

REGNO: Funghi (Fungi)

Sono organismi eterotrofi, sono i principali decompositori

Alcuni sono unicellulari, la maggior parte sono filamentosi

Ifa: filamento singolo con crescita apicale e rapida

Micelio: massa di ife

Ife sono separate da setti (pareti trasversali) $\pm$ completi

Ife cenocitiche: prive di setti

Le ife hanno parete cellulare composta da chitina

Mixomiceti

Protozoi

Oomiceti

Alga
eteroconte?

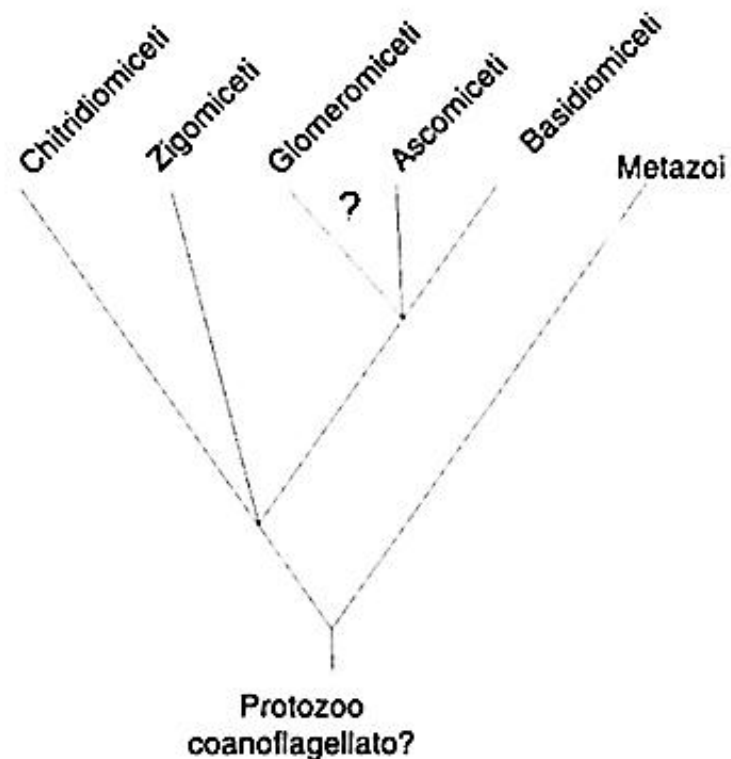


Figura 4.1 - Gli organismi tradizionalmente studiati dai micologi rappresentano con ogni probabilità linee evolutive molto distanti tra loro, nessuna delle quali appartenente al regno vegetale. I mixomiceti e gli organismi affini sono correlati con gruppi diversi di protozoi. Gli oomiceti (inclusi nel Regno *Chromista*) hanno probabilmente avuto origine da un progenitore algale eteroconte (provvisto cioè di un flagello liscio e di un flagello piumoso) per perdita della funzione fotosintetica. I funghi in senso stretto (Regno *Fungi*) sono invece strettamente imparentati con gli animali, con i quali avrebbero condiviso un antenato vicino agli attuali protozoi coanoflagellati. Entro il Regno *Fungi*, è accertata l'origine comune di Ascomiceti e Basidiomiceti; ampiamente da definire restano invece le relazioni tra ed entro gli altri gruppi.

75000 specie di Funghi anche se ogni anno vengono descritte nuove specie

Le unità cellulari chiamate ife possono essere cenocitiche vale a dire prive di setti e quindi multinucleate (zigomiceti, oomiceti); negli ascomiceti e basidiomiceti le ife sono suddivise da invaginazioni della parete, setti

negli ascomiceti il setto non è completo e presenta un poro centrale che permette la migrazione degli organuli e dei nuclei

Nei setti degli ascomiceti sono presenti i corpi di Woronin con contenuto elettrondenso e circondati da membrana che in condizioni di danno consentono di occludere il poro e impedire il passaggio citoplasmatico

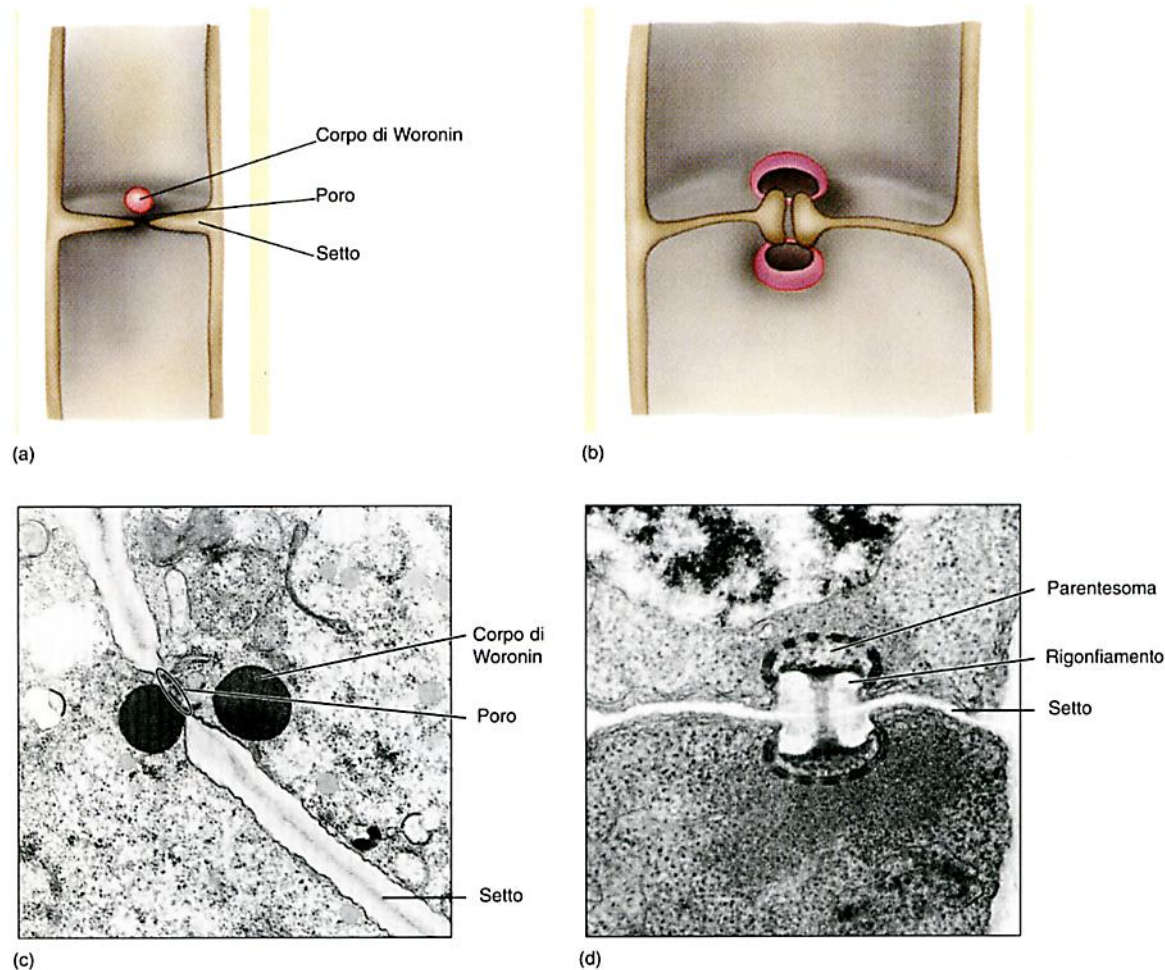


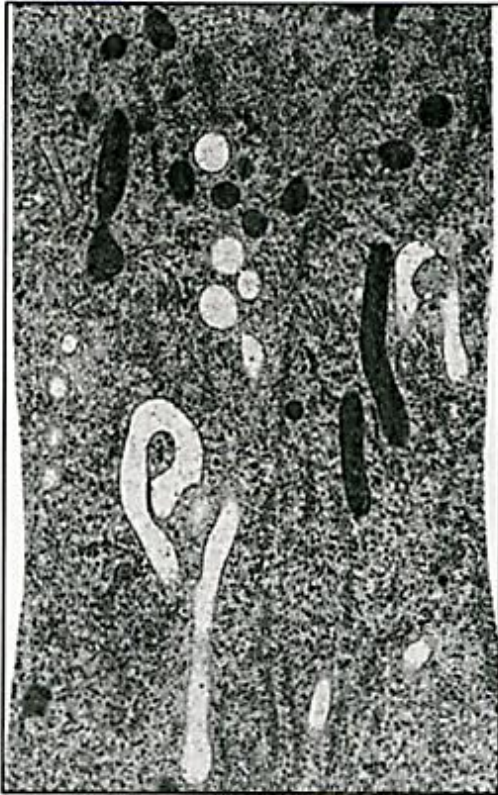
Figura 4.4 - I setti ifali degli ascomiceti (a e c) hanno una struttura caratteristica, con un poro strettamente associato ad uno o più "corpi di Woronin". I corpi di Woronin presentano un contenuto elettrondenso e sono circondati da unità di membrana; nelle giovani ife, sono localizzati in prossimità, ma non nel centro del poro. In seguito ad un danno, si spostano ad occludere il poro, ad impedire la fuoriuscita di citoplasma dalle ife (in modo analogo a quanto si verifica quando la proteina P ed il callosio riempiono le placche cribrose nel floema). Tale struttura settale è diagnostica degli ascomiceti e dei funghi anamorfici ad essi correlati. Il setto dei basidiomiceti (b e d) è definito setto doliporo: presenta dei rigonfiamenti e delle "cappe" (dette parentesomi) costituite da membrane originanti dal reticolo endoplasmatico. Tale tipo di setto non consente in genere il passaggio di organuli di grosse dimensioni quali i nuclei, e viene pertanto degradato quando tali migrazioni sono necessarie. Il setto doliporo è caratteristico della maggior parte dei basidiomiceti, con la principale eccezione di ruggini e carboni. ($\times 20.000$). (Per gentile concessione di J.W. Kimbrough, Università della Florida; d, per gentile concessione di C.W. Mims, Università della Georgia).

Setto con doliporo

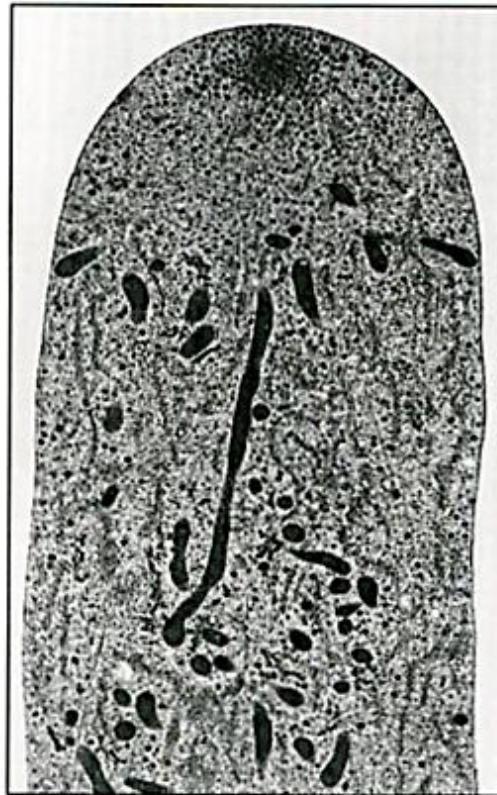
parentosomi



0,5 μm



(a)



(b)

assenza di plastidi

**abbondanza di
vescicole**

Figura 4.5 - (a) I protoplasmi fungini sono immediatamente distinguibili da quelli vegetali in virtù dell'assenza di plastidi ed, in genere, relativa scarsità di vacuoli. (b) Il citoplasma all'estremità apicale di un'ifa è denso, presentando soltanto un numero limitato di piccoli vacuoli (nessuno è in realtà presente in figura) ed invece abbondanti vescicole (visibili in figura sotto forma di corpuscoli scuri) che trasportano i materiali necessari per la sintesi di nuova parete. I nuclei sono in genere presenti in prossimità dell'apice, ma non nella regione più strettamente apicale.

Entrambe le foto si riferiscono a *Sclerotium rolfsii* ($\times 4.000$). (Per gentile concessione di R.W. Robertson e M.S. Fuller, Università dell'Arizona).

crescita apicale delle ife

la frammentazione può generare un nuovo micelio

**spore asessuali sporangiofore : prodotte in uno sporangio
(endospore)**

**Negli ascomiceti e basidiomiceti le spore asessuali
sono conidi, che non vengono prodotte all'interno di un
conidiangio, non flagellate e con parete (esospore)**

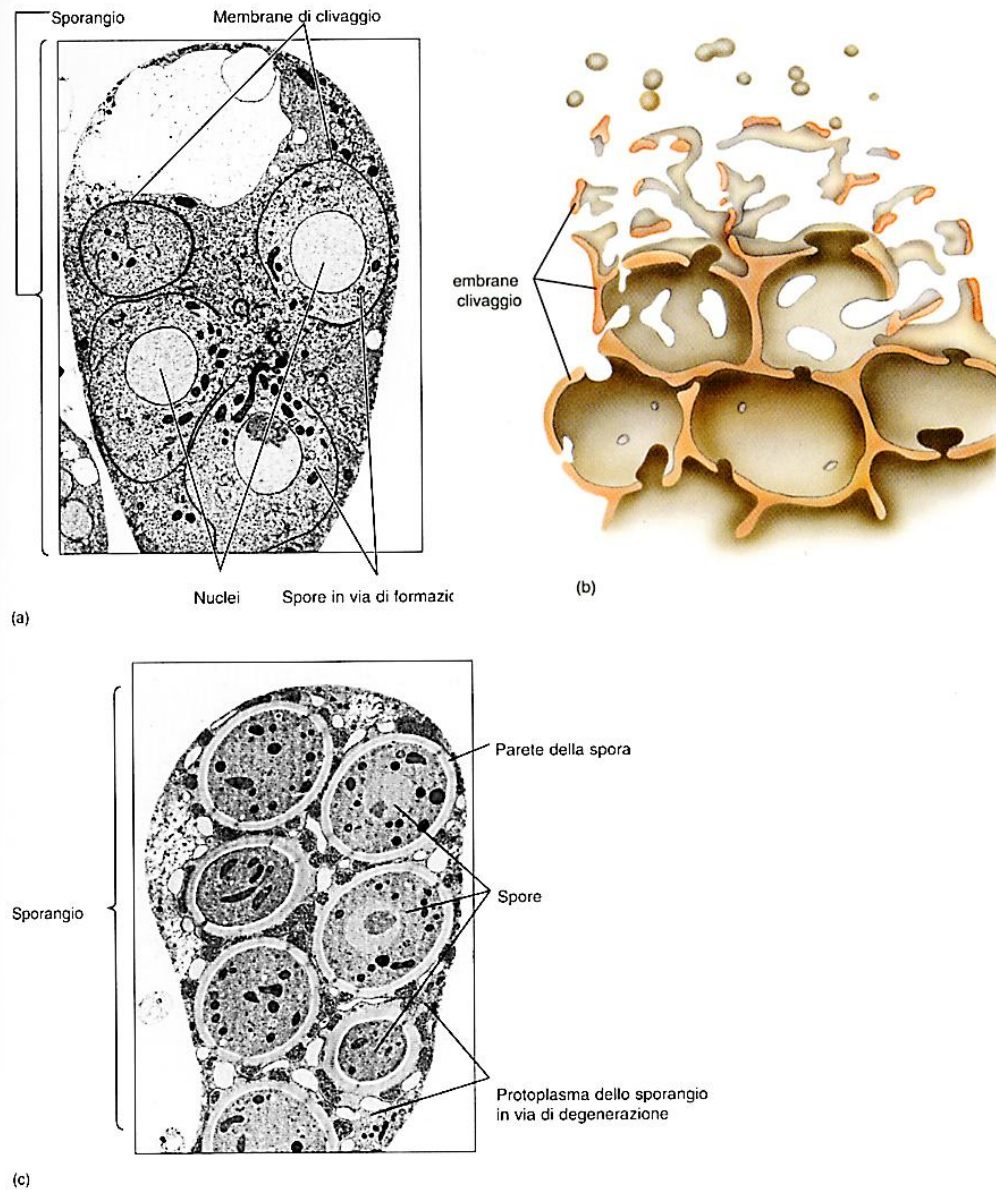
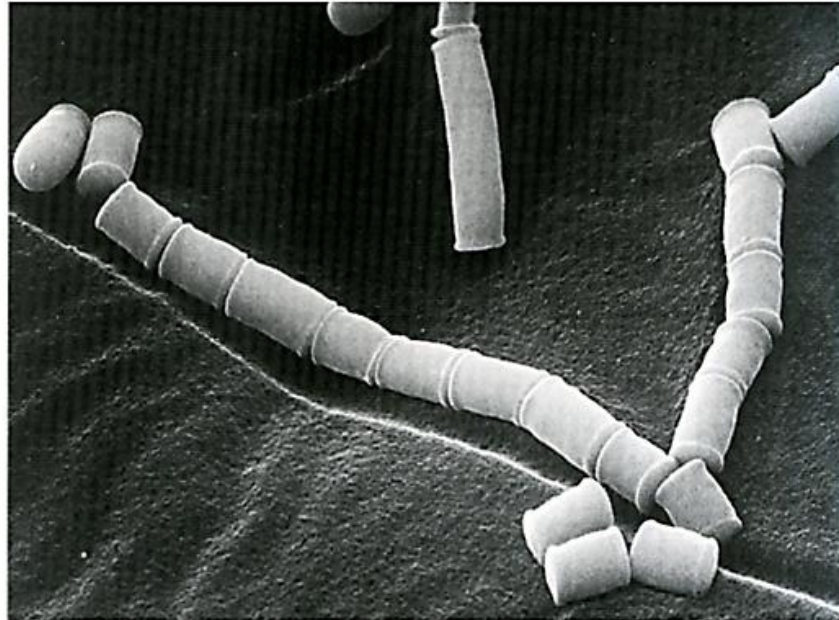


Figura 4.8 - (a) e (b) Nello sporangio, porzioni di protoplasma uninucleate vengono delimitate da membrane, spesso derivate dal reticolo endoplasmatico, che si fondono e si estendono progressivamente. Durante questo processo (definito "clivaggio"), il protoplasma viene suddiviso e le membrane vanno a costituire il plasmalemma delle spore in via di formazione. (a) mostra l'intero sporangio; (b) le membrane derivanti dal reticolo endoplasmatico. (c) Il contenuto delle membrane, dapprima amorfo, viene trasformato in parete delle spore. (a e c, $\times 1.400$). (a, per gentile concessione di C.W. Mims, E.A. Richardson e J. W. Kimbrough, c, per gentile concessione di C.W. Mims, Università della Georgia).

un esempio di conidiogenesi è la formazione di setti in un tratto ifale, con produzione di segmenti uninucleati

Figura 4.10 - In uno dei casi più semplici di formazione dei conidi, i nuclei si dispongono ad intervalli regolari all'interno dell'ifa; si formano quindi setti a suddividere tale tratto ifale in spore uninucleate, i conidi. *Geotrichum candidum* (fungo anamorfico) ($\times 3.250$). (G.T. Cole, Università del Texas/BPS).



Fialidi: speciali cellule che producono conidi con un meccanismo simile alla gemmazione e la sottostante cellula produce conidi in conidiofori



Figura 4.11 - I conidiofori (ife specializzate) del genere *Aspergillus* producono numerosi conidi. L'estremità di tali ife porta cellule conidiogene a fiala ("fialidi"), le quali producono conidi uninucleati con un meccanismo assimilabile ad un processo di gemmazione. I conidi vengono formati in successione (al di sotto di ciascun conidio ne viene prodotto un altro), aderendo perciò in lasse catene. (David M. Phillips/Visuals Unlimited).

I funghi si nutrono utilizzando enzimi demolitori

Sono parassiti, saprofiti, simbiotici

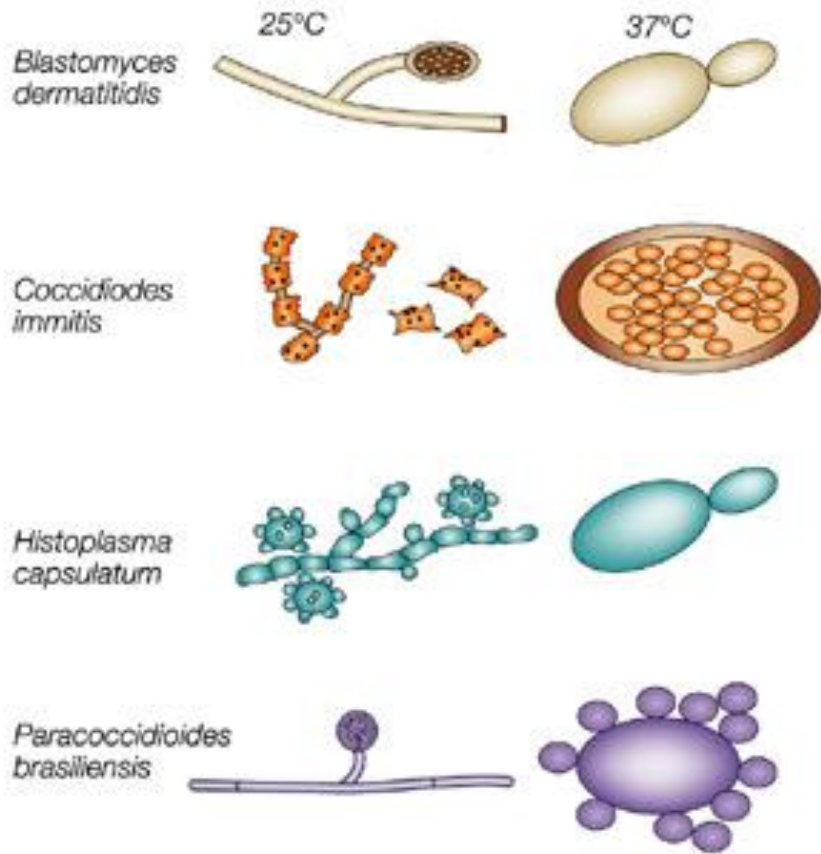
Si riproducono per spore prodotte per via vegetativa o sessuale

La riproduzione avviene per plasmogamia seguita da cariogamia

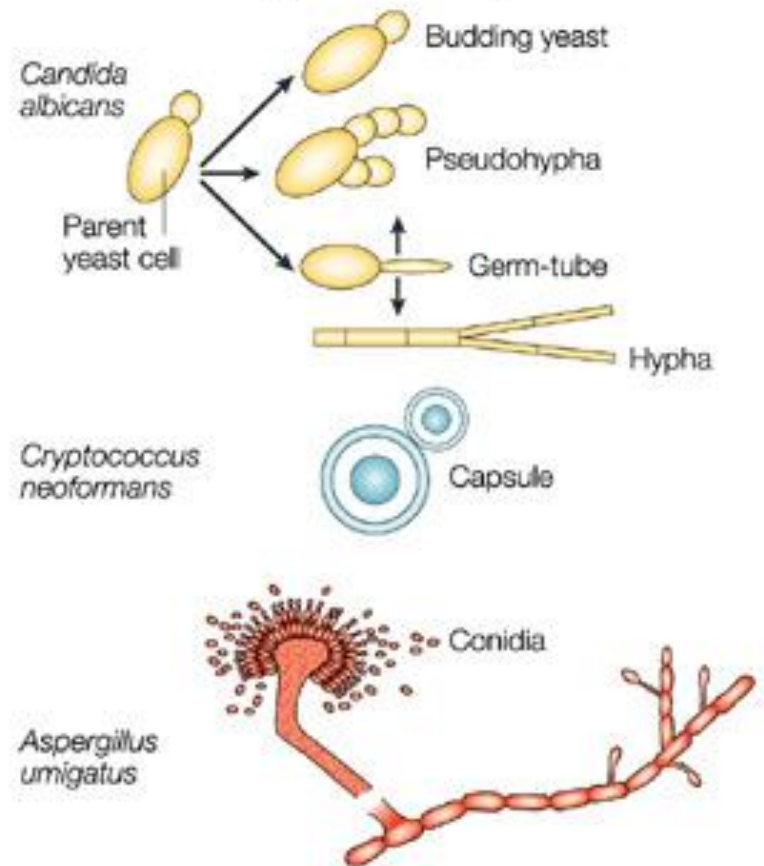
In molte specie si formano dicarion:

il ciclo biologico è monogenetico aploide

Dimorphic fungi



Opportunistic fungi



Phylum: *Zygomycota*

Gli zigomiceti sono formati da ife cenocitiche

La riproduzione asessuale avviene mediante spore aploidi prodotti in sporangi specializzati portati da ife sporangiofore

La riproduzione sessuale avviene mediante fusione di gametangi, con formazione di uno zigosporangio con all'interno la ZIGOSPORA (zigote)

Dalla zigospora emerge un ramo sporangioforo, avviene la meiosi

Rhizopus, forma muffe nere su pane, frutta



Chytridiomycota
(*Allomyces*,
water molds)



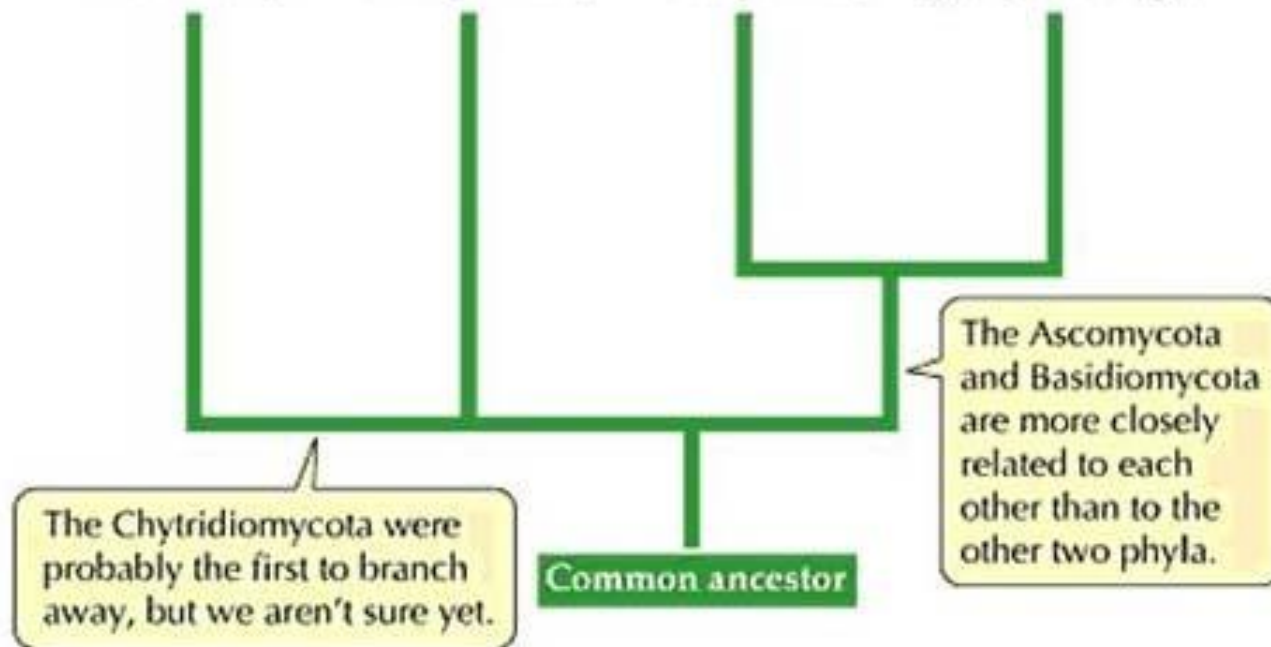
Zygomycota
(*Rhizopus*, bread
molds, *Mucor*)



Basidiomycota
(mushrooms,
rusts, smuts)



Ascomycota
(*Neurospora*,
yeast, sac fungi)



Rhizopus, Zygomycota

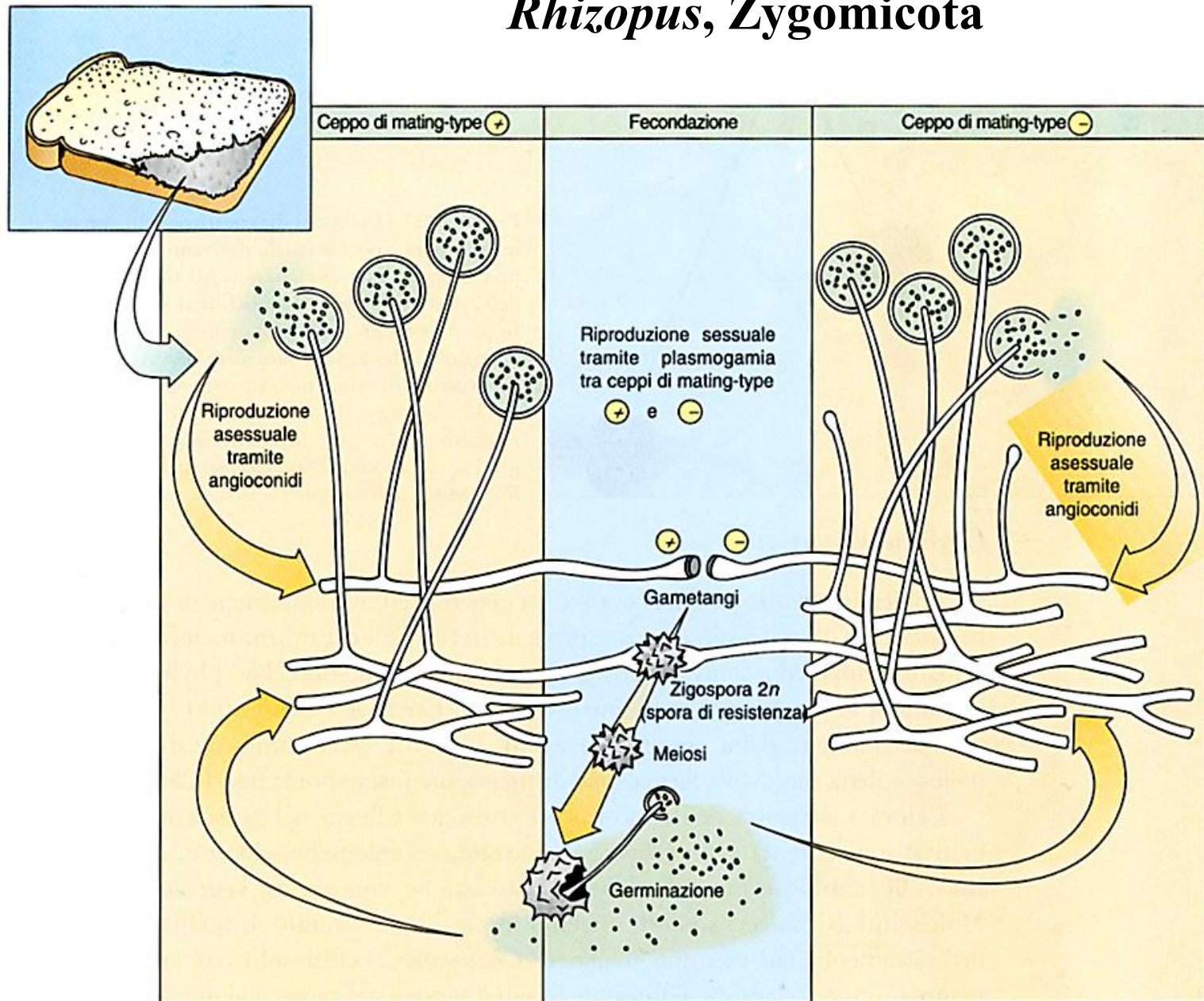
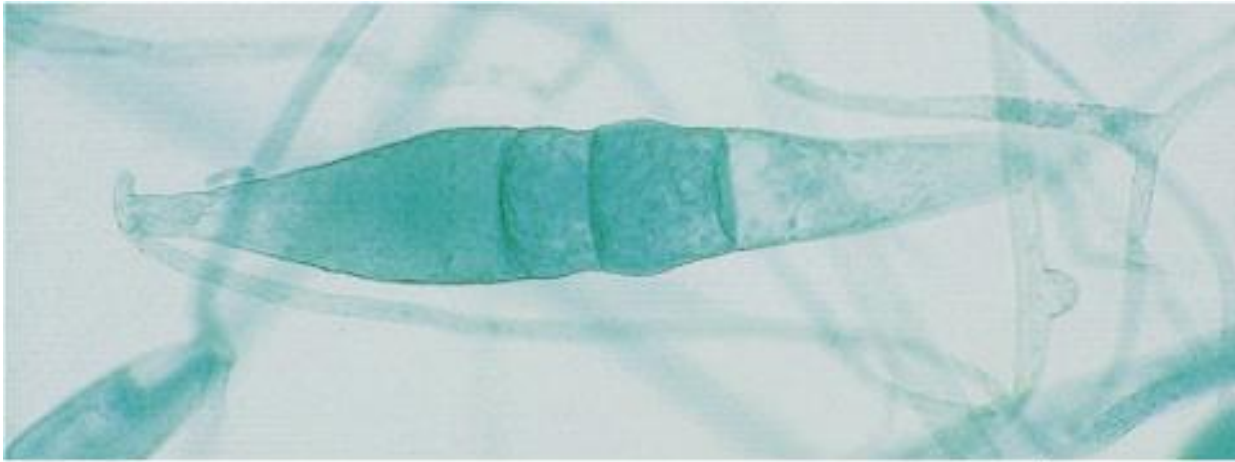


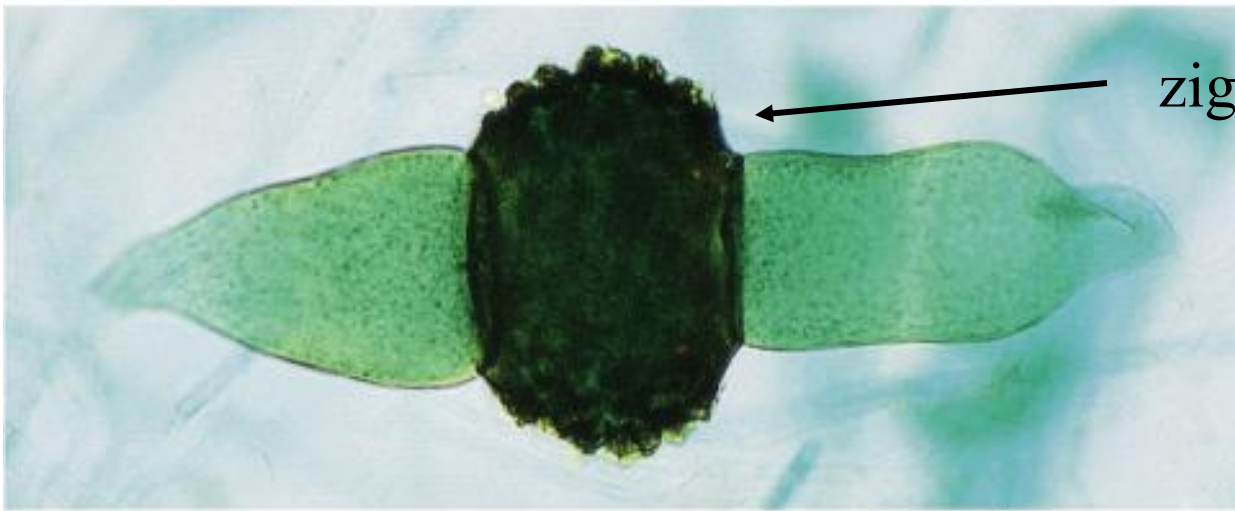
Figura 4.26 - Ciclo vitale di *Rhizopus stolonifer*, comune agente di deterioramento del pane. I particolari sono descritti nel testo.

Gametangi separati da setti dalle ife



(a)

100 μm

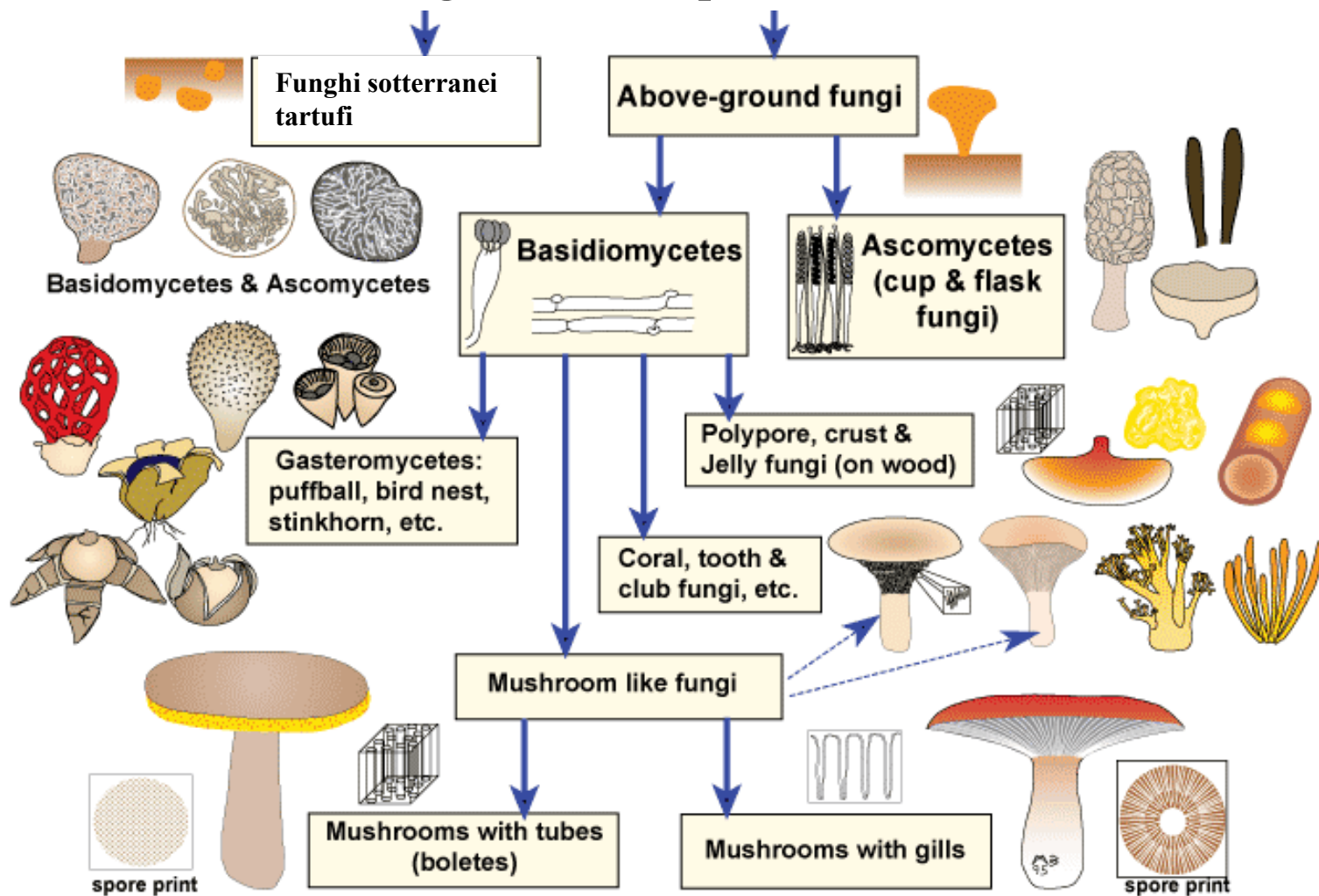


(b)

100 μm

zigosporangio

Funghi macroscopici



Phylum: *Ascomycota*

Sono i responsabili delle muffe verdi, rosse e brune sulle derrate alimentari

Tranne i lieviti sono filamentosi, con ife provviste di setti perforati

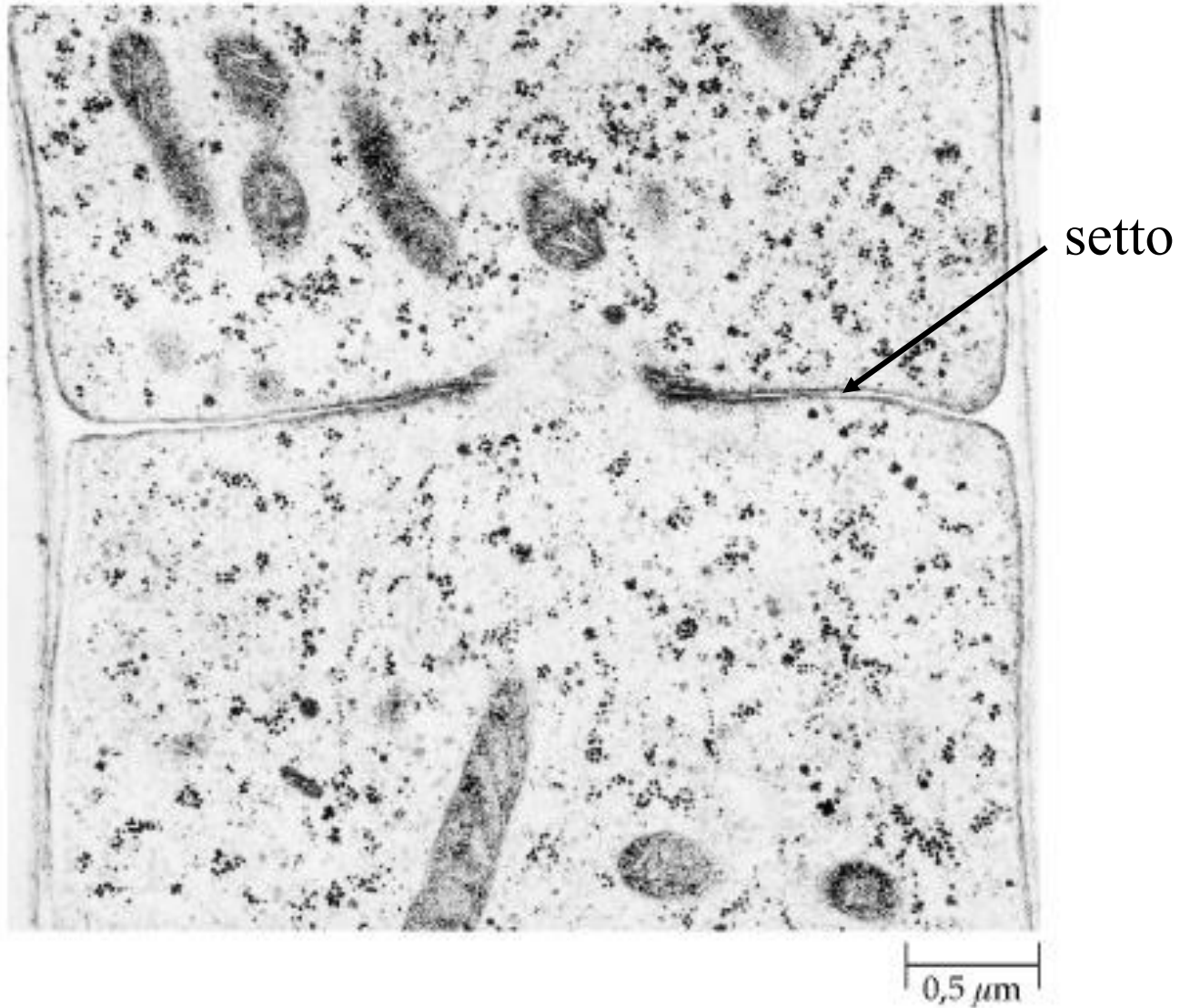
Riproduzione vegetativa per conidi che si formano da cellule conidiogene portate da conidiofori (esospore)

Aschi: strutture che contengono ascospore (aploidi)

Aschi e ife strettamente associate formano ascocarpi o corpo fruttifero

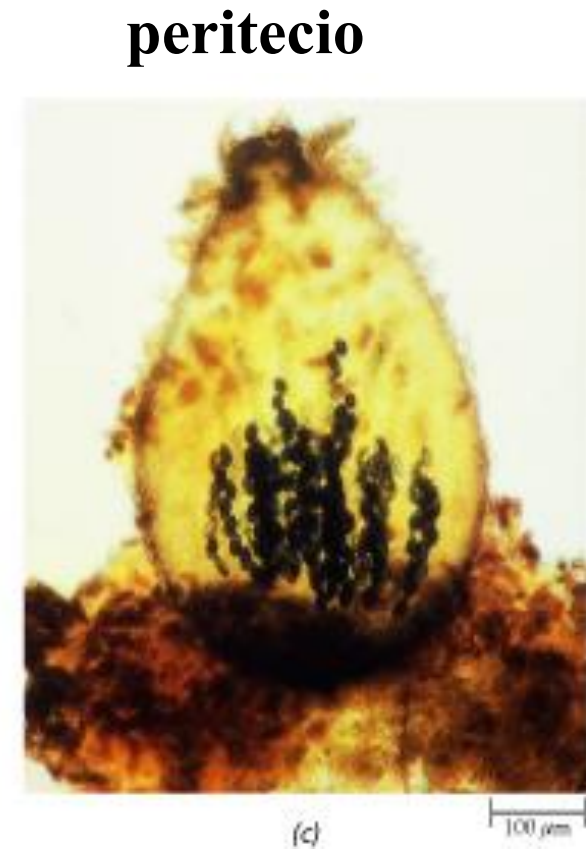
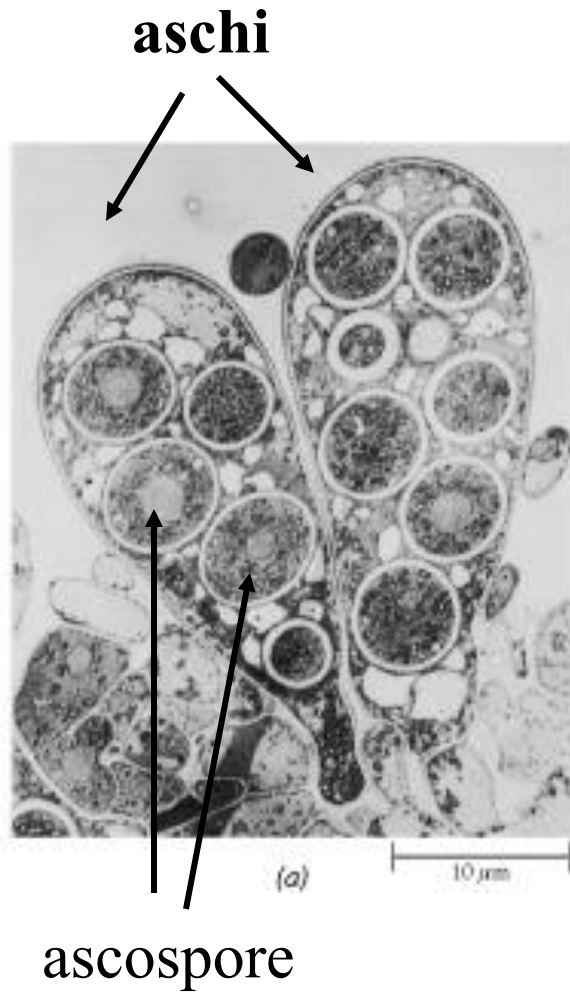
Ascocarpo: apotecio (aperto concavo), cleistotecio (chiuso sferico)
Peritecio (a forma di fiasco)

Ife settate (con setti perforati)



Aschi e ife strettamente associate formano ascocarpi o corpo fruttifero

Ascocarpo o ascomi:
apotecio (aperto concavo),
cleistotecio (chiuso sferico)
Peritecio (a forma di fiasco)



Apoteci



ciclo di un ascomicete

Gametangi maschili, anteridi, e femminili, ascogoni

I nuclei, gameti, passano nell'ascogonio e si ha la plasmogamia ma non la cariogamia

Dall'ascogonio si formano le ife ascogene, dicarion, e si producono un certo numero di cellule

Nella cellula terminale si forma l'asco che si accresce assumendo la forma a uncino

La cellula che diventa asco subisce la cariogamia, e si forma lo Zigote, segue meiosi seguita da mitosi (asco con 8 nuclei)

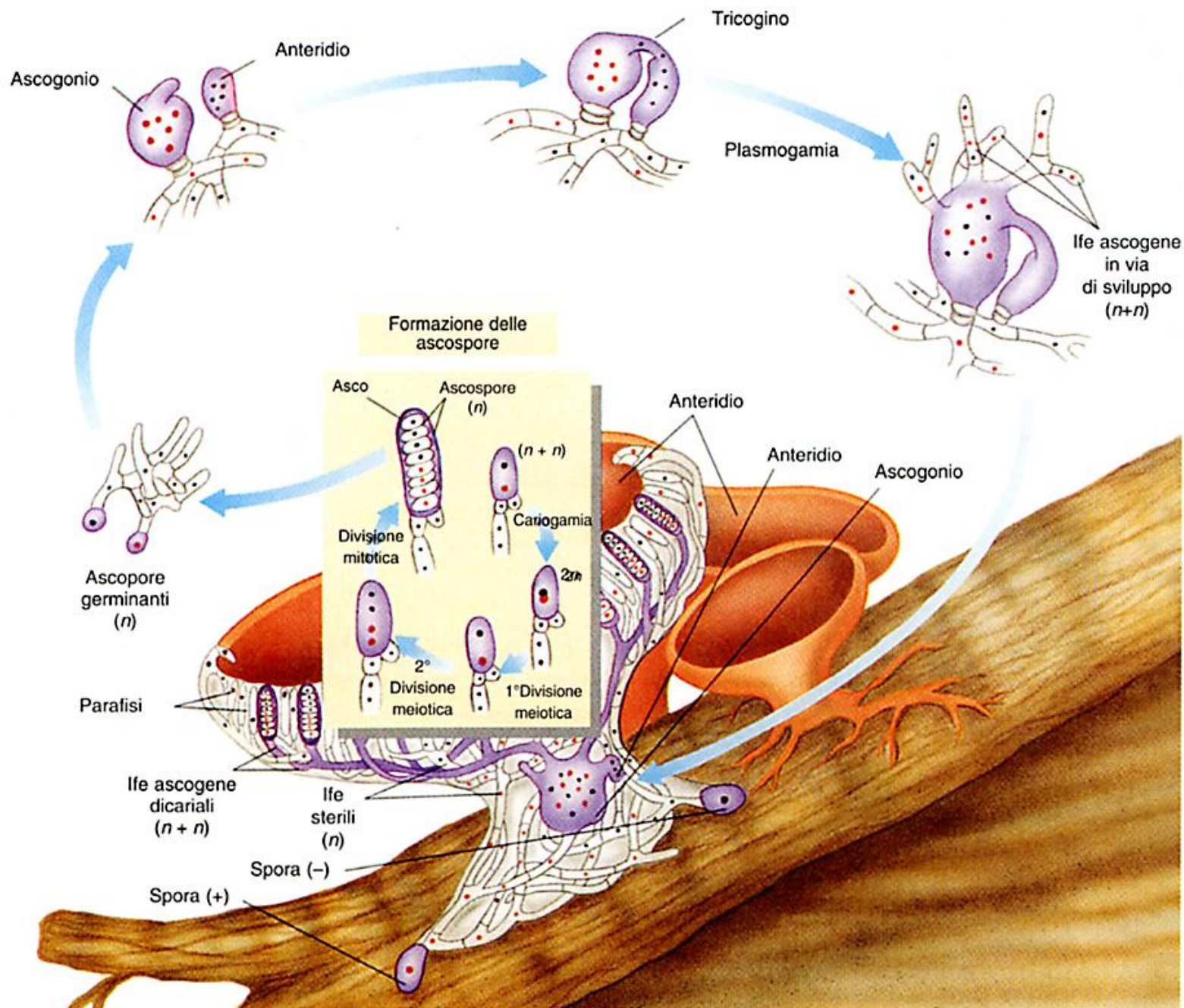


Figura 4.30 - Ciclo vitale di un ascomicete. I particolari sono descritti nel testo.

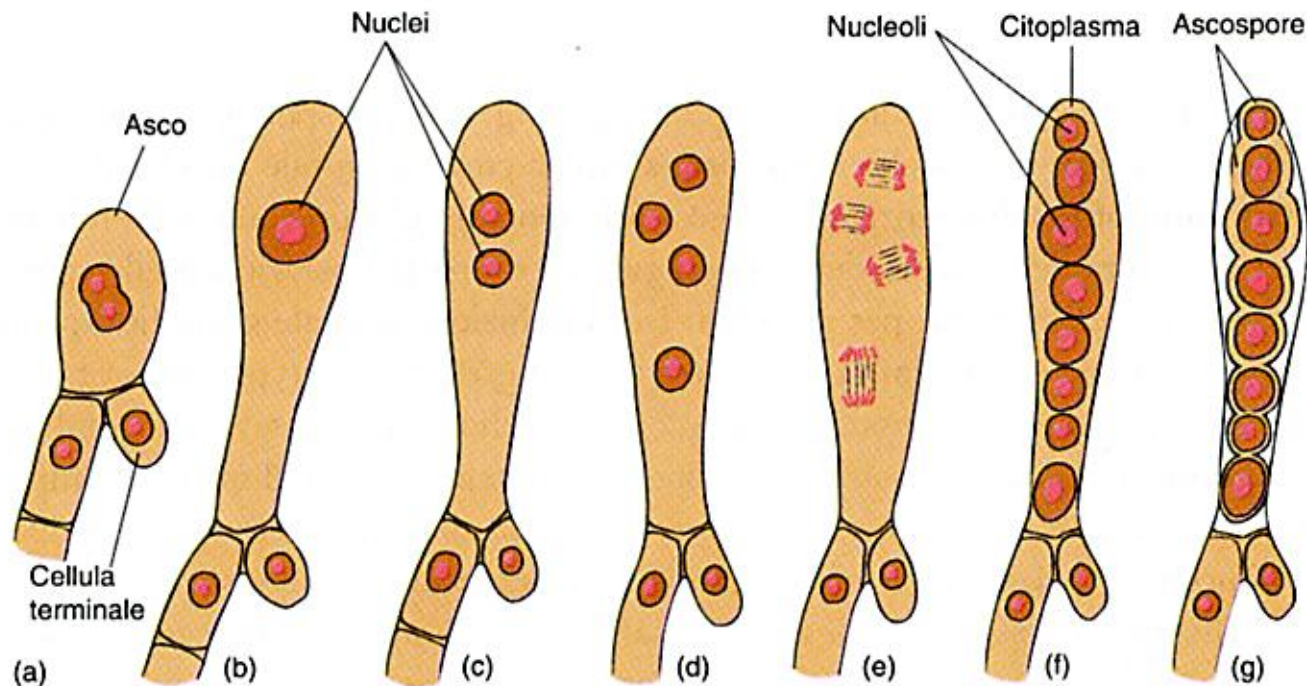
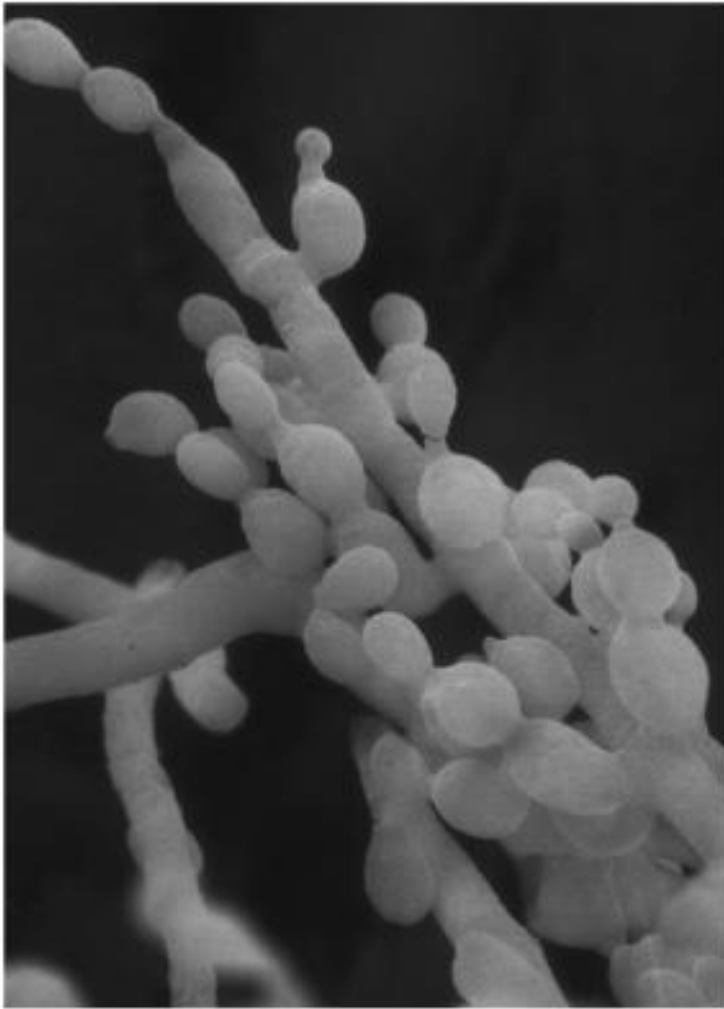
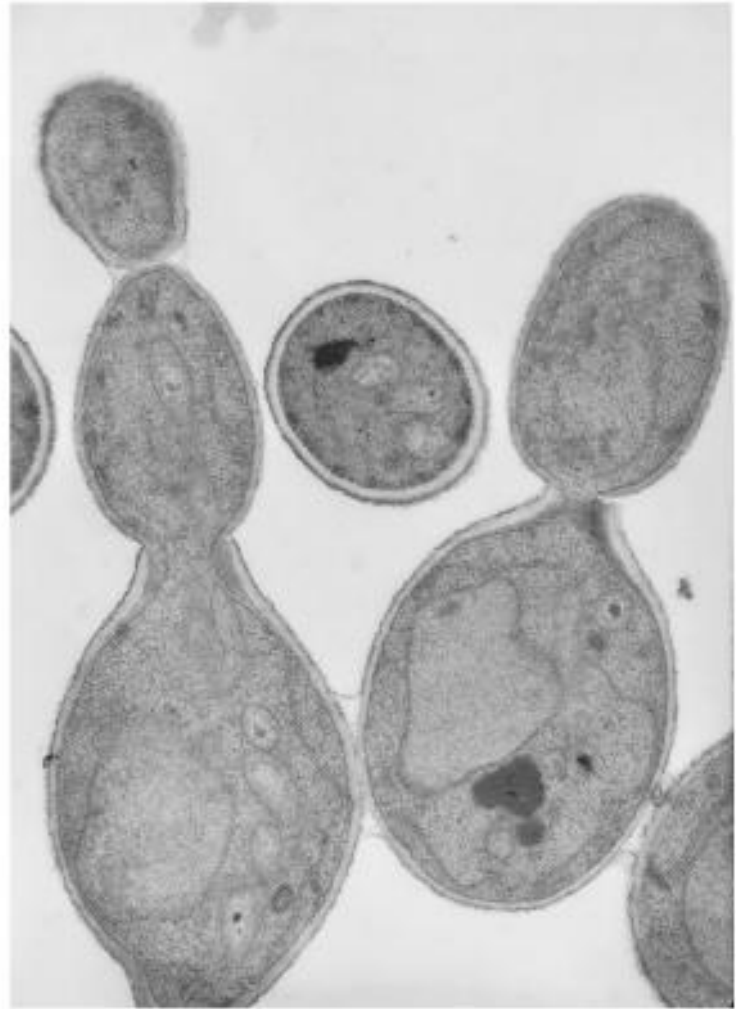


Figura 4.28 - L'asco, carattere diagnostico degli ascomiceti, deriva dal compartimento subapicale dell'ifa asco-
gena, ripiegata ad uncino. In esso si verifica la cariogamia tra i due nuclei del dicarion e, subito dopo, la meio-
si. Frequentemente la meiosi è seguita da una divisione mitotica, a dare otto nuclei, che si trasformano in
altrettante ascospore (numeri di ascospore inferiori o superiori a otto sono tuttavia possibili). Il differenzia-
mento delle ascospore comporta la suddivisione del protoplasma in unità uninucleate, delimitate da parete.

Conidi

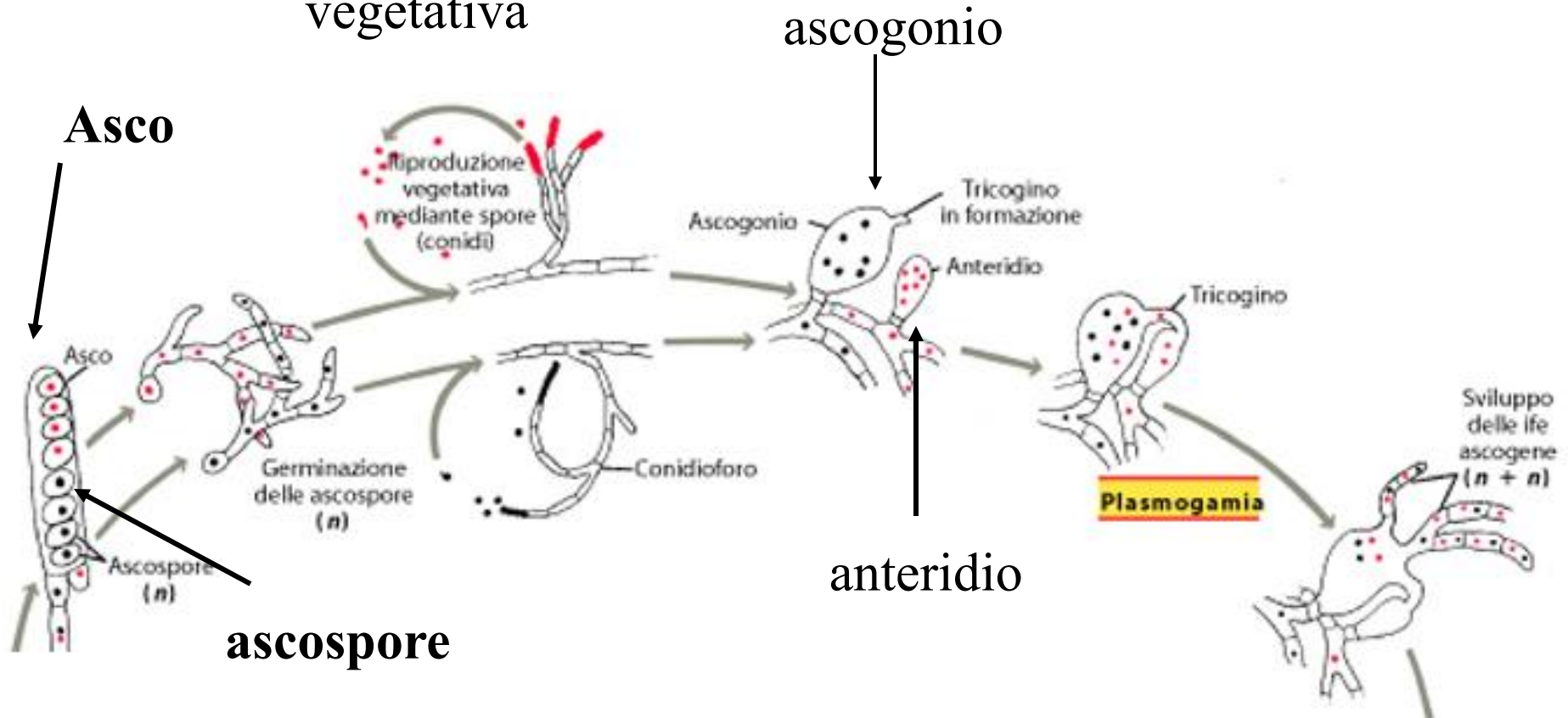


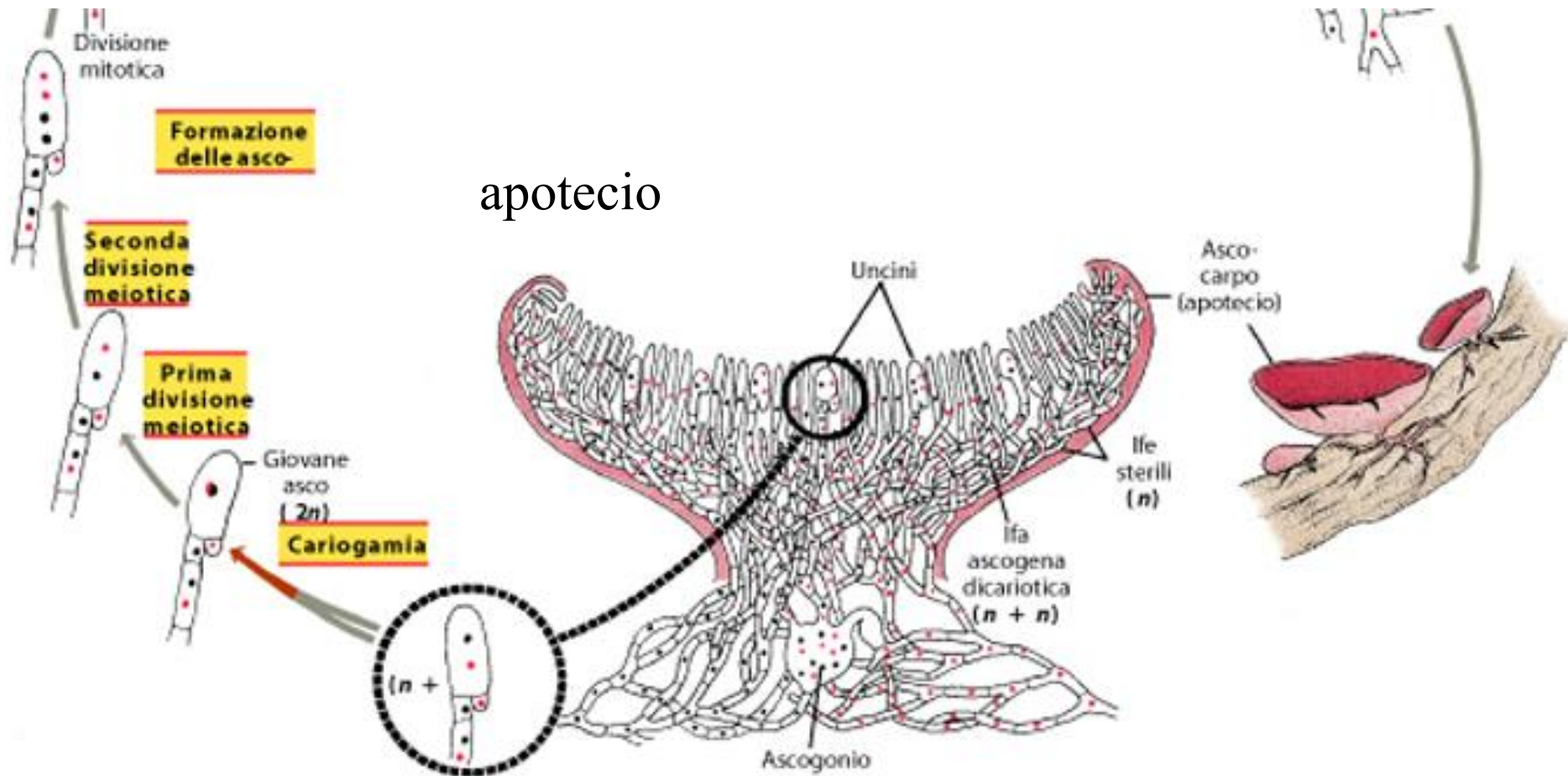
(a)



(b)

Riproduzione vegetativa



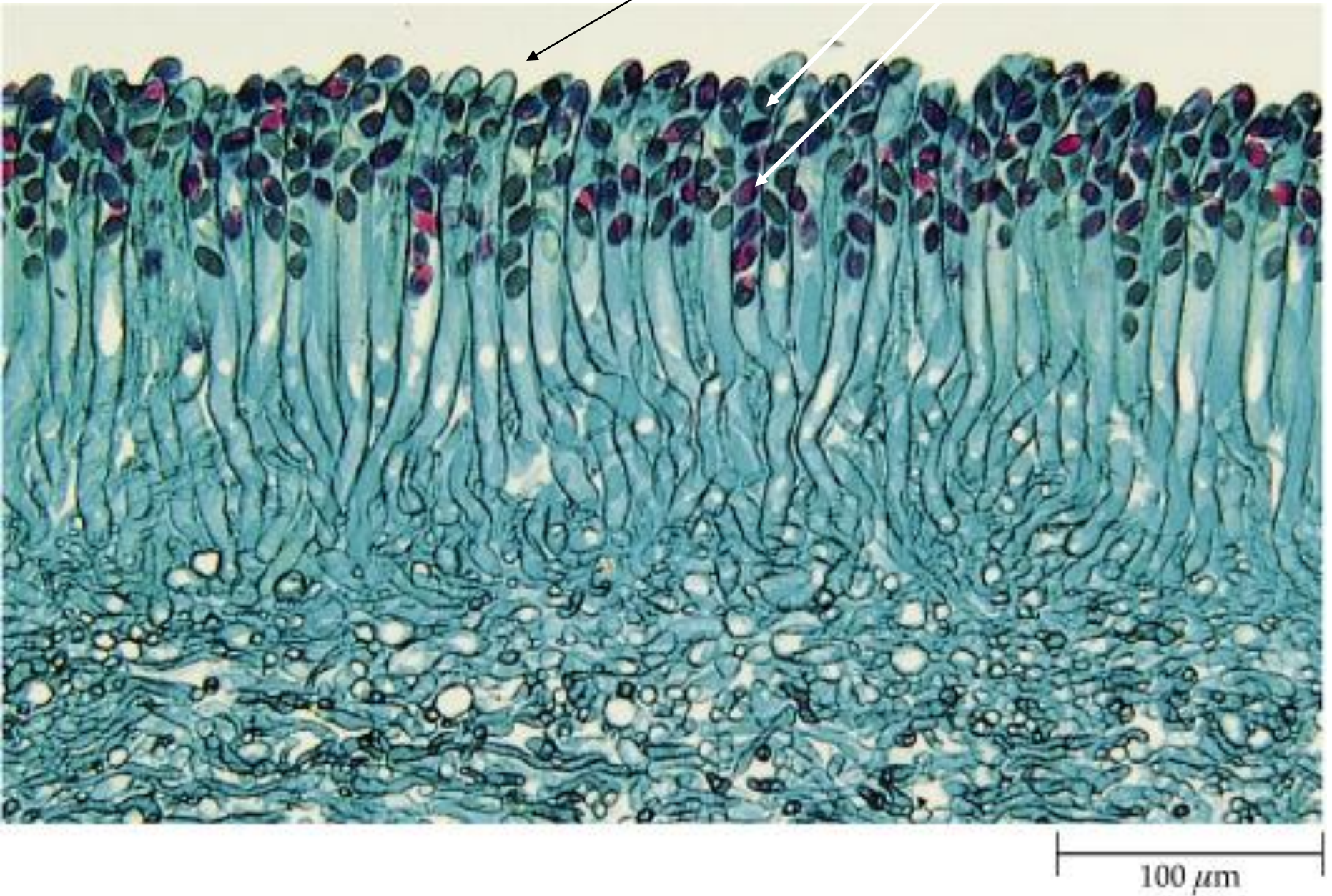


apotecio

imenio

aschi

ascospore





Asco

Ascospore

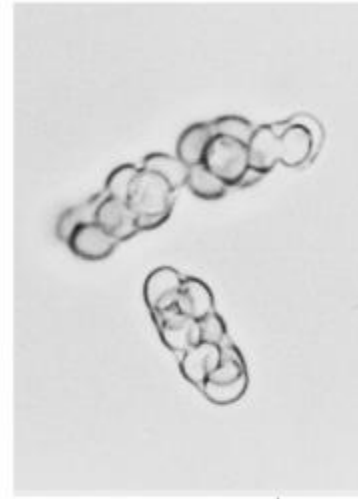


Morchella
Ascomicete



(a)

2.5 μm



(c)

10 μm

Lieviti

Saccharomyces

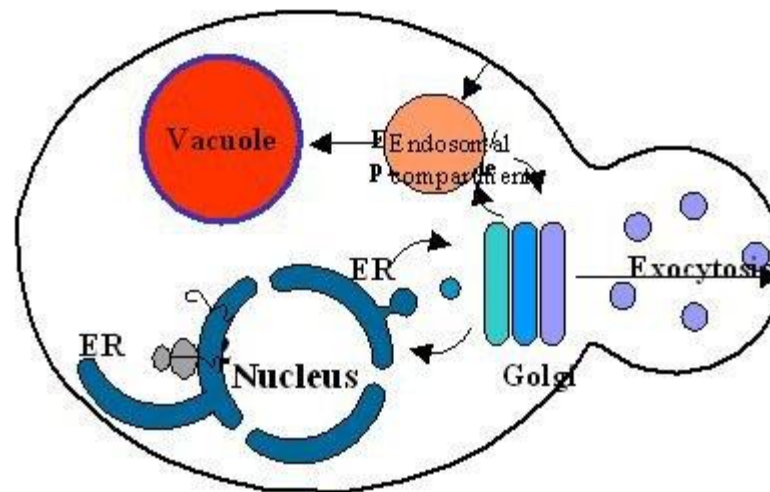
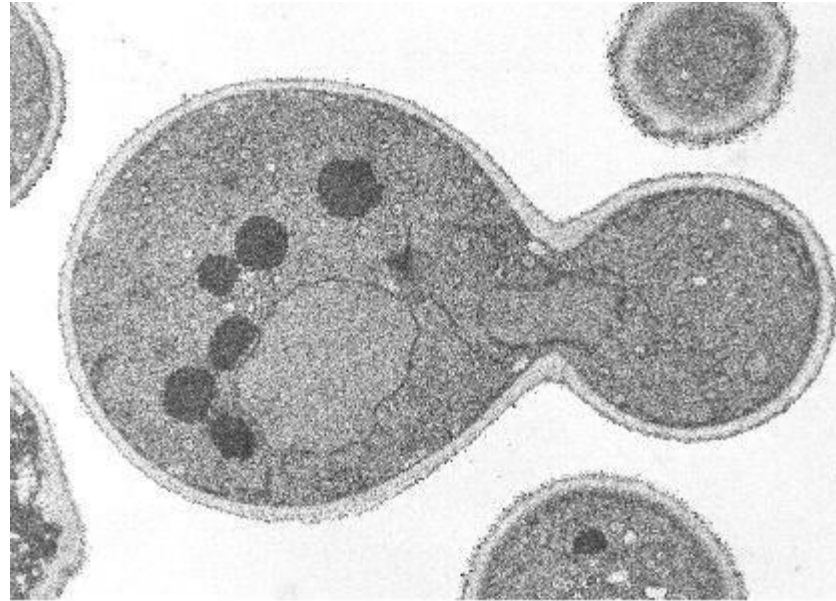


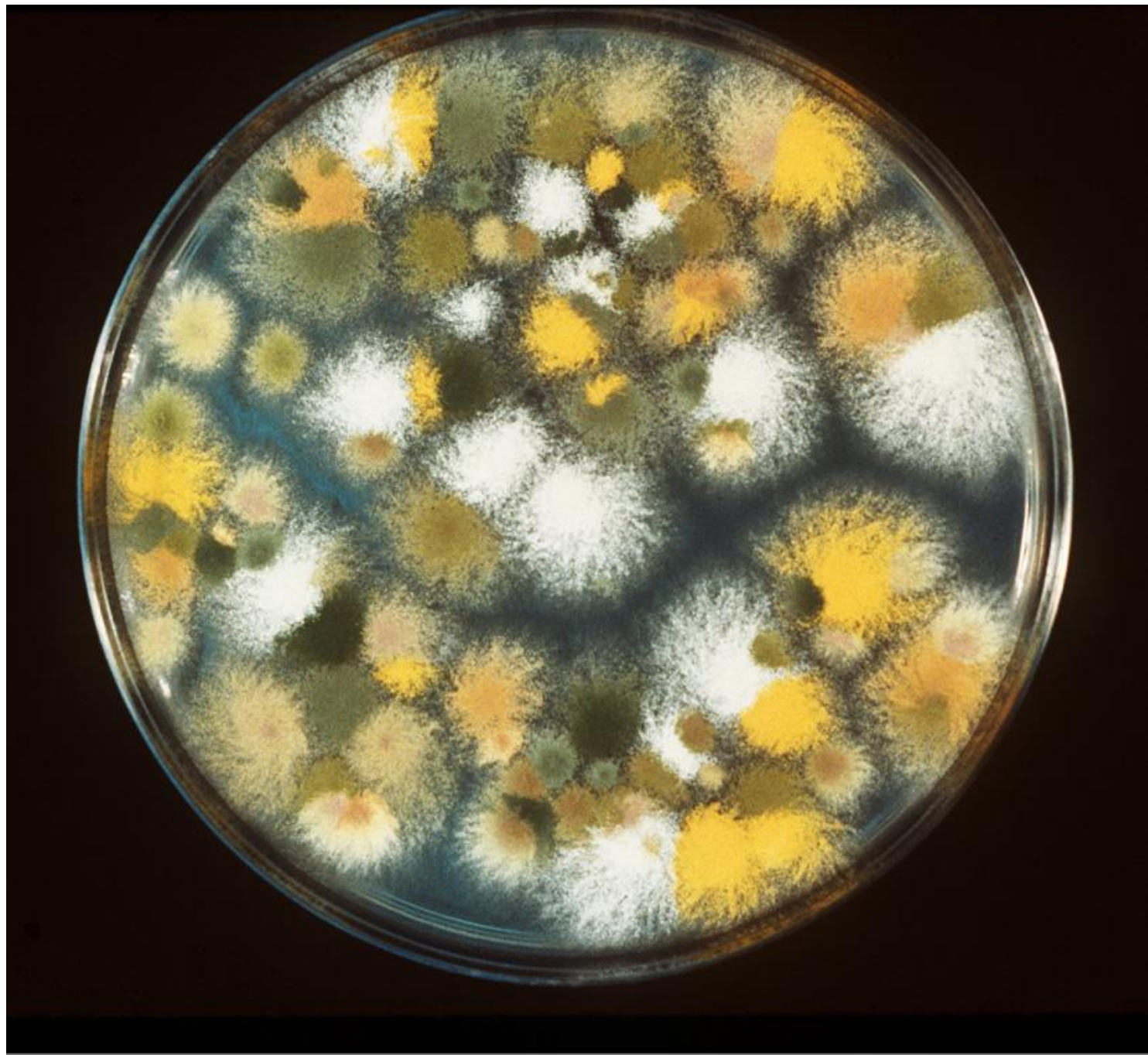
(b)

25 μm

Lieviti

Saccharomyces





Penicillium



(a)

Aspergillus



(b)

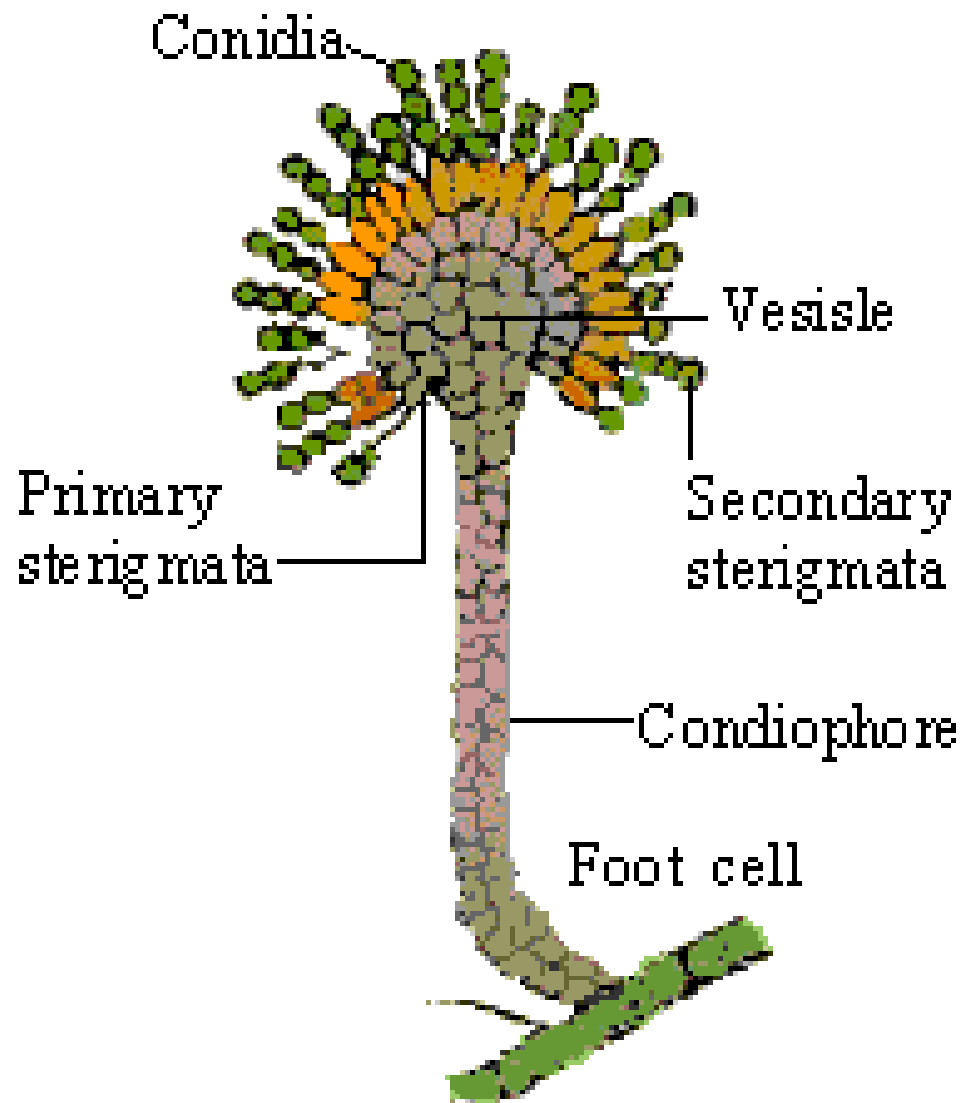
Penicillium





Aspergillus

Aspergillus



Tuber





Asco

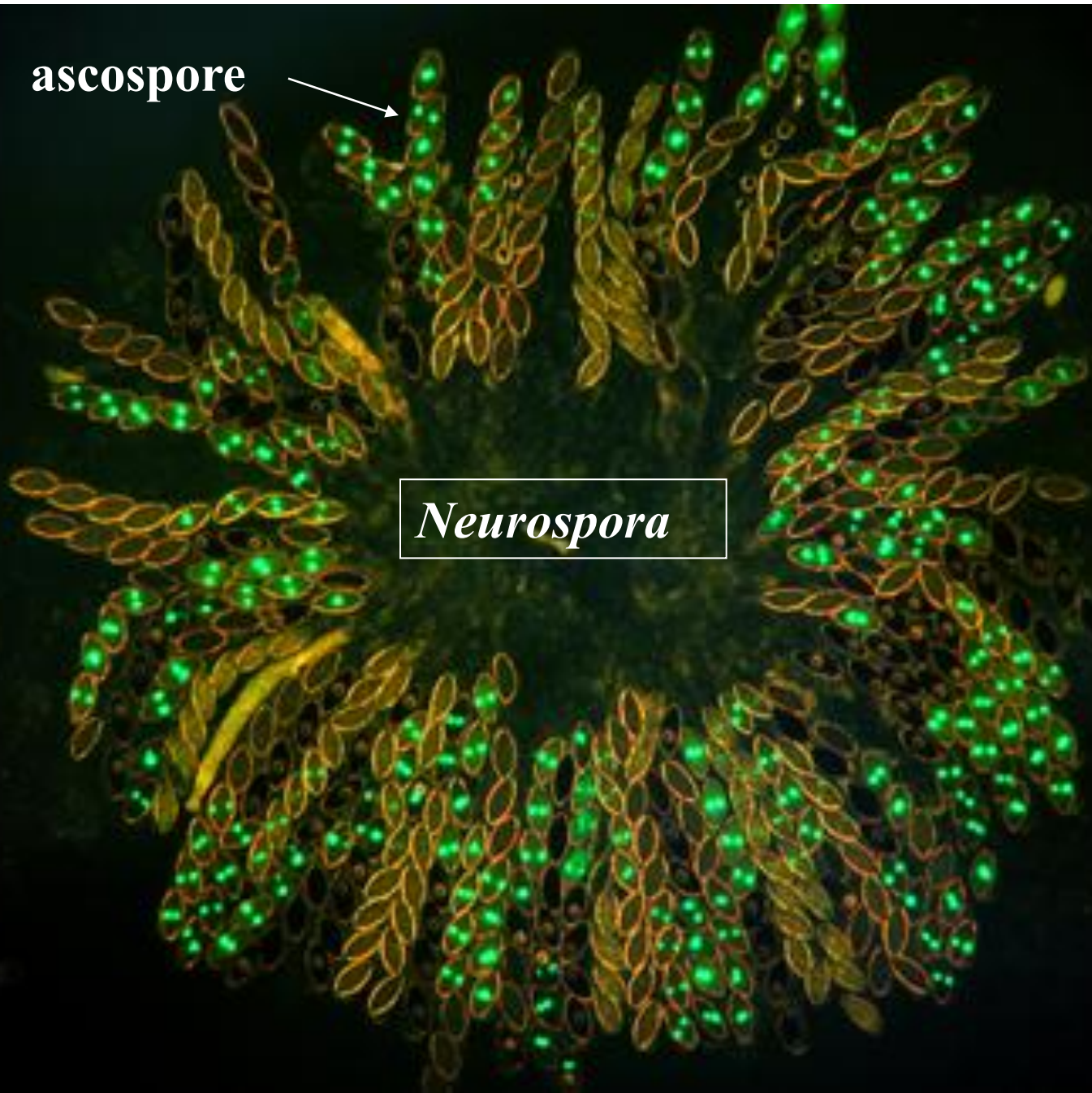
Ascospore



ascospore



Neurospora



Basidiomycota

Finghi più noti, eduli, patogeni

Dal ciclo sessuale si formano **basidiospore** in una struttura a clava detta **basidio**

Il micelio dei basidiomiceti è sempre settato (con dolipori e Parentosomi)

Funghi micorrizici di piante forestali

Eterobasidiomiceti (Fragmobasidiomiceti):

**Funghi parassiti di molte piante coltivate (Funghi delle ruggini, parassitano
Sia piante arboree che erbacee (cereali, essenze) dando lesioni di colore arancione
Dovute alla produzione di elementi riproduttivi di questo colore)**

Olobasidiomiceti: la maggior parte dei Funghi considerati dai profani

**Carpoforo
Chiuso (basidiospore
liberate per rottura della
periferia del carpoforo)**

Gastromiceti

BASIDIOMICETI

Imenomiceti

Carpoforo aperto

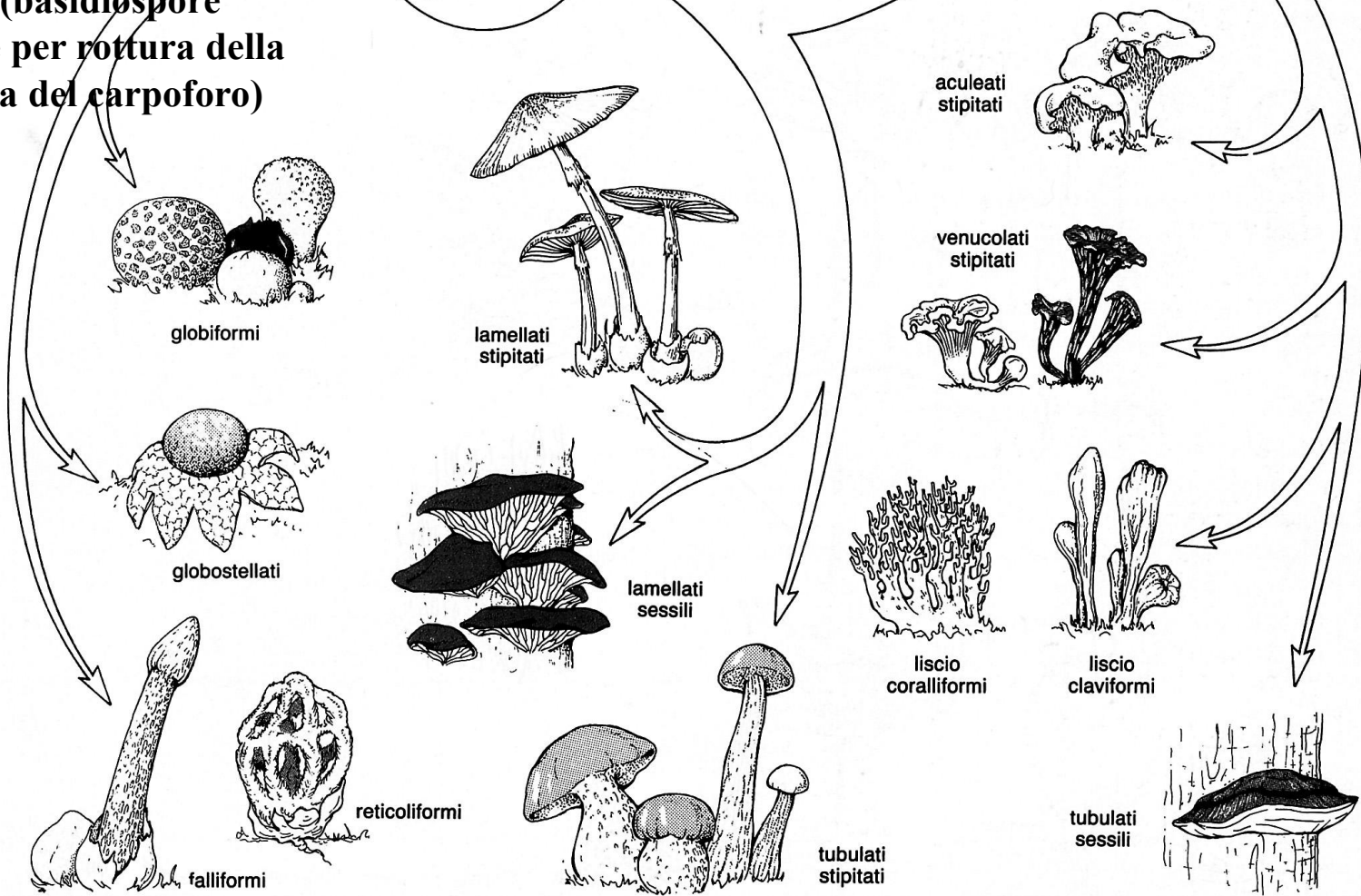


FIG. 19.35 • Schema delle più frequenti forme fungine collegate secondo uno schema evolutivo che considera precursori di tutte le altre forme quelle dei Gastromiceti in cui una struttura a forma di coppa si sarebbe avvolta a dare la struttura ad imenio interno, da cui potrebbero derivare tutte le altre varie ipotesi alternative che possono essere proposte.

Phylum Basidiomycota

Classe Basidiomycetes

Sottoclasse Aphyllophoromycetidae

**Ordine Cantharellales, Clavariales,
Corticiales, Ganodermatales**

**Ordine Hericiales, Hymenochaetales,
Polyporales, Thelephorales**

Sottoclasse Gasteromycetidae

**Ordine Lycoperdales, Sclerodermatales,
Nidulariales, Phallales**

Sottoclasse Hymenomycetidae

**Ordine Agaricales, Amanitales, Boletales,
Cortinariales**

**Ordine Entolomatales, Pluteales, Russulales,
Tricholomatales**

Sottoclasse Phragmomycetidae

Ordine Calocera

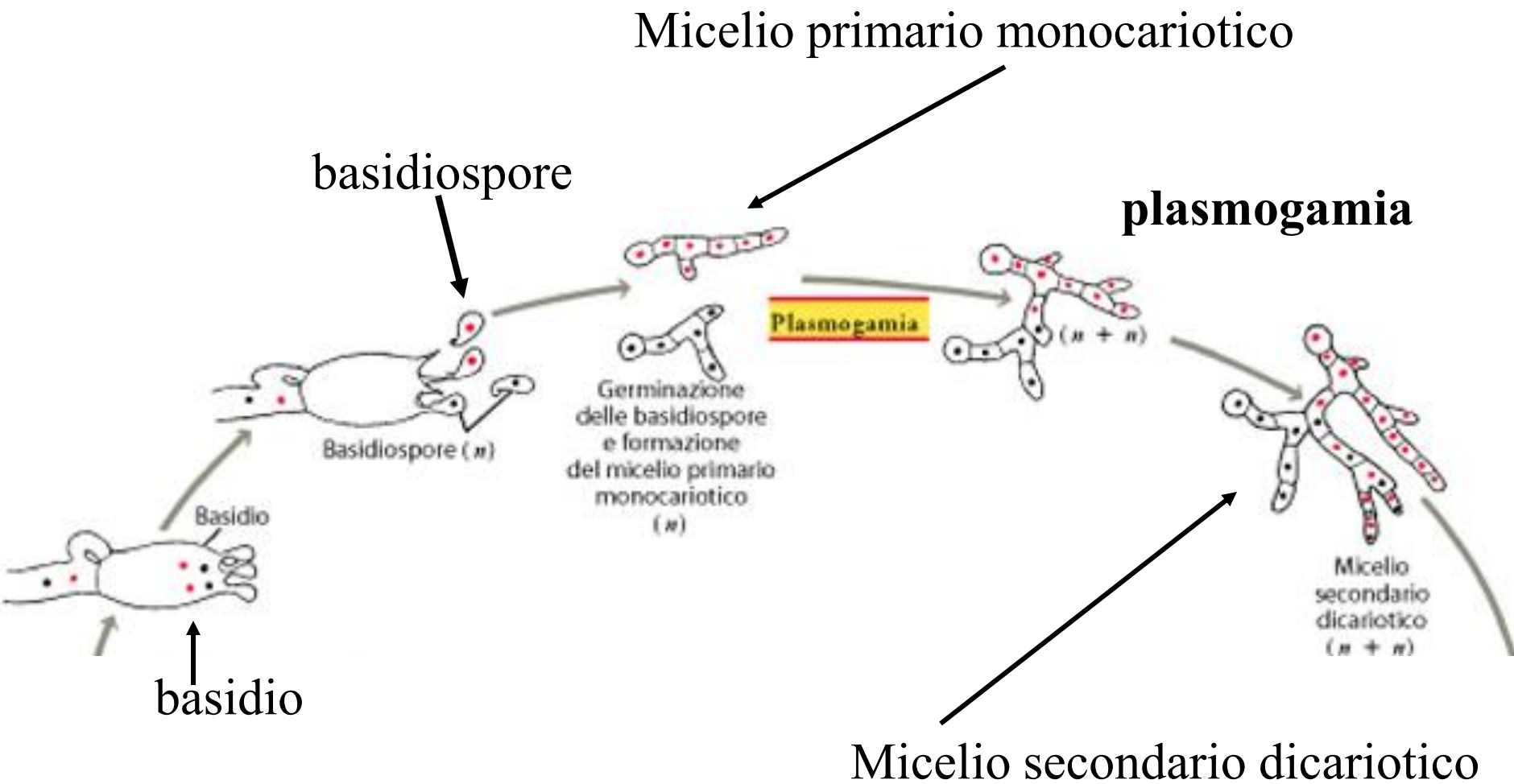
Ciclo vitale di un basidiomicete

La basidiospora (n) germina e produce un **micelio primario monocariotico**

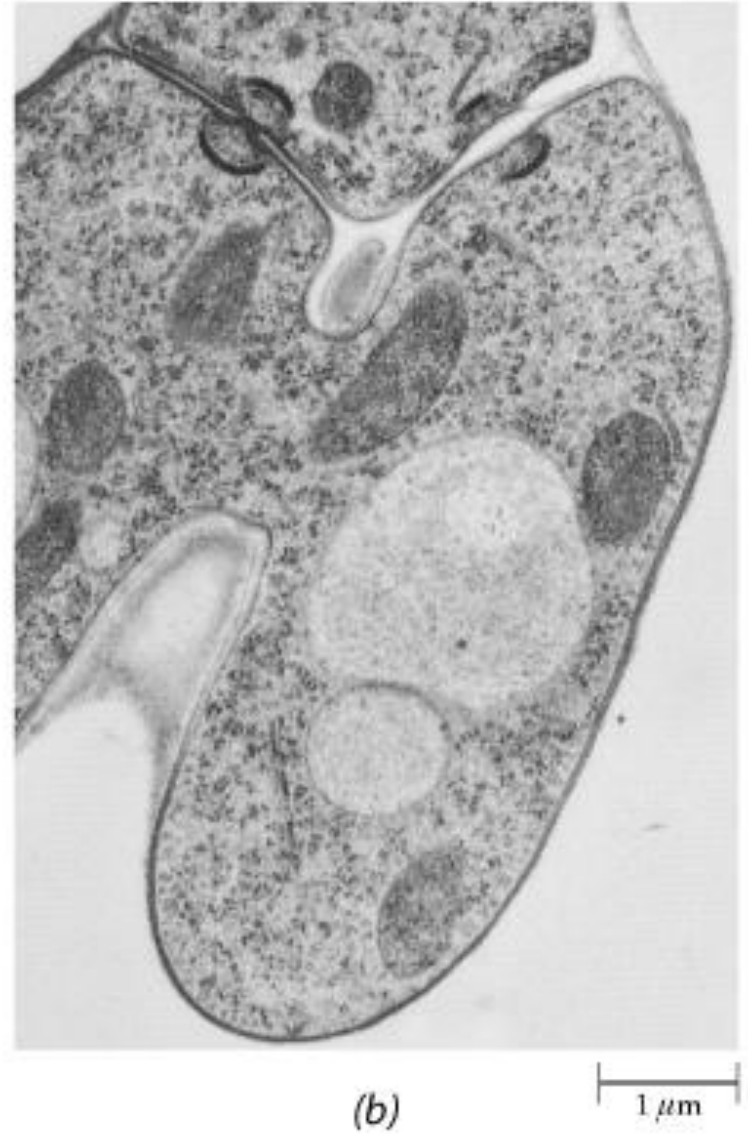
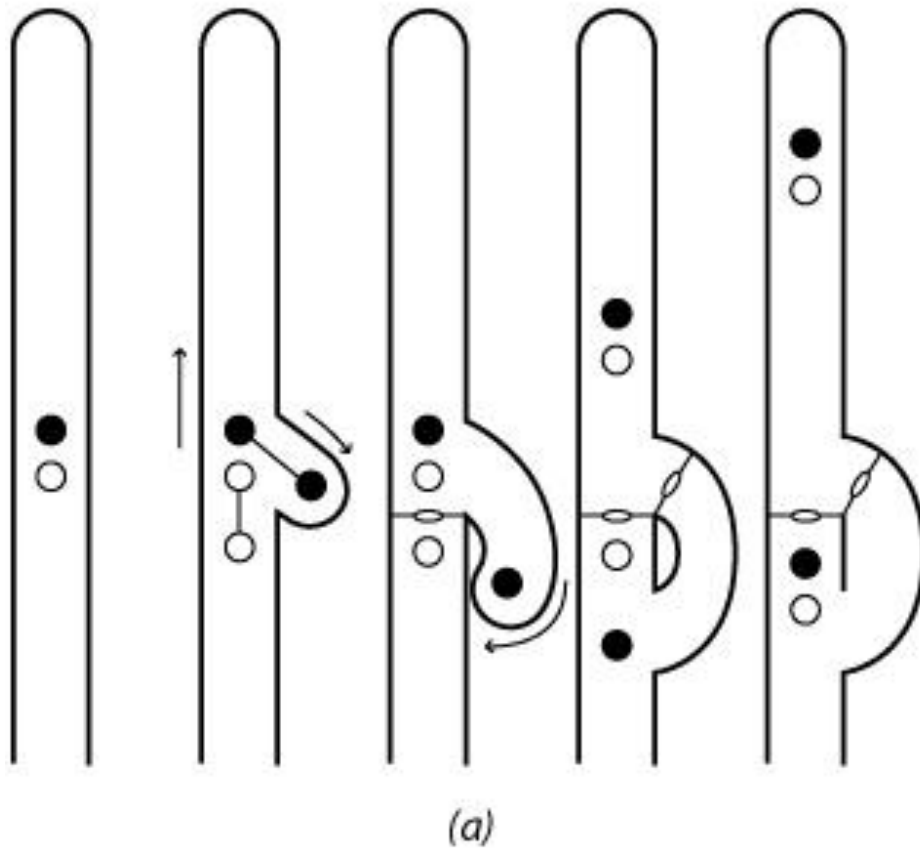
Dall'associazione di due miceli primari si forma un **micelio secondario (diacariotico)**

Le cellule apicali del micelio secondario si dividono per **coniugazione a fibbia**, che assicurano i dicarion nelle ife

Dall'associazione dei **miceli secondari** si forma il **micelio terziario (basidiocarpo)** che sarà la struttura da cui si formeranno le spore



Coniugazione a fibbia



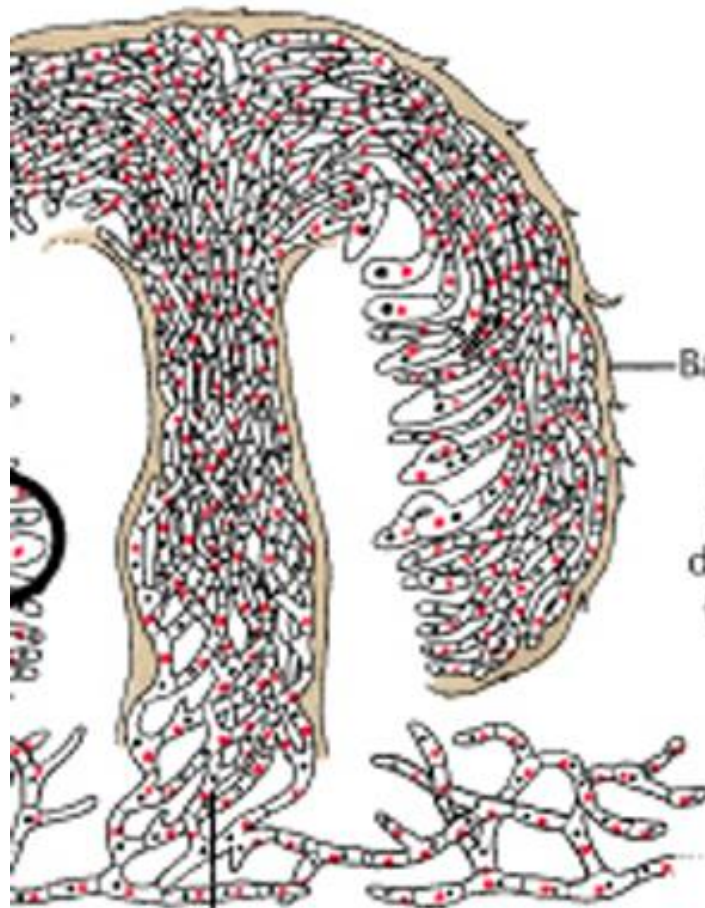
Micelio terziario
(insieme dei miceli dicariali)

Basidiocarpo
o carpoforo

Giovane
basidiocarpo

cappello

gambo

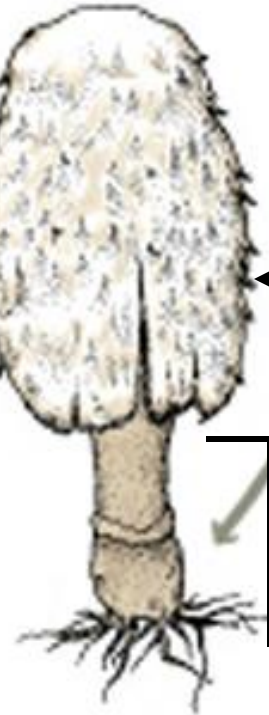


Basidiocarpo

Micelio
terziario
dicariotico
($n + n$)

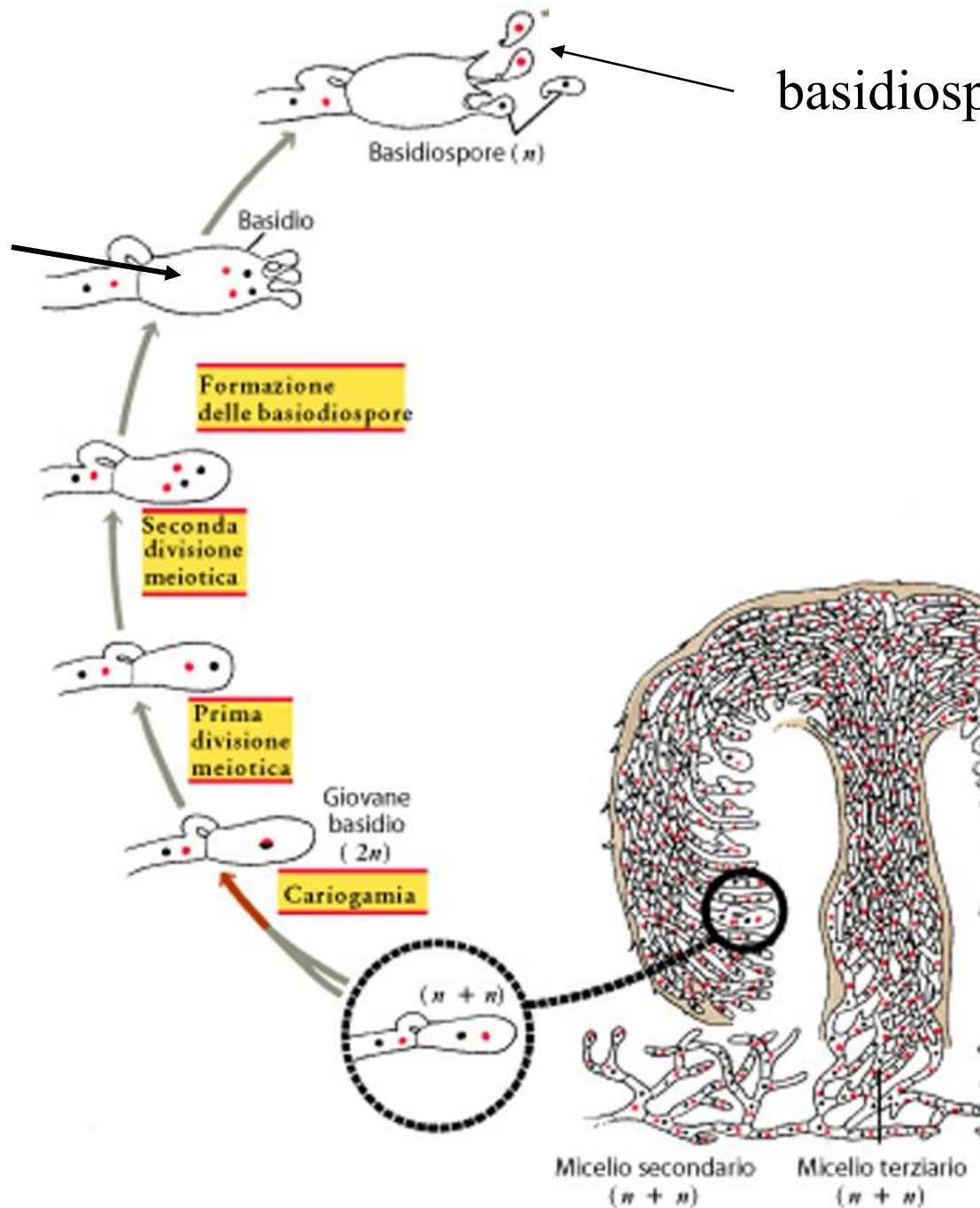
Micelio terziario
($n + n$)

Micelio secondario
($n + n$)



basidio

basidiospore

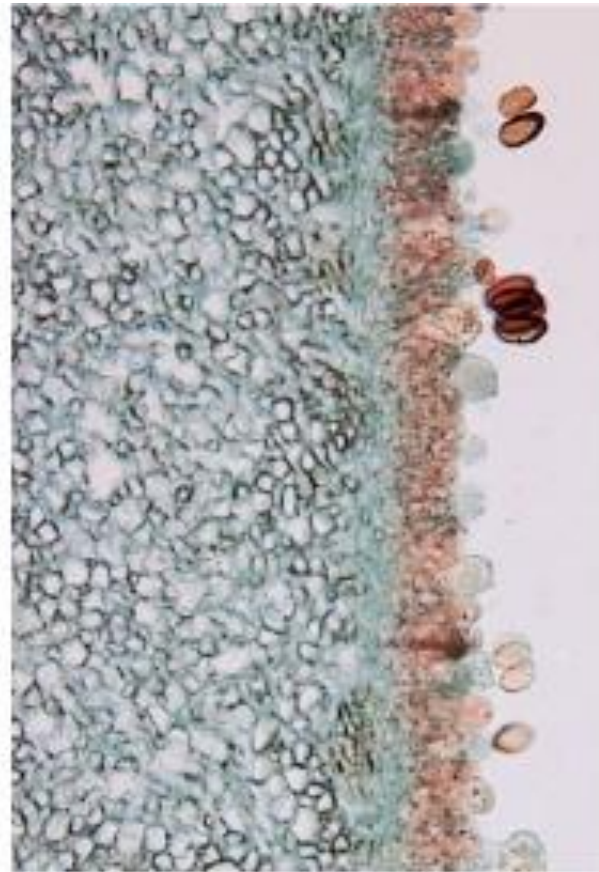


imenio



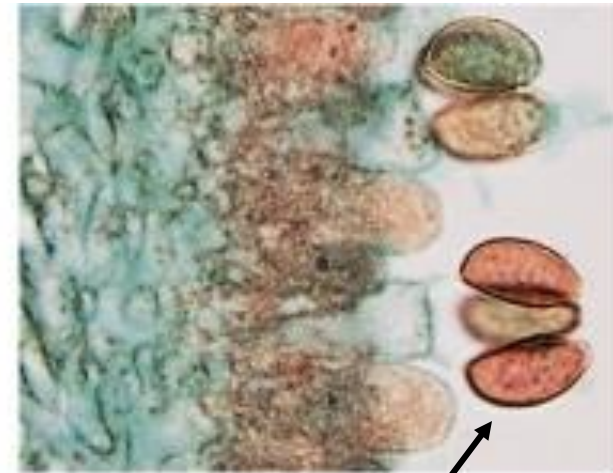
(a)

200 μm



(b)

100 μm

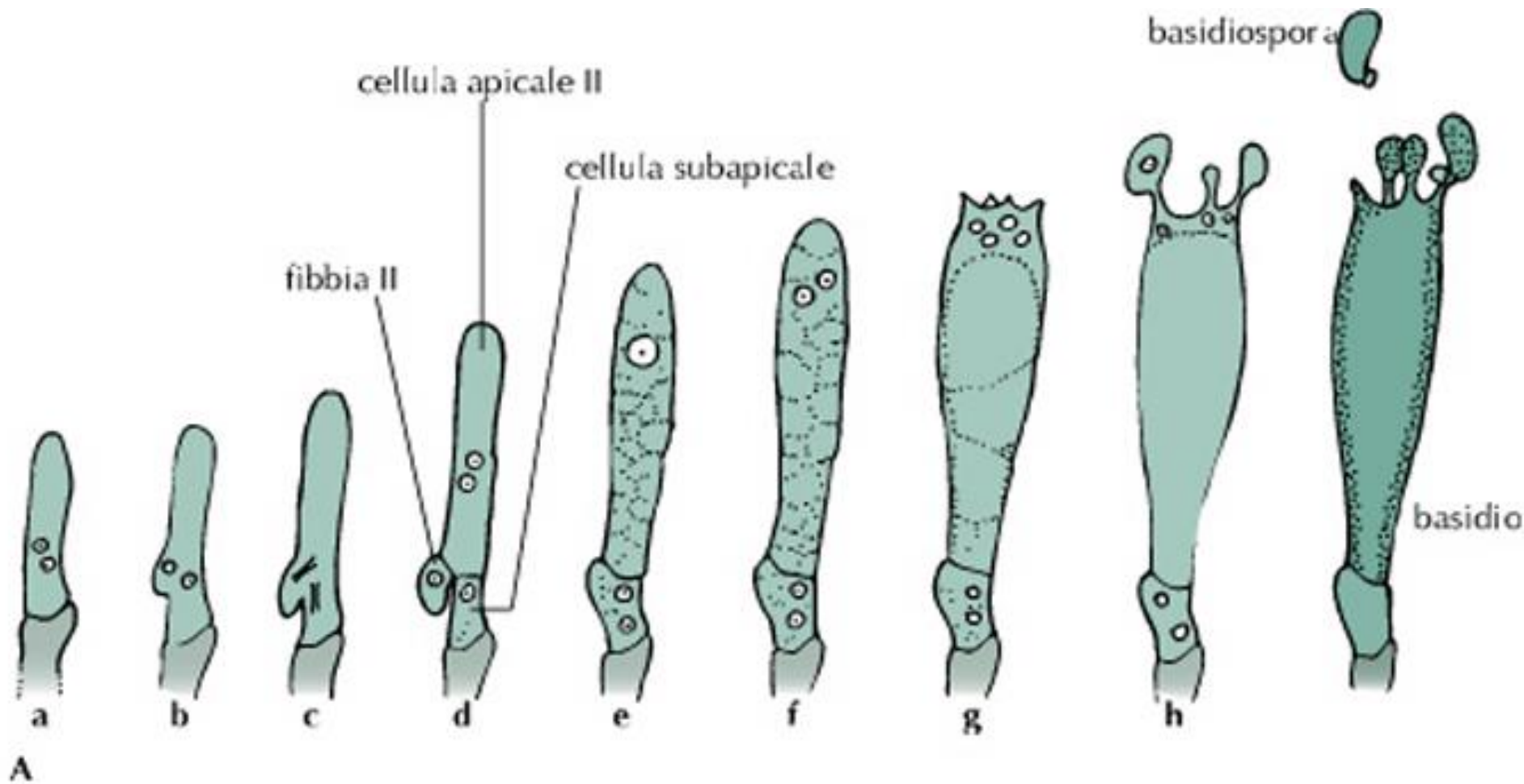


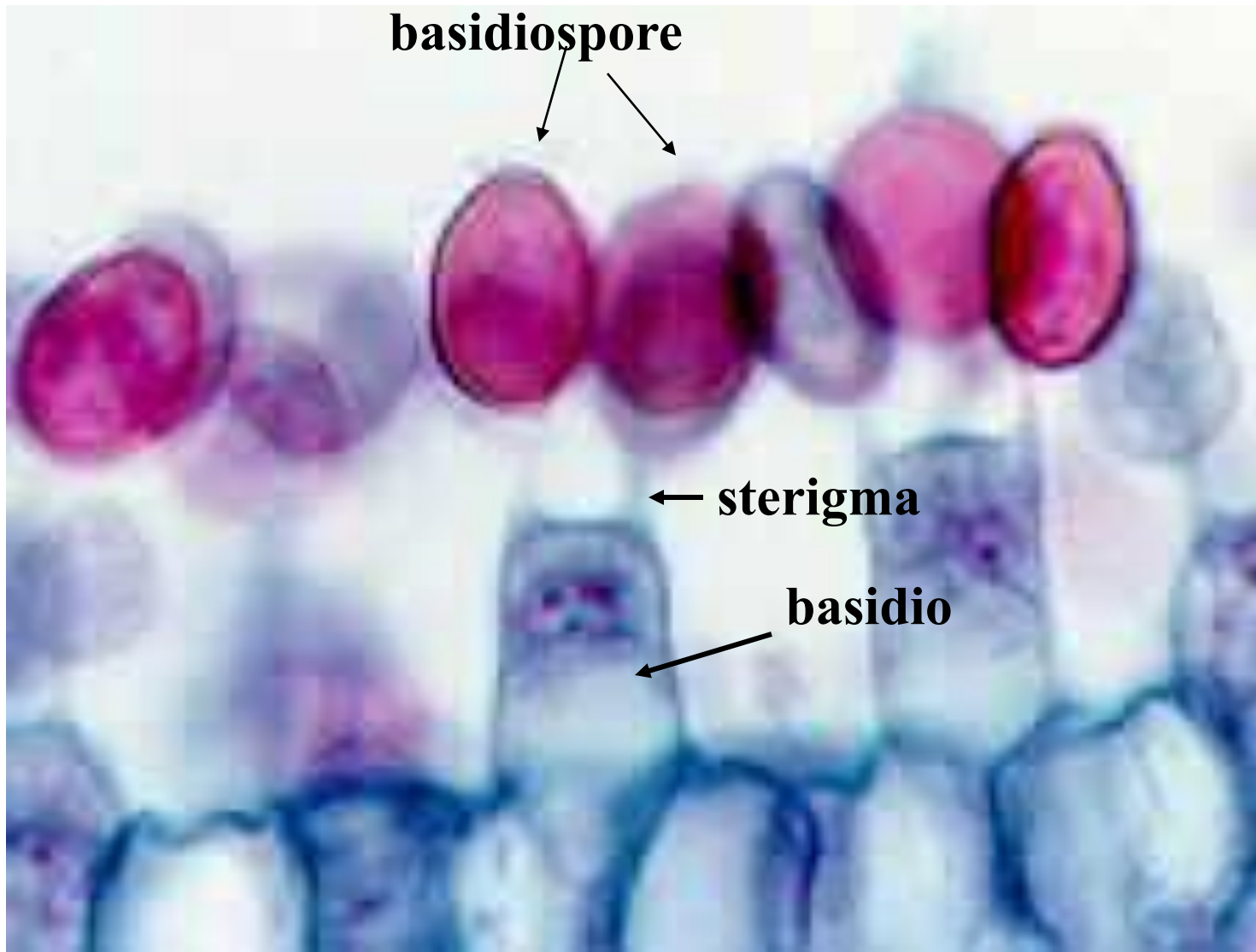
(c)

50 μm



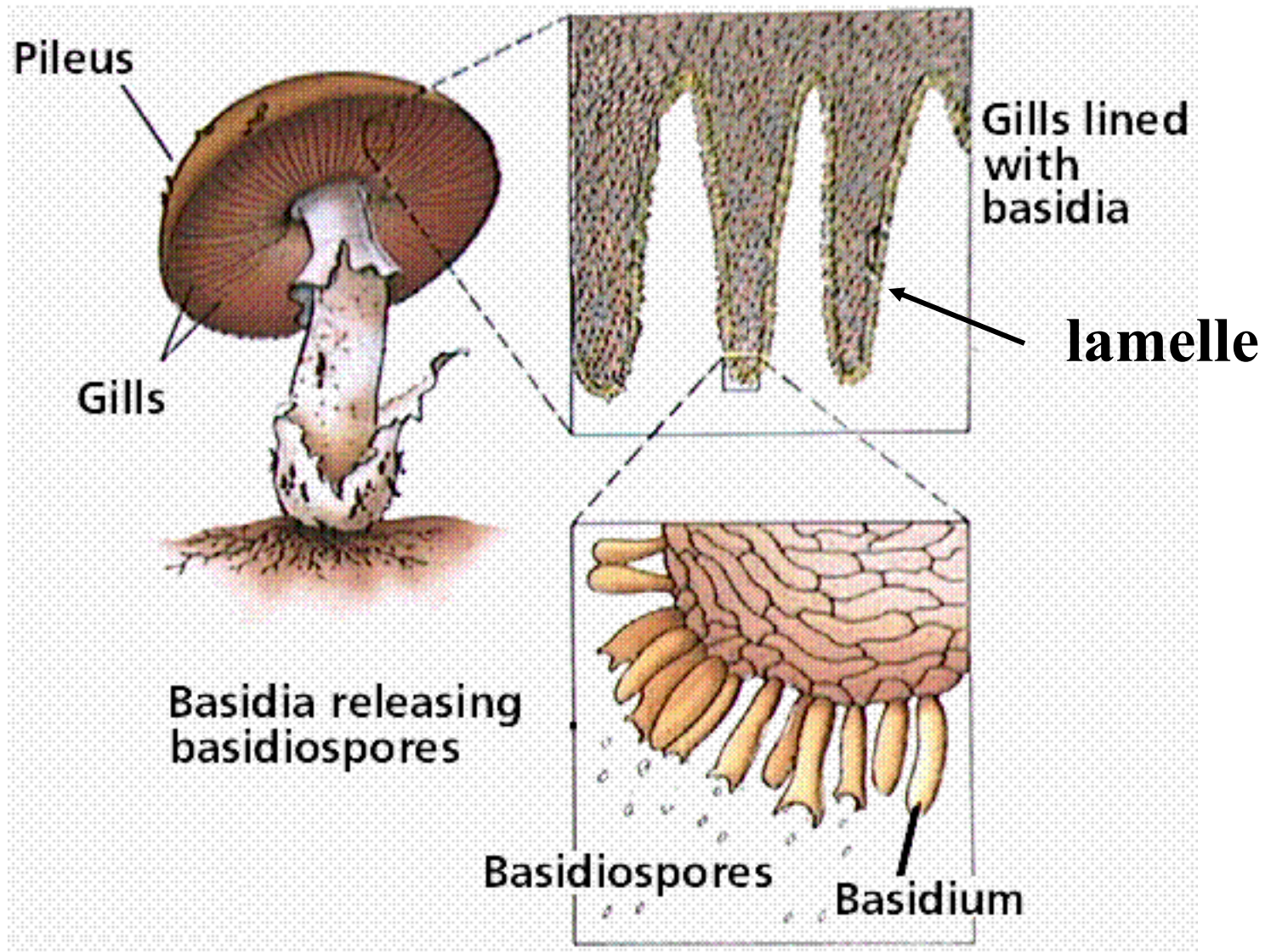
basidiospore





Strato fertile: imenio

L'imenio può ricoprire lamelle, aculei o tubuli



- con lamelle, presente in tutte le specie di Agaricali;



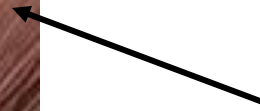
Agaricus bisporus (J. E. Lange) Pilàt
Champignon

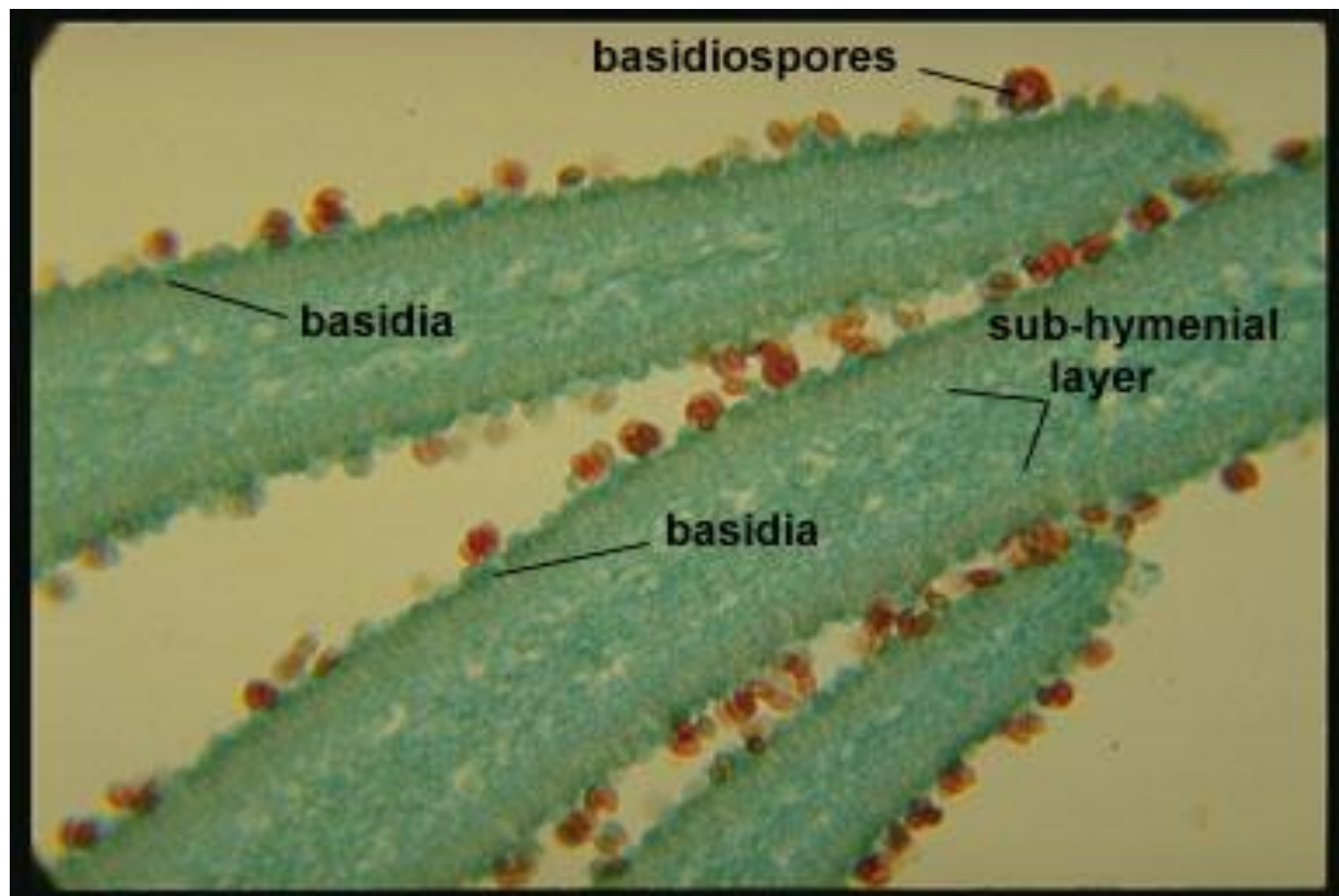
Agaricus albertii

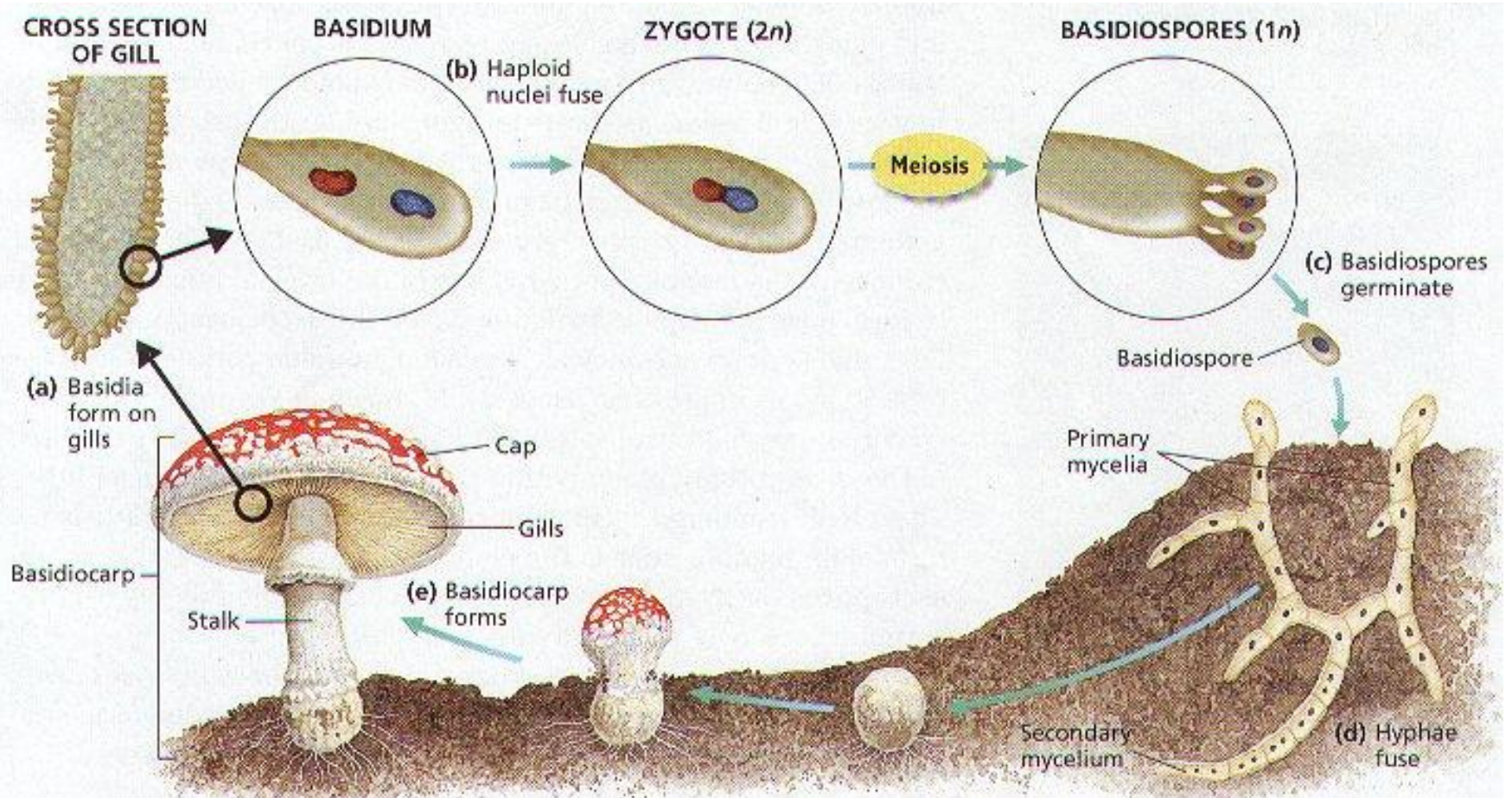




lamelle







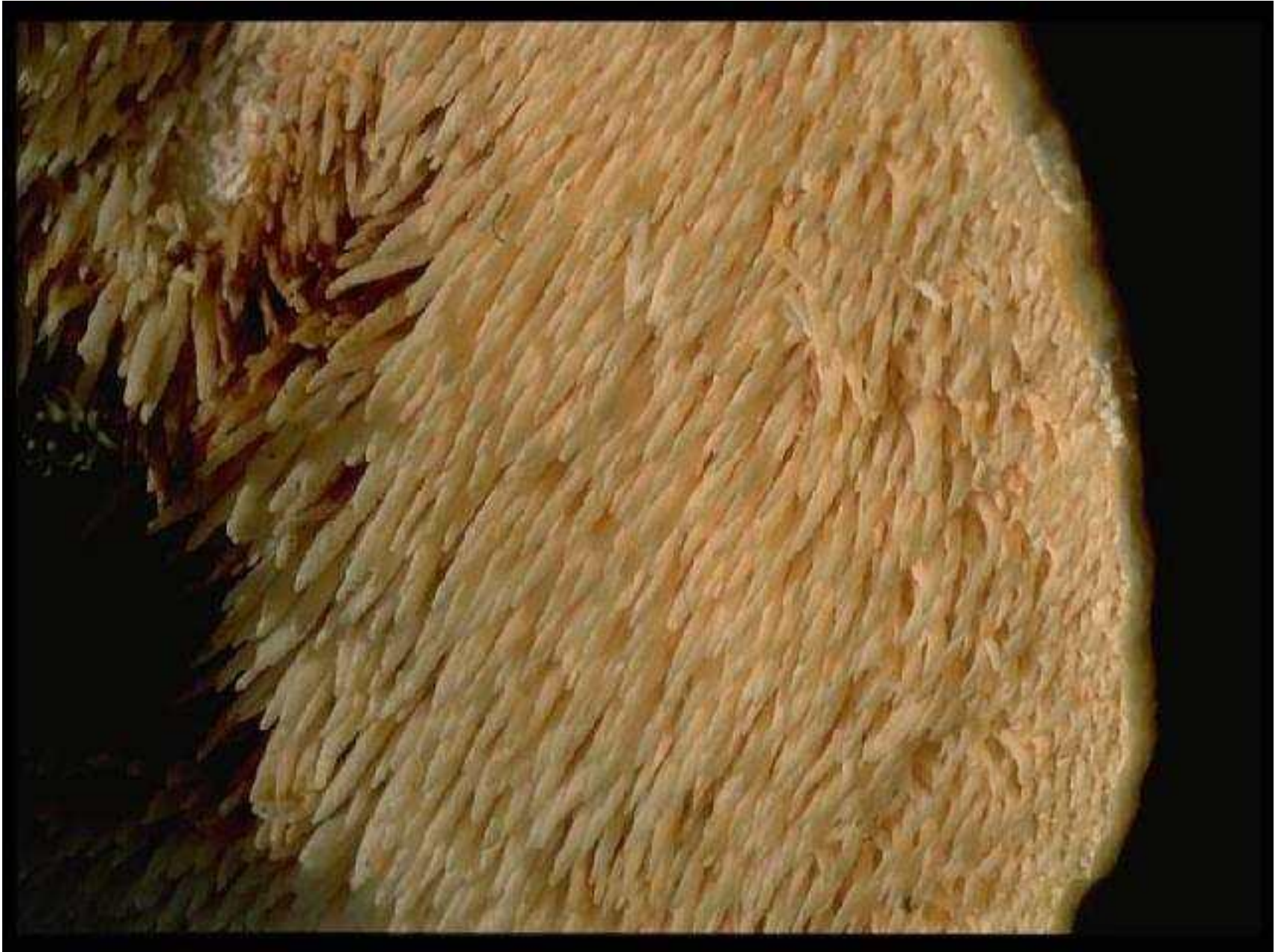
- ad aculei, come nelle Hydnaceae e in alcune Thelephoraceae;





aculei

Imenio ad aculei



-con tubuli e pori, come nelle Boletaceae e nelle Polyporaceae.



Boletus edulis
(Porcino)

Boletus



Imenio a tubuli



L'imenoforo può essere:

**- rugoloso-crespato, tipico delle
Clavariaceae;**



Funghi:

Fitoalessine: numerosi polisaccaridi fungini quando demoliti nei loro oligomeri agiscono come stimolatori della resistenza delle piante verso patogeni

Fitotossine: metaboliti come acido fusarico, fusicoccina possono agire come limitanti dell'infezione o proteggendo la pianta da sovrinfezioni con altri funghi

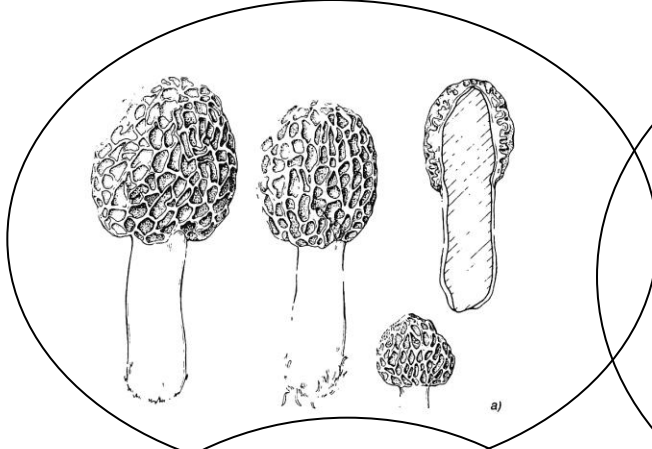
Influenza sull'ambiente in cui vivono

Funghi come patogeni di piante, animali e uomo :

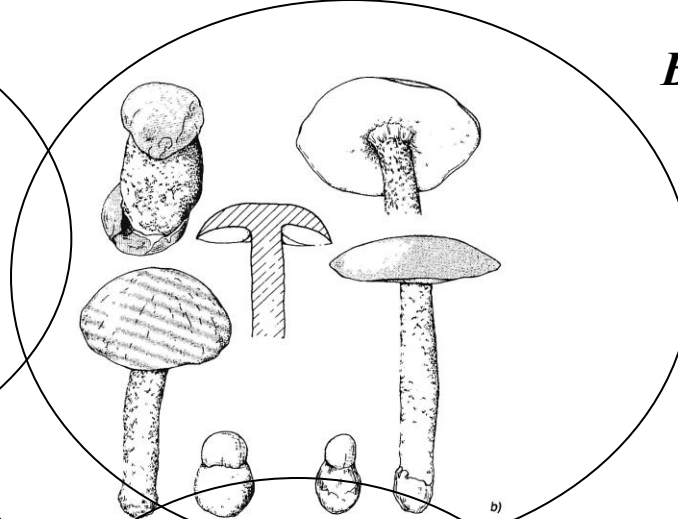
- micetismo, ingestione di funghi con sostanze tossiche (muscarina di Amanita);**
- micotossicosi, patologie croniche per la presenza di micotossine che entrano in contatto per ingestione, inalazione (alcaloidi, aflatossine);**
- micosi, infezioni sostenute da microfunghi: dermatomicosi (micosi superficiali, Aspergilli) o micosi viscerali (micosi sistemiche, lieviti asporigeni come Candida)**

Funghi come agenti di biodeterioramento

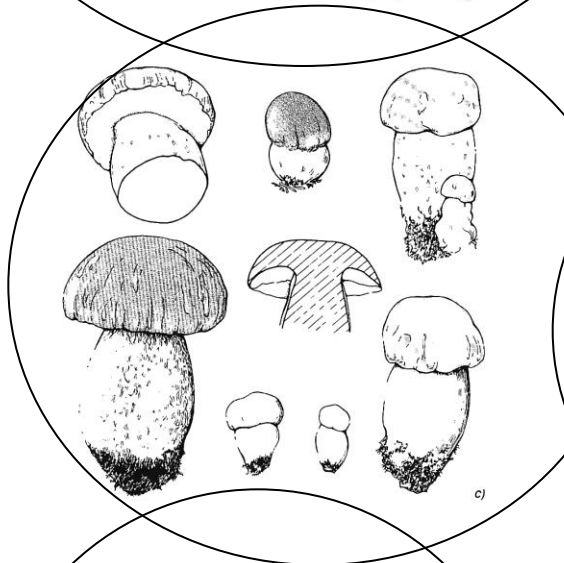
Ascomiceti:
Morchella



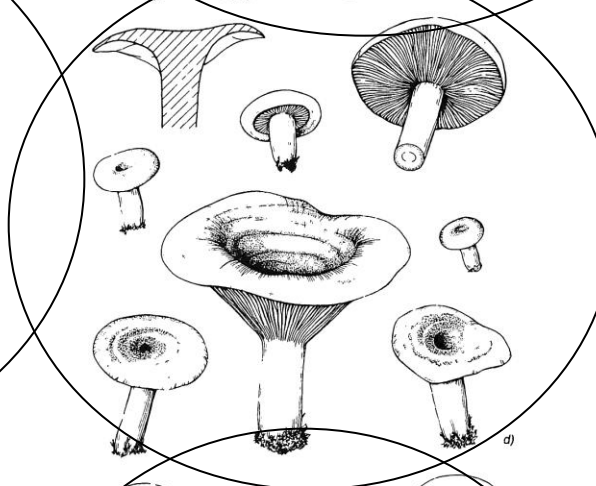
Boletus scaber



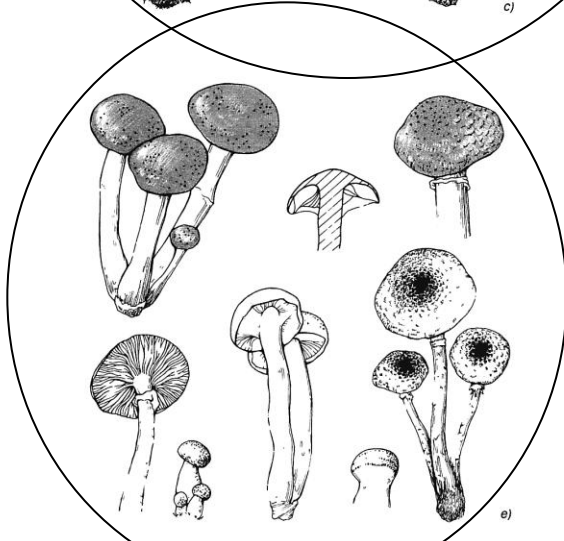
Porcino:
Boletus edulis



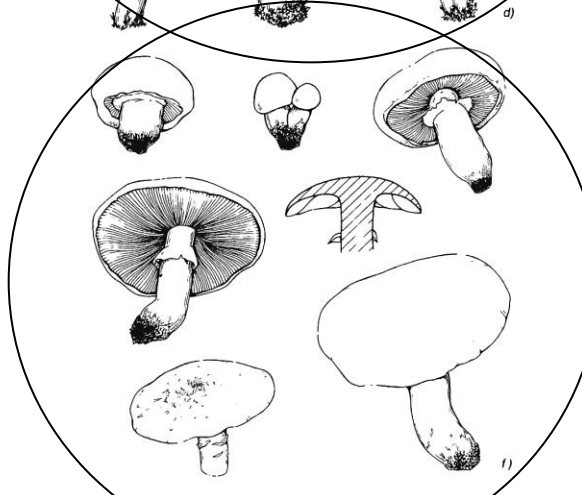
Lactarius deliciosus



Chiodino
Armillariella mellea

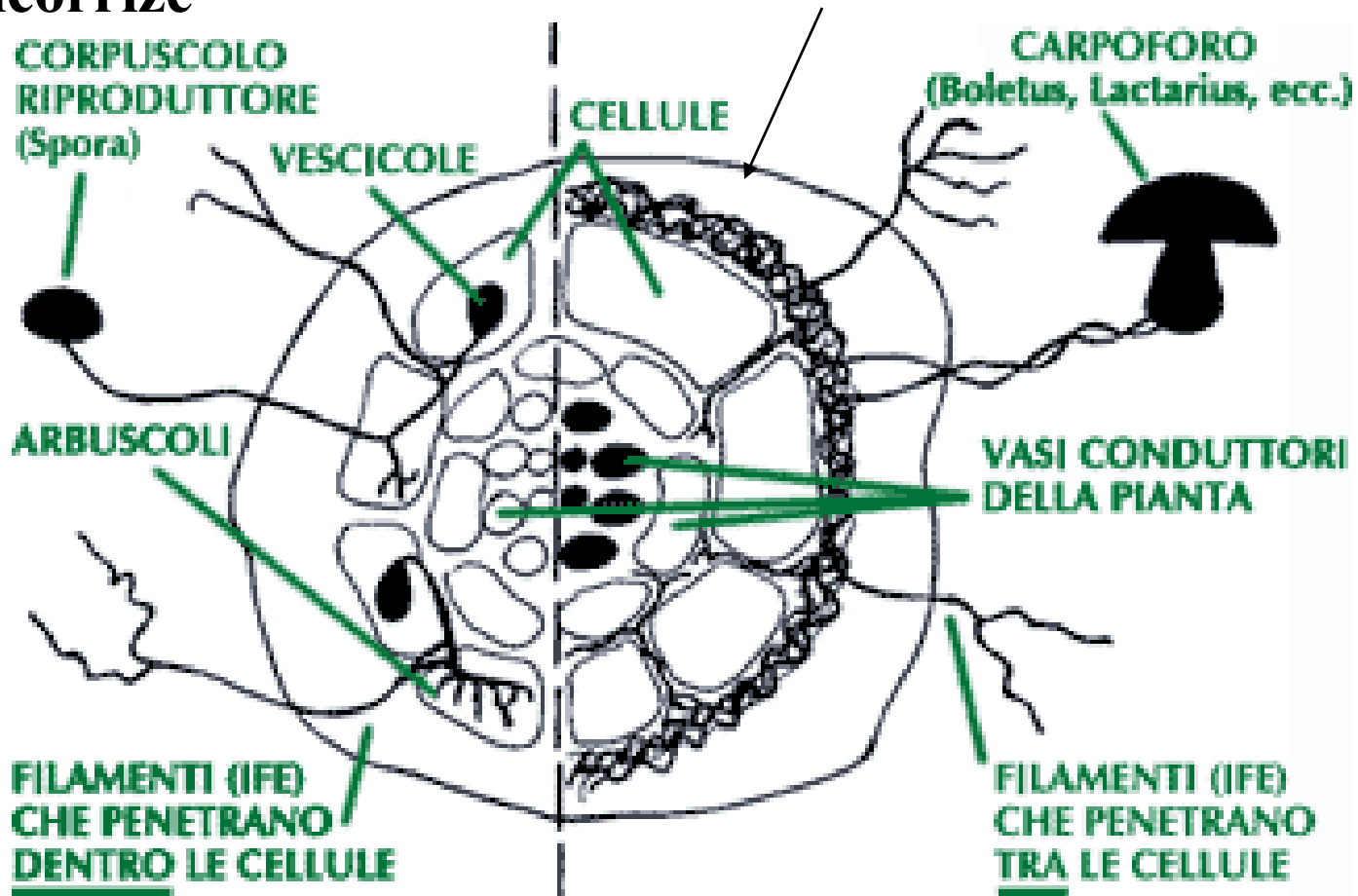


Prataiolo
Psalliota campestris



endomycorrize

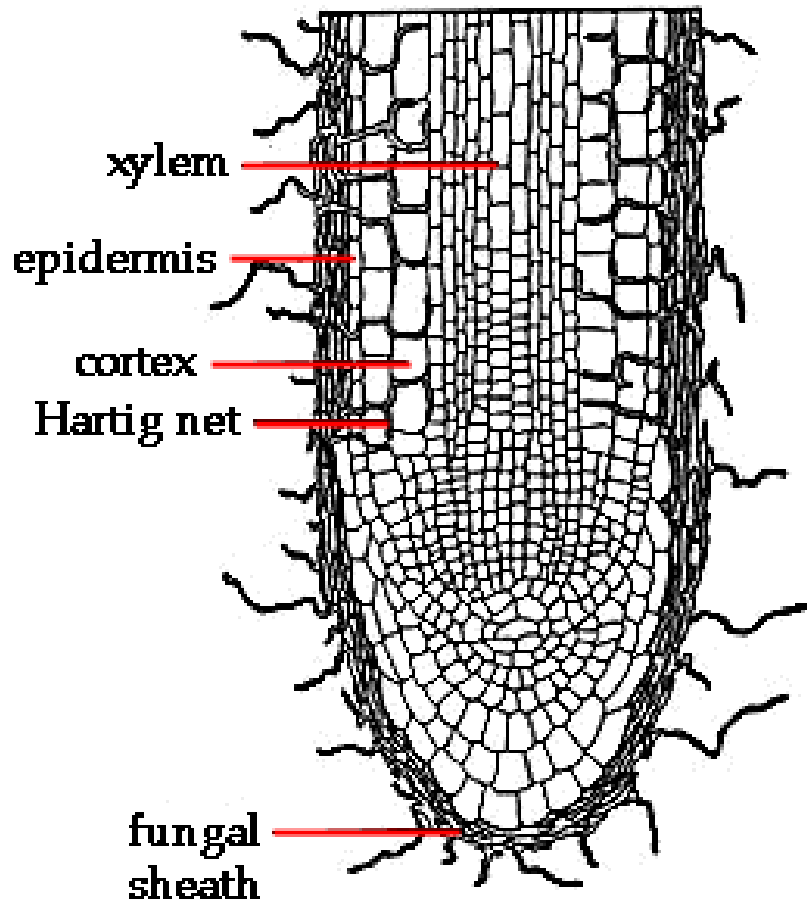
ectomycorrize



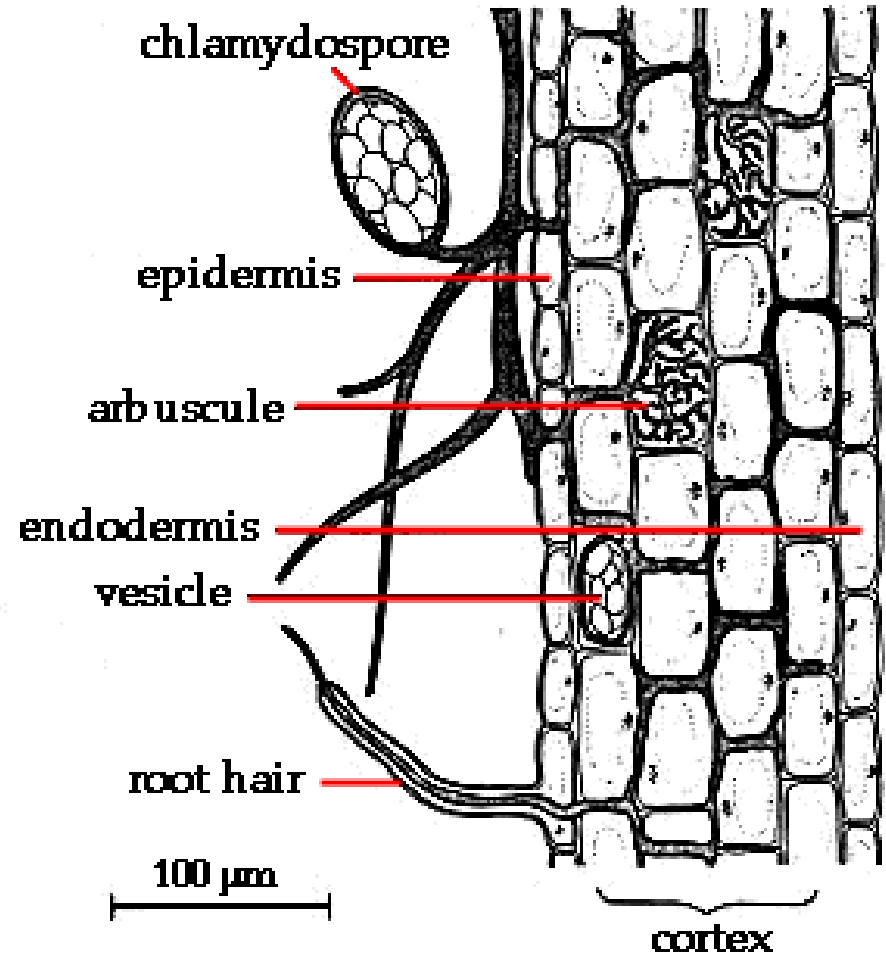
MICORRIZE:

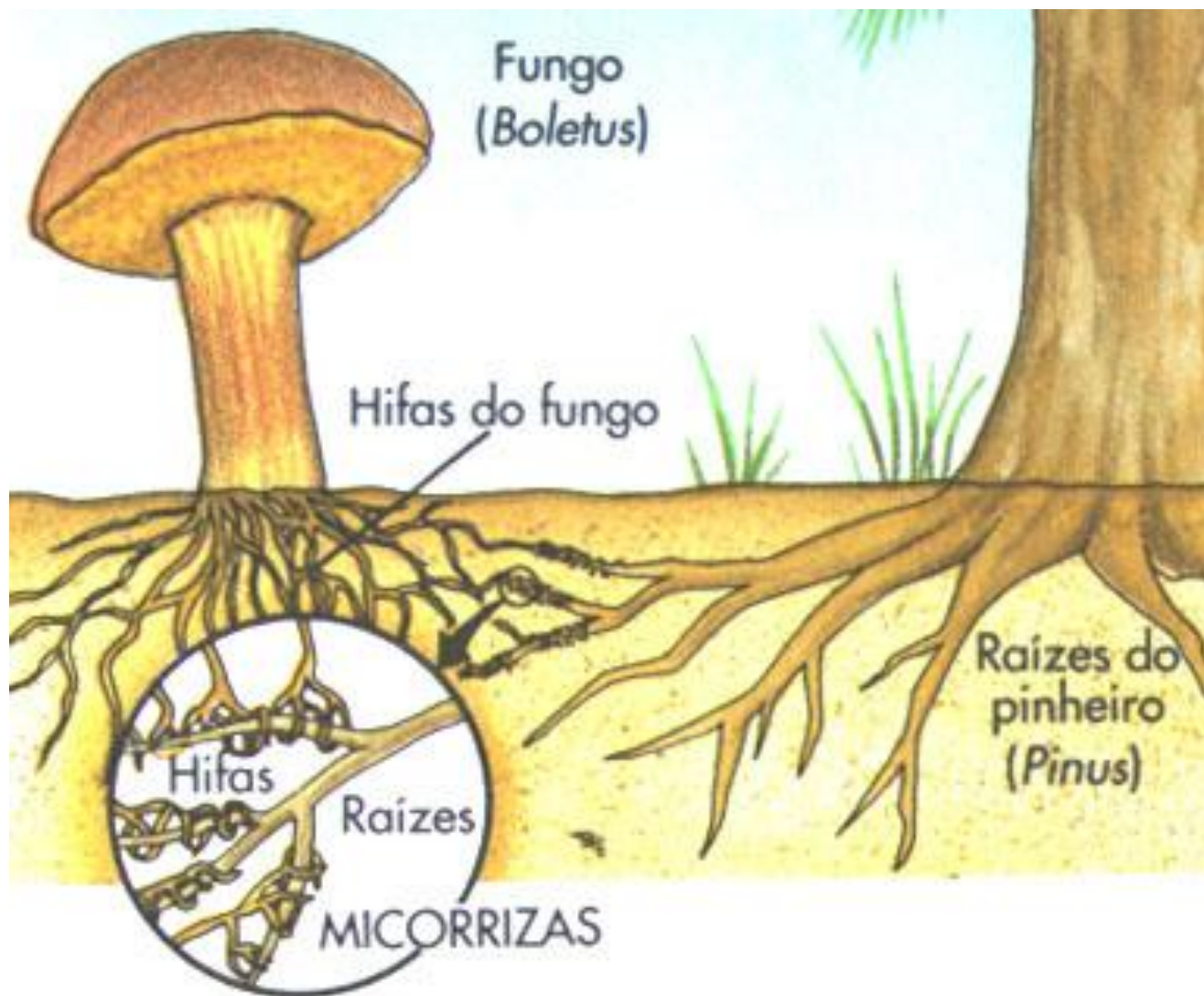
simbiosi mutualistica tra funghi e radici di piante superiori

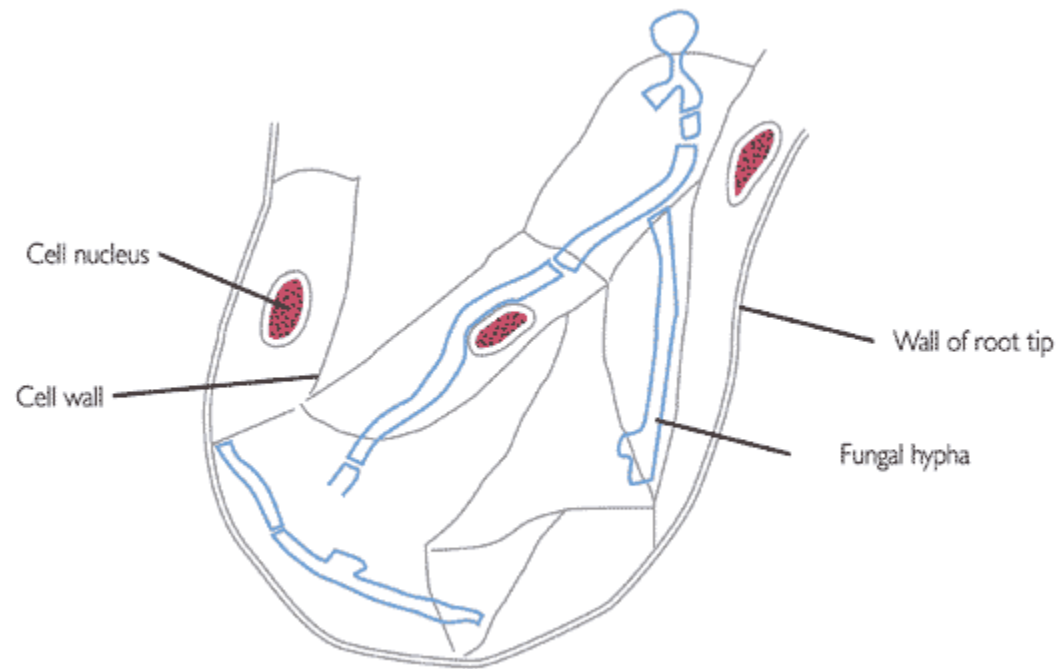
Ectomycorrhizae



Endomycorrhizae









Licheni:
Simbiosi tra alghe
o cianobatteri
e Funghi (ascomiceti)



crostosi

(a)



(b)



(c)

(a)



(b)



(d)

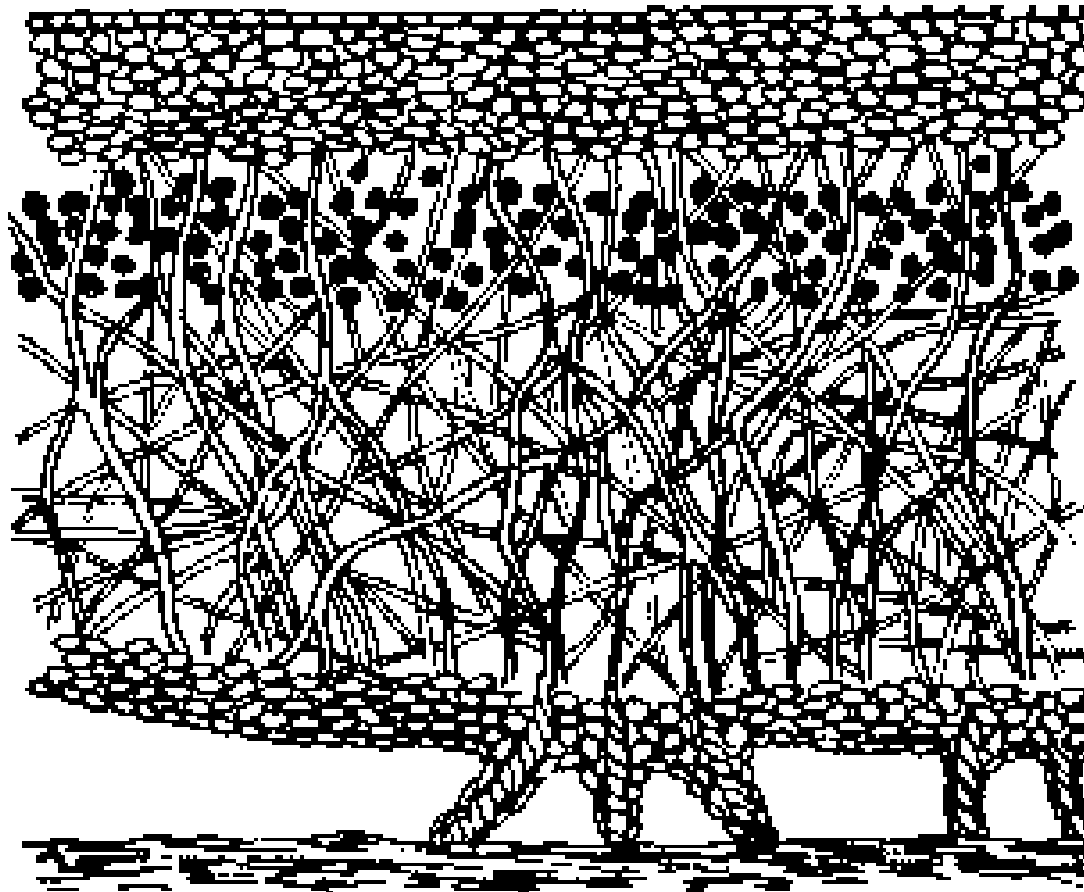


Lichene islandico

I licheni sono indicatori ambientali (sono estremamente vulnerabili in ambienti antropizzati)

Agenti di biodeterioramento di opere d'arte operando il Biodegrado di materiali litici

Agiscono come pionieri e sopravvivono ad ambienti estremi



- 1 **Corteccia**
- 2 **Strato algale**
- 3 **midollo**
- 4 **Corteccia inferiore**
- 5 **rizine**

apoteci

