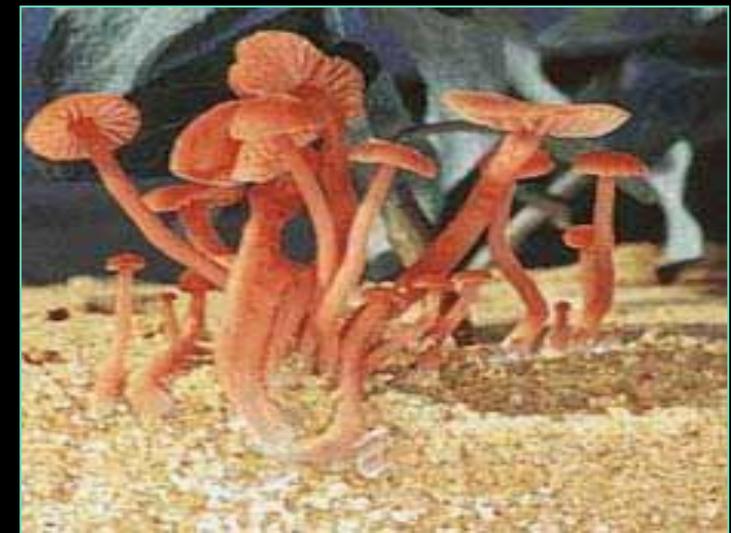


# FUNGI MIKORIZA

Dosen Pengampu: Hanna Artuti

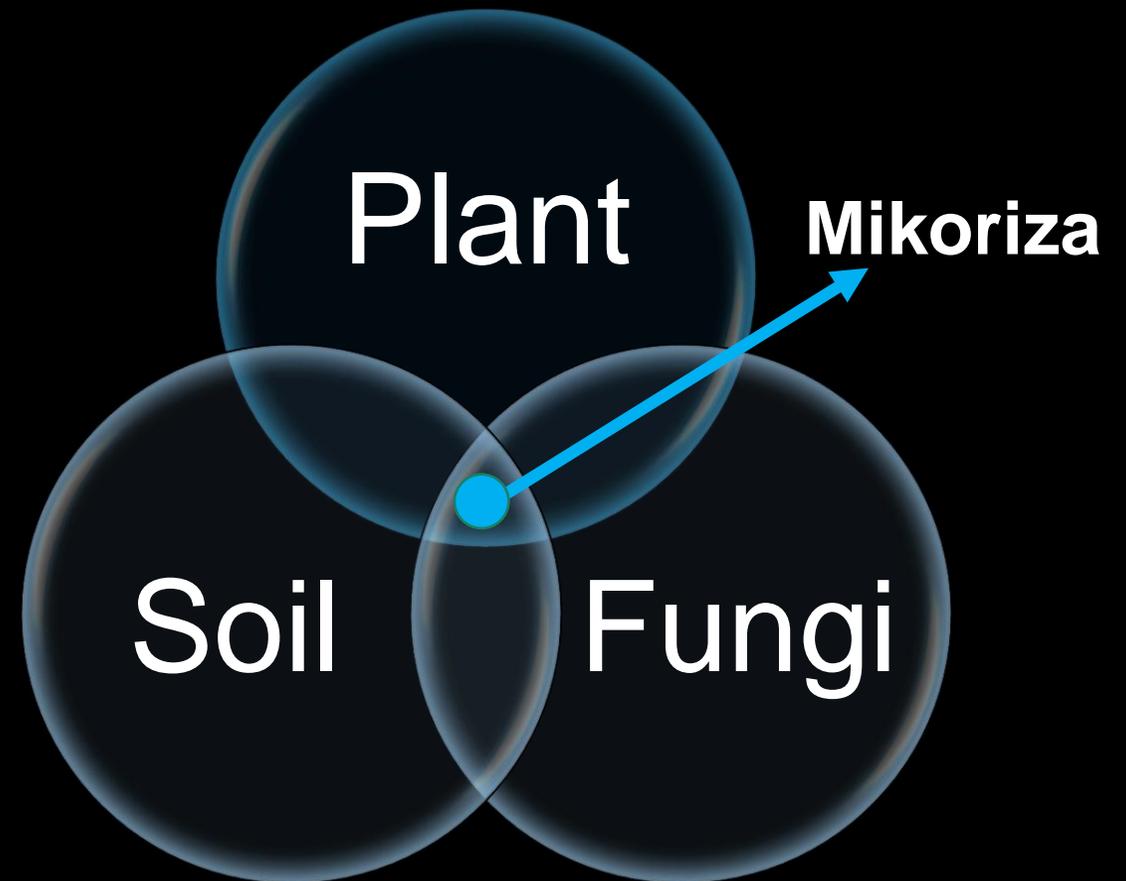


# Fungi Mikoriza ??

- Fungi (jamur, cendawan) bersifat heterotrof, yang memperoleh makanan dari bahan organik yang telah mati (secara saprofit) atau dari organisme hidup lainnya (parasit atau simbiotik).
- Fungi yang cara hidupnya bersimbiosis dengan organisme hidup lainnya disebut dengan **fungi simbiotik**.
- Fungi yang bersimbiosis dengan **akar** tumbuhan disebut **fungi mikoriza**.

# Pengertian Mikoriza

Bentuk hubungan simbiotik mutualisme antara **fungi** tanah dengan **akar** tumbuhan/tanaman (termasuk *thallus*).



# Tipe-tipe Mikoriza

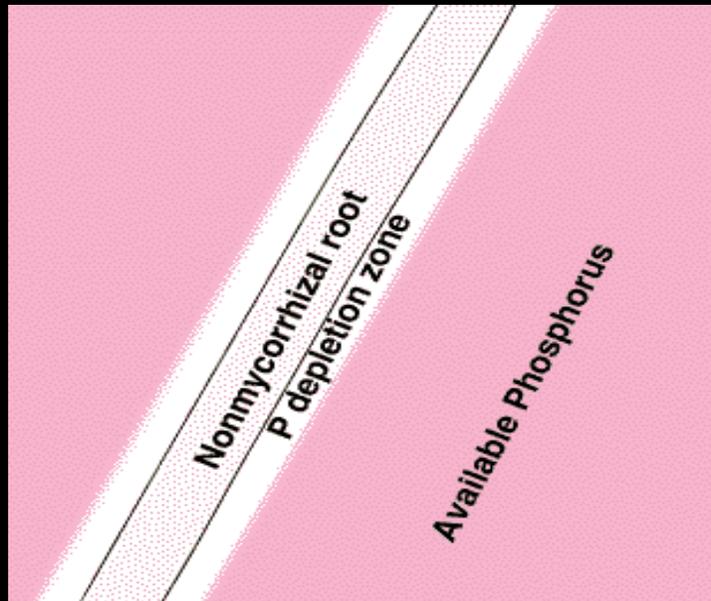
1. **Mikoriza arbuskula** (MA) – *arbuscular mycorrhizae*  
dulu: mikoriza vesikula arbuskula (MVA) - *Vesicular arbuscular mycorrhizae*
2. **Ektomikoriza** (EM) – *Ectomycorrhizae*
3. Mikoriza erikoid – *Ericoid mycorrhizae*
4. Mikoriza anggrek - *Orchid mycorrhizae*
5. Ektendomikoriza - *Ectendomycorrhizae*
6. Mikoriza monotropoid - *Monotropoid mycorrhizae*
7. Mikoriza arbutoid - *Arbutoid mycorrhizae*

# Pentingnya mikoriza

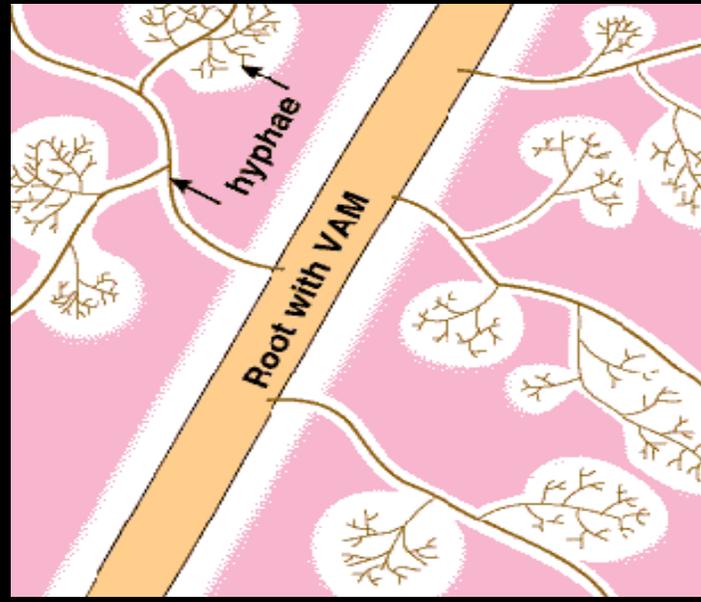
- Mutualise dalam mikoriza berdasarkan transfer hara ke tanaman dari fungi dan sebaliknya transfer fotosintat dari tanaman ke fungi.
- Tanaman bermikoriza meningkatkan area permukaan sistem akar dan menyerap hara dari tanah, khususnya fosfor (P) dan mikronutrien oleh hifa yang menjangkau jauh dari zona akar untuk menyerap hara.
- Hampir 90% tumbuhan bermikoriza sebagian besar tipe **mikoriza arbuskula** (MA).
- Oleh karena itu, asosiasi MA di tanaman memainkan peran penting dalam meningkatkan mobilisasi hara menuju akar.

# Why mycorrhiza ??

Not inoculated  
with mycorrhizae



Inoculated with  
mycorrhizae

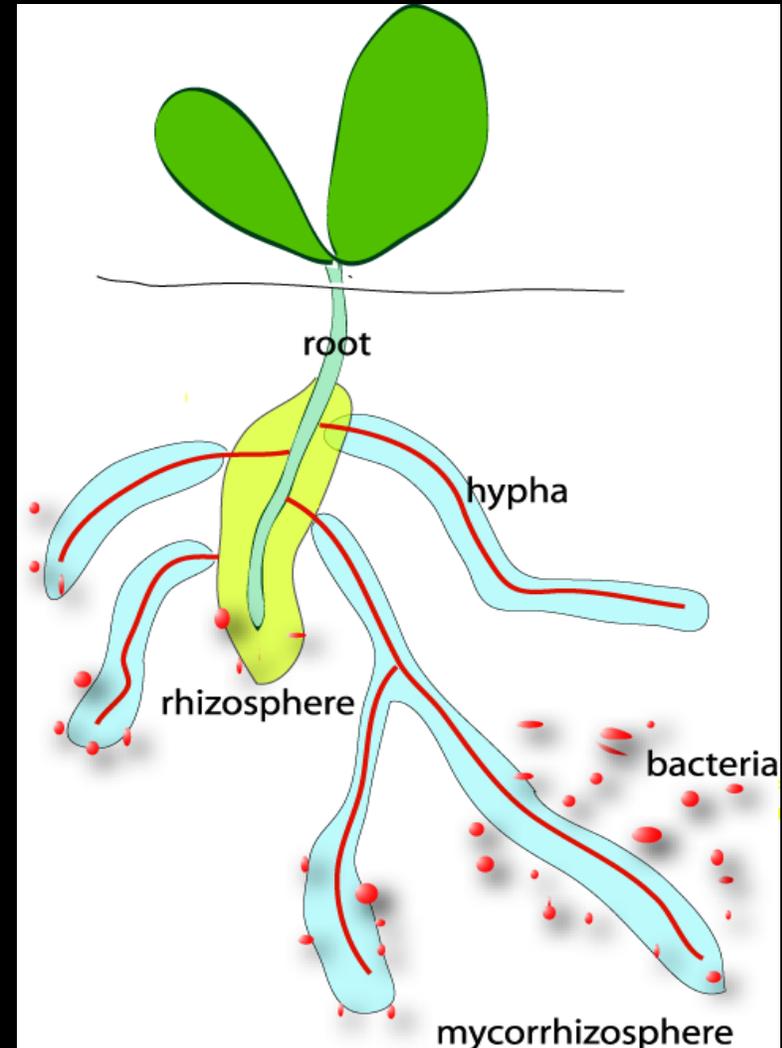


- Roots and root hairs cannot enter the smallest pores
- Hyphae is 1/10<sup>th</sup> of root hair
- Increased surface area
- **Extension beyond depletion zone**

Perluasan hifa melampaui zona pengurasan sekitar akar dan dapat memenerasi (menembus) mikro pori tanah



Hifa mikoriza sangat efisien utk eksplorasi tanah dan ekstraksi hara dari tanah.



# Manfaat mikoriza

## Bagi tanaman:

- ✓ Penyerapan unsur hara (khususnya P)
- ✓ Meningkatkan ketahanan tanaman thdp kekeringan dan patogen akar
- ✓ Meningkatkan toleransi tanaman thdp tanah salin atau terkontaminasi logam berat
- ✓ Mempercepat umur berbunga/berbuah (cabe/pisang) dan memperlama masa berbuah (cabe)

# Manfaat mikoriza

## Bagi ekosistem:

- ✓ Membantu dlm siklus hara
- ✓ Konservasi hara
- ✓ Memperbaiki struktur tanah
- ✓ Menyalurkan karbohidrat dari tanaman ke mikrob tanah lainnya (populasi & diversitas bakteri pada rizosfer tanaman bermikoriza lebih tinggi dibandingkan tanaman tidak bermikoriza).

# Manfaat mikoriza

## Bagi manusia:

- ✓ Bahan pangan
- ✓ Bahan obat-obatan
- ✓ Keindahan
- ✓ Indikator lingkungan

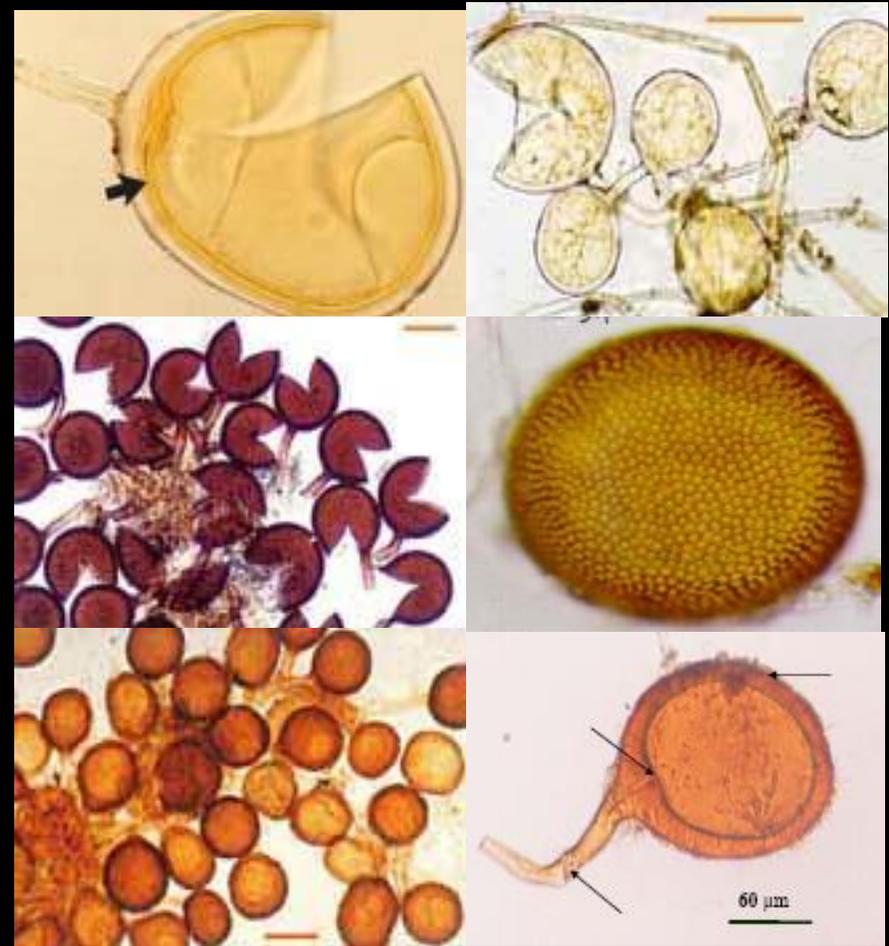


# Fungi Mikoriza Arbuskula (Glomeromycota)



# FMA (Glomeromycota)

- Fungi bawaan tanah (*soil borne fungi*)
- **Obligat** (harus bersimbiosis dengan tanaman – mutualistik)
- Spora: aseksual, tunggal, sporokarp, *loose aggregate*, > hipogeus
- Miselium senositik, tidak berseptata (tp ada juga yg berseptata)



# FMA (Glomeromycota)

- Fungi mikoriza arbuskula (FMA) yg berasosiasi termasuk kelas Glomeromycetes (dulu Zygomycetes, ordo Glomales).
- Bentuk atau tipe spora digunakan untuk identifikasi fungi.



# Sejarah-1

- Sebelum th. 2001: FMA termasuk dlm filum Zygomycota, kelas Zygomycetes, ordo Glomales
- Glomales mempunyai rute evolusi yg unik (Morton & Benny, 1990)
- Morton & Benny, 1990, mengklasifikasi FMA ke dalam: ordo Glomales (2 sub ordo Glomineae & Gigasporineae), 2 famili Acaulosporaceae & Gigasporaceae

# Sejarah-2

- Th. 2001: Bukti molekuler yg melengkapi bukti morfologi mendukung bhw FMA termasuk filum Glomeromycota yg mempunyai tetua berbeda & mrpk kerabat filum Basidiomycota & Ascomycota
- Morton & Redecker 2001 berdasarkan data molekuler, morfologi & biokimia menemukan 2 famili baru: Archaeosporaceae & Paraglomaceae.
- Anggota filum Glomeromycota (Schußler, Schwarzott, Walker 2001) ditemukan pd fosil berusia 400 M th. – Periode Devonian (Taylor 1995).

**Struktur yang terlihat dalam fosil "akar" tumbuhan berumur 350 juta tahun yang diyakini sebagai vesikel dari jamur mikoriza**



Origin of arbuscular fungi

(Simon et al., 1993)

Land plants

Monocots-Dicots



500 400 300 200 100 Today  
Million Years Ago

**Spora dan hifa jamur Glomeromikota yang ditemukan dalam batu berumur 460 juta tahun yang lalu, merupakan fosil jamur tertua yang berhasil ditemukan**

# Klasifikasi FMA (Glomeromycota)

**Phyllum : Glomeromycota (Schußler *et al* 2001)**

**Class : Glomeromycetes (Cavalier-Smith)**

## **Links:**

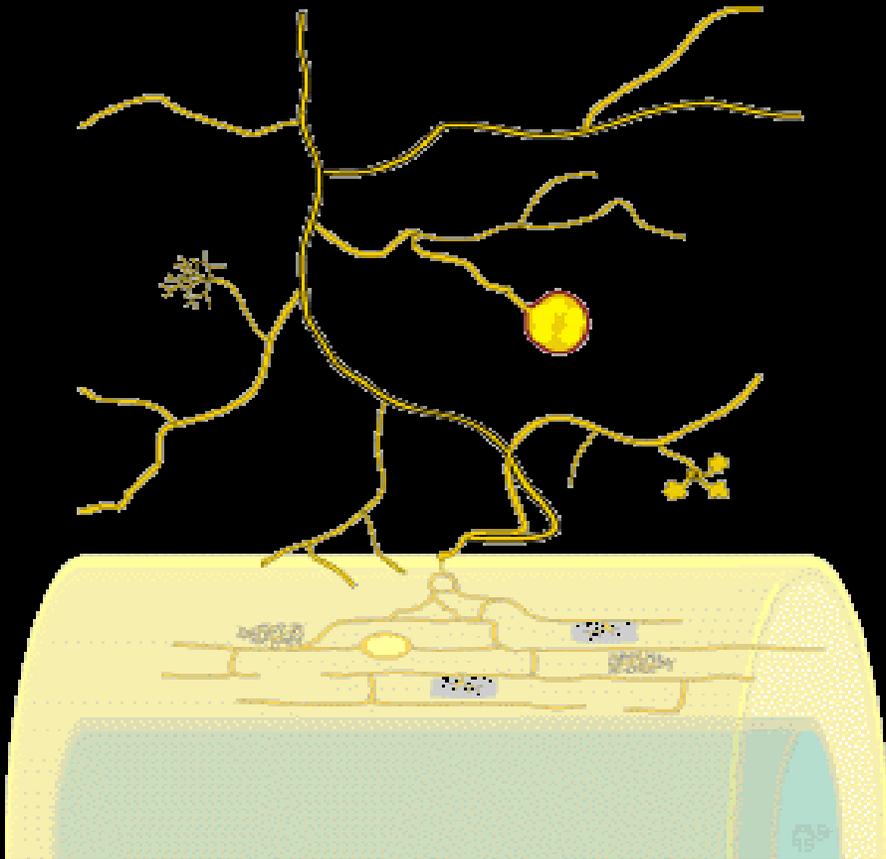
- **Classification of Glomeromycota:**

<http://fungi.invam.wvu.edu/the-fungi/classification.html>

- **Species Description:**

<http://fungi.invam.wvu.edu/the-fungi/species-descriptions.html>

# Struktur mikoriza arbuskula



## Struktur dalam akar

**Hifa** – hifanya tidak bersepta ketika masih muda dan bercabang di dalam korteks.

**Arbukula** – Haustoria yang bercabang-cabang secara kompleks dalam sel-sel korteks.

**Vesikula** – struktur penyimpan yang dibentuk oleh kebanyakan cendawan.

## Struktur dalam tanah

**Hifa** – jaringan hifa dalam tanah, yang berfungsi sbg saluran yang tipis sebagai penyerap hara.

**Spora** – Struktur aseksual berbtk globe yg besar (20-1000+  $\mu\text{m}$  diameter) yg terbentuk pd hifa dlm tanah atau akar.

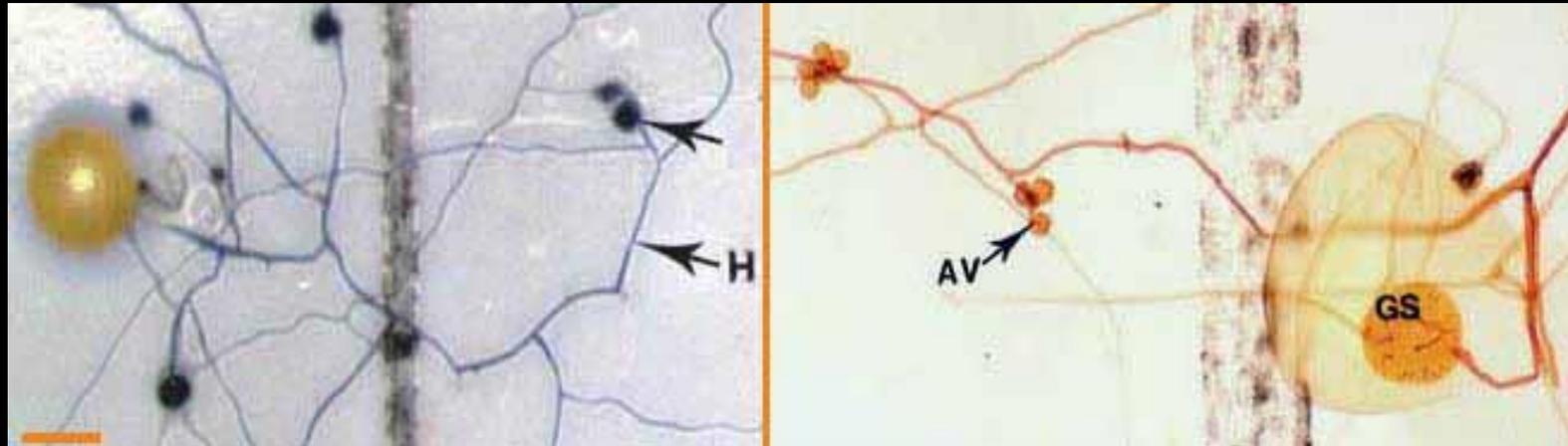
# Hifa

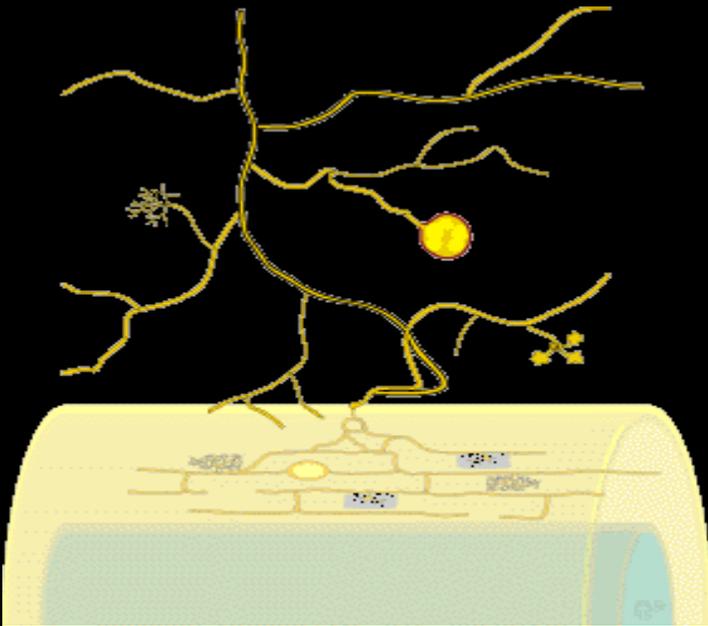
## Struktur dan tingkat perkembangan

- **Asosiasi MA mulai terbentuk ketika akar tanaman inang dan fungi yg aktif sangat berdekatan pd kondisi tanah yang sesuai.**
- **Asosiasi mikoriza diawali oleh perkecambahan spora atau hifa yang berasal dari potongan akar.**

# Pengamatan hifa pada tanah

- Hifa yang berasal dari perkecambahan spora memiliki kapasitas yang terbatas untuk tumbuh dan akan mati jika tidak menemukan akar yang supsestibel dalam satu minggu atau lebih.
- Pada spesies *Scutellospora* hifa muncul dari perkecambahan *shield* di dalam spora.

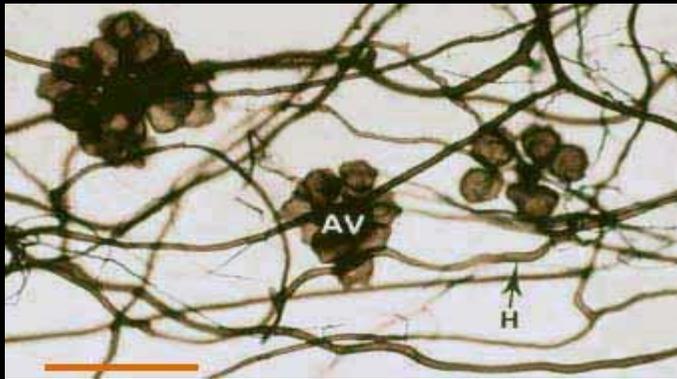




- Hifa tanah (hifa ekstraradikal atau eksternal) merupakan filamentous struktur fungi yg bercabang-cabang menembus tanah.
- Hifa sgt berperan dlm pemanfaatan hara, propagasi asosiasi, formasi spora dll.
- FMA memproduksi tipe hifa tanah yang berbeda termasuk yang tebal "runner" (penjelajah) atau "distributive".
- Hifa yg lbh halus dpt memproduksi struktur percabangan yg absorptif (menyerap) ("branched absorptive structures" = BAS).
- Hifa spesies *Scutellospora* dan *Gigaspora* menghasilkan *clustered swellings* berupa tonjolan yang disebut dengan *auxiliary cells* (tubuh buah atau vesikula).



**Sistem perakaran yang bermikoriza. Pada gambar dapat dilihat jaringan hifa eksternal (panah) yang saling bersentuhan dan spora (S) yang dihasilkan oleh *Glomus mosseae***



**Hifa (H) tanah spesies *Scutellospora* yang berpigmen agak gelap dengan *auxiliary cells* (AV).**

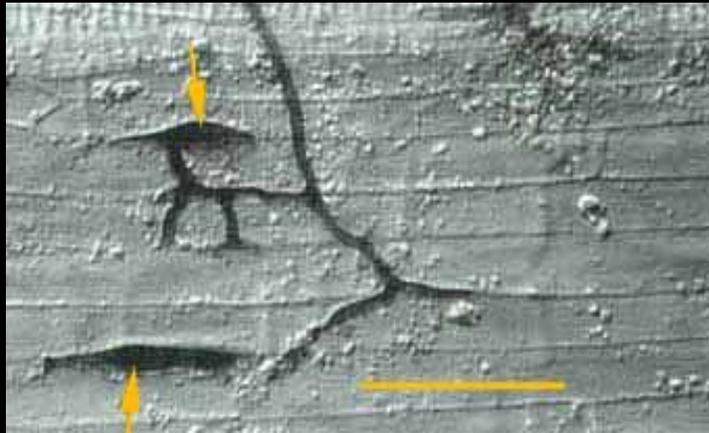


**Hifa tanah yang dihasilkan dari perkecambahan spora tunggal (*single germinated spore*) *Gigaspora* (panah) yang digunakan untuk memulai kultur pot (*pot culture*) MA.**

## Kontak dan penetrasi hifa dalam kortek

- **Asosiasi mulai terjadi ketika hifa tanah respon terhadap keberadaan akar. Selanjutnya terjadi kontak dan tumbuh sepanjang permukaan akar tersebut, dan hifa memproduksi tonjolan (*swelling*) disebut *appressoria* di antara sel-sel epidermis.**
- **Penetrasi akar terjadi ketika hifa *appressoria* memasuki akar, menembus epidermis atau sel-sel korteks. Hifa-hifa tersebut tersebut mulai menembus hipodermis dan mulai bercabang di dalam kortek bagian luar.**

Gambar berikut ini merupakan akar yang sudah dibersihkan dan diwarnai dengan Chlorazol black E. Ini merupakan hasil penelitian MA (*Glomus versiforme*) pada akar tanaman bawang/leek (*Allium porrum*) (Brundrett et al. 1985).



Hifa tanah menghasilkan 2 appressoria diantara sel-sel epidermis (panah). Pada gambar ini terlihat penampang akar yang sedang ditembus oleh hifa MA.

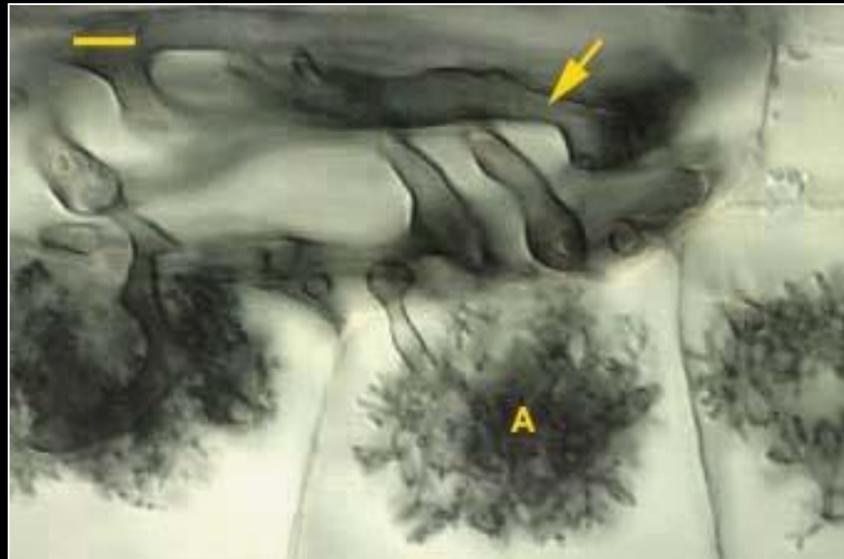


Hifa pada suatu *entry point* (E) yang sedang menembus sel korteks (panah) setelah kontak dengan akar.

# Perkembangan hifa dalam kortek

- Hifa aseptat menyebar sepanjang korteks dalam dua arah dari *entry point* membentuk suatu koloni. Hifa dalam akar awalnya tanpa dinding melintang, meskipun dapat terjadi pada akar yang lebih tua.
- Gallaud (1905) mengamati bahwa asosiasi MA pada spesies yang berbeda membentuk dua tipe morfologi tersendiri yang disebut dengan rangkaian Arum dan Paris.
- Bentuk morfologi ini tergantung tanamannya. Tipe asosiasi MA Arum dan MA Paris penting dalam ekosistem (Smith & Smith 1997).

**Pada akar dengan rangkaian asosiasi Arum, hifa MA menyebar dalam korteks secara longitudinal di antara sel-sel inang. Ini terjadi karena hifa tumbuh melalui ruang udara interseluler longitudinal yang ada (Brundrett *et al.* 1985).**

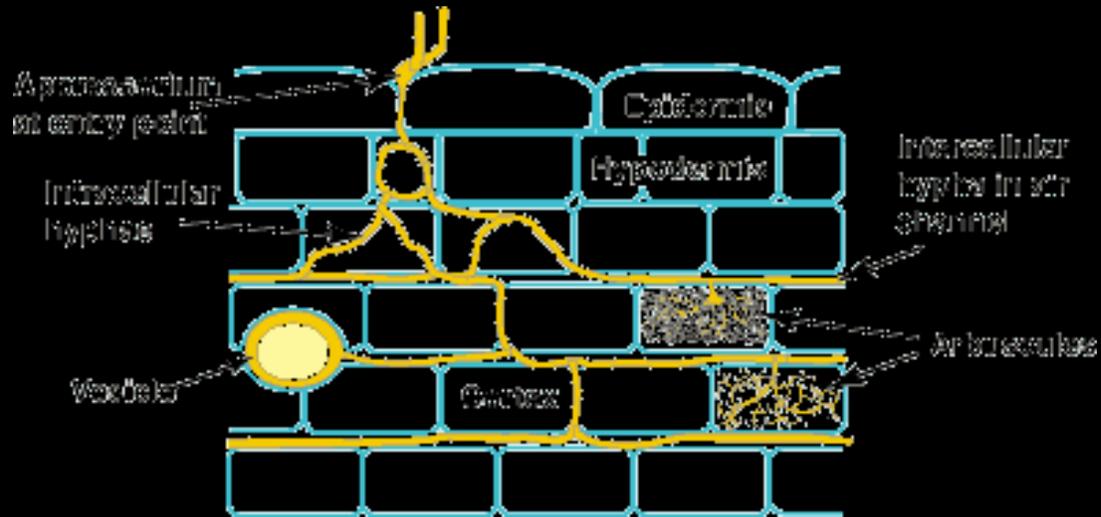


**Arbuskula tipe Arum**

**Dalam rangkaian asosiasi Paris, hifa MA menyebar dengan membentuk koil dalam sel**



***Arbuscular coil (tipe Paris)***



**Pertumbuhan hifa di dalam akar. Hifa tersebut berasal dari hifa eksternal yang sama. Ini disebut juga unit-unit infeksi**



**Bagian dari koloni fungi MA (*Scutellospora* sp.) yang berasal dari hifa yang tumbuh dari satu *entry point* (panah).**

# Arbuskula

- Arbuskula adalah struktur percabangan yg kompleks dan unik yang dibentuk di dalam sel korteks akar, menyerupai pohon kecil (Gallaud, 1905). Arbuskula dibentuk oleh percabangan dikotomus dan pengurangan tebal hifa, yg dimulai dari sebuah ujung tangkai hifa ( $\emptyset$  5-10  $\mu$ m) dan berakhir pd hifa yg bercabang halus sangat banyak ( $\emptyset$  < 1  $\mu$ m).
- Arbuskula mulai terbentuk kira-kira 2 hari setelah penetrasi akar dan bertumbuh di dlm sel-sel kortek akar, tetapi tetap di luar sitoplasma, disebabkan oleh invaginasi membran plasma. Arbuskula merupakan tempat utama pertukaran antara fungi dan inang. Asumsi ini didasarkan pd bidang permukaan yg besar dari antar muka (*interface*) arbuskula, tp belum dikonfirmasi (Smith 1995).
- Formasi arbuskula mengikuti pertumbuhan hifa, berkembang dari titik awal (*entry point*). Masa hidup arbuskula singkat dan mulai hancur setelah beberapa hari, tp hifa dan vesikel dapat tetap di dlm akar utk beberapa bulan atau tahun.



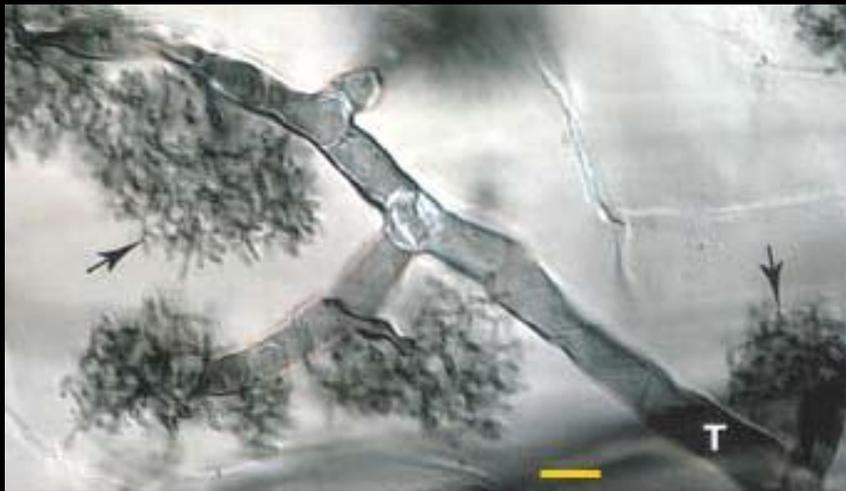
**Perkembangan arbuskula *Glomus mosseae* dlm sel akar dengan percabangan hifa yg halus (panah). Batang hifa (T) yg bercabang dari hifa interseluler. (Bar = 10 um)**



**Arbuskula yg matang dr *Glomus mosseae* dengan sejumlah hifa bercabang halus. (Bar = 10 um)**



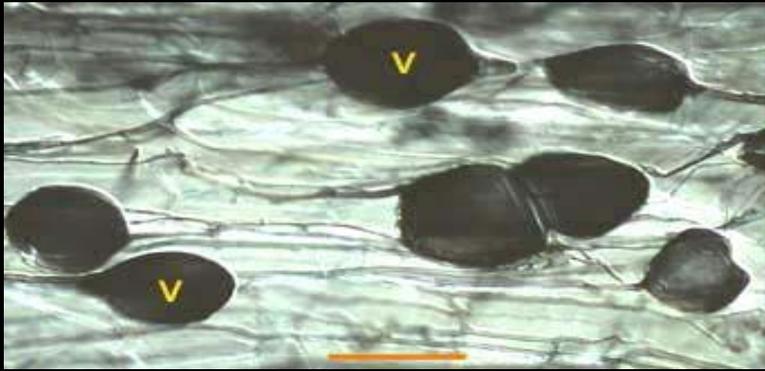
Arbuskula *Glomus versiforme*  
dlm sel kortek akar inang dgn  
hifa yang bercabang rapat.  
(Bar = 10 um)



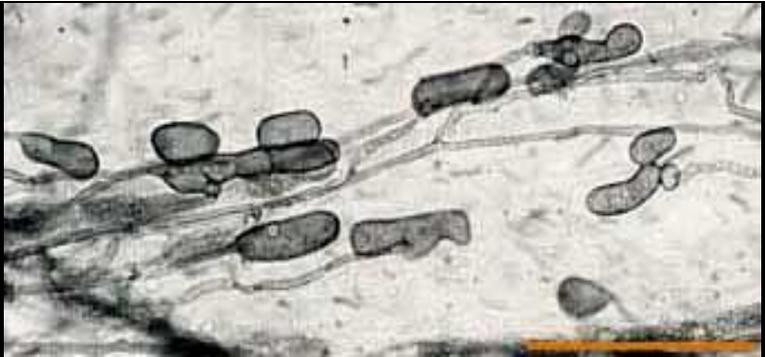
Arbuskula *Gigaspora margarita*  
dgn pemanjangan batang hifa  
(T) dan tangkai hifa yg  
bercabang halus (panah).  
Arbuskula ini berbeda dr  
arbuskula *Glomus*.  
(Bar = 10 um)

# Vesikel

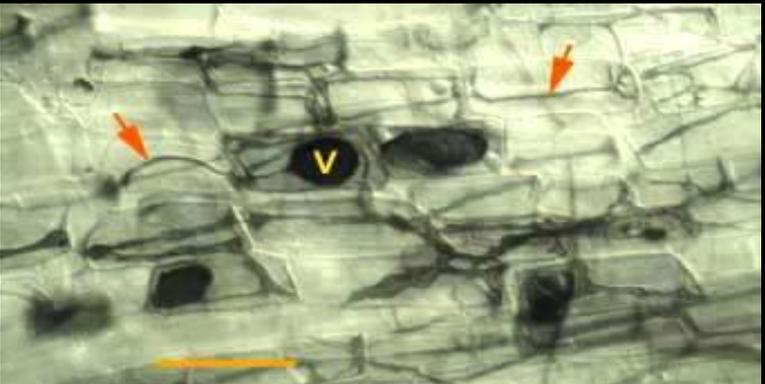
- Vesikel berkembang utk mengakumulasi produk cadangan di banyak asosiasi MA.
- **Vesikel dibentuk segera setelah arbuskula pertama, tp terus berkembang saat arbuskula hancur.**
- Vesikel mrpk hifa yg membengkak dlm sel kortek (inter- atau intrasel) yg mengandung lipid dan sitoplasma. Vesikel dpt berkembang dg dinding yg tebal di akar<sup>2</sup> lebih tua dan mungkin berfungsi sbg propagul (Biermann & Linderman 1983).
- **Beberapa fungi menghasilkan vesikel yg sama strukturnya dgn spora yg dihasilkan dlm tanah, tp sebenarnya mereka berbeda.**



**Vesikel (V) yg dihasilkan oleh jenis *Glomus* dlm akar bawang. Akar ini jg mengandung banyak hifa interseluler. (Bar = 100 um)**



**Vesikel jenis *Acaulospora* dalam akar semanggi (*clover*). (Bar = 100 um)**



**Hifa (panah) dan vesikel (V) yg diduga dr FMA dlm rizoma *Hydrophyllum virginianum*, tanaman non mikoriza. Aktivitas saprofitik oleh FMA dpt dibedakan oleh ketidakhadiran atau kehadiran arbuskula. (Bar = 100 um)**

**TERIMA KASIH**