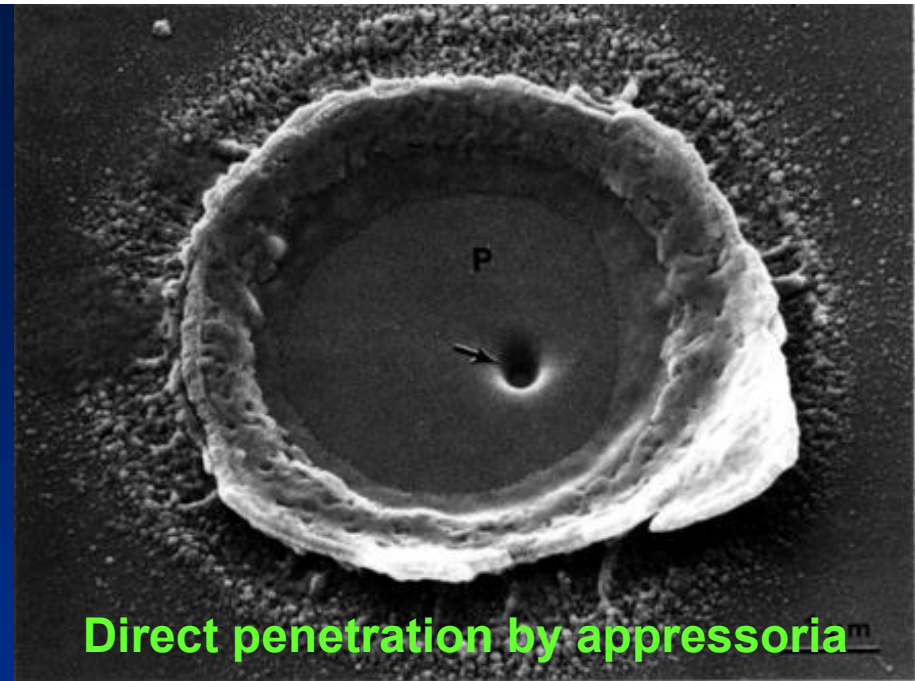
Methods for fungal penetration





penetration peg

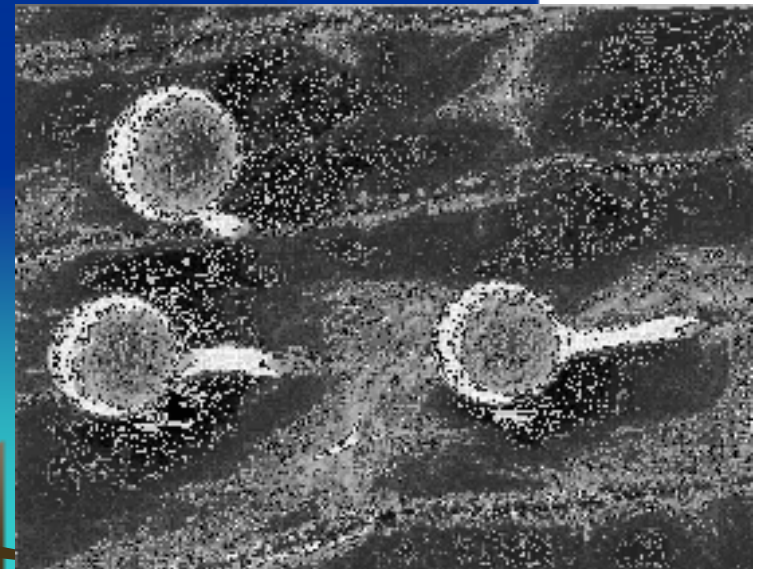
500nm



Direct penetration by appressoria^m

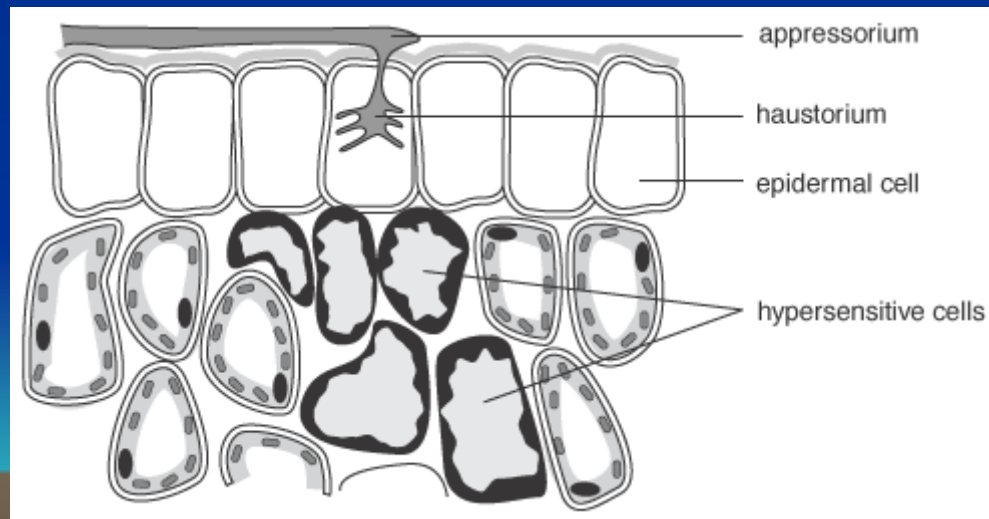
Penetration of rice leaf by *Magnaporthe grisea* – Rice blast

Zoospores of *Phytophthora sojae*
germinating and penetrating the root



Direct Penetration by

- Nematodes : larvae
- Higher parasitic plants: haustoria

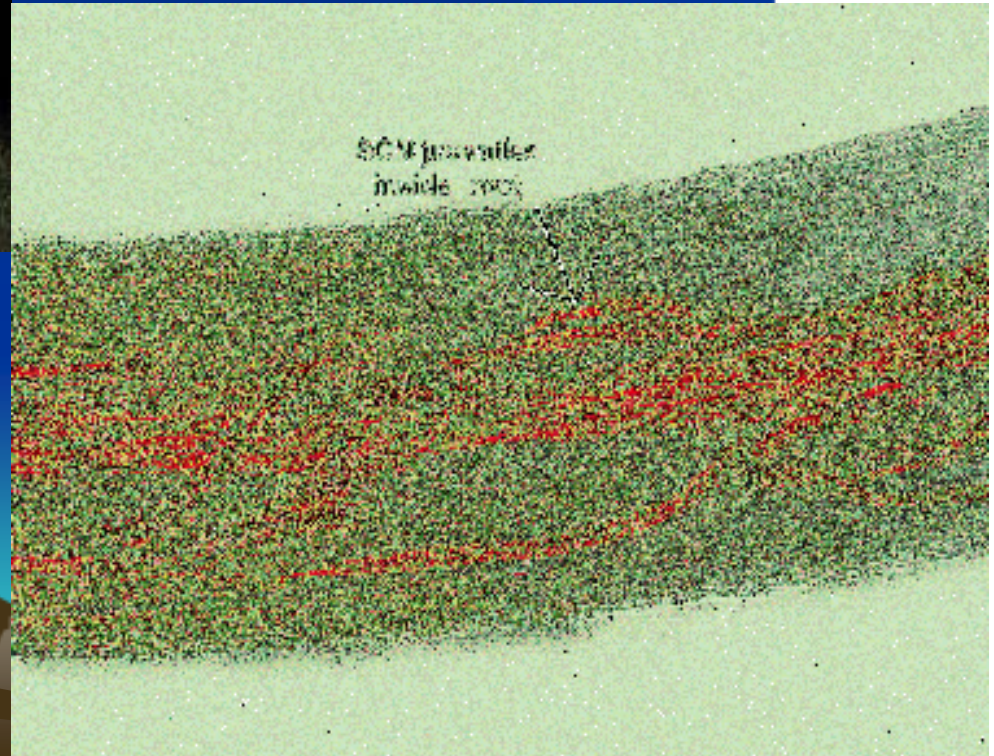


Penetration by nematodes



Second-stage juveniles of soybean cyst nematode penetration the roots of soybean (stained red) *Heterodera glycines*

Infective second-stage juveniles of soybean cyst nematode penetrating roots (stained red)



Root knot nematodes



Fig. 3: Comparison between root-knot nematode infected root (left) and a non-infected root (right).

Meloidogyne incognita, *M. arenaria*, and *M. hapla*

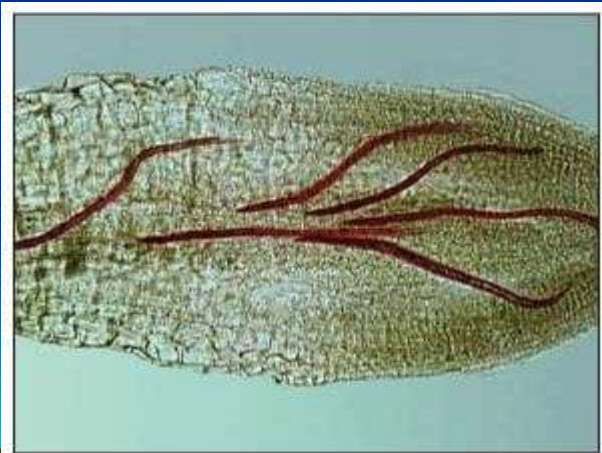


Fig. 2b. Second-stage juveniles of root-knot nematode, *Meloidogyne* sp., inside a plant root.

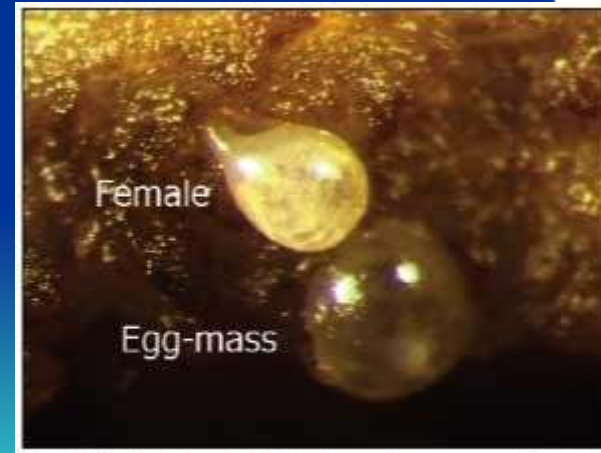
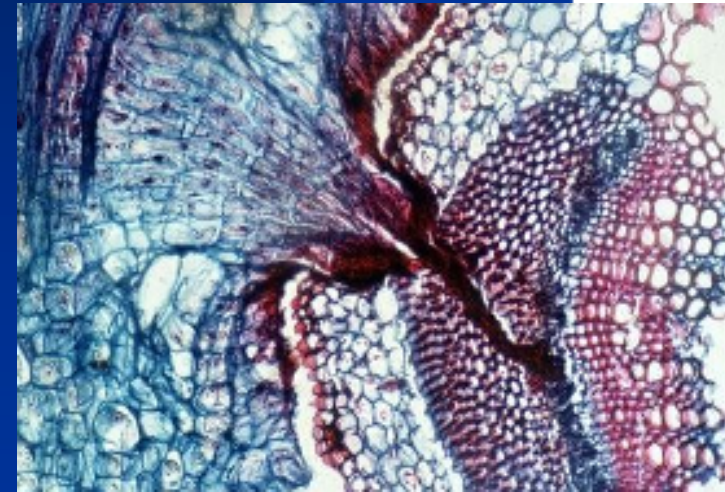


Fig. 1: Root-knot nematode female and an egg-mass dissected from a galled root.

Penetration by parasitic plant



Cuscuta campestris



microscopic section shows the dodder haustorium (left) penetrating the vascular bundle of the host (right).

Indirect Penetration

The background of the slide features a stylized landscape. The bottom portion shows a range of brown, jagged mountains. Above the mountains, the sky transitions from a light cyan at the horizon to a deep, dark blue at the top. A vertical line of a slightly different shade of blue runs down the right side of the slide, creating a subtle vertical division.

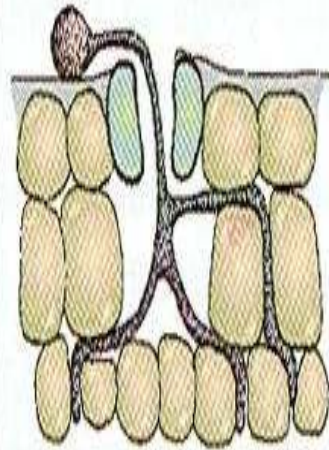
Penetration through natural openings

- a. Stomata
- b. Hydathodes
- c. Nectorthodes
- d. Lenticels

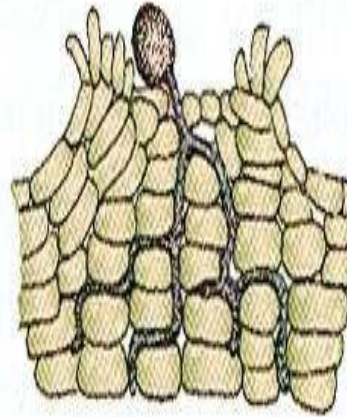


Penetration through natural opening

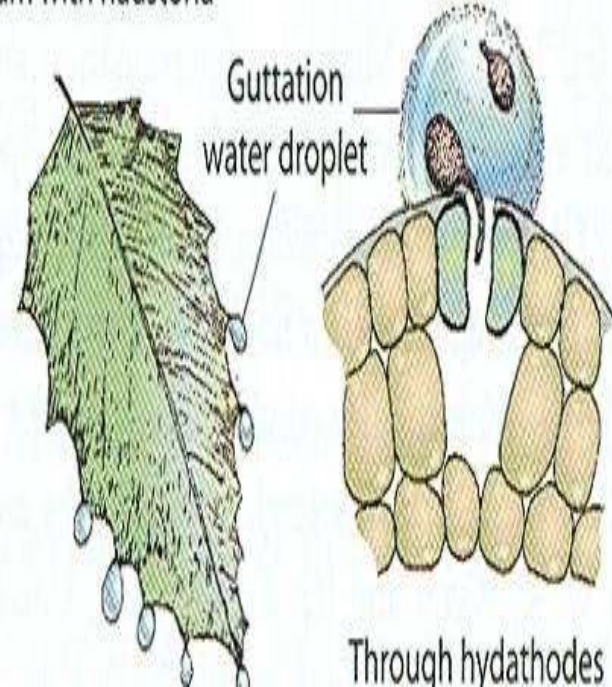
Penetration through natural openings



Through stoma

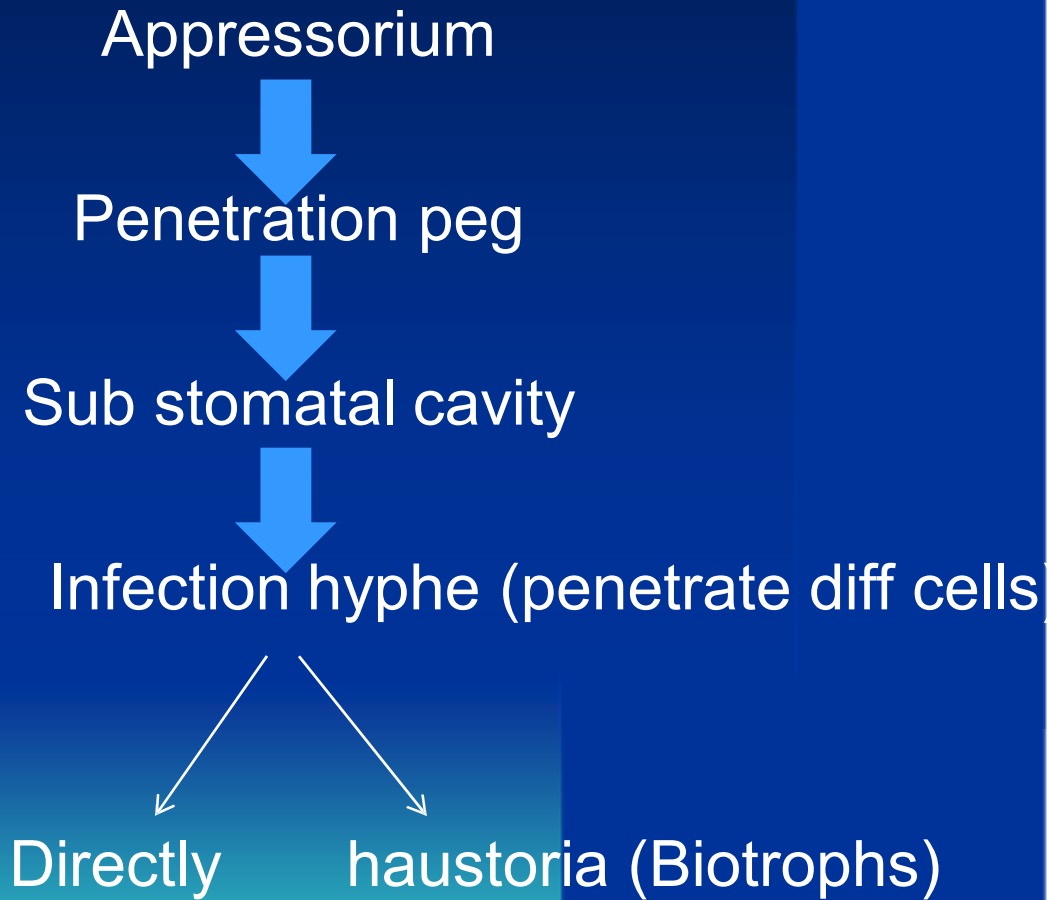


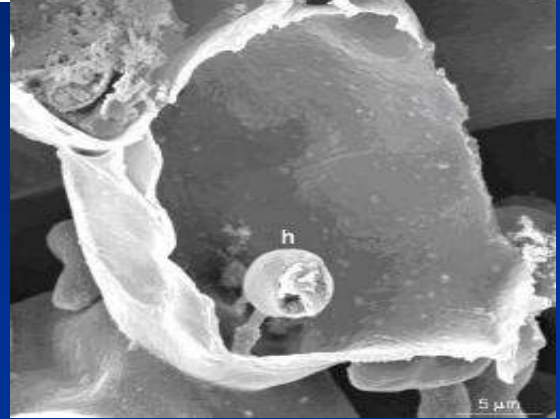
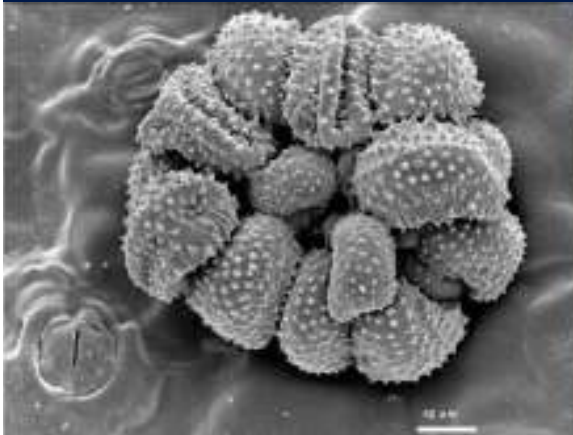
Through lenticel



Through hydathodes

Stomatal penetration





Coffee

A. Uredinosorus

B. Germinated urediniospores (U) with germ tubes (T) and appressorium (A) over leaf stomata C. Developed appr.

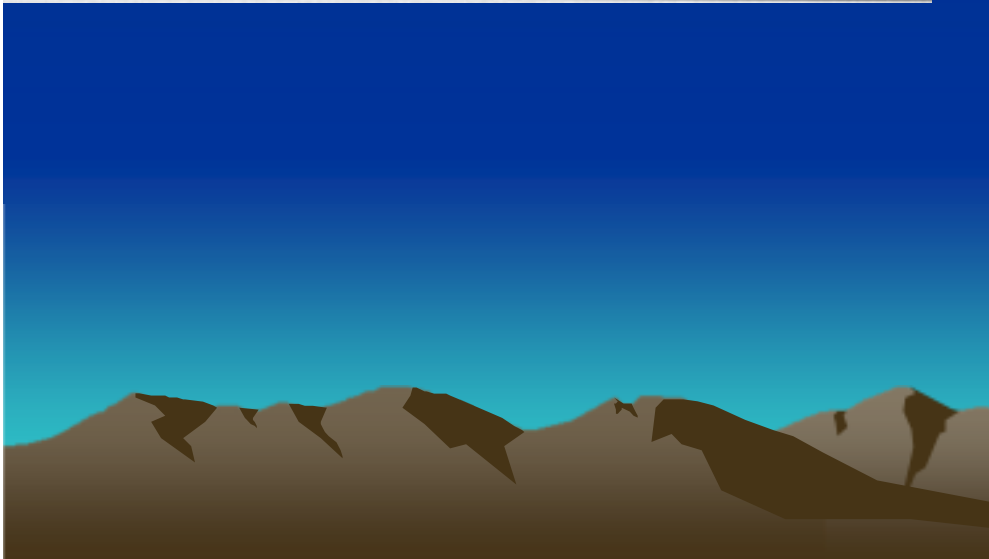
D. An empty appressorium (A) over leaf stomata, indicating that the fungus already penetrated

E. Hyphae in the intercellular spaces

F. Haustorium (h) inside a mesophyll cell

Bacteria

Stomatal entry

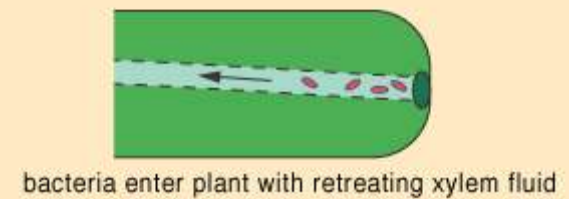
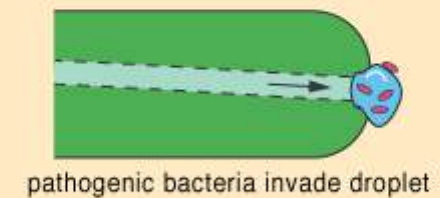
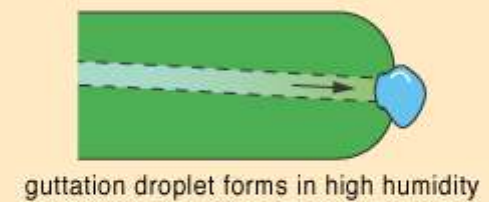
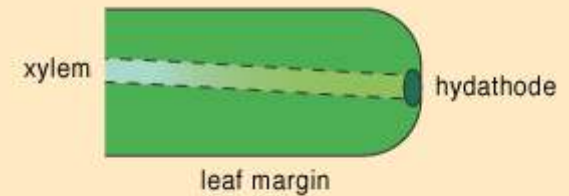


Hydathodes

Special glands or pores at the end of vascular tissue on leaves through which water exudes and are a natural opening for black rot bacteria



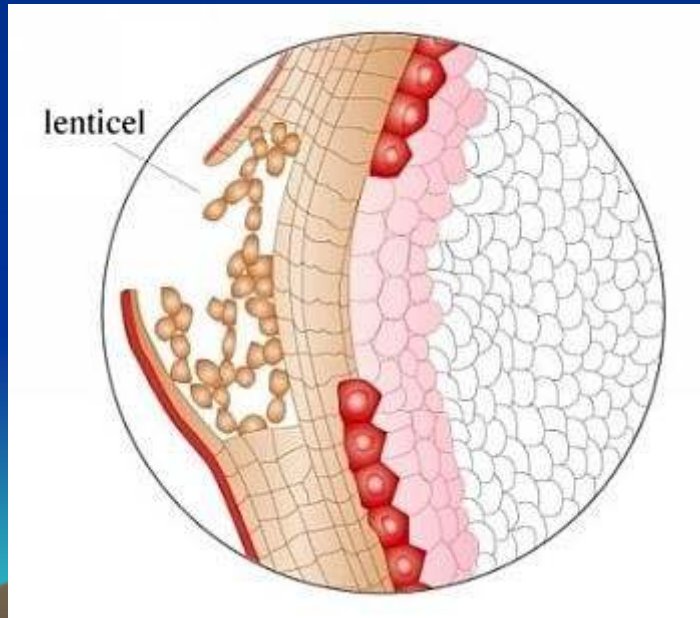
INFECTION VIA HYDATHODE



Lenticels:

small pores or openings in the outer skin of plants that provide a pathway for gas exchange between the atmosphere and plant cells.

Develop on any part of the plant such as roots, twigs, stems, or trunks



3. Infeksi

Tahapan dimana patogen yang sudah menetap dalam jaringan inang mulai memperoleh nutrisi dari inangnya.

Pendapat 1: inokulasi s/d patogen memperoleh nutrisi. Jadi, penetrasi merupakan bagian dari infeksi.

Pendapat 2: penetrasi s/d inang memberikan respons terhadap invasi patogen.

4. Kolonisasi

Proses kelanjutan dari infeksi, yaitu patogen melanjutkan pertumbuhannya dan mengkolonisasi inang. Jadi, merupakan proses pertumbuhan dan perluasan aktivitas patogen melalui jaringan inang.

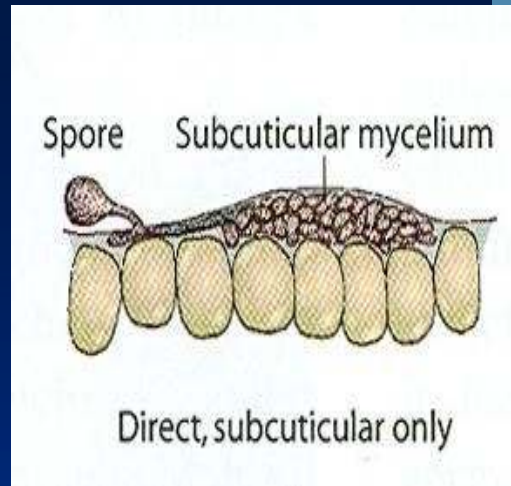
5. Diseminasi

Struktur patogen yang berfungsi sebagai inokulum (sekunder) disebar/didiseminasikan oleh serangga, air, angin atau agen penyebar yang lain.

- Successful infection evident as: symptoms
- Infection is of different types
 - Local infection
 - Systemic infection
 - Latent infection
- Invasion and reproduction are the two concurrent stages that occur during infection as pathogen invade different cells, grow & multiply

Infection

- Infection process is affected by various factors
 - Resistance & susceptibility of the host
 - Aggressiveness & virulence of the pathogen
 - Environmental factors
 - Host nutrition & pH
 - Incubation period (depends upon host-pathogen combination, stage of host and environment etc.



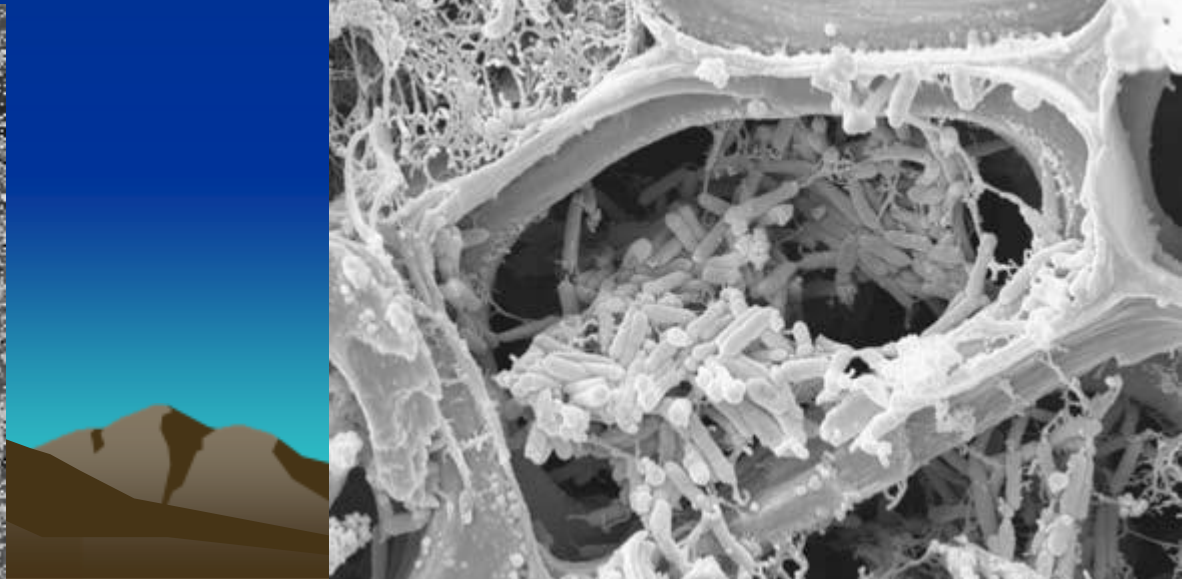
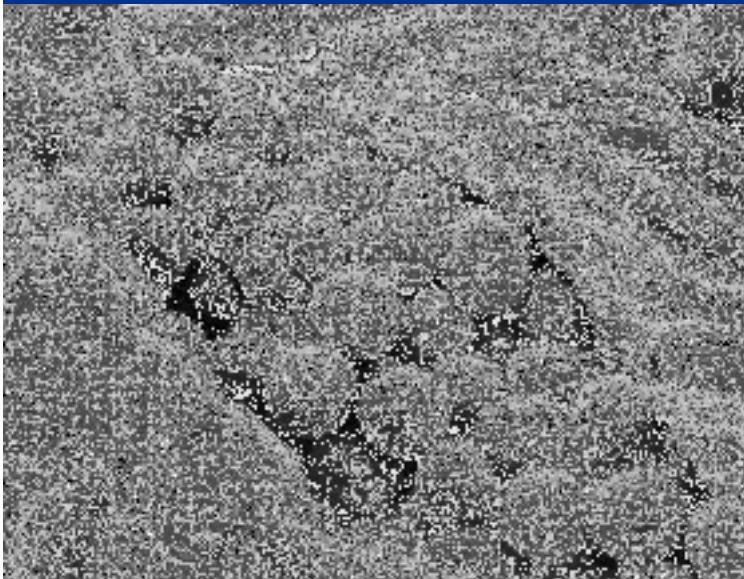
Ectoparasites: powdery mildew

Sub cuticular: Apple scab

Invasion behaviour

Sub epidermal: Wheat rust

Endoparasites: bacteria in xylem vessels



Kolonisasi

Merupakan pergerakan patogen secara aktif maupun pasif melalui jaringan tumbuhan inang.

Aktif : bila patogen bergerak dari satu sel ke sel yang lain (misal: cendawan).

Pasif : bila patogen berpindah tempat karena terbawa aliran transpirasional (misal: virus).

Dalam kolonisasi juga berperan aktivitas pertumbuhan dan reproduksi patogen, misal: pembentukan spora yang baru.

1. Kolonisasi oleh virus, viroid, dan mikoplasma.

Organisme tersebut merupakan parasit intraseluler. Umumnya virus mengkolonisasi epidermis, palisade, jaringan bunga karang dan sistem pembuluh. Patogen ini dibawa melalui sistem pembuluh

2. Kolonisasi oleh bakteri

Organisme ini bergerak secara intraseluler. Saat sel yang terinfeksi terbelah dua maka sebagian sel yang berasosiasi ditransfer ke sel yang baru. Banyak bakteri yang melakukan multiplikasi di dalam sistem pembuluh xylem.

3. Kolonisasi oleh cendawan

Bisa di permukaan atau pun di dalam jaringan inang, juga intraseluler atau pun interseluler. Baik dalam bentuk spora atau pun miselia.

Dapat menggunakan haustoria maupun tanpa haustoria.

4. Kolonisasi oleh nematoda

Nematode betina yang telah dibuahi bergerak menuju permukaan akar inang yang rentan sehingga kepala nematoda dekat dengan 'stelle' tengah. Pada bagian ini ia menetap sambil mulai mengonsumsi sel-sel di sekitar kepala. Selanjutnya, nematoda akan meletakkan massa telurnya ke permukaan akar. Setelah telur menetas menjadi larva, larva tersebut menembus inang dan menetap lagi. Dan selanjutnya sampai membentuk puru pada akar (gall).

Pathogen Survival

1. In infected crop debris
2. In seed
3. In soil
4. On growing plants
5. Infected material on host plants
6. In propagating material
7. Alternate host
8. Collateral host
9. **As dormant structures e.g. sclerotia, chlamydospores**

INOKULUM BERTAHAN

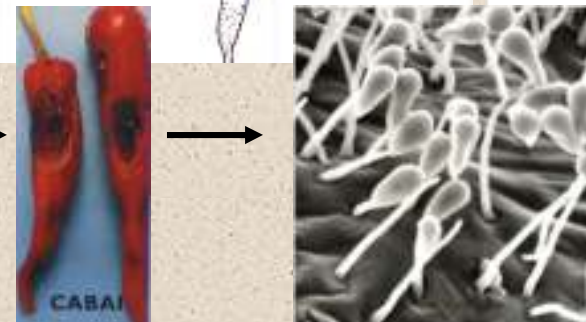
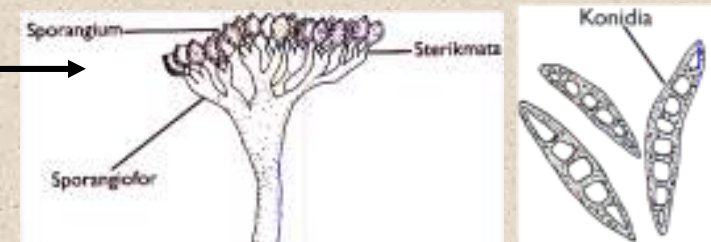
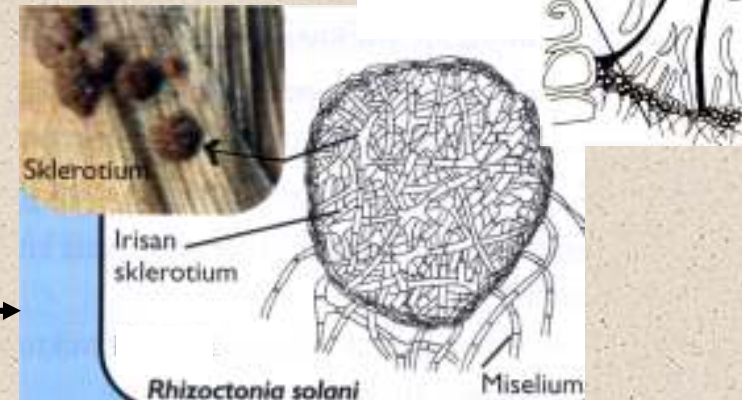
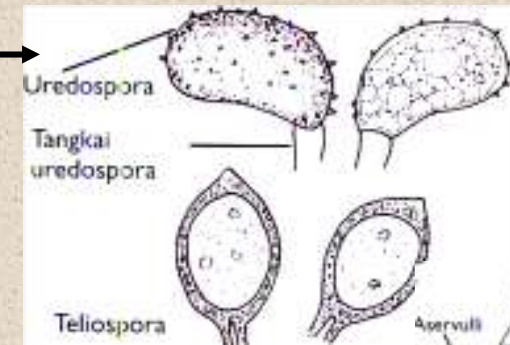
Inokulum

Struktur dari patogen yang dapat menimbulkan infeksi.

Tipe inokulum:

- spora seksual
- spora aseksual
- potongan miselium
- tubuh sklerotia
- rizomorf
- miselium dorman (dalam benih)

Bagian/ keseluruhan tumbuhan, alat, tanah, tempat penyimpanan, serangga, dll yang berpotensi membawa inokulum



Penyebaran inokulum

- Angin → *take off, flight, deposisi.*
- Air/ hujan → *memindahkan spora dan mengaktifkan metabolisme.*
- Serangga (sebagai vektor) → *terbawa pada tubuh/ organ pemotong.*
- Benih atau pun bagian lain → *virus/ viroid, bakteri, cendawan.*
- Manusia → *jarak jauh.*



Lingkungan
yang ekstrim?

Iklm temperate (subtropik)
patogen harus mampu bertahan
pada kondisi ekstrim.

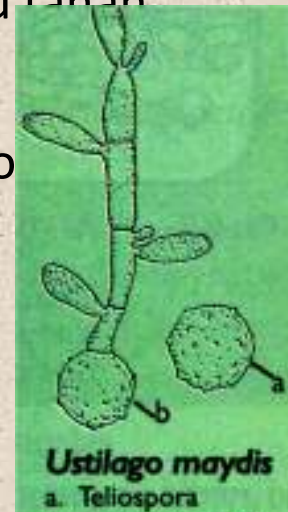
Caranya?

➤ **Patogen harus mampu bertahan pada kondisi :**

- **temperatur yang sangat tinggi**
- **kekeringan yang ekstrim**
- **tidak adanya tumbuhan inang**

Cara patogen bertahan pada kondisi ekstrim :

- Bentuk saprofit pada sisa-sisa bagian tumbuhan yang mati dalam tanah → cendawan penghuni tanah (*soil inhabitant*) misal: *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*; cendawan penyerbu tanah (*soil invader*) misal: *Helminthosporium*, *Septoria*.
- Membentuk struktur berdinding tebal dan resisten → teliospora, askospora.
- Bertahan dalam gulma atau inang lainnya,
- Bertahan pada tubuh serangga vektor, dan
- Bertahan pada benih.



karat daun karet

Cara patogen bertahan pada kondisi ekstrim :

- bentuk saprofit pada sisa-sisa bagian tumbuhan yang mati dalam tanah cendawan penghuni tanah (*soil inhabitant*) misal: *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*; cendawan penyerbu tanah (*soil invader*) misal: *Helminthosporium*, *Septoria*.
- membentuk struktur berdinding tebal dan resisten teliospora, oospora, askospora.
- bertahan dalam gulma atau inang lainnya,
- bertahan pada tubuh serangga vektor, dan
- bertahan pada benih

1. struktur istirahat khusus

- askospora atau konidia digunakan patogen untuk mempertahankan diri selama musim dingin atau dalam keadaan tidak ada inangnya.

-> konidia *Alternaria sp.* patogen pada tanaman kentang dan tomat dapat bertahan hidup selama 18 bulan pada daun sakit yang sudah kering

- spora *Plasmodiophora brassicae*, patogen akar gada pada kubis, dapat hidup selama 10 tahun di dalam tanah pada akar gada yang sedang membusuk
- *Rhizoctonia* dan *Sclerotium* → membentuk sklerotia
- *Fusarium* dan *Verticillium* → membentuk klamidospora yang bulat dan berdinding sel tebal

- bentuk2 spora jamur patogen yg dapat bertahan hidup dalam keadaan tidak ada inangnya, adalah klamidospora yg berdinding tebal, uredospora dan teliospora jamur karat tertentu, dan oospora

2. sebagai saprofit

-> kemampuan patogen hidup sebagai saprofit, memungkinkan banyak patogen tumbuhan hidup tanpa adanya inang yg rentan

-> patogen tumbuhan tertentu dapat bertahan hidup dalam jaringan mati tumbuhan inangnya

- *Pythium, Phytophthora, Rhizoctonia, Sclerotium, Fusarium, Verticilium* → sebagian hidupnya dalam tanah dan bertahan sebagai saprofit

3. Berasosiasi dengan tumbuhan hidup

- *Xanthomonasmalvacearum*, bakteri penyebab busuk biji dan bercak daun bersudut pada tanaman kapas, dapat bertahan selama musim dingin pada benih yang terinfeksi
- *Phytophthora infestans*, penyebab penyakit hawar daun pada kentang dan tomat, menghasilkan oospora, tetapi di daerah yg lebih dingin, jamur beristirahat dalam bentuk miselia dalam umbi kentang yg sakit

- *Helminthosporium oryzae* (bercak daun coklat padi) → dorman di dalam benih selama beberapa tahun
- Patogen yang menginfeksi secara sistemik pada tanaman tahunan, dapat bertahan di dalam tubuh tanaman

- Yg menginfeksi tanaman semusim atau dua musim serta herba tanaman, dapat bertahan di dalam bagian propagatif tanaman tersebut
- Beberapa virus, terutama virus yg menyerang secara sistemik lebih dari satu inang, dapat bertahan hidup pada gulma inang alternatif atau inang tahunan

4. Berasosiasi dengan serangga

- banyak serangga yang dapat menjadi pembawa inokulum selama musim pertanaman , dan banyak patogen yang hidup di antara musim tanam di dalam tubuh serangga
- *Bacterium stewartii* melewati musim dingin dengan bertahan di dalam tubuh kumbang *flea*

- virus, viroid, mikoplasma dan beberapa bakteri -> bertahan di dalam serangga
- beberapa virus yang bersifat tular tanah → bertahan di dalam nematoda dan jamur di dalam tanah
- *Lettuce big vein virus* → bertahan dalam jamur vektornya (*Olpidium brassicae*)

KETAHANAN TUMBUHAN TERHADAP PATOGEN

➤ **Ketahanan:**

→ kemampuan dari suatu tumbuhan untuk melawan masuknya patogen atau menahan pertumbuhan dan perkembangan patogen di dalam tumbuhan

- tidak semua patogen mampu menyerang semua tumbuhan, dan tidak semua tumbuhan tahan terhadap patogen
- beberapa patogen menyebabkan inang bereaksi dengan cara tertentu untuk mencegah perkembangan patogen
- patogen tidak secara langsung membunuh inang, dan inang bereaksi terhadap patogen untuk memungkinkan tumbuh dan bereproduksi dalam inang

➤ mekanisme ketahanan dibagi menjadi 2 :

1. Mekanisme ketahanan pasif

- mekanisme ini sudah ada sebelum tumbuhan terinokulasi patogen dan berfungsi untuk mencegah patogen jangan sampai masuk, atau mencegah perkembangan patogen

a. tumbuhan mempunyai rintangan mekanis atau khemis :

a.1. lapisan lilin dan kutikula

- pada permukaan daun dan buah membentuk permukaan yang dapat mencegah terbentuknya lapisan air (*water-repellent*) sehingga patogen tidak dapat berkecambah atau memperbanyak diri.
- terdapatnya bulu-bulu halus dan tebal pada permukaan tumbuhan mungkin juga mempunyai pengaruh yang sama dengan efek penolak air sehingga dapat menurunkan tingkat infeksi

Lapisan lilin pada talas



- **Kutikula yang tebal** dapat meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap infeksi patogen yang masuk ke tumbuhan inang hanya melalui penetrasi secara langsung
 - akan tetapi ketebalan kutikula tidak selalu berhubungan dengan ketahanan tanaman karena ada beberapa varietas tanaman yang memiliki lapisan kutikula tebal tetapi mudah terserang oleh patogen

a.2. lubang alami

- bentuk, ukuran dan lokasi stomata berpengaruh terhadap patogen yang masuk melalui stomata
- beberapa patogen tidak dapat masuk melalui stomata jika stomatanya membukanya kecil
- > *Pseudomonas citri* (kanker pada jeruk) hanya akan masuk melalui stomata yg terbuka lebar; hal ini menyebabkan mengapa jenis jeruk Mandarin lebih tahan dibandingkan dengan jenis jeruk lainnya.

Kanker jeruk oleh *Pseudomonas citri* pv. *citri*



- lenti sel yg berkembang dgn cepat akan mencegah masuknya patogen *Streptomyces scabies*
- teh klon PSI sangat tahan terhadap *Exobasidium vexans*, patogen cacar teh karena pucuknya mempunyai bulu2 (trikoma) yang lebat

Kudis pada kentang oleh *Streptomyces scabies*



Cacar daun the oleh *Exobasidium vexans*



YENNY liswarni

- mulut kulit yang lubangnya sempit lebih tahan terhadap infeksi patogen
- > *Citrus paradise* (grapefruit) dengan mulut kulit yang lubangnya lebih lebar dari pada jeruk keprok(*C. reticulata*), lebih rentan terhadap bakteri kanker jeruk (*Xanthomonas campestris pv.citri*)

a.3. permukaan daun atau batang yang berambut lebat dan panjang dapat mengurangi penetrasi dan infeksi

a.4. kanopi tanaman

- bentuk daun berpengaruh terhadap efisiensi inokulum yang menempel pada permukaan tanaman
- daun yang berbentuk horizontal cocok untuk pengendapan spora

a.5. struktur dalam

- *Puccinia graminis tritici* (penyebab penyakit karat batang) pada gandum tidak dapat menembus kumpulan jaringan sklerenkim yg keras dalam batang gandum, tetapi dapat menembus jaringan sklerenkim yg tipis

a.6. muatan listrik

- muatan elektro statik dari inokulum akan mempengaruhi daya lekat pada bagian2 tumbuhan

***b. Tumbuhan tsb tidak cocok sebagai substart
patogen***

KETAHANAN AKTIF

- akan bereaksi untuk melindungi tanaman ketika tanaman itu sendiri telah mengalami serangan dari patogen



- mekanisme pertahanan aktif yang banyak diteliti adalah pembentukan Fitoaleksin (phytoalexin)
- fitoaleksin berasal dari kata Yunani, phyton = tumbuhan dan alexin = senyawa penangkal atau penangkis
- **Fitoaleksin** adalah senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh jaringan inang sebagai tanggapan terhadap invasi patogen



KAPRI (*PISUM SATIVUM*) MENGHASILKAN PISATIN



yennylistwarni



BUNCIS (*PHASEOLUS VULGARIS*) MENGHASILKAN
FASEOLIN & FASEOLIDIN



yennyliwarni



UBI JALAR (*IPOMEA BATATAS*) MENGHASILKAN IPOMEAMARON



yennyiswarni



SENJATA KIMIA PATOGEN

- aktivitas patogen di dalam jaringan lebih banyak bersifat kimiawi
- senyawa kimia yang dihasilkan oleh patogen, kecuali virus dan viroid terdiri dari enzim, toksin, zat pengatur tumbuh (ZPT) dan polisakarida
- patogen penyebab busuk lunak senyawa enzim lebih penting, sedangkan untuk penyebab tumor ZPT lebih penting



- **enzim** patogen → memecah struktur komponen dinding sel dan senyawa tanaman
- **toksin** lebih bersifat mempengaruhi komponen membran dan protoplas secara langsung
- **ZPT** mempengaruhi (menekan atau meningkatkan) pertumbuhan tanaman
- **polisakarida** berperan hanya pada penyakit pembuluh yang mengganggu translokasi air pada tanaman



➤ **Ketahanan aktif :**

1. **Ketahanan Histologi**

- sistem kekebalan dari tanaman yang dilakukan oleh salah satu bagian tanaman berupa jaringan dari tanaman itu sendiri



- Struktur pertahanan histologi :

- a. pembentukan lapisan gabus (*Cork Layer*)

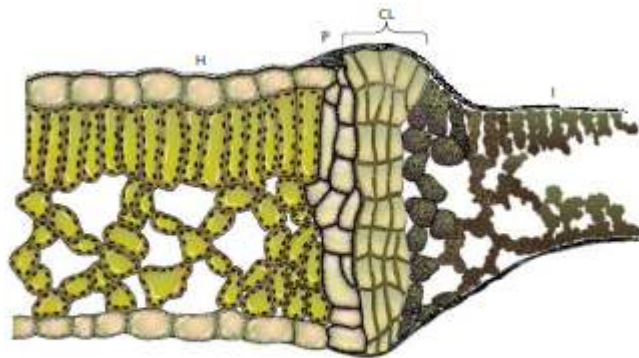


FIGURE 6-5 Formation of a cork layer (CL) between infected (I) and healthy (H) areas of leaf. P, phellogen. [After Cunningham (1928). *Phytopathology* 18, 717-751.]

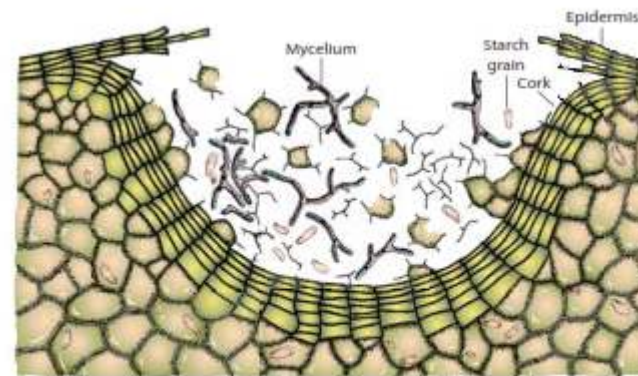


FIGURE 6-6 Formation of a cork layer on a potato tuber following infection with *Rhizoctonia*. [After Ramsey (1917). *J. Agric. Res.* 9, 421-426.]



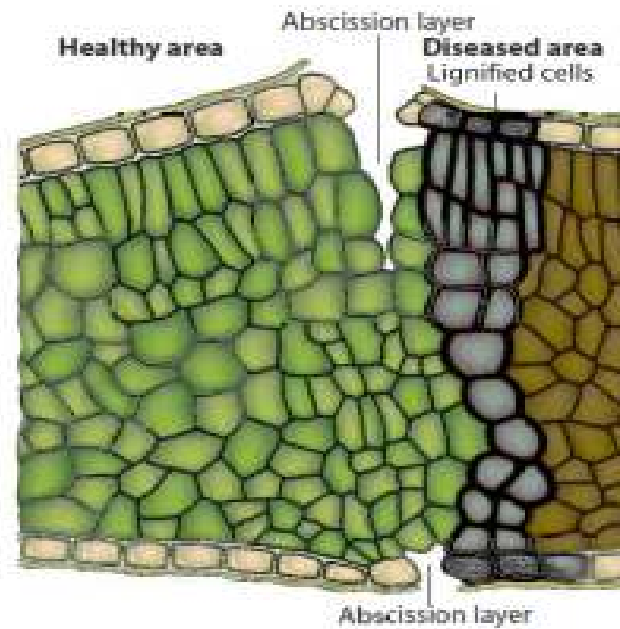
- tumbuhan membentuk beberapa lapisan yang terdiri dari sel-sel gabus sebagai akibat rangsangan terhadap sel-sel inang oleh zat yang disekresikan patogen
- lapisan gabus menghambat serangan patogen dari awal luka dan juga menghambat penyebaran zat beracun yang mungkin disekresikan patogen



- lapisan gabus menghentikan hara dan air dari bagian yang sehat ke bagian terinfeksi dan memisahkan patogen dari tempat hidupnya
- jaringan yang mati termasuk patogennya selanjutnya dibatasi oleh lapisan gabus dan patogen tetap berada pada tempat yang membentuk nekrosis



b. Pembentukan Lapisan Absisi (*abscission layers*).



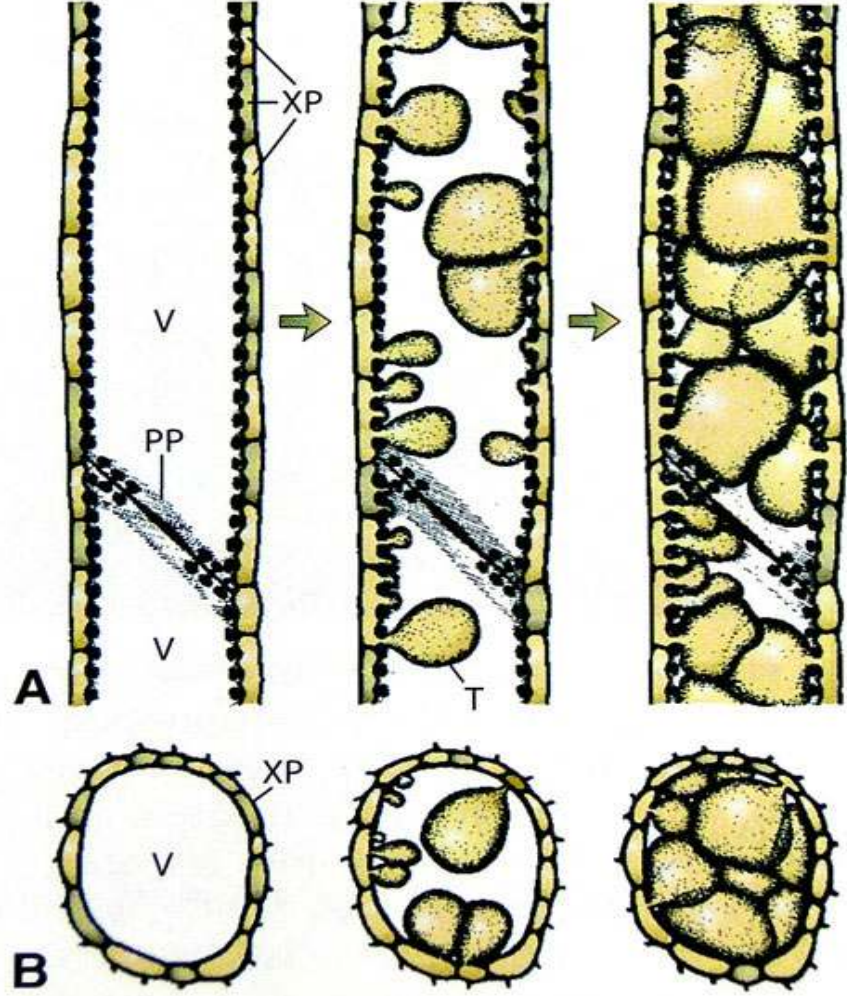
- Lapisan absisi terbentuk untuk memisahkan jaringan yang terserang patogen dengan jaringan sehat
- lapisan absisi terbentuk pada daun muda dan buah setelah terinfeksi oleh patogen
- secara bertahap bagian yang terinfeksi akan mengerut/layu, mati dan mengelupas, dan patogen ikut terbawa pada bagian tersebut



c. pembentukan tylosa

- dibentuk dalam pembuluh xilem sebagai respons terhadap kondisi stres atau invasi patogen
- merupakan pertumbuhan yang berlebihan dari protoplasma di dekat sel-sel parenkim
- tylosa dapat mencegah pergerakan patogen yang menyerang jaringan pembuluh
- tylosa juga dapat menghambat transportasi nutrisi bagi tumbuhan itu sendiri





d. pengendapan getah atau blendok (*gums*)

- Gum terbentuk setelah adanya infeksi patogen atau adanya luka
- dengan adanya getah tersebut terbentuk penghalang yang tidak dapat dipenetrasi oleh patogen sehingga patogen menjadi terisolasi dan tidak bisa memperoleh nutrisi dan lama kelamaan akan mati



2. Ketahanan seluler

- sistem kekebalan dari tanaman yang dilakukan oleh salah satu bagian tanaman berupa sel yang merupakan unit terkecil dari tanaman
- ketahanan ini melibatkan perubahan morfologi di dalam dinding sel atau perubahan yang berasal dari dinding sel yang diserang oleh patogen



- **tiga jenis utama struktur pertahanan seluler yaitu;**
 - a. terjadi bengkak pada lapisan terluar dinding sel sehingga menghambat penetrasi patogen
 - b. dinding sel yang menebal sebagai respon terhadap beberapa jenis virus dan jamur patogen
 - c. kalosa palpila yang terdeposit pada sisi bagian dalam dinding sel sebagai respon terhadap serangan jamur patogen



- papila terbentuk setelah beberapa menit terjadi pelukaan dan dalam 2-3 jam infeksi patogen



○ **Reaksi Pertahanan Sitoplasmik**

- pada beberapa jenis sel yang terserang oleh jamur patogen sitoplasma dan intinya membesar
- sitoplasma menjadi granular dan keras dan muncul berbagai partikel atau berbagai bentuk didalamnya akhirnya miselium patogen terurai dan infeksi berhenti



o **Reaksi Pertahanan Nekrotik: pertahanan melalui Hipersensitivitas**

- merupakan sistem ketahanan dari tanaman yang dilakukan oleh salah satu bagian tanaman berupa inti dari sel tanaman
- dapat mencegah menyebar luasnya serangan patogen parasit obligat



- Patogen akan masuk menembus dinding sel, tetapi setelah membran dan mengadakan kontak dengan sitoplasma, inti dari sel akan bergerak ke arah masuknya patogen dan segera terjadi desintegrasi sel dan akhirnya mati



- contoh :

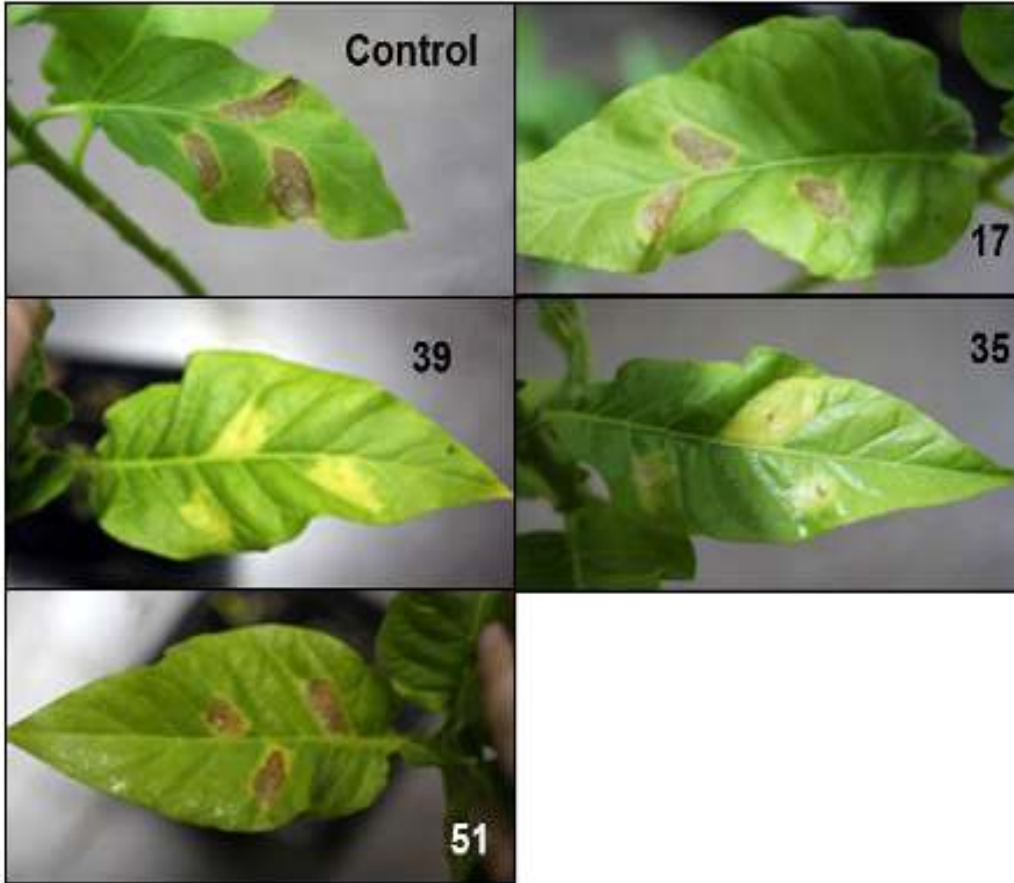
→ reaksi nekrotik, yaitu pada proses infeksi patogen, patogen menembus dinding sel, setelah patogen kontak dengan protoplasma, sel inti bergerak ke arah serangan patogen dan segera terdisintegrasi/pecah dan berbentuk bulat berwarna coklat di dalam sitoplasma



- pada saat sitoplasma berubah warna menjadi coklat dan akhirnya mati , hifa patogen mulai mengalami degenerasi
- hifa tidak dapat tumbuh ke luar sel yang terserang dan serangan terhenti
- matinya sel atau jaringan menyebabkan matinya patogen



Fig 1



○ Pertahanan metabolik (BIOKIMIA) yang disebabkan oleh serangan patogen

➤ inhibitor biokimia yang dihasilkan tumbuhan terhadap kerusakan patogen :

1. pertahanan melalui peningkatan kadar senyawa fenolik

2. pertahanan melalui pembentukan substrat yang menolak enzim patogen

3. pertahanan melalui inaktivasi enzim patogen



BERBAGAI MACAM REAKSI BIOKIMIA SEBAGAI RESPON TANAMAN TERHADAP SERANGAN NEMATODA

- Hipertropi atau hiperplasia
 - **hipertropi** adalah ukuran sel dalam jaringan bertambah besar
 - **hiperplasia** adalah jumlah sel dalam jaringan bertambah banyak



○ contoh:

- tanaman tomat yang terserang *Meloidogyne hapla*
- *Meloidogyne* pada stadium II akan menyerang bagian ujung akar → sel-sel ini akan mengadakan pembelahan dan pembelahannya dikendalikan oleh senyawa IAA
- pada saat nematoda menyerang tanaman, dihasilkan ensim protease



- enzim ini memecah protein menjadi asam amino
- salah satu jenis asam amino hasil pemecahan adalah triptofan
- Triptofan sebagai precursor terbentuknya IAA
- semakin banyak IAA yang terbentuk → meningkatkan pembelahan sel → tanaman akan membentuk sel yang berukuran lebih besar (giant sel)
- jadi pembentukan puru ini bagi tanaman adalah untuk menghambat gerakan nematoda dalam jaringan

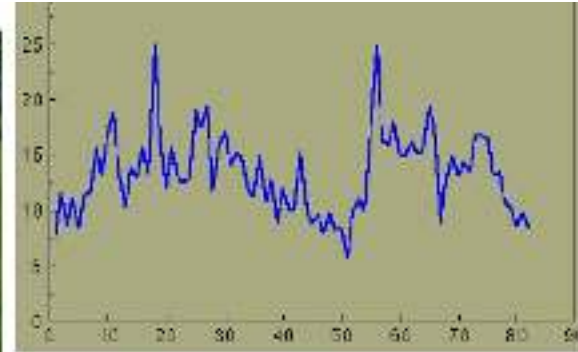
GEJALA PURU AKAR PADA TANAMAN TOMAT



yennylistwarni



EPIDEMIOLOGI



Epidemi dan Epidemiologi

- Pengertian Epidemi
- Van der Plank → pertambahan penyakit menurut waktu
- Garret (1970) → ledakan populasi penyakit yang ditandai oleh nisbah infeksi sekunder terhadap infeksi primer yang cukup tinggi

- Kranz (1974) → bentuk perubahan apa saja (bertambah atau berkurang) pada penyakit di dalam populasi tumbuhan menurut dimensi waktu dan/atau ruang
- Jadi **Epidemi** timbul apabila terjadi perubahan intensitas penyakit pada populasi tumbuhan inang menurut dimensi ruang dan waktu

- Waktu →
 - pembebasan askospora ke udara
 - perkecambahan spora
 - penetrasi spora ke dalam jaringan
 - daur penyakit
- Ruang →
 - ruang di sekitar permukaan daun
 - ruang di sekitar akar

- Epidemiologi :
- Van der Plank (1963), epidemiologi → ilmu mengenai populasi penyakit
- Kranz (1974) → ilmu mengenai populasi patogen di dalam populasi inang dan penyakit yang ditimbulkannya akibat pengaruh faktor lingkungan dan rekayasa manusia

Epidemiologi → ilmu tentang perkembangan penyakit dalam populasi tumbuhan

Dalam epidemiologi dibahas :

- a. cara-cara penyebaran penyebab penyakit
- b. faktor-faktor yg mempengaruhi patogen maupun populasi tumbuhan
- c. faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi antara populasi patogen dengan populasi tumbuhan

➤ Berdasarkan intensitas dan penyebarannya,
penyakit dibagi menjadi :

1. ***Epidemik***, adalah meningkatnya penyakit dengan hebat pada jangka waktu tertentu dan wilayah (tempat, ruang) tertentu,
atau : penyakit yang terjadi secara periodik dan intensitasnya berat

2. ***Endemik***, adalah suatu penyakit

yang terdapat merata, terjadi terus menerus di setiap musim dan berasal dari daerah yang bersangkutan

3. ***Pandemik***, adalah suatu penyakit yang merata di seluruh benua atau dunia

4. ***Sporadik***, adalah suatu penyakit yang hanya terjadi di sana-sini dengan selang waktu yang tidak tertentu dan tidak meningkat

➤ **PROSES TERJADI EPIDEMI**

- Penyakit epidemi terjadi karena interaksi yang tepat pada waktunya dari unsur-unsur yang mengakibatkan terjadinya penyakit tanaman
- Unsur-unsur yang dimaksud yaitu :
 - 1) tanaman inang yang rentan
 - 2) patogen yang virulen (ganas)
 - 3) kondisi lingkungan yang menguntungkan interaksi
 - 4) campur tangan manusia
 - 5) waktu interaksi

1. kerentanan tanaman **inang** (I) meningkat atau ketahanannya menurun
2. virulensi (keganasan) **patogen** (P) meningkat
3. kondisi **lingkungan** (L) mendekati tingkat optimum untuk pertumbuhan, reproduksi, dan penyebaran patogen.
4. meningkatnya campur tangan **manusia** (M) yang mengakibatkan berubahnya keseimbangan ekosistem
5. rentang **waktu** (t) yang menguntungkan interaksi inang-patogen berlangsung cukup lama

Epidemi disebabkan karena faktor patogen

- terjadi karena jamur yang sporanya dipencarkan oleh angin pada jarak yang cukup jauh
- di suatu tempat tertentu tumbuhan mengadakan 'ko-evolusi' atau evolusi bersama dengan patogen-patogennya
- patogen menyebabkan penyakit endemik yang kurang merugikan

- tetapi tumbuhan tersebut tidak mempunyai ketahanan terhadap patogen di lain daerah, sehingga apabila patogen yang terakhir masuk maka dengan mudah akan meluas pada tumbuhan yang rentan tersebut
- hal ini terjadi dengan penyakit karat daun kopi (*Hemileia vastatrix*) dan cacar teh (*Exobasidium vexans*) di Indonesia, hawar daun kentang (*Phytophthora infestans*) di Irlandia

- Epidemii sering terjadi karena munculnya ras baru dari patogen lama, sedang tanaman tidak mempunyai gen ketahanan terhadap ras baru tersebut

Epidemi disebabkan karena faktor tumbuhan

- Epidemi hanya dapat terjadi jika terdapat tumbuhan rentan yang ditanam secara meluas dan secara monokultur, ini disebabkan karena perubahan cara bercocok tanam, dikembangkannya kultivar baru dengan ketahanan vertikal

- Banyak penyakit tumbuhan yang tidak menyebabkan kerugian yang berarti pada pertanaman campuran, tetapi akan merugikan apabila satu jenis tumbuhan yang rentan ditanam sendiri secara monokultur pada daerah yang luas

- Hawar daun karet Amerika Selatan (*Microcyclus ulei*) tidak merugikan pada karet yang tumbuh dalam hutan-hutan di Brasil, tetapi penyakit ini jadi merusak setelah karet ditanam secara monokultur sebagai karet perkebunan
- Penyakit cacar daun cengkih (*Phyllosticta syzygii*) berkembang secara epidemik di Indonesia setelah adanya perluasan penanaman cengkih dalam rangka swasembada cengkih

Epidemi disebabkan oleh cuaca

- Cacar daun teh setiap terjadi kenaikan kelembapan kebun dalam jangka waktu yang cukup panjang, penyakit akan berkembang epidemik

- Cara-cara peramalan ini ada yang didasarkan atas pengamatan cuaca, populasi inokulum, dan populasi serangga vektor.
- Beberapa contoh peramalan :

1. Penyakit layu bakteri pada jagung

- bakteri *Pantoea stewartii* di Amerika mempertahankan diri pada musim gugur dalam badan kumbang flea (*flea beetle*)
- dapat atau tidaknya serangga ini mempertahankan diri dalam musim dingin tergantung kepada keras lunaknya musim dingin tersebut



- peramalan akan datangnya epidemi didasarkan pada pengamatan suhu bulan Desember sampai Pebruari
- jika suhu rata-rata kurang dari -1°C , kebanyakan kumbang vektor akan mati dan pada musim tanam berikutnya penyakit layu pada jagung berkurang
- jika diperkirakan akan terjadi epidemi, diadakan perubahan-perubahan dalam rencana penanaman

2. Kudis Apel

- inokulum primer *Venturia inaequalis* adalah askospora yang disebarkan oleh daun yang gugur yang bertahan selama musim dingin
- untuk melakukan peramalan diadakan pengamatan terhadap daun tersebut pada musim semi untuk menentukan saat terlepasnya askospora
- di daerah-daerah apel hasil peramalan disiarkan lewat radio, agar para petani mengadakan penyemprotan
- dengan sistem peringatan ini dapat disusun rencana penyemprotan yang efektif



Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Penyakit Tanaman

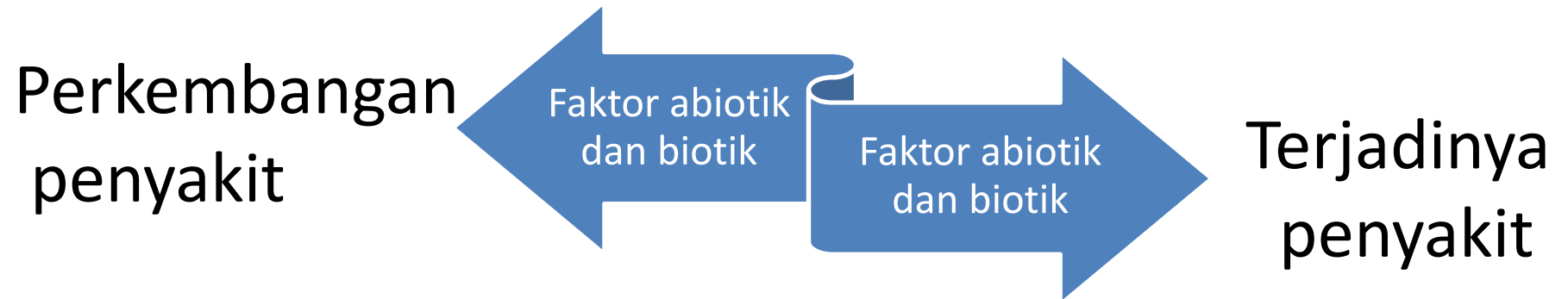
Dr. Zurai Resti, SP.MP



Faktor Lingkungan yg mempengaruhi penyakit tanaman

- Abiotik : Suhu, kelembaban, Angin, Cahaya, Tanah, Bahan kimia, Polusi
- Biotik : Inang, M.O lain, Organisme lain, Manusia

Pengaruh Faktor Lingkungan



Abiotic Plant Problems

Abiotic plant problems are caused by environmental factors, either natural or man-made **non-infectious, non-living (abiotic = without life)**

- Unfavorable soil properties or structure
- Nutrient imbalances
- Moisture extremes
- Temperature extremes
- Light extremes
- Physical injuries
- Chemical toxicity
- And in Florida, lightning strikes!

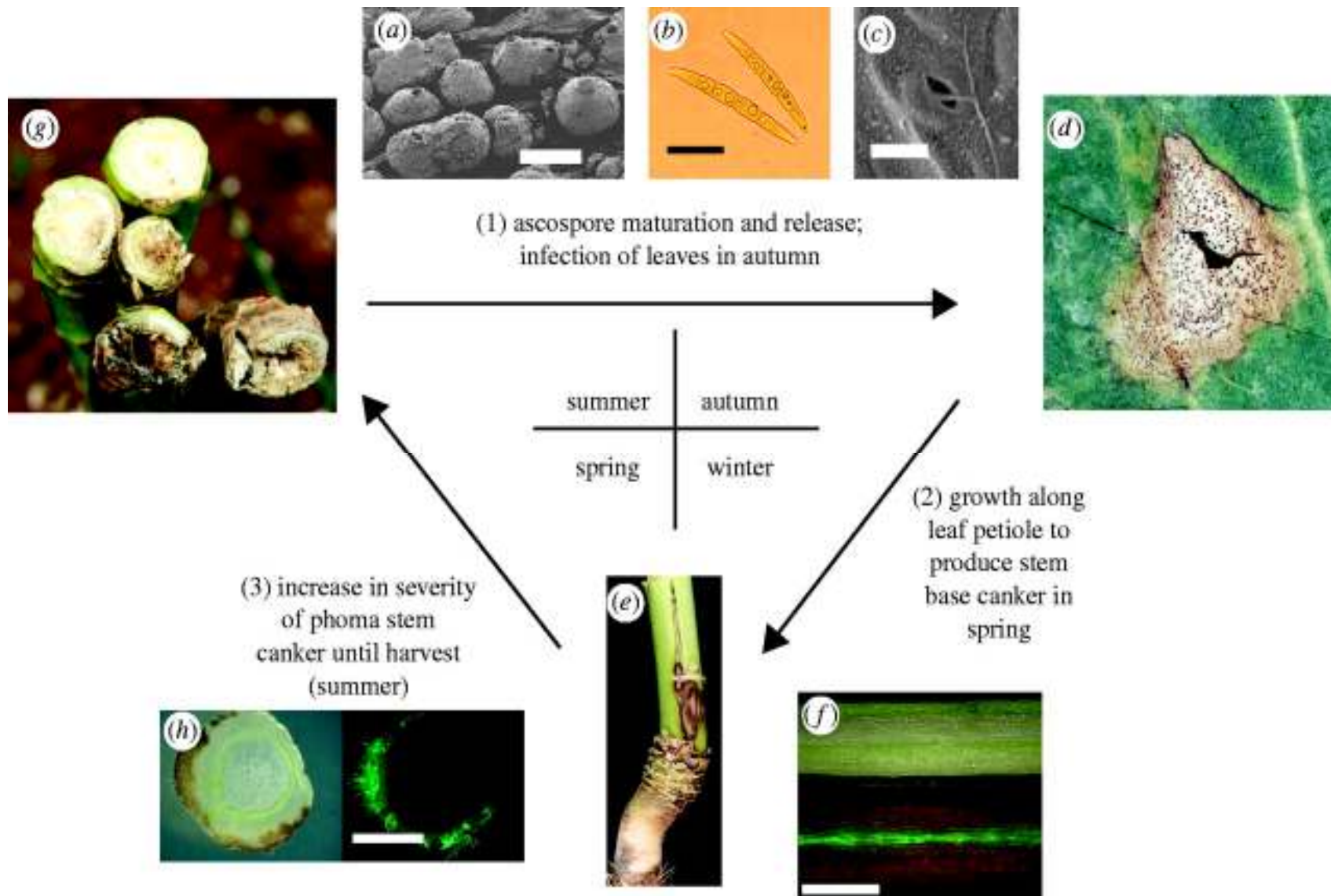
Temperatur

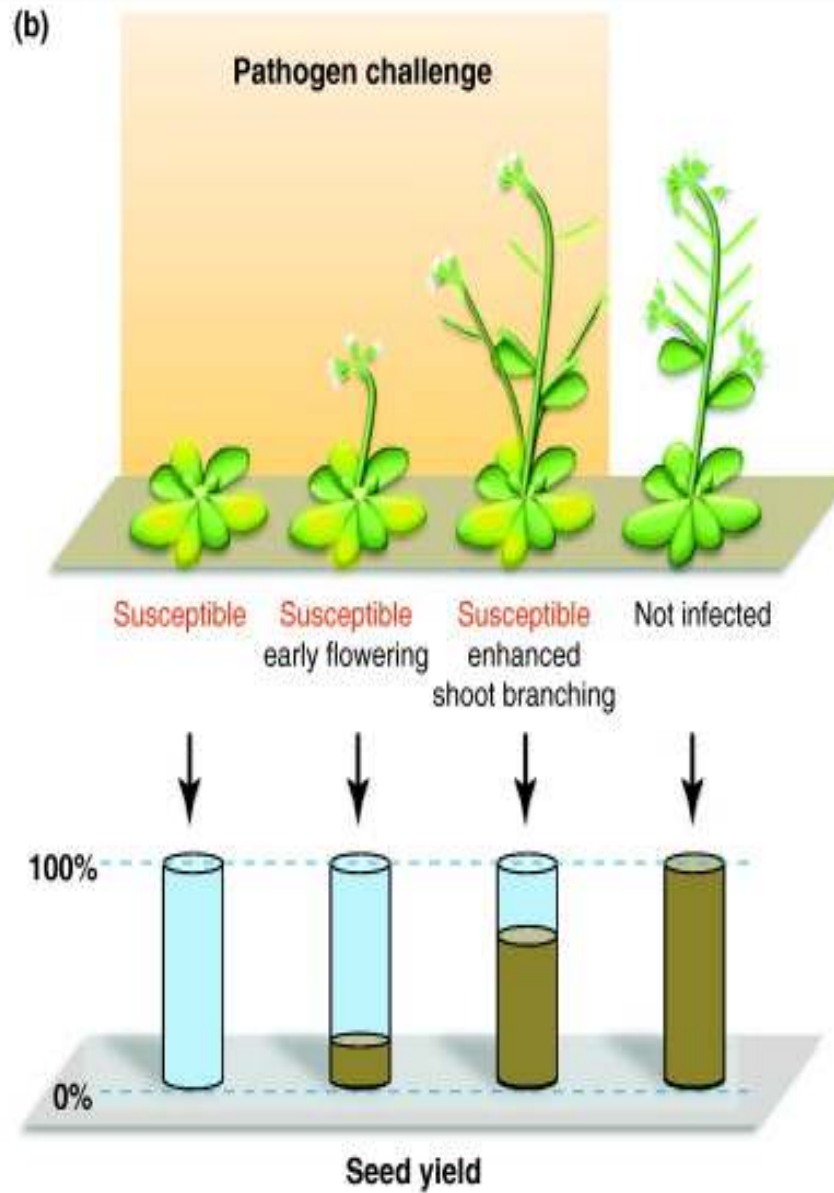
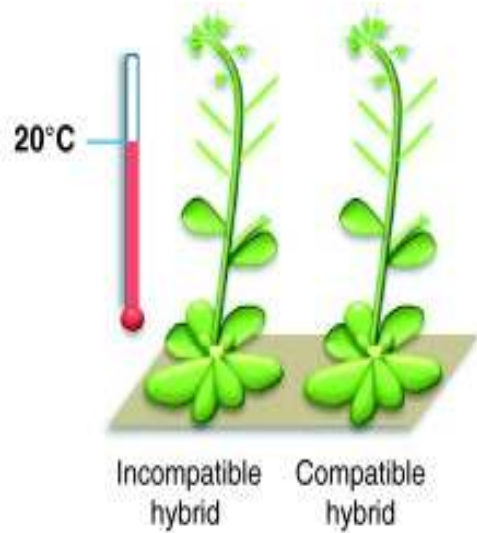
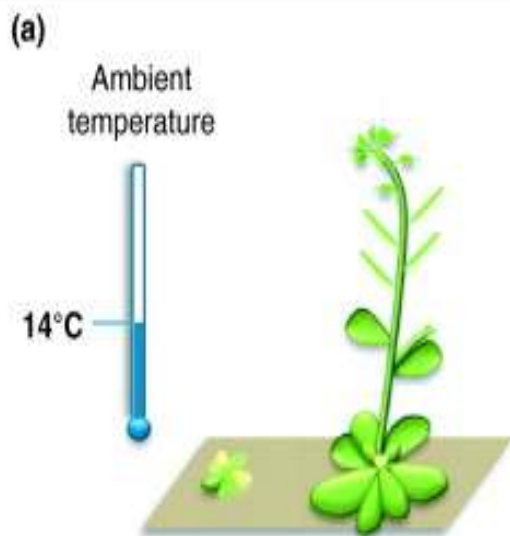
- Suhu berpengaruh sebagai differentiating effect (pembeda) yaitu bersifat menghambat atau mempercepat
- Suhu mempengaruhi spora yang berkecambah, kecepatan dan tipe perkecambahan.
- Pada umumnya suhu minimum perkecambahan spora adalah 1-3°C dan suhu maksimum adalah 30-36°C, sedangkan suhu optimumnya tergantung pada masing-masing jenis patogen.
- Patogen khas dataran rendah, dan patogen khas dataran tinggi. faktor suhu memegang peranan dalam menentukan kemampuan hidup dari patogen tersebut.
- yang sangat berperan menentukan perkembangan patogen adalah suhu dipermukaan jaringan tumbuhan
- Sebagai salah satu contoh adalah penyakit karat daun kopi (*Hemileia vastatrix*) sangat dibantu oleh suhu yang tinggi, hal ini terjadi karena suhu yang tinggi kurang cocok bagi perkembangan kopi arabika yang akan menyebabkan ketahanan tanaman menjadi turun, namun suhu yang tinggi akan membantu mempercepat perkembangan patogen



Abiotic: Cold Temperatures







Kelembaban

- Mempengaruhi perkembangan penyakit melalui berbagai cara (hujan, irigasi)
- Kelembaban yang tinggi dipermukaan tanaman dan akar inang, mempengaruhi perkecambahan spora jamur dan proses penetrasi
- Mempengaruhi aktivitas jamur, bakteri dan nematoda patogen sebelum menginfeksi inang.
- Berperan penting dalam penyebaran dan distribusi patogen

Abiotic: Excess Water



Oedema: little pimples form on leaf; roots taking up water faster than plant can use or transpire



Abiotic: Low Soil Moisture



Angin

- Meningkatkan penyebaran patogen
- Menyebabkan luka pada inang
- Menyebarkan spora jamur, sel bakteri dan virus
- Virus yang dibawa serangga dapat terbang dalam jarak yang jauh dengan bantuan angin
- Uredospora dan konidia yang ringan mudah diterbangkan angin sampai beberapa kilometer
- Membantu perkembangan dan penyebaran penyakit dengan dibantu hujan
- Hujan angin atau hujan badai meningkatkan infeksi penyakit pada tanaman

Cahaya

- Intensitas cahaya dan durasi penyinaran (tinggi atau rendah) mempengaruhi kerentanan tanaman terhadap penyakit
- Kekurangan cahaya tanaman akan etiolasi dan lebih rentan terhadap patogen
- Tanaman lebih mudah terserang virus bila kekurangan cahaya saat infeksi terjadi
- Inokulasi saat kurang cahaya bisa menutupi gejala yg muncul, namun gejala menjadi tambah parah saat tanaman ditempatkan pada kondisi cahaya normal

Abiotic: Plants can be sunburned too – not just tourists!



pH dan struktur tanah

- Terutama untuk patogen tular tanah
- *S. scabies* berkembang pada pH 5.2 – 8.0
- *Plasmodiopora brassicae* menyukai pH 5.7 – 6.2
- Nematoda menyekai struktur tanah berpasir
- Kelompok bakteri menyukai pH dari normal sampai basa

Nutrisi Tanaman inang

- Kelebihan N menyebabkan tanaman sekulen dan rentan terhadap patogen
- Pospat menyebabkan tanaman terhindar dari penyakit
- Pospat dapat mengurangi serangan kudis pada kentang, tapi meningkatkan serangan virus CMV pada bayam
- Kalsium dapat mengurangi intensitas penyakit yang disebabkan oleh patogen pada batang dan akar
- Fe mengurangi serangan layu *Verticillium* pada kacang-kacangan
- Cu mengurangi serangan take all pada gandum
- Mg mengurangi penyakit kudis pada kentang

Abiotic: Nutrient Deficiency



Tomato: Calcium
Sunflower: Iron

Palm: Potassium
Celosia: Manganese

Citrus: Zinc
Palm: Manganese

Herbisida

- Meningkatkan intensitas serangan berbagai jenis patogen
- Seperti *R. solani* pada kapas dan *Fusarium* pada tomat
- Pada kombinasi tanaman inang dan patogen lain herbisida dapat juga mengurangi serangan penyakit contoh ;
Aphanomyces euteiches penyebab penyakit busuk akar pada pir dan *Phytophthora* penyebab busuk tangkai pada berbagai tanaman
- Pengaruh herbisida bisa langsung ataupun tak langsung
- Pengaruh langsung merusak patogen dan meningkatkan kerentanan inang
- Secara tidak langsung menurunkan aktivitas mikroflora tanah atau perubahan iklim mikro tanaman

Abiotic: Chemical Damage



Herbicide damage



Herbicide damage



Excessive iron chelate applied to soil

Polusi Udara

- Menyebabkan gejala tertentu pada tanaman
- Ozoon menyebabkan berkurangnya serangan karat dan powdery mildew, karena ozoon menekan perkembangan uredospora
- Pada patogen non obligat ozoon meningkatkan serangan *P. glycinea*, dan *Xanthomonas alfalfa* pada alfalfa

Neither too few...

... nor too much

Not enough light

Too much sunlight

Low temperature

Strong heat

Shortage of water

Water logging

Nutrient deficiency

Excess nutrients



Cara sampainya inokulum mikroorganisme patogen ke tanaman:

- **melalui beberapa cara:**
 - **angin:**
 - embun tepung & embun madu, karat
 - **air:**
 - bakteri, *Colletotrichum* spp. *Fusarium*
 - **Tanah:**
 - *Rhizoctonia*, bakteri, *Sclerotinia*
 - **Serangga vektor:**
 - virus: Potato virus Y oleh aphid: *Myzus persicae*
 - **bahan tanaman:**
 - virus: BCMV, TMV
 - **peralatan:**
 - TMV, bakteri, jamur,
- **Beberapa jenis patogen dapat menggunakan kekuatannya untuk mencapai inangnya:**
 - larva nematoda, zoospora

Faktor Biotik yang Mempengaruhi Perkembangan Penyakit Tanaman

Faktor Biotik

- Inang
- Mikroorganisme lain
- Organisme lain
- Manusia

Tanggapan tanaman terhadap patogen dibedakan menjadi :

1. Tahan / resisten : apabila dalam keadaan biasa tanaman tersebut tidak dapat diserang oleh patogen.
2. Rentan / peka : apabila dalam keadaan biasa tanaman tersebut dapat diserang oleh patogen.
3. Toleran : apabila dalam keadaan biasa dapat menyesuaikan diri dengan patogen yang berada dalam jaringan tanaman inangnya.

Tanaman terserang oleh dua patogen.

- Responnya :
- 1. Reaksi patologiknya tidak berbeda dengan bila hanya diserang oleh masing-masing patogen.
- 2. Mungkin akan mendapatkan reaksi anergistik yaitu penyakit yang timbul akan lebih ringan dari pada yang diharapkan.
- 3. Mendapatkan reaksi sinergistik, yaitu penyakitnya lebih berat dari pada yang diharapkan.

Mikroorganisme lain

- Kompetisi
- Sinergisme
- Antagonisme

Summary of Direct Pairwise Interactions Between Two Populations

Type of Interaction	Species		Nature of Interaction
	A	B	
Competition	-	-	Each population inhibits the other
Predation, parasitism,	+	-	Population A, the predator, parasite, or mimic, kills or exploits members of population B, the prey, host, or model
Mutualism,	+	+	Interaction is favorable to both (can be obligatory or facultative)
Commensalism	+	0	Population A, the commensal, benefits whereas B, the host, is not affected
Amensalism	-	0	Population A is inhibited, but B is unaffected
Neutralism	0	0	Neither party affects the other

MEKANISME PENEKANAN PATOGEN

1. Substrate competition
2. Siderophore production
3. Antibiotic production (phenazine, pyrrolnitrin, pyoluteorin, gliotoxin, viridin, gliovirin)
4. Volatile substances (Ammonia, HCN, Pyrone)
5. Enzymes (chitinase, cellulase)
6. Parasitism
7. Plant growth promoting factors

Antagonisme sebagai pengendalian penyakit

- Beberapa produk komersial agensia pengendali hayati telah banyak dipasarkan (Lihat Tabel).
- Antibiosis dan cell-wall degrading enzymes mrpk strategi biokontrol yg cukup berhasil, disamping parasitisme
- Mekanisme cross-protection atau hyperparasitism juga telah banyak diketahui dan berhasil
- Rizosfir adalah target yg lebih baik drpd phylloplane utk biokontrol penyakit tanaman

Beberapa agensia pengendali hayati patogen tanaman

Mikroorganisme	Negara registrasi	Target patogen
Bakteri		
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	USA, Australia, NZ	Crown gall
<i>Bacillus subtilis</i>	USA	Growth enhancement
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Australia	Bacterial blotch
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	USA	Seedling diseases
Fungi		
<i>Peniophora gigantea</i>	UK	<i>Fomes annosus</i>
<i>Pythium oligandrum</i>	USSR	<i>Pythium</i> sp.
<i>Trichoderma harzianum</i>	Israel	Damping off
<i>Trichoderma viride</i>	Europe	Timber pathogens
<i>Trichoderma</i> sp.	USSR	Root diseases
<i>Fusarium oxysporum</i>	Japan	<i>Fusarium oxysporum</i>

Bakteri sebagai antagonis

- Keberhasilan pengendalian penyakit crown gall oleh bakteri tanah *A. radiobacter* var. *tumefaciens*
- Biokontrol penyakit take-all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) oleh *Trichoderma* spp. Dan *Pseudomonas fluorescens*
- Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) merupakan kelompok rizobakteri yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme produksi antibiotik, siderofor, maupun plant growth hormones.

Fungi sebagai antagonis

- Komersialisasi agensia biokontrol penyakit tanaman pertama (1963) adl penggunaan *Peniophora gigantea* untuk mengendalikan penyakit busuk akar pinus *Heterobasidion (Fomes) annosum*.
- *Trichoderma* (*T. viride*, *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. koningii*) merupakan fungi antagonis untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman. Mekanisme pengendalian umumnya melalui parasitisme dan antibiosis.

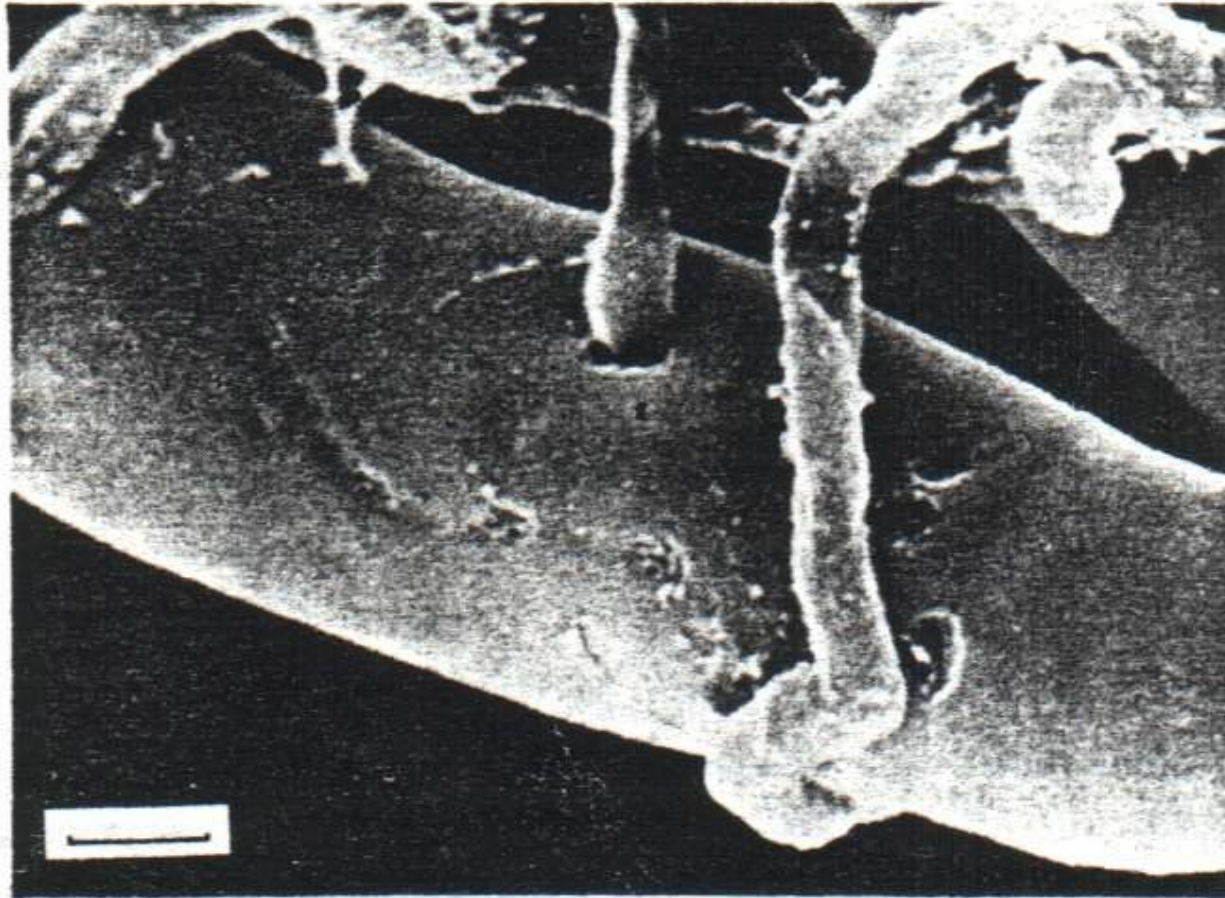


Fig. 4.2.10. Hyphal coiling and penetration of *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum*. Scale bar = 2 μm . Photograph courtesy of C. Ridout, University of Hull and AFRC Institute of Horticultural Research.

Organisme Lain

- Tanaman lain (Gulma, inang alternatif)
- Hewan ternak (penyebaran inokulum patogen)
- Serangga (vektor penyakit, pembawa inokulum, menyebabkan luka mekanis tempat masuknya inokulum)
- Serangga penyerbuk (pembawa inokulum)

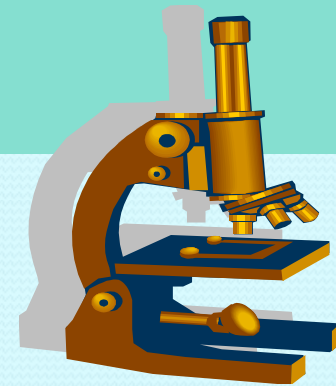
Manusia

- Tindakan budidaya
- Tindakan pengendalian penyakit tanaman
- Transportasi
- Perdagangan global

*SEKIAN
&
TERIMAKASIH*



PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN



PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN

- melindungi tanaman atau mengurangi tingkat kerusakan tanaman
- pengelolaan segitiga penyakit :
 - menekan populasi patogen serendah-rendahnya
 - membuat tanaman tahan terhadap serangan patogen
 - mengusahakan lingkungan agar menguntungkan tanaman tetapi tidak menguntungkan kehidupan patogen

➤ pengendalian penyakit dapat berhasil dengan satu cara pengendalian saja, mis : pengendalian bulai pada jagung dapat diatasi dengan perlakuan benih, tetapi seringkali pengendalian sukar dilakukan dengan aplikasi satu cara saja → kombinasi berbagai cara pengendalian termasuk manipulasi lingkungan

Maksud dan tujuan pengendalian

1. Maksud

→ memperbaiki kuantitas dan kualitas hasil produksi tanaman yang kita usahakan

2. Tujuan

→ mencegah terjadinya kerugian ekonomis serta menaikkan nilai hasil produksi dari tanaman yang kita usahakan

- pengendalian dilakukan apabila biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian lebih kecil dari pada kerugian yang terjadi sebagai akibat dari penyakit apabila tidak dilakukan pengendalian
- nilai akibat dari pengendalian tersebut, haruslah lebih besar daripada nilai biaya yang dikeluarkan untuk pengendaliannya

- cara pengendalian yang paling tepat berbeda antara satu daerah dengan daerah yang lain, atau antara petani yang satu dengan petani yang lain, juga tergantung pada cuaca, tempat, lahan pertaniannya, keadaan serta jenis maupun tipe tanaman, cara bercocok tanam, nilai hasil tanaman, dan lain sebagainya

Kerugian Akibat Penyakit Tanaman

1. mengurangi kuantitas hasil

- rusaknya pangkal batang atau akar tanaman → mati
- kerusakan atau sakitnya daun → mengganggu proses fotosintesis
- penyakit dapat memperpendek umur ekonomis produktif tanaman → mengurangi produktifitasnya

2. menurunkan kualitas hasil

- penyakit tertentu dapat menurunkan mutu atau kualitas dari hasil tanaman, tanpa mengurangi kuantitas hasilnya
cth : penyakit kudis pada kentang (*Streptomyces scabies*)
tidak menurunkan timbangan atau kuantitas hasil kentang tetapi karena umbi yang berkudis kelihatan kurang menarik → harganya rendah

Penyakit kudis pada umbi kentang



3. untuk memberantas atau mengendalikan penyakit tanaman diperlukan biaya

mis : - penyakit cacar teh (*Exobasidium vexans*) hanya dapat dikendalikan dengan embusan sebanyak 1-1,5 kg tembaga yang dicampur dengan 10-15 kg talk per hektarnya, dan harus dilakukan beberapa kali dalam musim penghujan

- penyakit RBL pada cengkeh, berhasil baik dikendalikan dengan sistem infus memakai “tetracycline tree injection” yang harus diimpor

- pengendalian penyakit jamur akar putih (*Fomes lignosus* = *Leptoporus lignosus* = *Rigidoporus lignosus*) pada karet dan tanaman keras lainnya, diperlukan pembongkaran tunggul-tunggul, penggalan selokan isolasi → memerlukan biaya yang banyak

4. menyebabkan kerusakan hasil panen selama pengangkutan dan penyimpanan

- penyakit pada buah, biji, atau pada hasil sayur-sayuran dapat timbul sejak dilapangan dan dapat meneruskan perkembangan serta serangannya selama dalam pengangkutan dan setelah penyimpanan

- mis : - buah jeruk yang disimpan sering diserang oleh cendawan *Gloeosporium musarum*
- buah cabai sering diserang oleh cendawan *Colletotrichum piperatum*
- buncis dalam penyimpanan menjadi busuk berlendir dan berbau → *Erwinia caratovora*

- hasil-hasil pertanian dalam bentuk kering dalam udara biasa dapat terserang oleh cendawan dan bakteri
- sayur-sayuran yang berbentuk daun, umbi, dan buah seperti kubis, bayam, tomat, kangkung, kentang, dan sebagainya, sering membusuk oleh saprofit dan parasit → penyakit gudang/bahan simpan (Storage diseases), dan penyebabnya disebut patogen penyimpanan (Storage pathogens)

Busuk lunak pada kentang



Busuk lunak pada wortel



Busuk lunak pada cabai



Busuk basah pada kubis



5. menimbulkan gangguan pada manusia dan hewan yang memakannya

- *Claviceps purpurea* penyebab penyakit ergot pada tanaman gandum
- manusia dan hewan yang memakan gandum yang terserang penyakit ergot akan mengalami ergotisma, yaitu gejala kejang otot dan kelumpuhan

Ergot pada gandum



- Sejak kesadaran masyarakat tentang bahaya pestisida muncul, para peneliti berupaya mengembangkan suatu teknik pengendalian penyakit yang mampu mengurangi kehilangan hasil panen namun dengan dampak kerusakan lingkungan yang minim → metode *Integrated Diseases Management* atau pengendalian penyakit terpadu (PPT)

- PPT sering didefinisikan sebagai Teknik pengendalian penyakit tanaman yang menggunakan pendekatan berkelanjutan (*sustainable agriculture*) untuk mengelola penyakit tanaman dengan mengkombinasikan metode biologis, praktik budidaya, mekanis dan kimiawi pada suatu mekanisme yang meminimalisir resiko terhadap biaya, lingkungan dan kesehatan manusia

- Seiring perkembangan zaman, konsep ini mengalami perkembangan sebagaimana yang diusulkan oleh H. H Whetzel
- Prinsip dalam pengendalian penyakit :
 1. eksklusivitas
 2. proteksi
 3. eradikasi
 4. imunisasi

1. Eksklusi

- mencegah masuknya patogen penyebab penyakit tanaman ke suatu wilayah, area pertanian atau pertanaman
- dilakukan dengan cara :
 - a. karantina
 - b. sertifikasi benih
 - c. menjauhkan area penanaman dari wilayah yang terserang penyakit, alat-alat pertanian, sisa-sisa tanaman yang dapat sebagai sumber inokulum

- Karantina Tumbuhan

-> untuk mencegah pemasukan dan penyebaran Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) ke suatu negara atau daerah yang masih bebas dari OPT tersebut

→ tindakan karantina meliputi :

- pemeriksaan
- pengasingan
- pengamatan
- perlakuan
- penahanan
- penolakan
- pemusnahan
- pembebasan

2. Proteksi

→ melindungi tanaman dari serangan patogen
dapat dilakukan dengan cara-cara :

- a. kultur teknis
- b. mekanis
- c. fisik
- d. kimia
- e. biologi / hayati

a. kultur tehnis (preventif)

- dilakukan sebelum serangan patogen terjadi dengan tujuan agar populasi OPT tidak meningkat sampai melebihi ambang pengendalian

- pengendalian kultur teknis, meliputi :
 1. sanitasi
 2. pemakaian tanah yang sehat
 3. rotasi tanaman
 4. tumpang Sari
 5. pemangkasan dan penjarangan
 6. menanam kultivar tahan
 7. pemupukan

1. sanitasi

→ menghilangkan sumber infeksi :

- penyiangan gulma
- membongkar inang alternatif
- memusnahkan tanaman sakit
- membuang bagian-bagian tanaman sakit

2. pemakaian tanah yang sehat

- tanah yang tidak mengandung patogen tidak berarti tanah yang steril, atau tanah yang sama sekali bebas dari semua patogen
- contoh : tanah yang mengandung *P.nicotianae* dianggap tidak berpenyakit apabila di tanah tersebut akan ditanam padi-padian

3. pergiliran tanaman (rotasi)

-> menanam tanaman yang tidak rentan atau membiarkan tanah “bera”

-> menanam tanaman pada musim berikutnya yang bukan merupakan inang patogen

4. tumpang sari dan variasi penanaman dan pemanenan

- tumpang sari dapat mengendalikan suatu OPT akibat keberadaan tanaman yang bukan inangnya
- sedangkan variasi waktu tanam dan panen akan memutuskan siklus hidup hama

5. pemangkasan dan penjarangan

- pemangkasan → kebersihan tanaman
- penjarangan → jarak tanam optimum suatu tanaman
- pemangkasan → bagian yang terkena infeksi sehingga tidak menyebar ke bagian tanaman yang lain

6. penanaman kultivar tahan

- biaya yang dipakai hanya untuk mendapatkan kultivar tahan dan untuk mengganti tumbuhan yang rentan dengan kultivar atau jenis yang tahan
- banyak penyakit yang tidak dapat dikendalikan dengan cara-cara lain, hanya dapat dikendalikan dengan kultivar tahan

7. pemupukan

- pemupukan N yang berlebihan akan menyebabkan tanaman sukulen dan mudah terserang OPT
- pemberian pupuk mikro dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan OPT

b. pengendalian secara mekanis

c. pengendalian secara fisik

- dengan pemanasan, penyinaran termasuk pembakaran
- untuk menghilangkan patogen yang berada di tanah atau benih
- membunuh jamur-jamur yang berada pada buah mentah

1. pembakaran

- tumbuhan yang sakit dicabut kemudian dibakar
- terserang virus tidak perlu dibakar
- > jadi harus tahu sifat patogennya

2. pemanasan

- untuk membunuh patogen dalam tanah
- dengan uap panas

3. pemanasan tanah dengan sinar matahari

- dengan solar energi -> “solarisasi”

4. pemanasan benih

- biji, umbi, stek → “perlakuan air panas” (*hot water treatment*) atau “perlakuan udara panas” (*hot air treatment*)

- cth : biji kubis dibebaskan dari jamur *Alternaria brassicae* dan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dengan perlakuan air panas dengan suhu 5 C selama 30 menit

5. pemanasan buah-buahan

- buah yang terinfeksi waktu mentah dan tergantung di pohon -> jamur infeksi laten

- jamur berkembang pada waktu buah masak dalam simpanan atau pengangkutan

cth : untuk mencegah busuk buah mangga karena *Colletotrichum gloeosporioides*, buah direndam air panas 55 C selama 5 menit

d. pengendalian secara kimia

→ pengendalian alternatif terakhir


- memakai bahan kimia -> pestisida
- biaya mahal
- hasil langsung kelihatan
- dapat dilakukan oleh tenaga-tenaga biasa

No.	Jenis Pestisida	Organisme
1	Herbisida	Gulma
2	Moluskisida	Molusca (keong)
3	Nematisida	Nematoda
4	Bakterisida	Bakteri
5	Fungisida	Cendawan
6	Rodentisida	Tikus
7	Akarisida	Tungau
8	Insektisida	Serangga

e. pengendalian biologi

- pengendalian dengan cara memanfaatkan musuh alami untuk mengendalikan OPT termasuk memanipulasi inang, lingkungan atau musuh alami itu sendiri
- pengendalian hayati bersifat ekologis dan berkelanjutan

- pengendalian secara biologi lebih mengutamakan pemanfaatan musuh alami atau agen pengendali hayati sebagai komponen utama
- musuh alami → suatu mikroorganisme yang dalam kelangsungan hidupnya memangsa/menumpang pada tubuh organisme lain

- 
- musuh alami dapat digolongkan sebagai berikut :
 - serangga parasitoid
 - serangga predator
 - patogen serangga hama
 - hewan vertebrata pemangsa hama
 - agens antagonis penyebab penyakit tanaman

❖ sifat yang harus dimiliki agen pengendali hayati adalah :

- (1) mampu tumbuh lebih cepat dibanding patogen
- (2) bersifat sebagai pesaing (kompetitor) terhadap patogen
- (3) mampu menghasilkan senyawa antibiosis, enzim dan toksin yang mampu menghambat pertumbuhan patogen
- (4) mudah dibiakkan pada media buatan
- (5) tidak menimbulkan penyakit pada tanaman

❖ mekanisme pengendalian penyakit secara hayati :

1. kolonisasi
2. kompetisi
3. antibiosis
4. hiperparasitisme

1. kolonisasi

- kolonisasi pada permukaan organ tumbuhan terjadi sebagai akibat tersebarnya inokulum oleh agen penyebar seperti angin, air, binatang atau manusia
- agen pengendali diaplikasikan pada sistem perakaran tanaman (rhizosphere)

2. kompetisi

- terjadi apabila dua atau lebih mikro organisme berada pada ruang atau tempat yang sama dan memperebutkan sumber nutrisi (carbon , nitrogen , dan besi , termasuk oksigen, cahaya, air

3. antibiosis

- adalah penghambatan pertumbuhan atau perkembangan dan penghancuran suatu organisme oleh hasil metabolisme organisme lain.
- hasil metabolisme bersifat racun → antibiotik
- *Trichoderma* menghasilkan antibiotik yang menguap (volatil) dan tidak menguap (non volatil)

- *Trichoderma sp.* banyak di aplikasikan dalam pengendalian jamur-jamur patogen tanah
- *Trichoderma* menghasilkan antibiotik menyebabkan terhambatnya pertumbuhan jamur patogen disekitarnya
- *Trichoderma* dapat membuat keasaman tanah (pH) menjadi tidak optimum bagi patogen
contoh : pengendalian *Sclerotium rolfsii* dengan *Trichoderma sp.*

4. hiperparasitisme

→ bentuk penghambatan dan penghancuran oleh agen pengendali dengan memarasit jamur patogen, melalui hifa dengan membentuk haustoria dan dapat pula menyebabkan lisis hifa jamur patogen

3. Eradikasi

- > apabila terdapat pertanaman dengan OPT yang berbahaya dan mengancam keselamatan tanaman secara luas
- > perlu dilakukan oleh semua penanam, sebab kalau tidak dilakukan eradikasi maka usaha akan sia-sia
- > penyakit-penyakit yang baru saja masuk ke suatu daerah sedapat mungkin dihilangkan sebelum meluas

4. Imunisasi

- memberikan kekebalan tanaman terhadap serangan patogen
- dengan cara meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen

Pestisida nabati

- pestisida nabati → pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan
- tumbuhan banyak mengandung bahan kimia yang digunakan sebagai alat pertahanan dari serangan organisme pengganggu
- bahan kimia yang terkandung biasa disebut sebagai **metabolit sekunder** yang berupa flavonoid, alkaloid, saponin, tanin dan lain-lain

- **pestisida nabati adalah pestisida yang bahan aktifnya berasal dari tumbuhan atau bagian tumbuhan seperti akar, daun, batang atau buah**

- **bahan dan cara umum pengolahan :**
 - **bahan mentah berbentuk tepung (nimbi, kunyit, dll)**
 - **ekstrak tanaman/resin dengan mengambil cairan metabolit sekunder dari bagian tanaman tertentu**
 - **bagian tanaman dibakar untuk diambil abunya dan dipakai sebagai insektisida (serai, tembelean/*Lantana camara*)**

- ❖ **keuntungan/ kelebihan penggunaan pestisida nabati :**
 - a. mempunyai cara kerja yang tidak meracuni
 - b. mudah terurai di alam dan residunya mudah hilang, sehingga tidak mencemari lingkungan serta relatif aman bagi manusia dan hewan peliharaan
 - c. penggunaannya dalam jumlah (dosis) yang kecil atau rendah
 - d. mudah diperoleh di alam
 - e. pembutaannya relatif mudah dan secara sosial – ekonomi penggunaannya menguntungkan bagi petani

❖ **kelemahan pestisida nabati :**

- 1. daya kerjanya relatif lambat**
- 2. tidak membunuh jasad sasaran secara langsung**
- 3. tidak tahan terhadap sinar matahari**
- 4. kurang praktis**
- 5. tidak tahan disimpan**
- 6. kadang-kadang harus diaplikasikan / disemprotkan berulang-ulang**

❖ tumbuhan yang dipakai untuk pestisida nabati

- mindi : *Melia azedarach* L.
- nimba : *Azadirachta indica* A.juss
- tembakau : *Nicotiana tabacum*
- sirsak : *Annona muricata*
- srikaya : *Annona squamosa*
- babadotan : *Ageratum conyzoides* L.
- lengkuas : *Alpinia galanga*
- serai : *Cymbopogon nardus* L.
- gadung : *Dioscorea hispida* Dennst.
- kemiri : *Aleurites moluccana* Wild.
- brotowali : *Tinospora rumphii* Blume.

mimba (*Azadirachta indica* L.)



Mimba

- mimba mengandung senyawa aktif azadirachtin, meliantriol, dan salanin
- berbentuk tepung dari daun atau cairan minyak dari biji/buah
- efektif untuk mengendalikan serangga bertubuh lunak (200 spesies) → belalang, thrips, ulat, kupu-kupu putih, dll
- untuk mengendalikan jamur (fungisida) pada tahap preventif, menyebabkan spora jamur gagal berkecambah

- **jamur yang dikendalikan : embun tepung, penyakit busuk, cacar daun/kudis, karat daun dan bercak daun, dan mencegah bakteri pada embun tepung (powdery mildew)**

Tembakau (*Nicotiana tabacum*)

- bagian tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati adalah batang dan daunnya
- sebagai pestisida organik karena senyawa yang dikandung adalah nikotin
- nikotin ini tidak hanya racun untuk manusia, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk racun serangga
- daun tembakau kering mengandung 2 - 8 % nikotin
- nikotin berperan sebagai racun kontak bagi serangga ulat perusak daun, aphids, triphs, dan pengendali jamur (fungisida)

Minyak Cengkeh

- banyak mengandung minyak atsiri yang mempunyai nilai jual tinggi
- minyak atsiri diperoleh melalui proses ekstraksi maupun penyulingan bagian daun atau bunga cengkeh
- minyak cengkeh mengandung sampai dengan 80% eugenol
- sangat efektif membunuh nematode puru akar, *M. incognita*

KEMANGI (*Ocimum sanctum*)

- cara pembuatannya: kumpulkan daun kemangi segar, kemudian keringkan
- setelah kering, baru direbus sampai mendidih, lalu didinginkan dan disaring
- hasil saringan ini bisa digunakan sebagai pestisida alami

TOMAT (*Lycopersicum esculentum*)

- **daun tomat bagus sebagai insektisida dan fungisida alami**
- **dapat digunakan untuk membasmi kutu daun, ulat bulu, telur serangga, belalang, ngengat, lalat putih, jamur, dan bakteri pembusuk**
- **batang dan daun tomat dididihkan, kemudian biarkan dingin lalu saring**
- **air dari saringan ini bisa digunakan untuk mengendalikan berbagai hama tanaman**

mindi dan nimba

mindi



nimba



tembakau dan kipait

Nicotiana tabachum



Tithonia diversifolia



sirsak dan srikaya

Annona squamosa

Annona muricata



babadotan dan sembung

Ageratum conyzoides

sembung



lada

- yang digunakan: biji
- kandungan: senyawa alkaloid, dll
- fungsi : insektisida, fungisida, dan nematisida



Lada

jambu mete

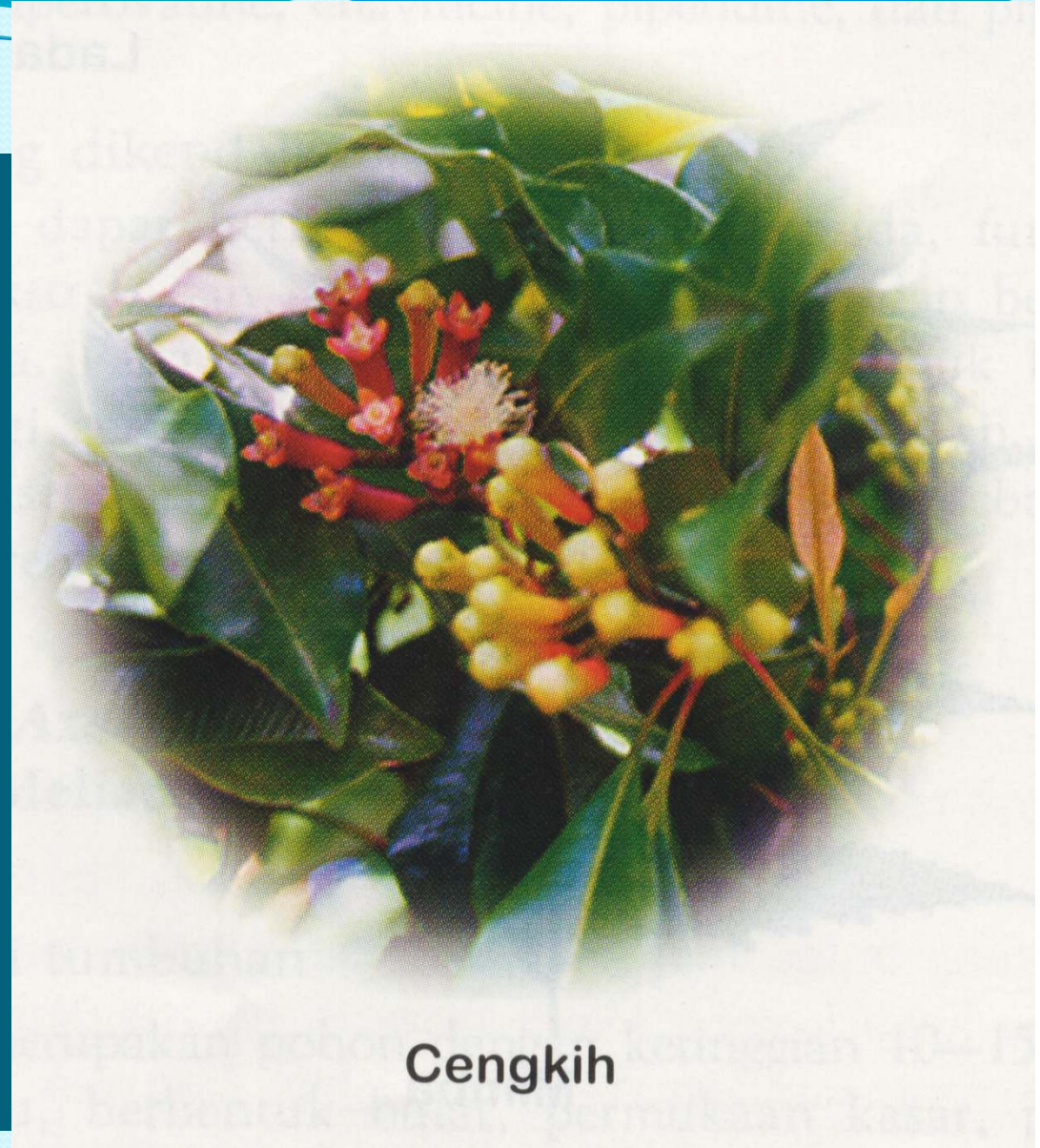
- kulit buah
- kandungan: asam anakardat & kardol
- fungsi : insektisida, bakterisida, dan fungisida



Jambu mete

cengkih

- bunga, tangkai dan daun
- kandungan: minyak atsiri
- fungsi : menghambat
Phytophthora capsici,
P.palmivora,
Rigidoporus lignosus,
Sclerotium sp, *Fusarium*
oxysporum,
Pseudomonas
solanacearum,
Radopholus similis,
Meloidogyne incognita



Cengkih

bunga tahi ayam **(*Tagetes erecta*)**

- yang digunakan:
bunga, daun, biji
- fungsi : nematisida



bengkuang

- biji
- kandungan :
senyawa alkaloid
- fungsi : pengendalian
hama dan jamur



Bengkuang

nimba

- daun & biji
- kandungan:
azadirachtin, dll
- untuk:
insektisida, fungisida,
bakterisida,
moluskosida, dan
nematisida



Mimba

mind

- daun & biji
- kandungan: azadirachtin, dll
- untuk: insektisida, fungisida

