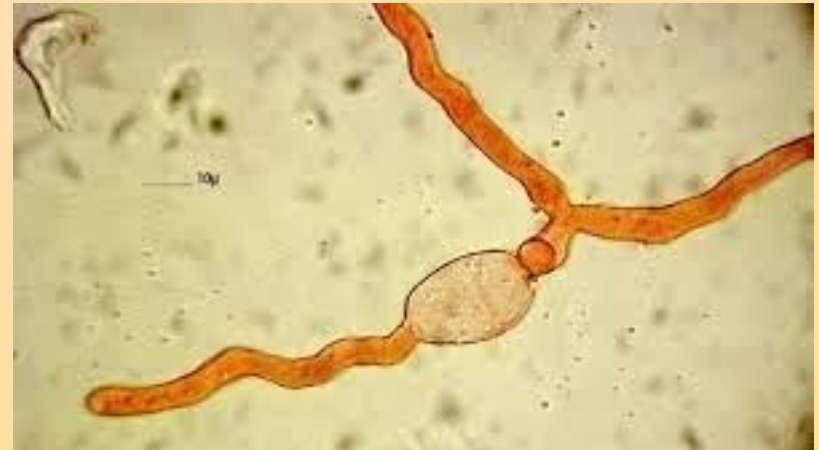
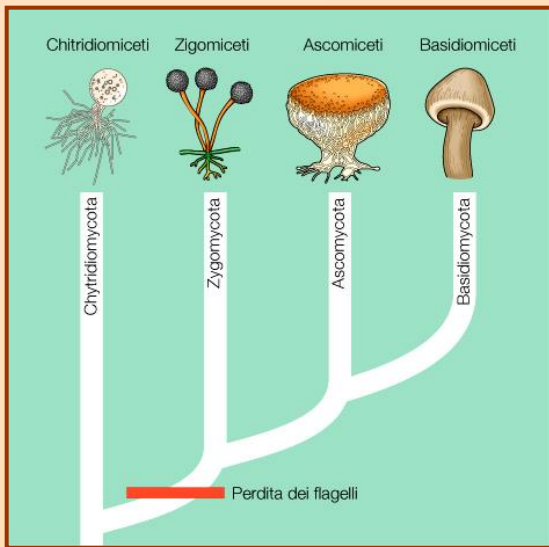




Regno *Fungi*

Comprende organismi eucariotici eterotrofi. Sono quindi parassiti o patogeni, saprofiti o simbiotici. Possono essere unicellulari o pluricellulari con un'organizzazione filamentosa costituita da strutture tubulari denominate ife e nel loro insieme costituiscono il micelio. Le sostanze di riserva sono i lipidi e glicogeno. Rappresentano il 90% della biomassa totale nei terreni forestali.





Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia.
ZANICHELLI

Principali caratteri dei *Phyla* fungini

Talofite unicellulari e/o multicellulari con organizzazione vegetativa filamentosa costituita da strutture tubulari denominate *ife*, che nel loro insieme costituiscono il *micelio*.
Possono comportarsi da *saprotrofi*, *parassiti* o *simbionti*.

Tabella 15.1 Principali caratteristiche dei phyla fungini

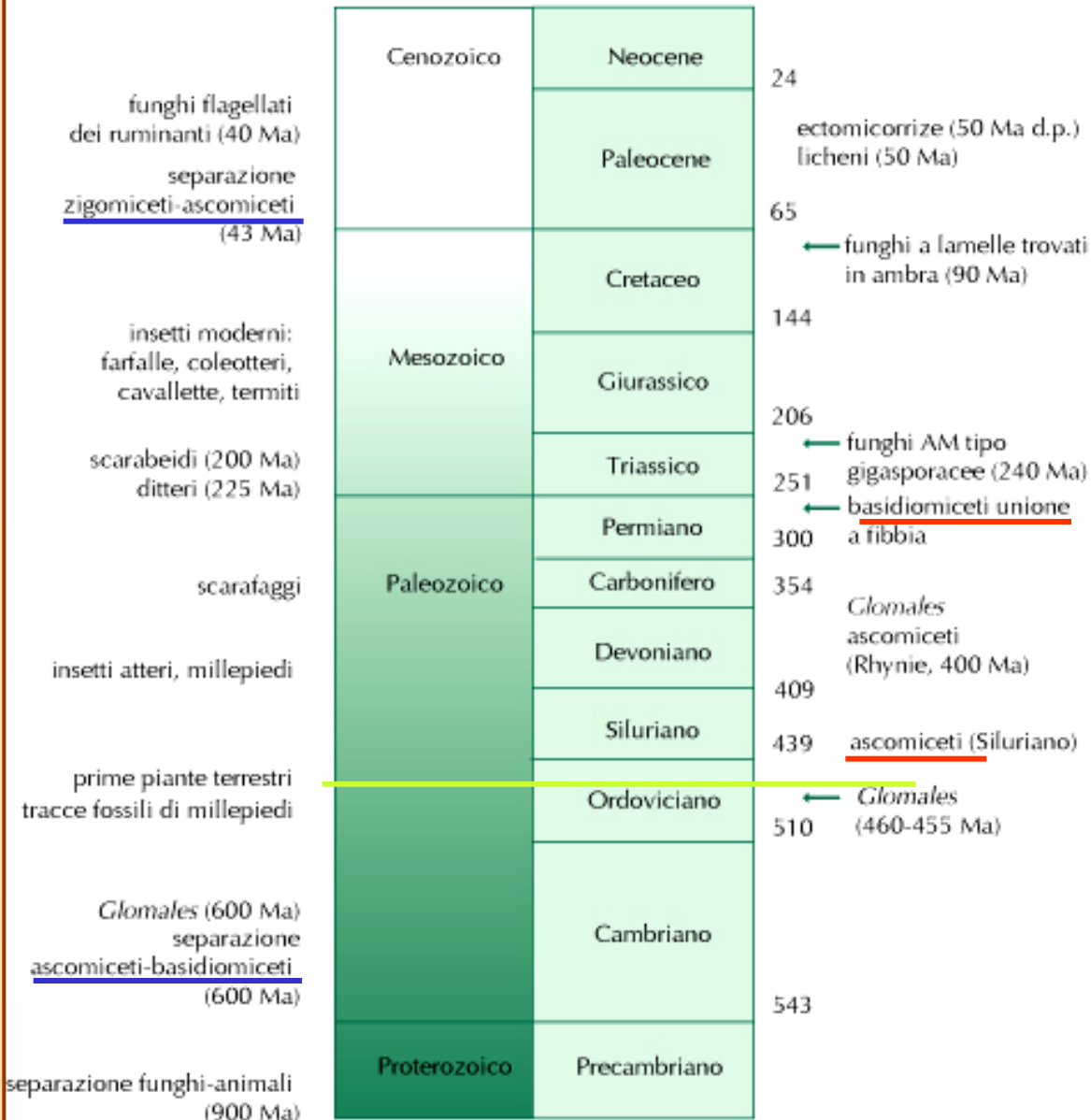
Phylum	Generi rappresentati	Tipo di ifa	Tipo di riproduzione asexuale	Tipo di spore sessuali	Malattie di piante causate da funghi
<i>Chytridiomycota</i>	<i>Allomyces</i> , <i>Coelomyces</i>	Asettata, cenocitica	Zoospore	Nessuna	Macchie marroni sul mais, escrescenze a corona dell'erba medica, rogna nera della patata
<i>Zygomycota</i>	<i>Rhizopus</i> (la comune muffa del pane), <i>Glomus</i> (fungo endomicorrizico)	Asettata, cenocitica	Spore immobili	Zigospore (negli zigosporangii)	Marciume molle di differenti organi della pianta
<i>Ascomycota</i>	<i>Neurospora</i> , <i>Morchella</i> (spugnola), <i>Tuber</i> (tartufo)	Settata	Gemme, conoidi (spore immobili), frammentazione	Ascospore	Muffe pulverulente, marciume marrone delle drupe, cancro del castagno, grafiosi dell'olmo
<i>Basidiomycota</i>	<i>Amanita</i> (velenoso), <i>Agaricus</i> (edule), funghi a manina, vesce, funghi a mensola, ruggini, carboni	Settate con doliporo	Gemme, conidi (spore non mobili, comprese le uredospore), frammentazione	Basidiospore	Ruggine dei cereali, ruggine del pino bianco, carboni di mais e avena, marciume di <i>Armillaria</i>

Raven P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI

ETÀ IN BASE AL DNA
REPERTI FOSSILI

ERE GEOLOGICHE

FUNGHI FOSSILI



Origine dei funghi

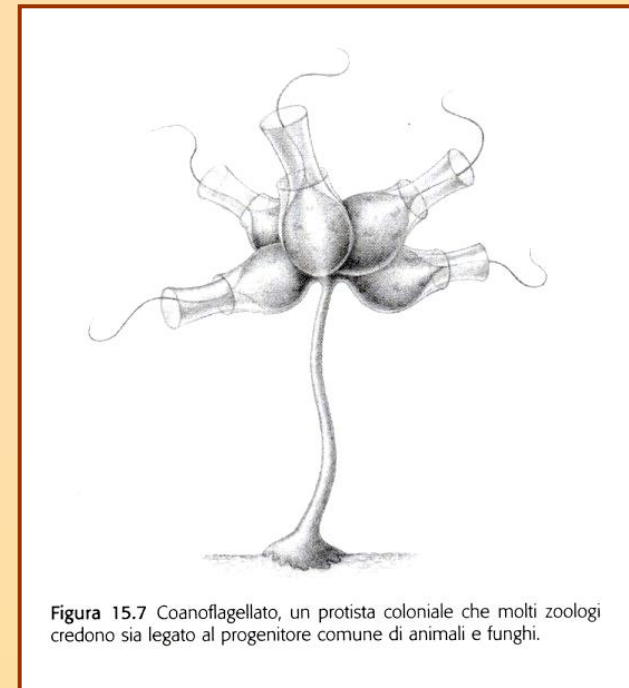
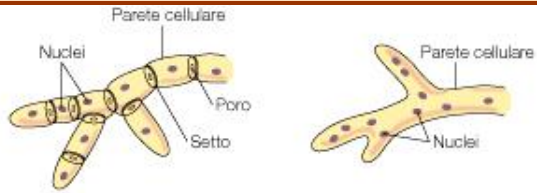
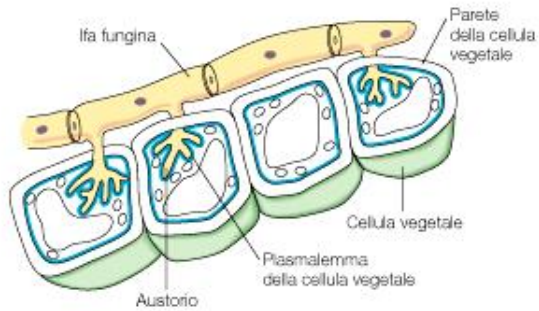


Figura 15.7 Coenoflagellato, un protista coloniale che molti zoologi credono sia legato al progenitore comune di animali e funghi.

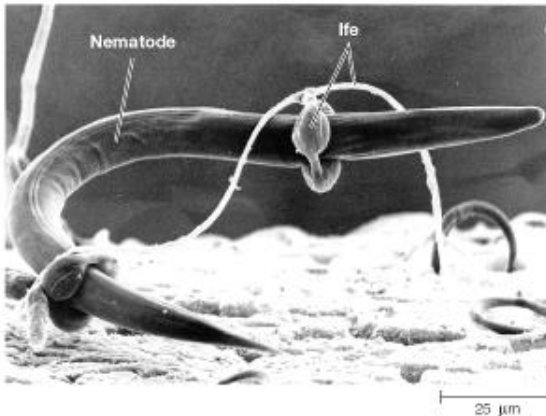


(a) Iffa settata

(b) Iffa cenocitica



(c) **Austorio.** Particolari ife, note come austori, parassitano le cellule vegetali dall'esterno e sono separati dal citoplasma della cellula ospite dal plasmalemma della cellula vegetale (blu). (L'effetto è come spingere le dita in un pallone non perfettamente gonfio.)



(d) **Ife adattate per intrappolare e uccidere piccole prede.** In *Arthrobotrys*, un fungo del suolo, determinate porzioni delle ife sono modificate a formare anelli che si stringono intorno a nematodi in meno di un secondo, quando l'animale cerca di passare attraverso l'anello. Il fungo penetra successivamente nella preda con le ife in accrescimento digerendone i tessuti interni (SEM).



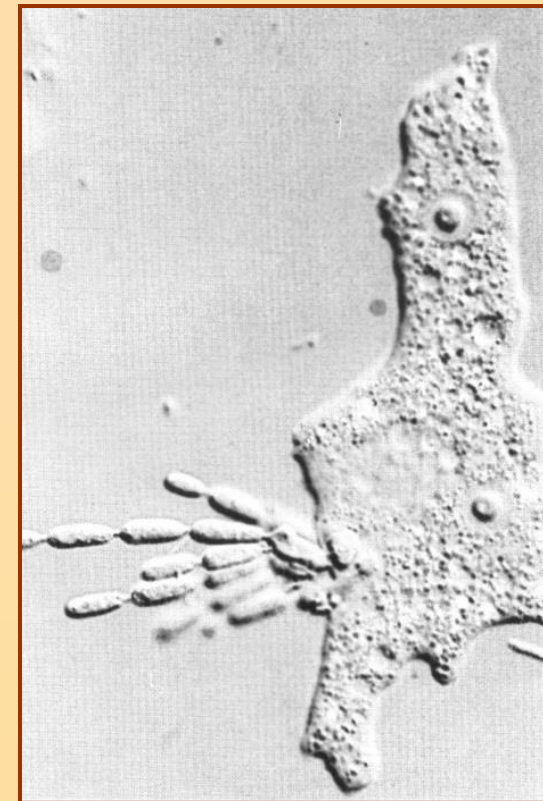
(a) Olmi americani uccisi da un fungo



(b) Ruggine nera del grano



(c) Ergoli sulla segale cornuta



Ameba parassitata da *Amoebophilus* sp.

I funghi e l'uomo

funghi **eduli** (=commestibili)



Orecchione
(*Pleurotus ostreatus*)



Champignon
(*Agaricus bisporus*)



Porcino
(*Boletus edulis*)



Tartufo bianco
(*Tuber magnatum*)

I funghi e l'uomo

decomposizione



Muffa su cibo



Muffa su muro

Effetti benefici - - - - - Riciclo degli elementi

Effetti dannosi - - - - - Degradazione e contaminazione di alimenti e vari materiali

I funghi e l'uomo micorrize



Radici micorrizzate

Oltre l'**80%** delle piante ha radici micorrizzate

Le micorrize incrementano la **produzione vegetale globale**

I funghi e l'uomo

micosi vegetali e animali



Carbone del mais
(*Ustilago maydis*)



Dermatofiti
(*Tinea corporis*)

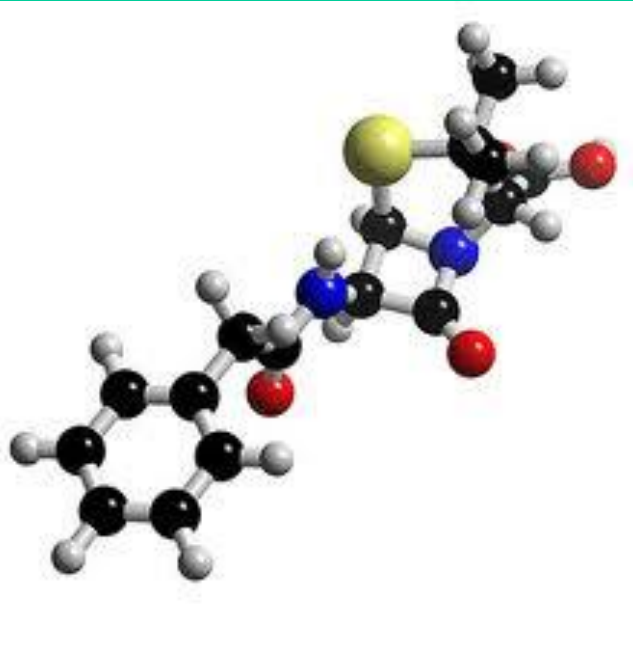
I funghi e l'uomo fermentazioni



I funghi e l'uomo

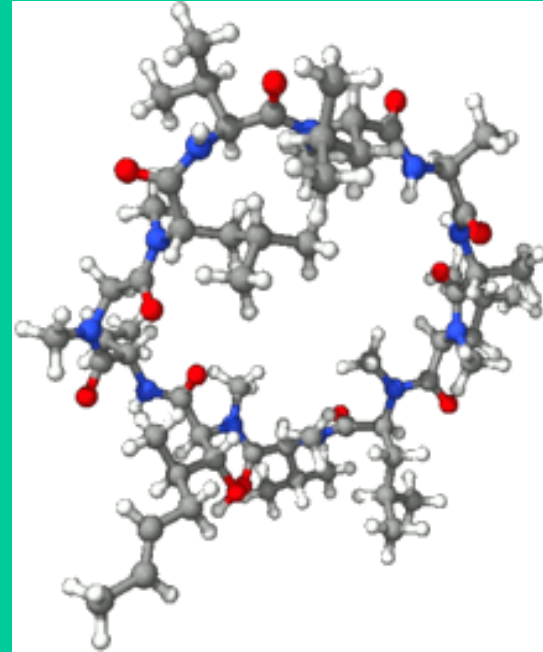
fonte di principi attivi

Antibiotici



Penicellina

Immunosoppressori

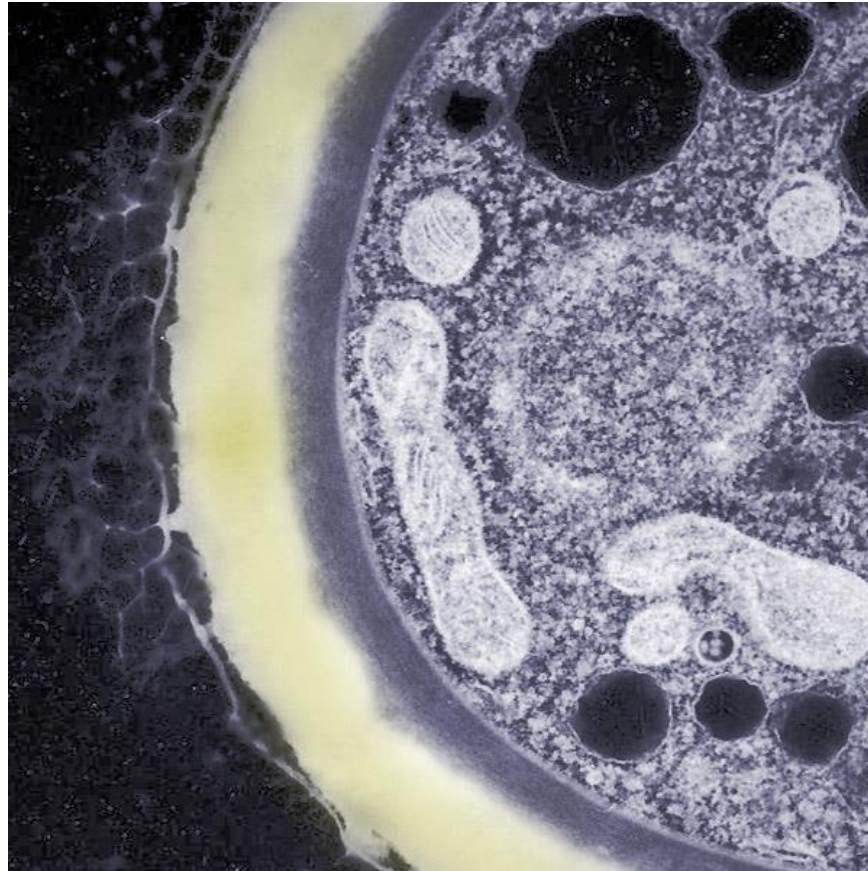


Ciclosporina

I PRINCIPALI CARATTERI DEI FUNGHI

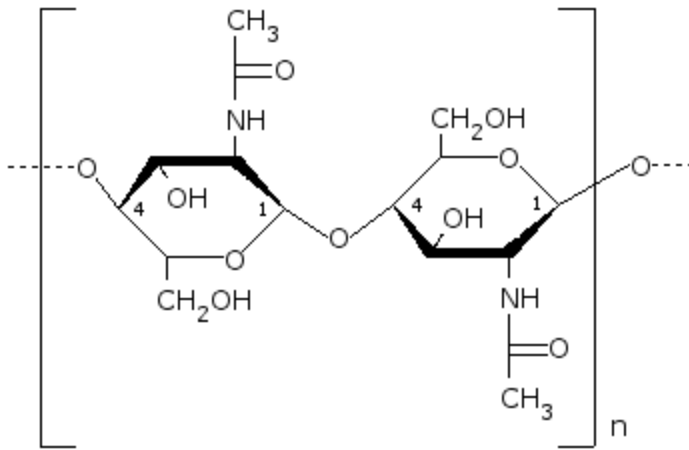


I caratteri dei veri funghi: organismi eterotrofi



La cellula fungina è priva di plastidi e non svolge la fotosintesi clorofilliana

I caratteri dei veri funghi: parete cellulare chitinosa

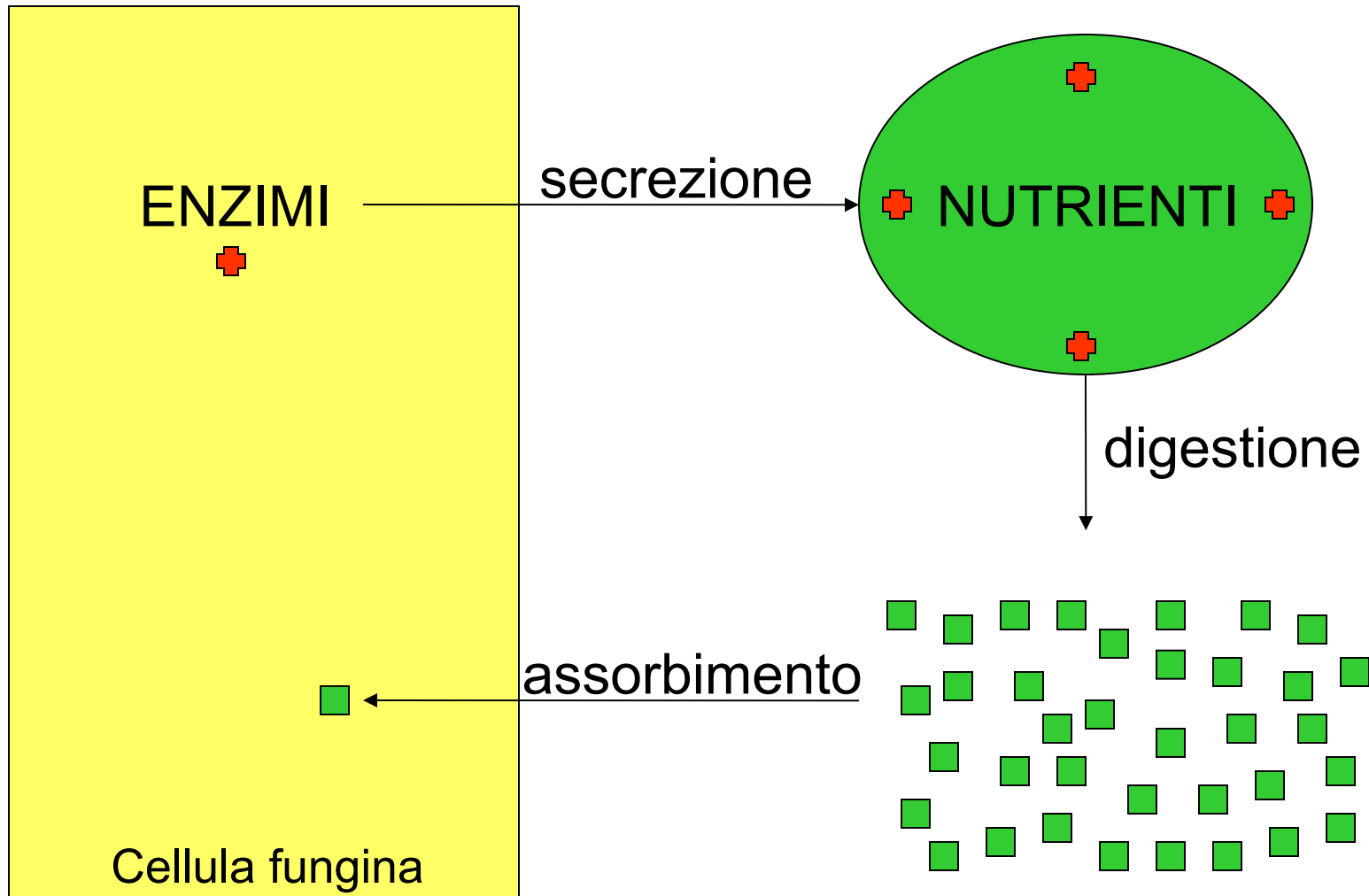


La chitina è un polisaccaride costituito da residui di N-acetilglucosammina

La chitina si ritrova anche nell'esoscheletro degli artropodi



I caratteri dei veri funghi: nutrizione per assorbimento

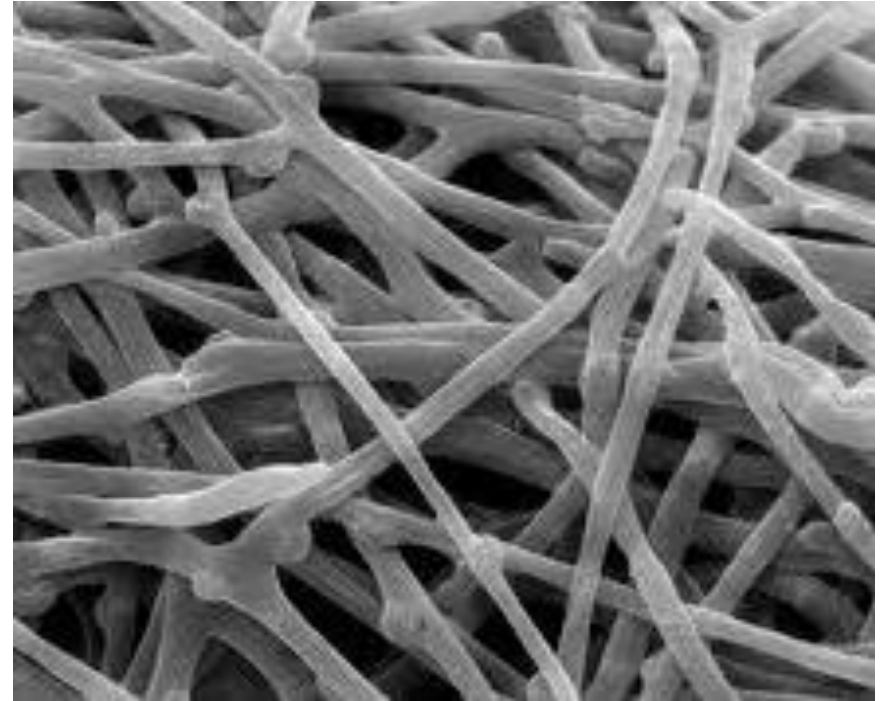
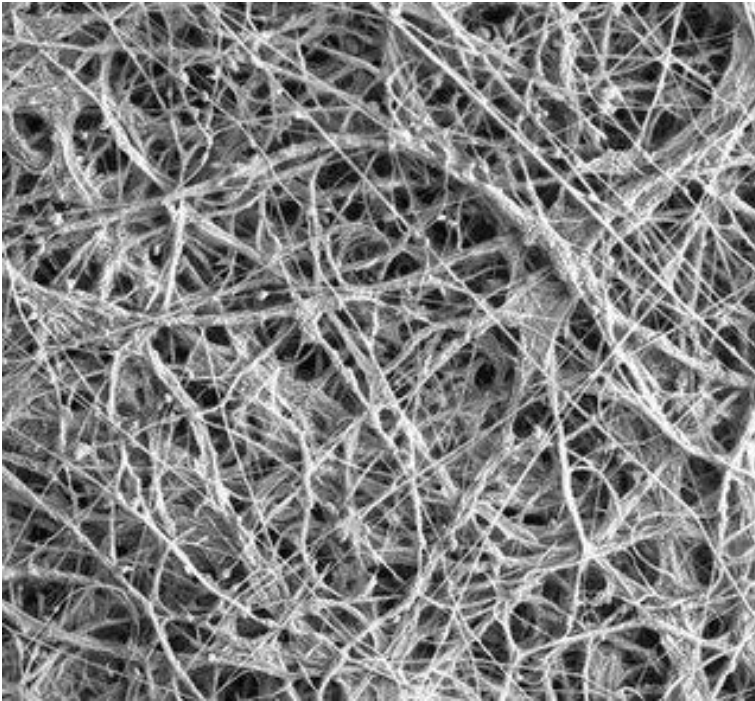


I caratteri dei veri funghi: diffusione mediante spore



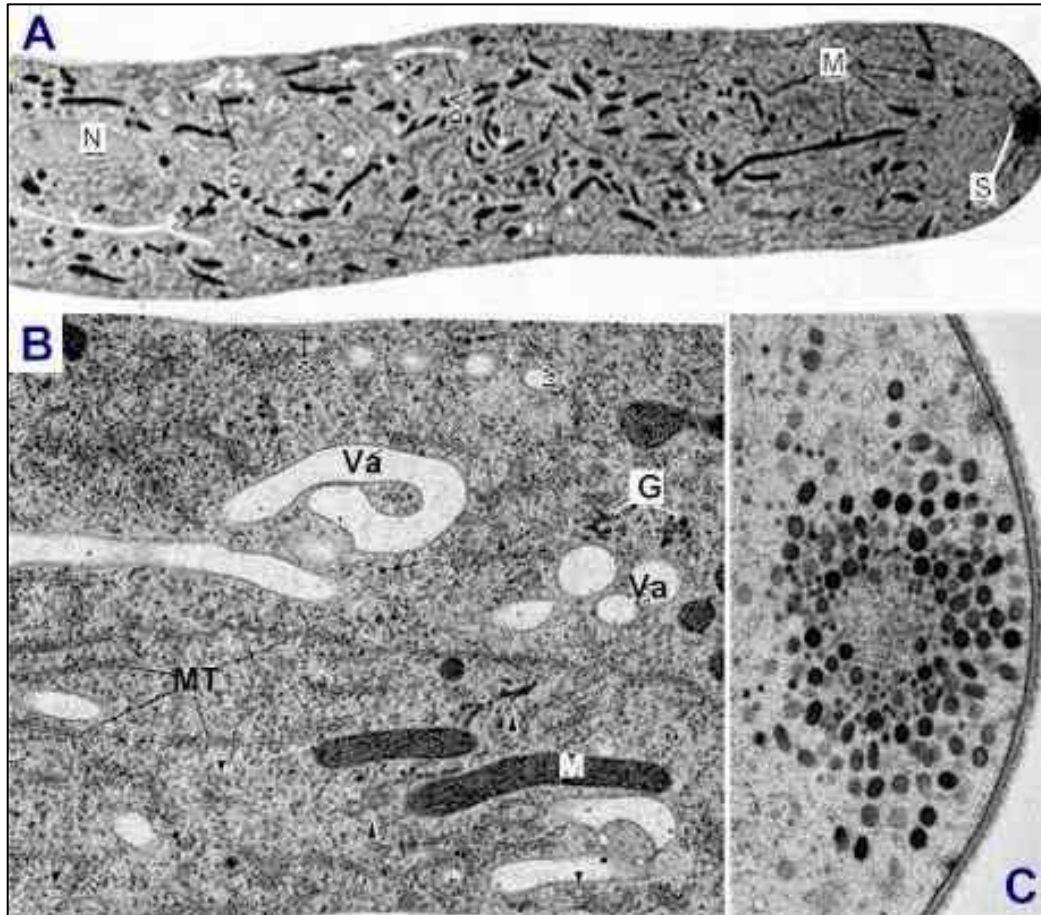
Penicillium notatum

Il corpo dei funghi è un tallo chiamato micelio



Il micelio è formato da filamenti, spesso ramificati, denominati ife

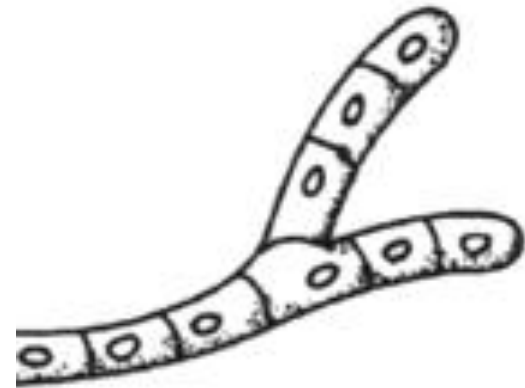
Le ife si allungano per accrescimento apicale



In alcuni casi le ife sono **cenocitiche** non separate da setti e quindi il micelio è multinucleato, in altri sono **settate**



Ifa cenocitica



Ifa settata

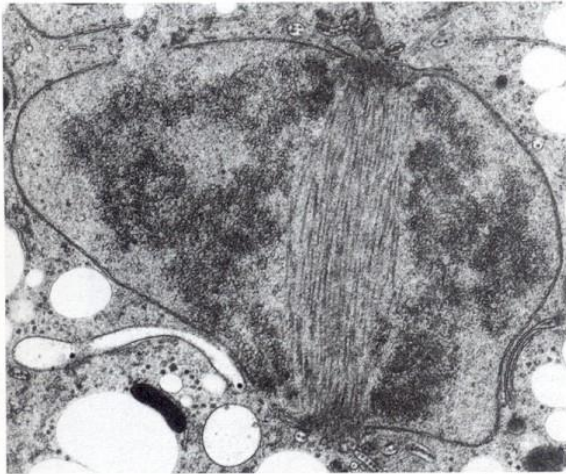


Figura 15.6 Fotografia al microscopio elettronico di un nucleo in metafase di *Arthuriomyces peckianus*, una ruggine; sono evidenti il fuso all'interno del nucleo e i due corpi polari agli apici del fuso. I corpi polari, che sono centri di organizzazione dei microtubuli, sono caratteristici di zigomiceti, ascomiceti e basidiomiceti.

Divisione cellulare con fuso intranucleare carattere in comune a tutti i *Phyla* fungini

<i>Phylum</i>	Costituenti principali	Altri costituenti
<i>Chytridiomycota</i>	Chitina glucano	Glucano
<i>Zigomycota</i>	Chitina Chitosano (forma deacetilata di chitina)	Acido poliglucuronico Glucoromannoproteine Polifosfato
<i>Ascomycota</i>	Chitina Glucano	Galattomannoproteine Glucano
<i>Basidiomycota</i>	Chitina Glucano	Xilomannoproteine Glucano

Caratteristiche chimiche delle pareti fungine

Gametangiogamia nei funghi

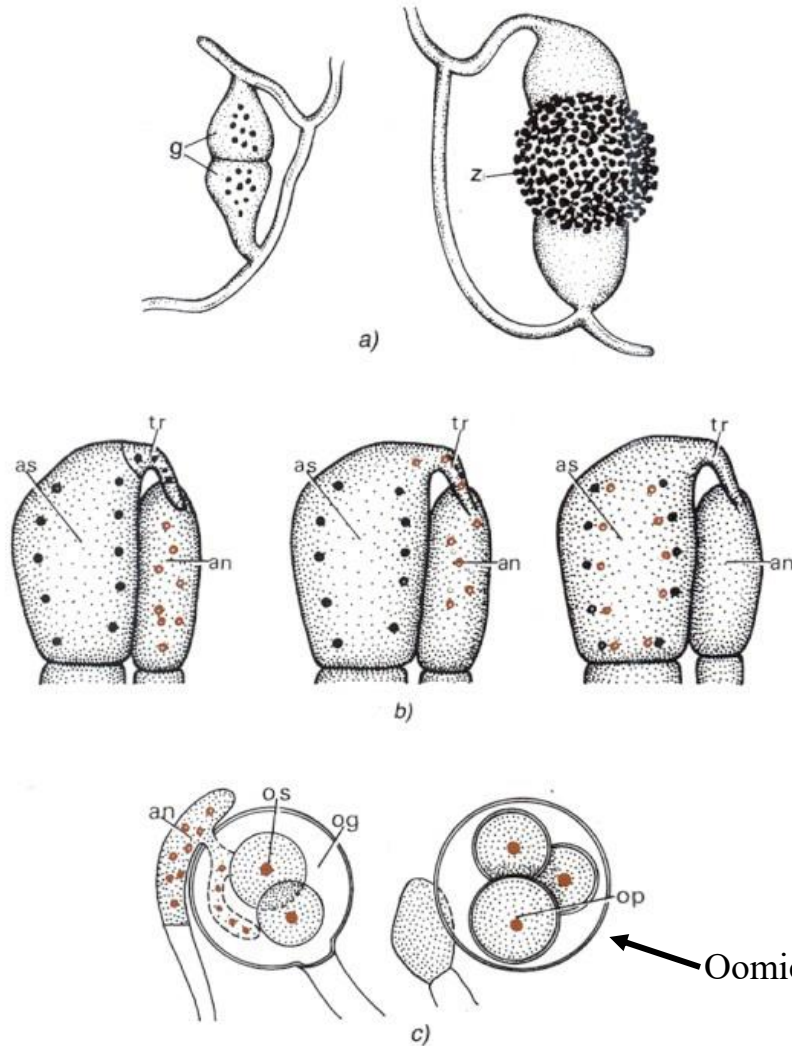


FIG. 14.20 • Schema della gametangiogamia isogama di uno Zigomicete (**a**), eterogama di un Ascomicete (**b**) e oogama (**c**) di un Oomicete (*Saprolegnia*). g = gametangi; z = zigospora; as = ascogonio; an = anteridio; tr = tricogino; os = oosfera; og = oogonio; op = oospora.

Oomiceti attualmente considerati affini alle alghe brune (Stramenopili) e non più appartenenti al regno *Fungi*

Chytridiomycota

Phylum polifiletico
Funghi acquatici con micelio mancante o molto ridotto, cellule flagellate (zoospore e gameti), saprofiti o parassiti.
Caratteristiche comuni agli animali
Ciclo digenetico (aploide e diploide) isomorfico

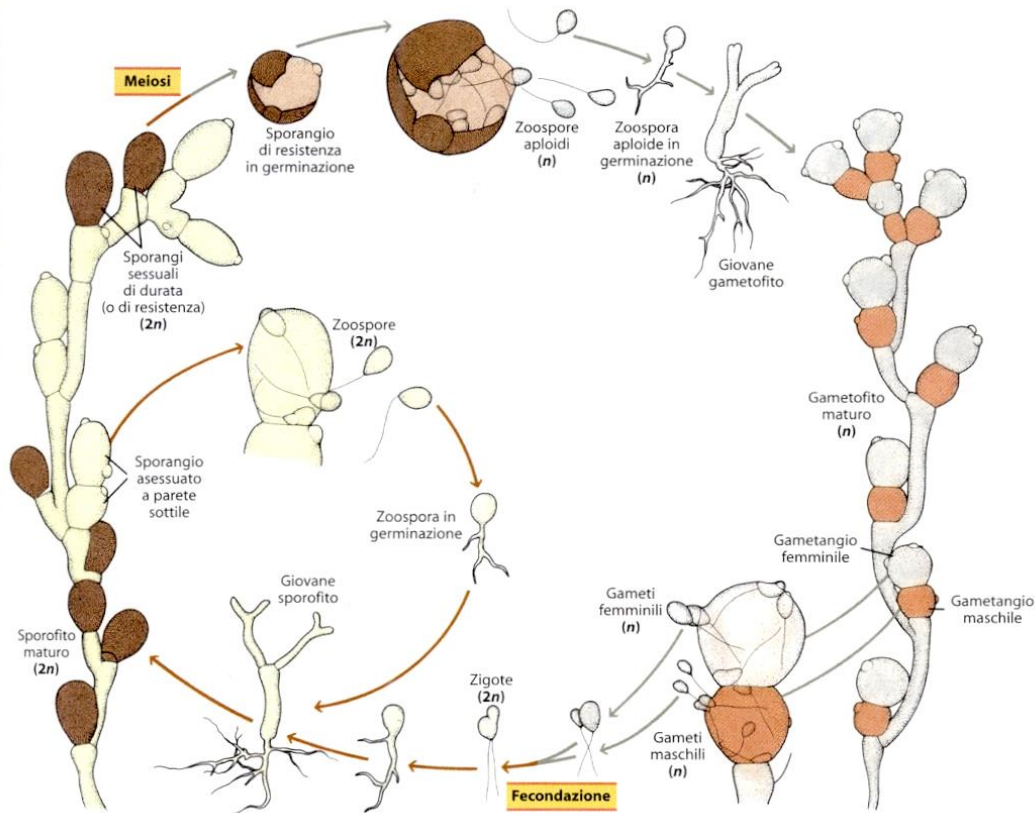


Figura 15.10 Ciclo vitale del chitridiomicete *Allomyces arbusculus*, un ciclo caratterizzato da alternanza di generazioni isomorfe. Gli individui aploidi e diploidi sono indistinguibili finché non cominciano a formare gli organi riproduttivi. L'individuo aploide (gametofito) produce approssimativamente un numero uguale di gametangi femminili incolore e di gametangi maschili arancioni (a destra). I gameti maschili, che sono grandi circa la metà di quelli femminili, sono attirati dalla sirenina, un ormone prodotto dai gameti femminili. Lo zigote che si forma dalla loro unione perde i flagelli e germina, producendo

un individuo diploide (sporofito). Quest'ultimo forma due tipi di sporangio. I primi sono sporangio asessuati, incolore, con pareti cellulari sottili, che rilasciano zoospore diploidi, le quali, germinando, produrranno a loro volta individui diploidi. Il secondo tipo è rappresentato da sporangio sessuale, a parete spessa e di colore rosso-bruno, adatti a sopravvivere anche in condizioni ambientali avverse. Dopo un periodo di dormienza, essi subiscono divisione meiotica, producendo zoospore aploidi. Da queste zoospore si formeranno gametofiti, individui aploidi, che a maturità produrranno gameti.

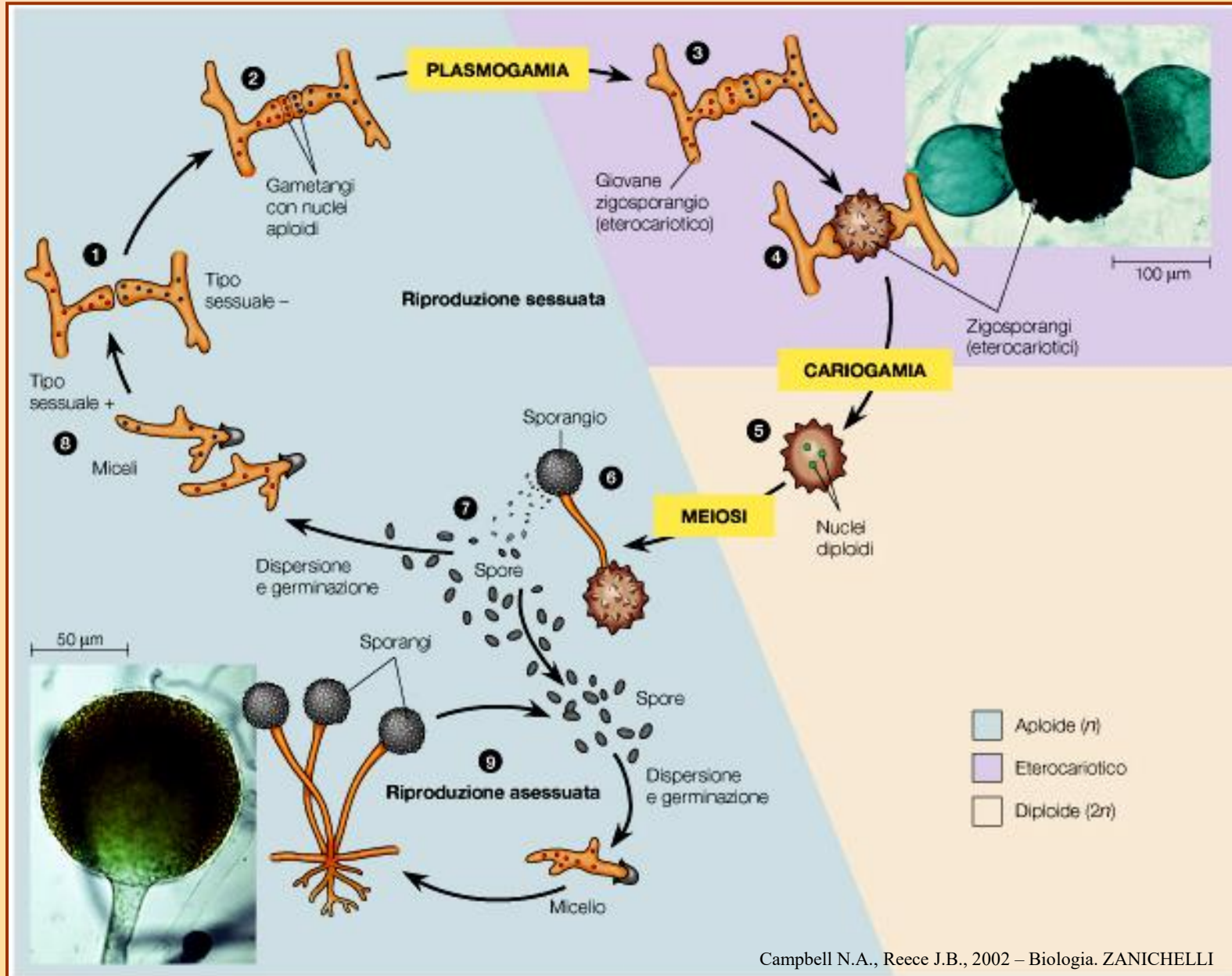
Raven P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 –
Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI



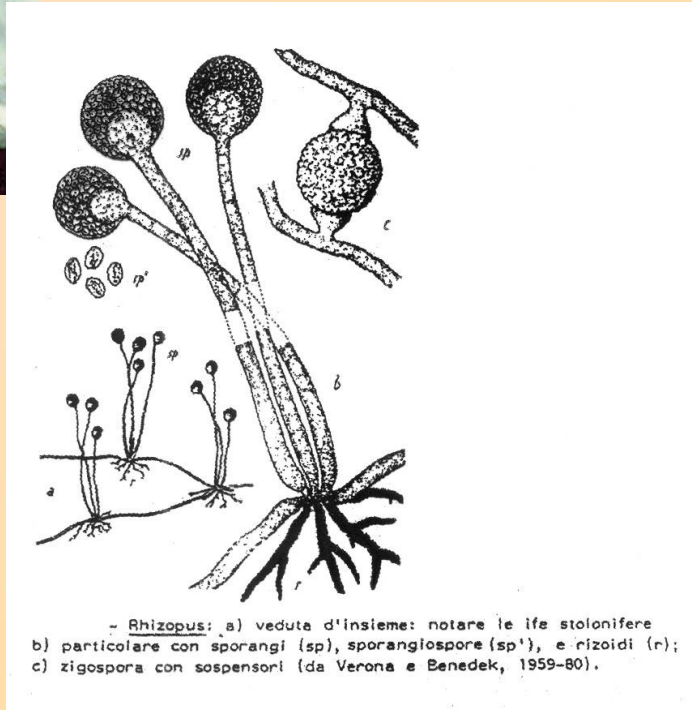
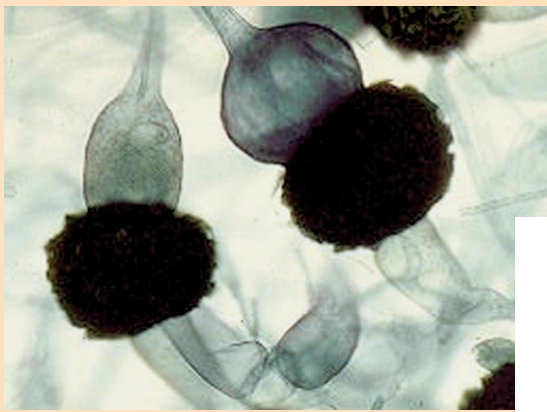
Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

Zigomycota

micelio
cenocitico



Rhizopus sp.



- *Rhizopus*: a) veduta d'insieme: notare le ife stolonifere
b) particolare con sporangi (sp), sporangiospore (sp'), e rizoidi (r);
c) zigospora con sospensori (da Verona e Benedek, 1959-80).

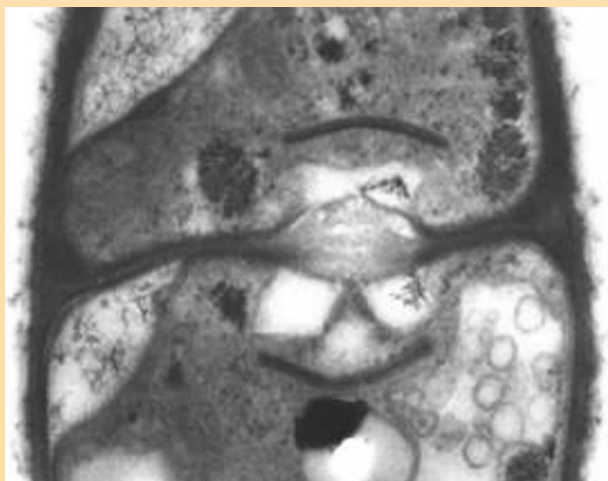


Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di),
2008 – Botanica generale e Diversità
Vegetale. PICCIN

Ascomycota. Setto con Corpi di Woronin: organelli proteici circondati da membrana, sferici o ovoidi, spesso posizionati intorno ad un setto. Possono permettere la chiusura del poro.



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN



Basidiomycota. Setto a dolipore: deposizione di materiale amorfo sui 2 lati del

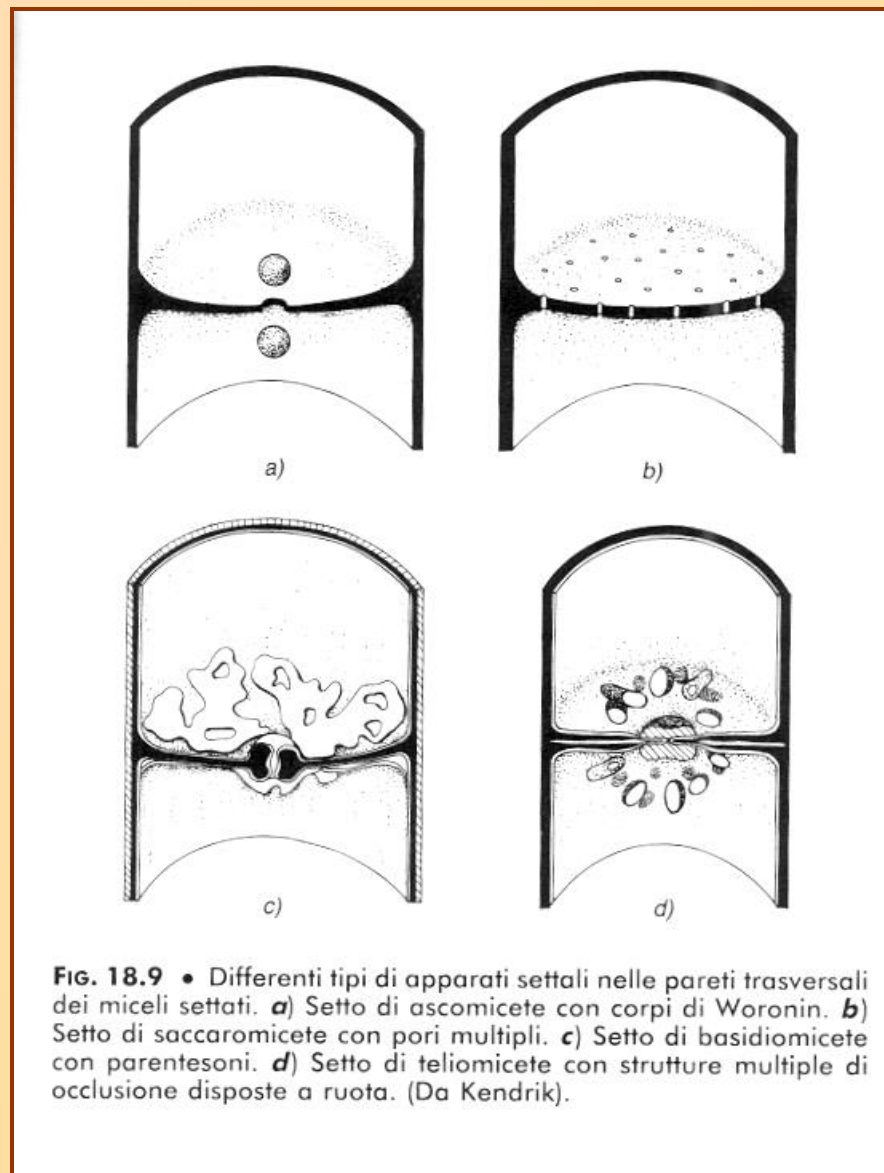


FIG. 18.9 • Differenti tipi di apparati settali nelle pareti trasversali dei miceli settati. **a)** Setto di ascomicete con corpi di Woronin. **b)** Setto di saccaromicete con pori multipli. **c)** Setto di basidiomicete con parentesoni. **d)** Setto di teliomicete con strutture multiple di occlusione disposte a ruota. (Da Kendrick).

Il poro può essere chiuso interamente o parzialmente.

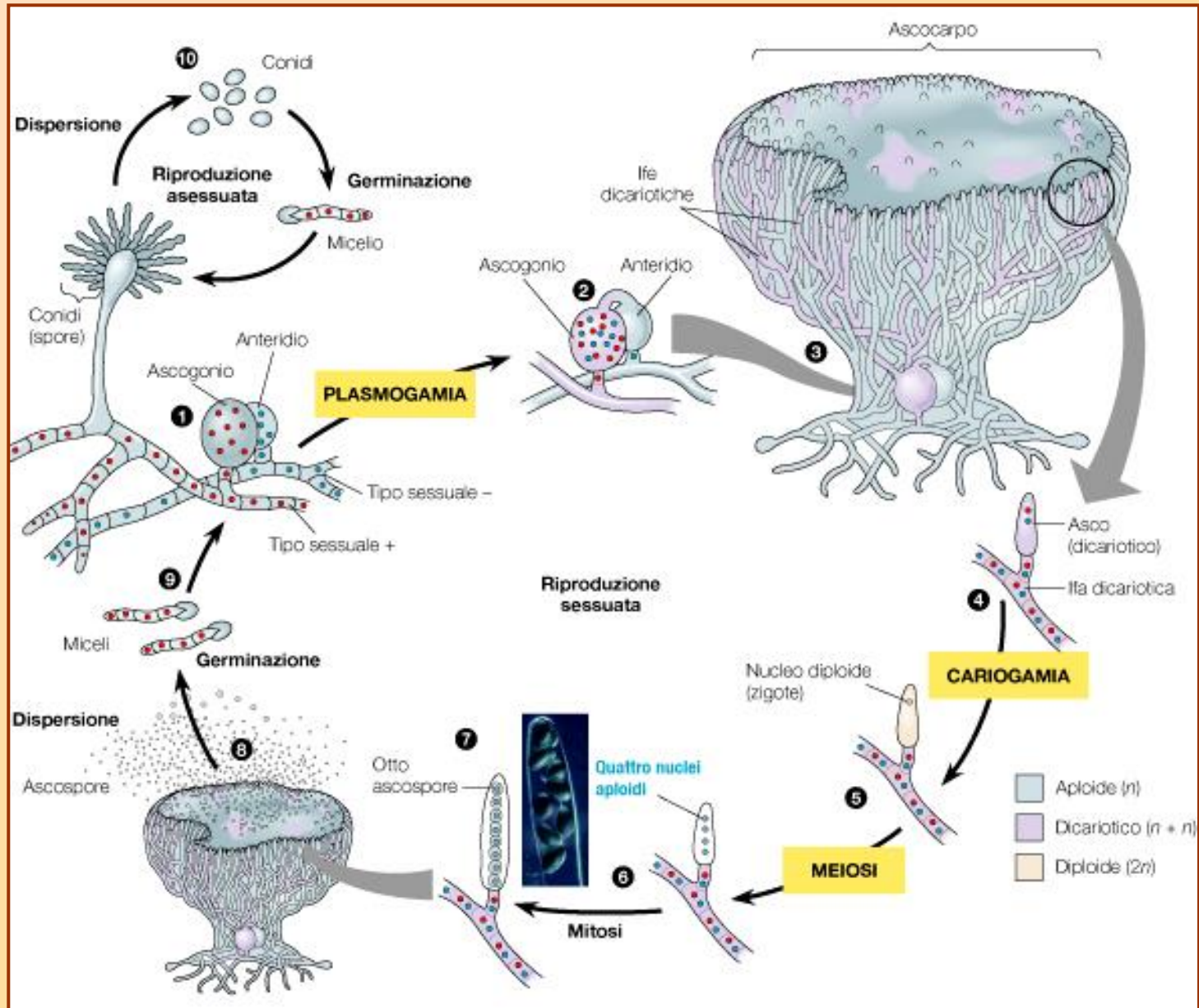
Inclusioni circondate da membrane :

-corpi di Worornin:organelli proteinacei sferici o ovoidi circondati da membrana. Possono essere posizionati come un anello intorno al setto.

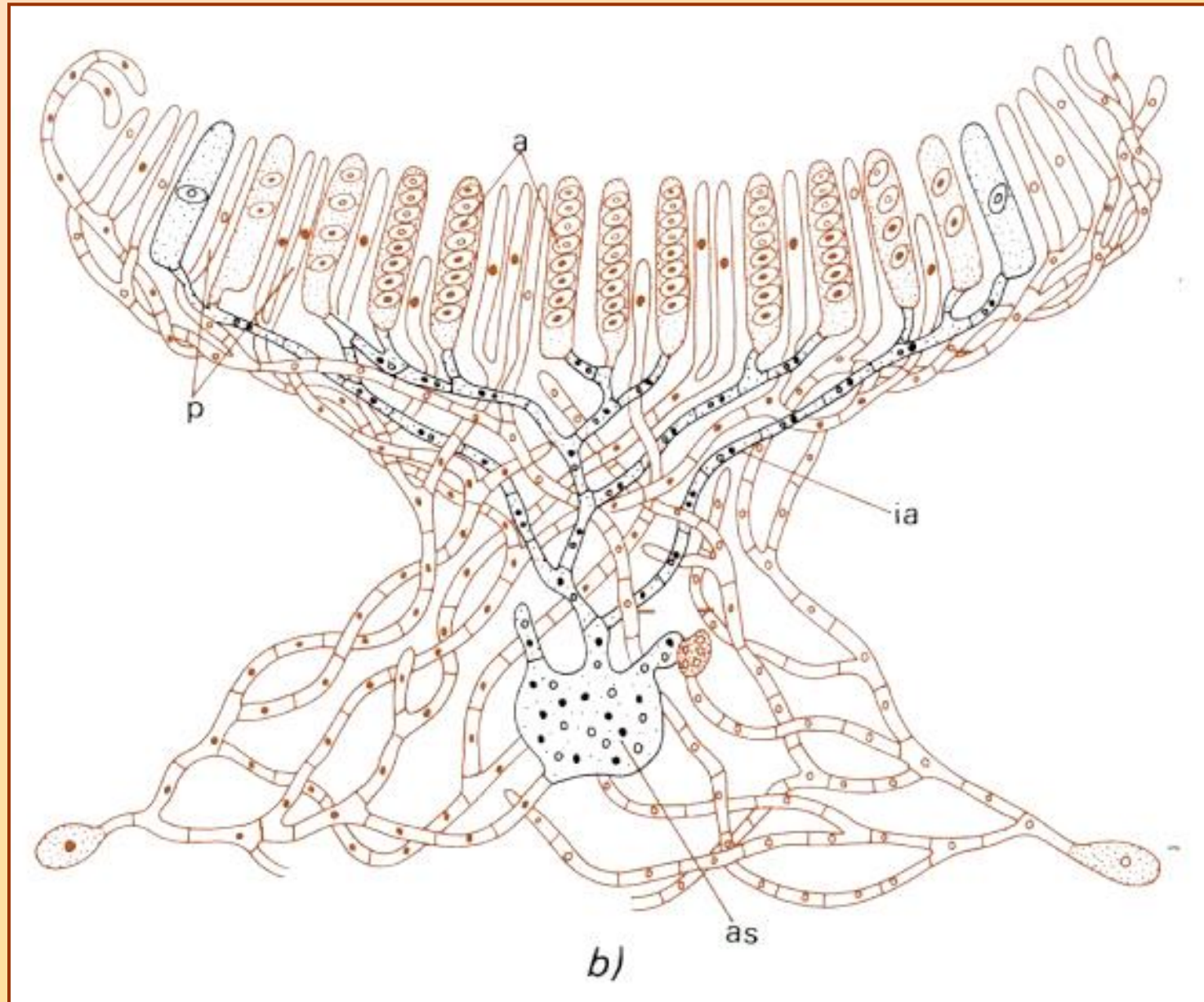
-alcune specie sembra abbiano un setto completo che in realtà è forato con piccoli micropori e permettono un parziale passaggio del citoplasma

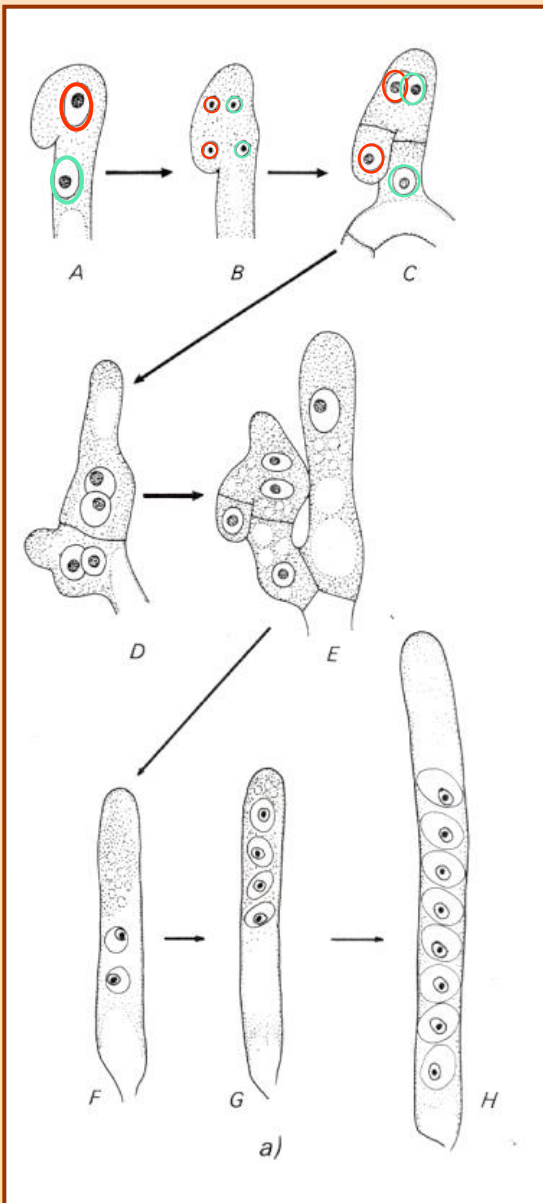
-altri chiudono il poro con deposizione ex novo di materiale dopo danneggiamento dell'ifa dalle 2 parti del poro a dolipore (30 sec dopo il danno) Basidiomycota. Il nucleo riesce a passare ma comporta uno strozzamento.

Ascomycota

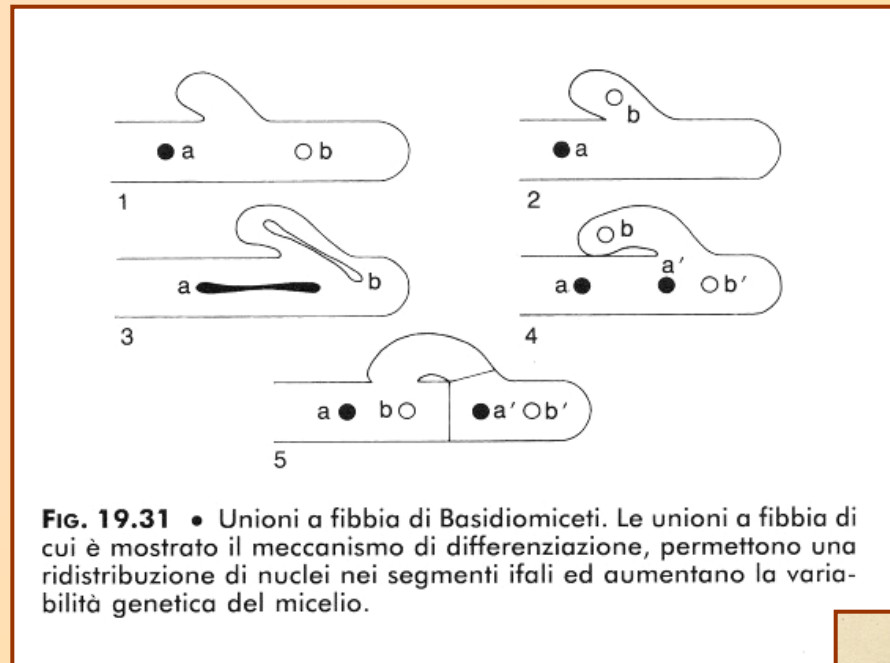


Schema di un ascocarpo





a



b

Fig. 19.31 • Unioni a fibbia di Basidiomiceti. Le unioni a fibbia di cui è mostrato il meccanismo di differenziazione, permettono una redistribuzione di nuclei nei segmenti ifali ed aumentano la variabilità genetica del micelio.

Gerola F.M., 1988 – Biologia Vegetale. (2° ed.) UTET



Meccanismi di divisione cellulare di ife dicariotiche. a) ascomiceti, b) basidiomiceti

Ascomiceti

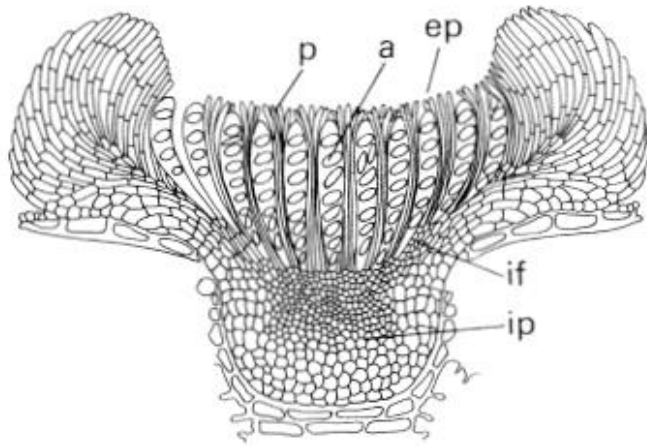
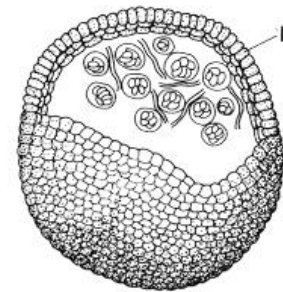


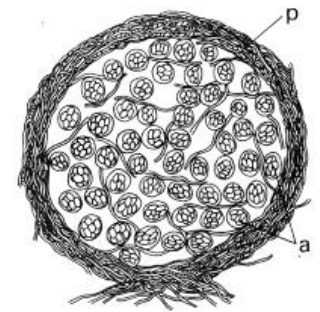
FIG. 19.17 • Sezione di apotecio: aschi (a) e parafisi (p) costituiscono l'imenio (parte fertile dell'apotecio), sopra il quale spesso le estremità delle parafisi formano un sottile strato protettivo (ep = epitecio); l'imenio è inserito sopra l'imenoforo (if), che è lo strato più superficiale del voluminoso ipotecio (ip). (Da Defago, modif.).

Gerola F.M., 1998 – Biologia e diversità dei vegetali. UTET

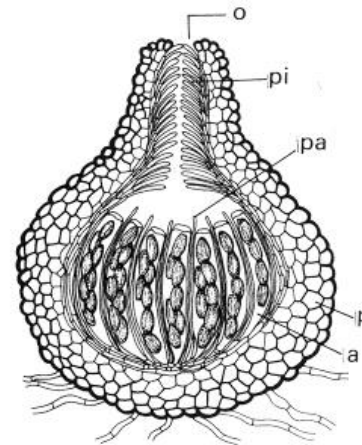
Ascocarpi o “corpi fruttiferi”



a) cleistotecio



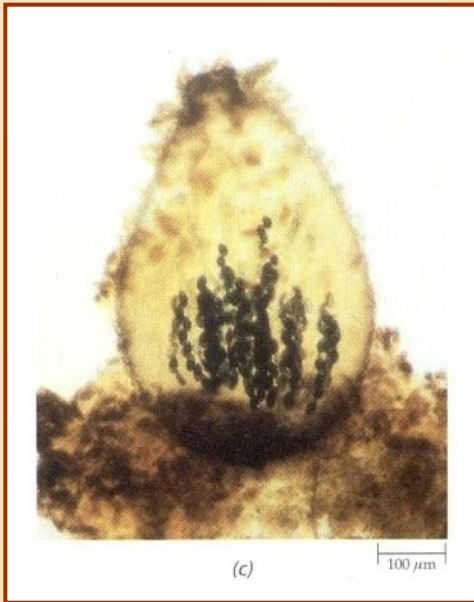
b) cleistotecio perionato



c) peritecio

FIG. 19.16 • Forme differenti di corpi fruttiferi negli Ascomiceti: a) e b) Cleistotecio completamente chiuso, prima che gli aschi liberino le ascospore (in b il cleistotecio è stato sezionato). c) Sezione di peritecio ostiolato, con peridio (p), ostiole (o), perifisi (pi) e parafisi (pa) alternate agli aschi (a). (Da Booth, Muller e Loeffler). (Adattato da Brefeld).

peritecio



cleistotecio

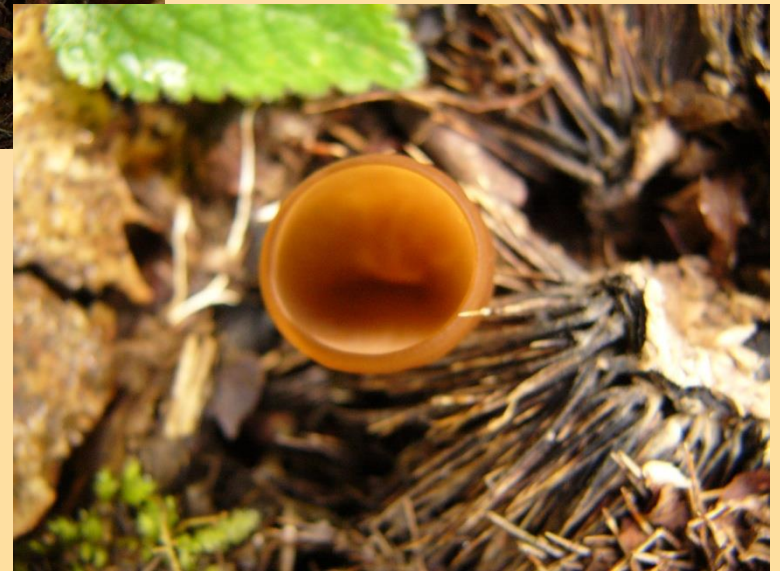


apotecio





Ascocarpi (apotecio)



Ascomycota



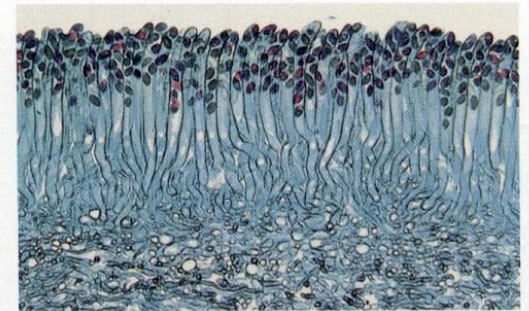
(a) Gli ascocarpi di *Hygrophorus coccineus*.



(b) I tartufi sono ascocarpi che formano corpi fruttiferi sotterranei ed emettono un profumo penetrante che attrae animali che si nutrono di questi funghi disperdendone le ascospore. *Tuber melanosporum*, che è estremamente apprezzato dai gourmet per il suo aroma, ha un valore commerciale di oltre 600 euro all'etto.



(c) Il corpo fruttifero di *Morchella esculenta* è edule e si trova spesso sotto gli alberi da frutta.



100 μ m

Figura 15.17 Sezione sottile colorata dell'imenio di una spugnola (*Morchella*), in cui sono visibili aschi e ascospore.



Tuber melanosporum Vittad.
tartufo nero (asco)

Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica
generale e Diversità Vegetale. PICCIN



Tuber magnatum Pico
tartufo bianco

Ascomycota

Ascomycota

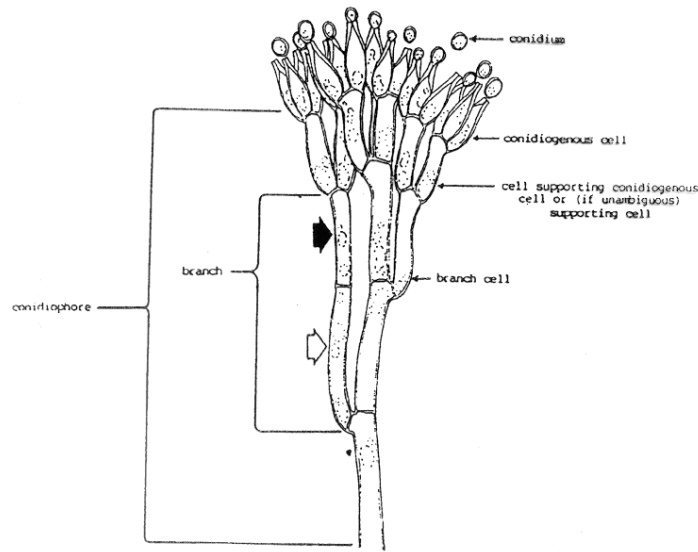


Fig. 5. Terms recommended to describe the different conidiogenous structures in Penicillium.



Aspergillus sp.

Pennicillium sp.

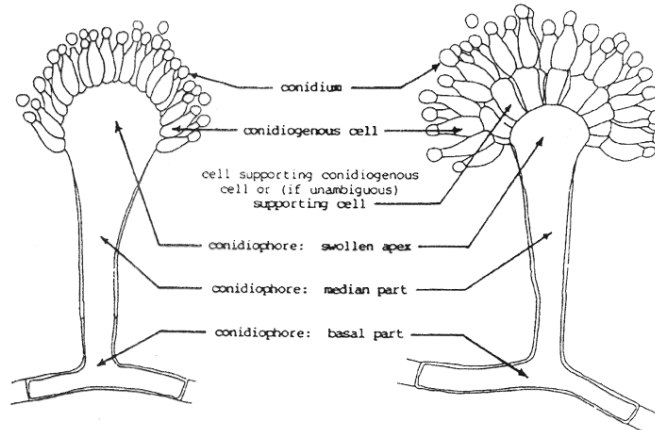
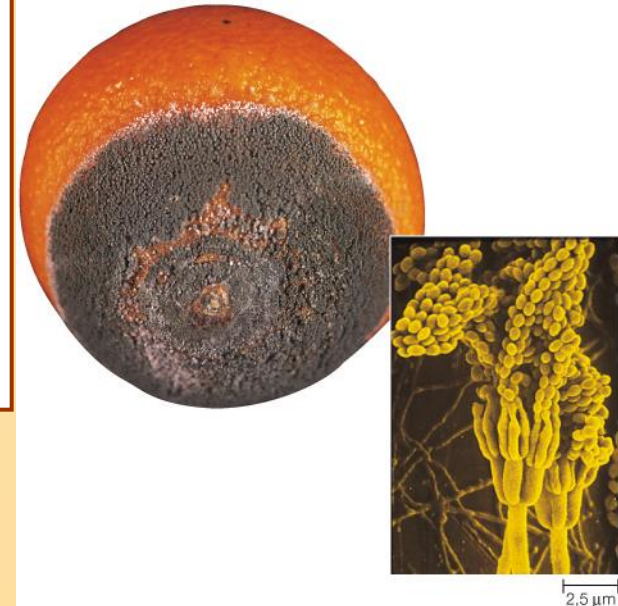


Fig. 3. Terms recommended to describe the different conidiogenous structures in Aspergillus.



Ascomycota: lieviti



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

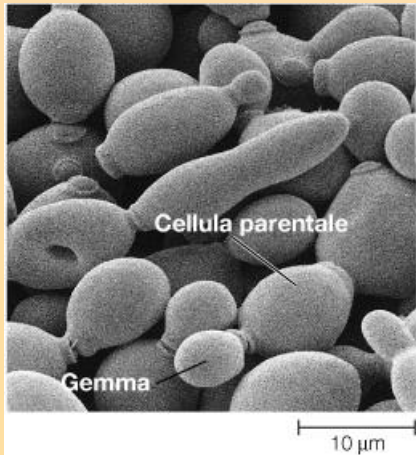
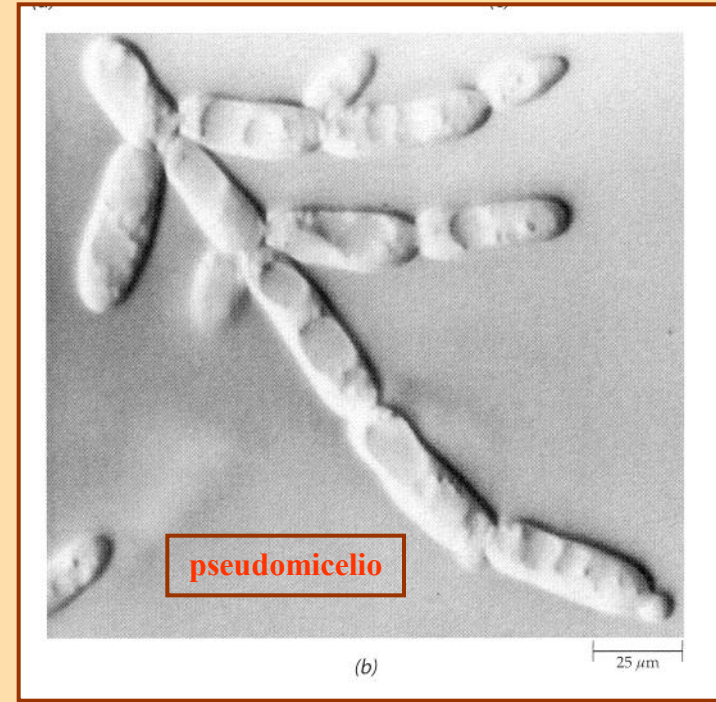
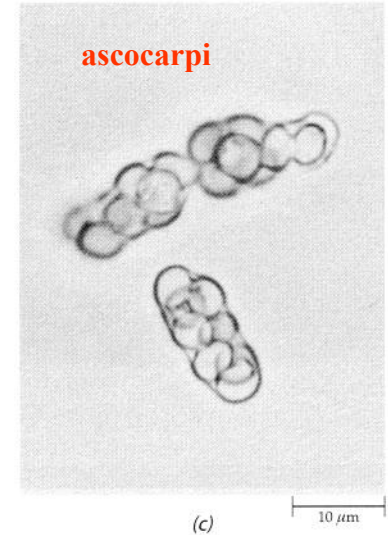
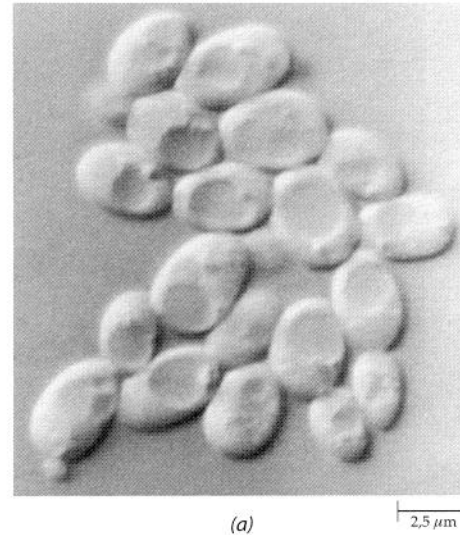


Figura 15.31 Lieviti. (a) Stadio monocellulare e (b) forma filamentosa del lievito del pane *Saccharomyces cerevisiae*. I lieviti di solito si riproducono per gemmazione (a destra in basso in a), un tipo di divisione vegetativa. (c) Aschi di *Schizosaccharomyces octosporus*, contenenti otto ascospore.



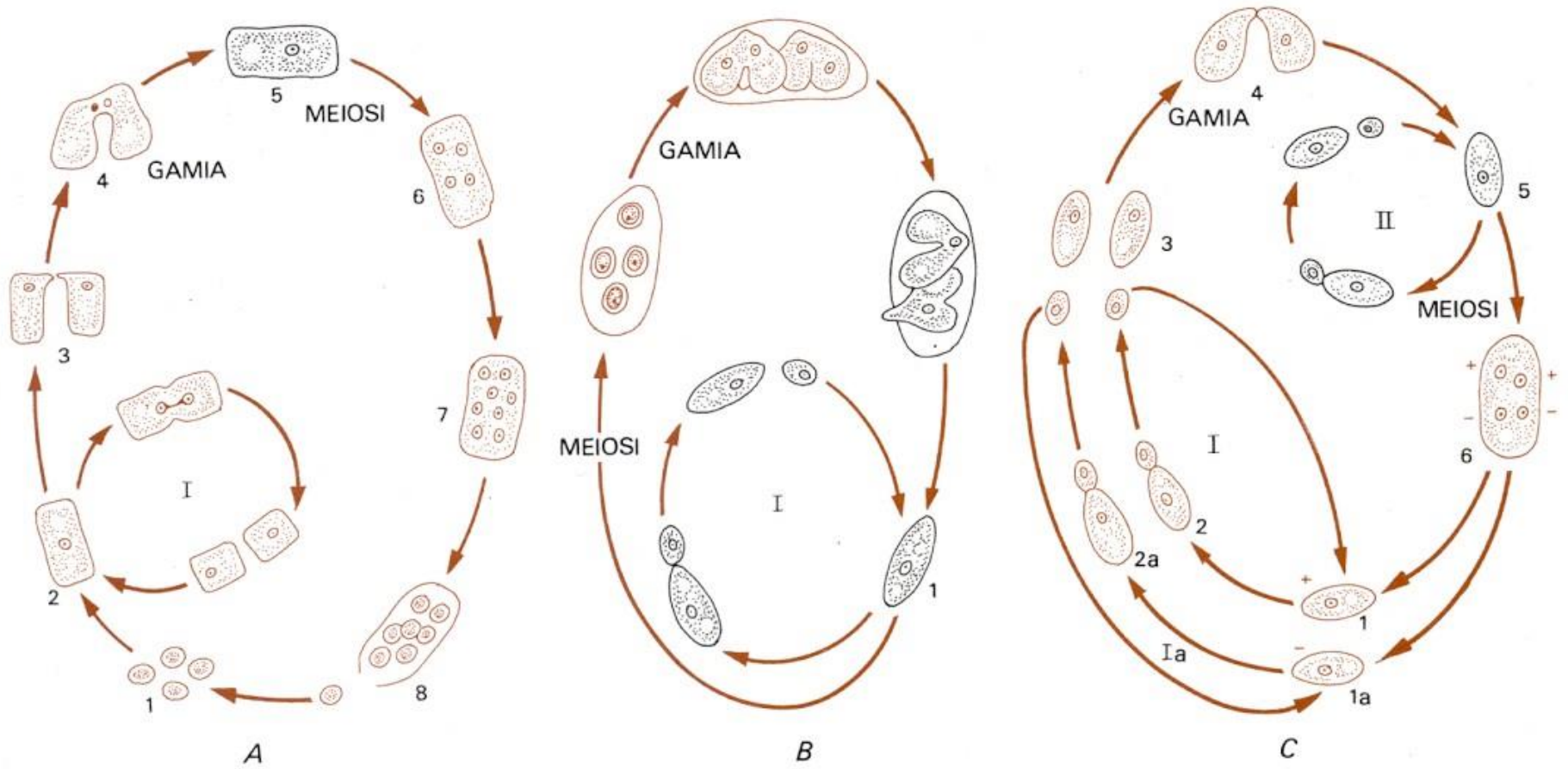


FIG. 19.19 • Principali cicli di Lieviti: A, *Schizosaccharomyces octosporus*; B, *Saccharomyces ludwigii*; C, *Saccharomyces cerevisiae*. I e II, alternanza di generazioni omologhe gemmanti, rispettivamente n e $2n$.

Gerola F.M., 1998 – Biologia e diversità dei vegetali. UTET

Cicli biologici dei lieviti. In rosso la fase aploide (n), in nero quella dicariotica ($n+n$)

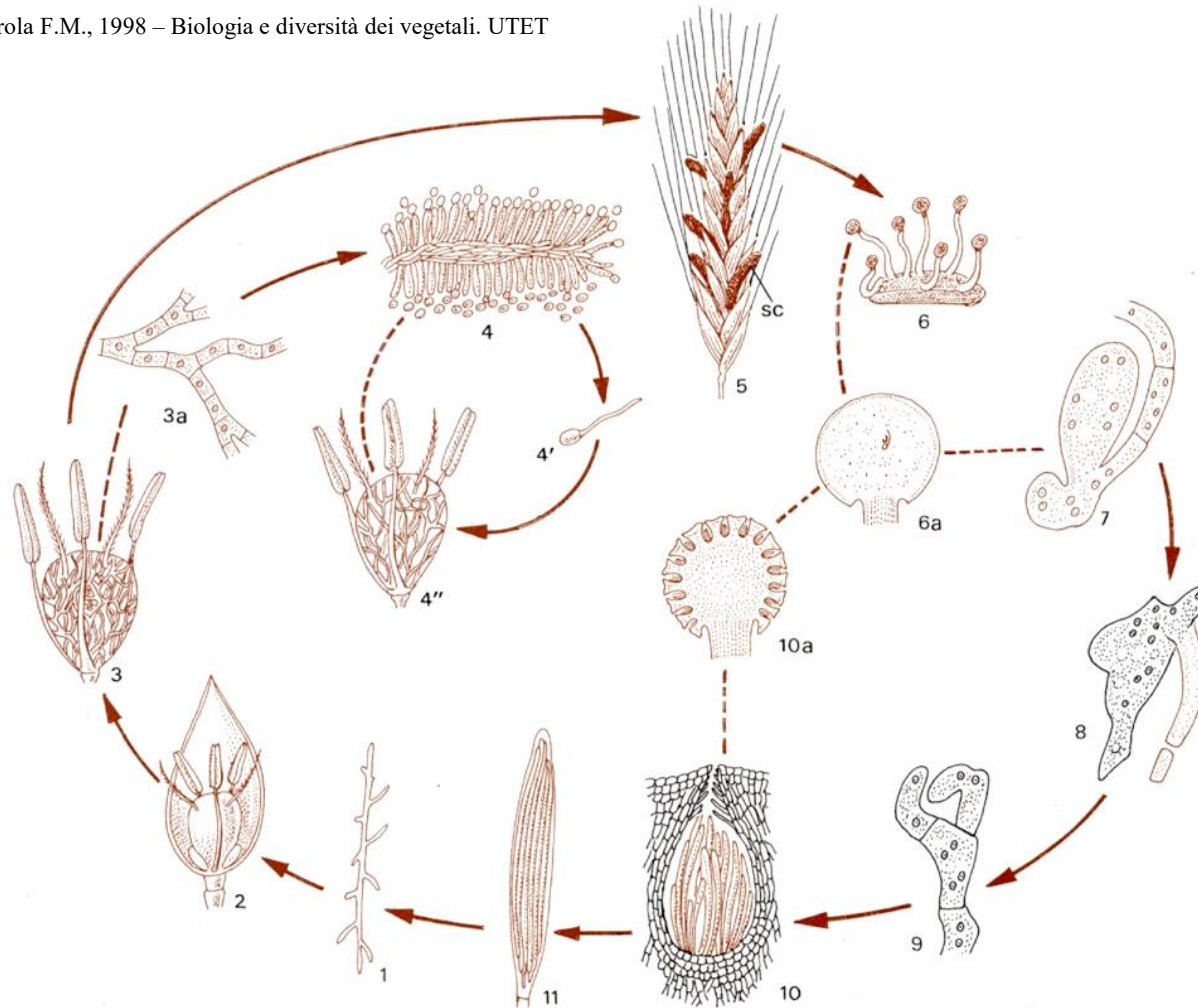
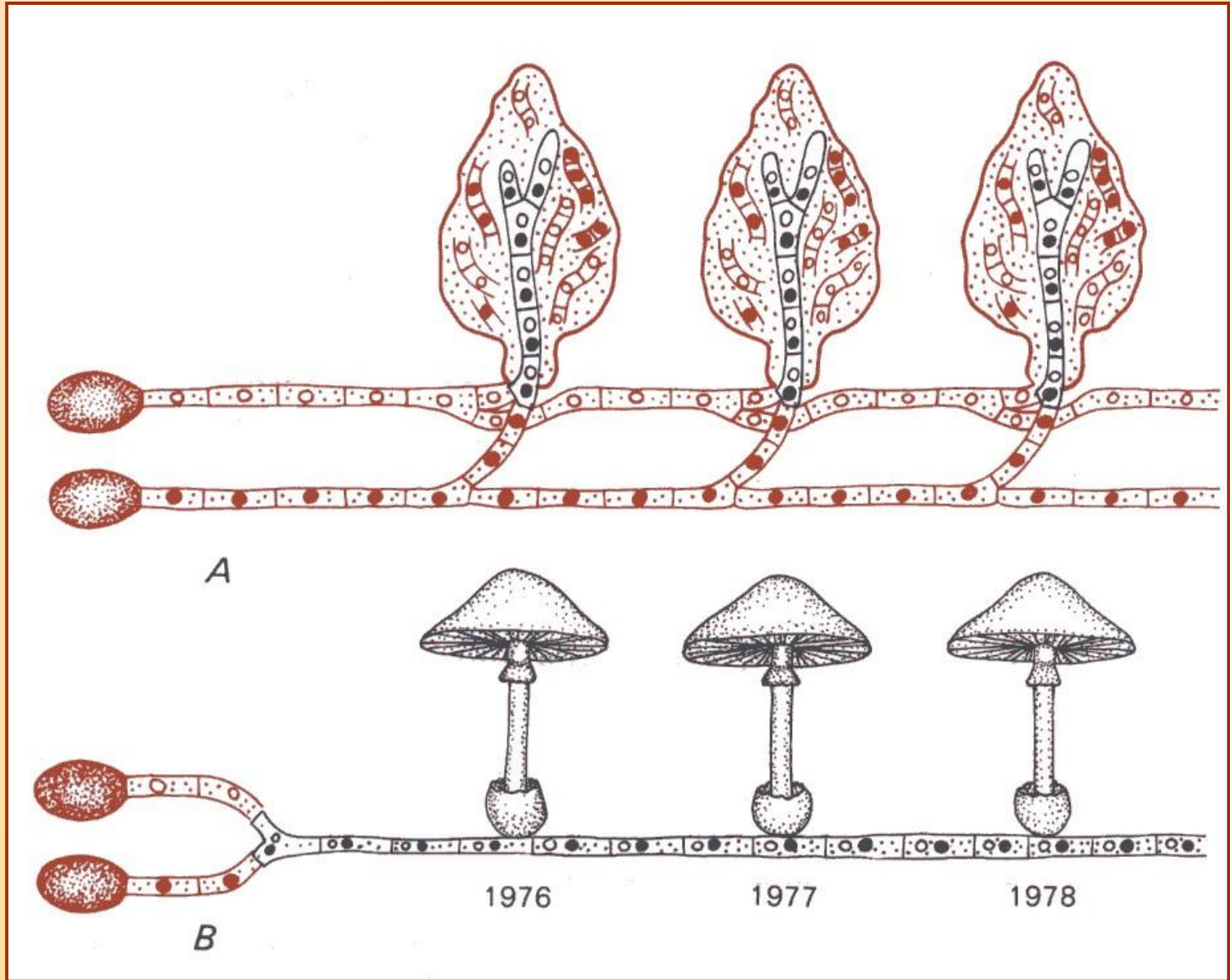


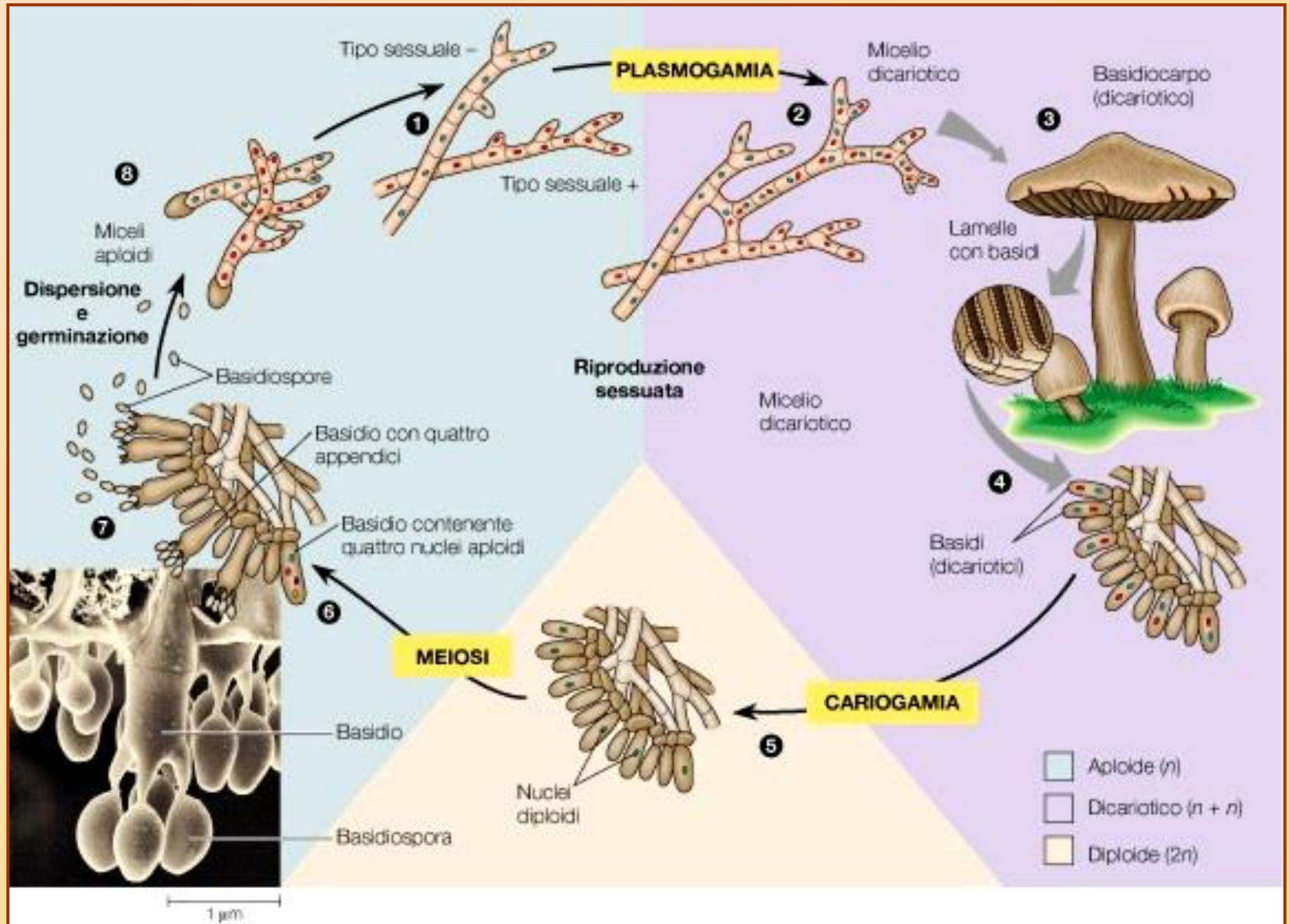
Fig. 19.26 • Ciclo della *Claviceps purpurea*: 1, ascospora germinante che infetta l'ovario (2) di un fiore di segale; 3, ovario ripieno di ife settate (3a); 4, 4', 4'', formazione di conidi (*Sphaelia*), che infettano altri fiori; 5, formazione di sclerozi (sc) sulla spiga di segale; 6, sclerozio che germina; 6a, sommità dello stroma, dove si differenziano ascogoni e anteridi (7); 8, fecondazione; 9, ife ascogone; 10, peritecio ripieno di aschi e localizzazione dei periteci (10a) nello stroma; 11, asco maturo con meiospore.

Ascomicete parassita di graminacee responsabile della “segale cornuta”.
Il veleno può provocare allucinazioni, danni cerebrali e cancrena
(contiene acido lisergico)

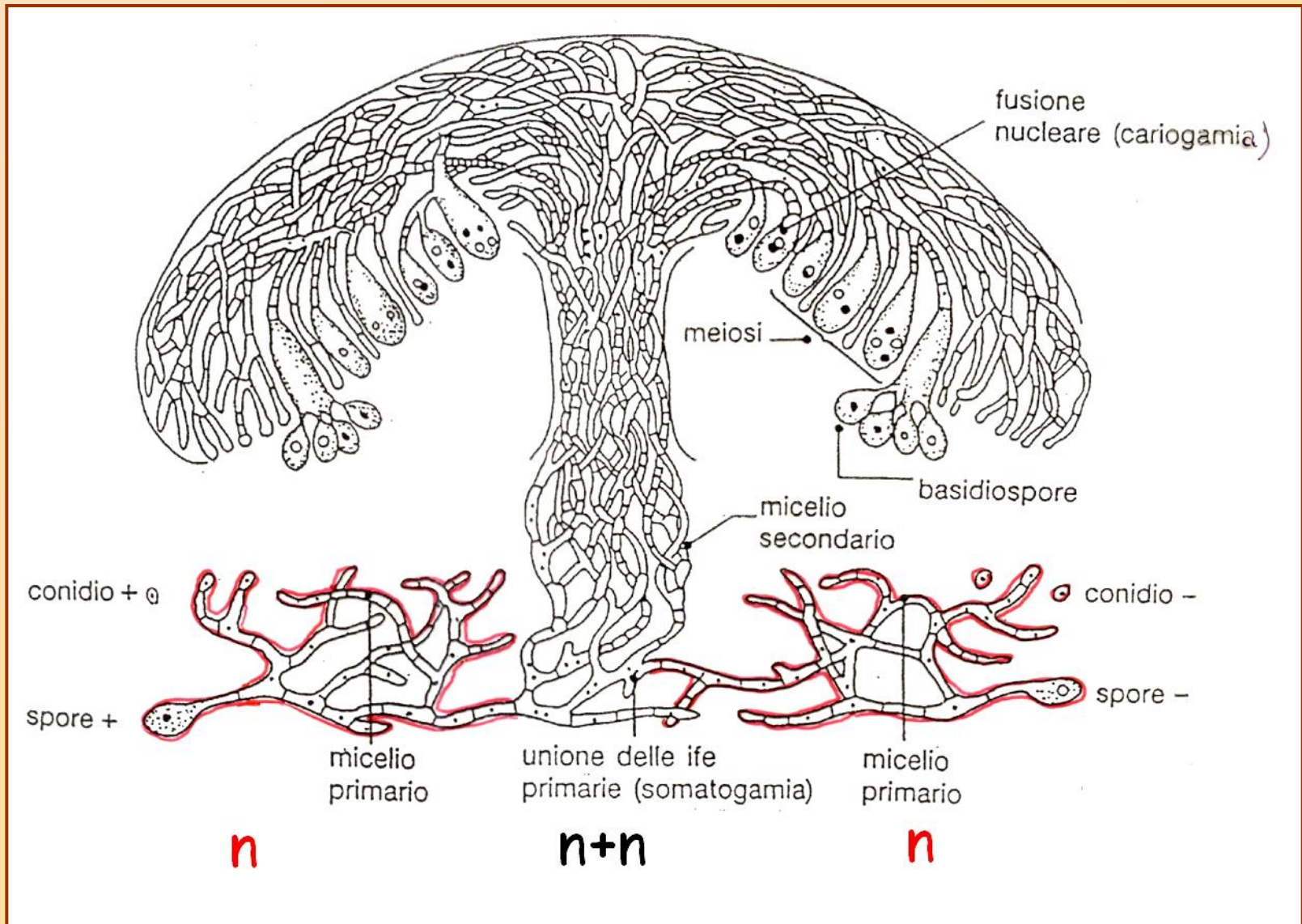
Confronto del ciclo di un ascomicete e di un basidiomicete. In rosso la fase aploide (n), in nero quella dicariotica (n+n)



Basidiomycota



Schema di un basidiocarpo



Basidiomycota

Imenio e diverse tipologie di basidiocarpi

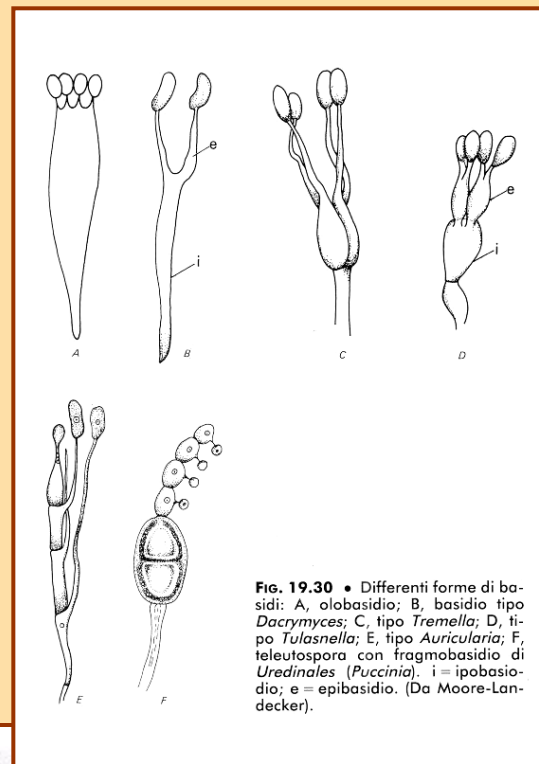


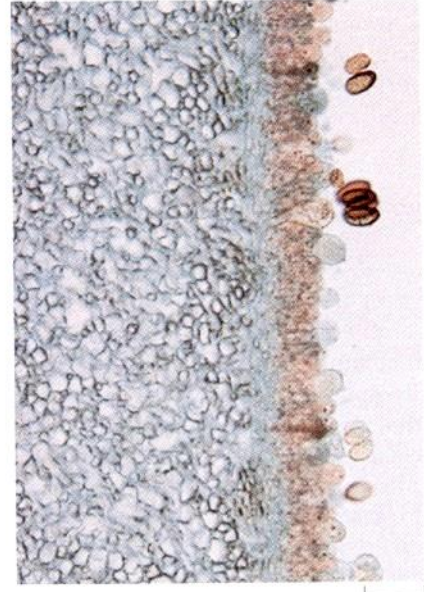
Fig. 19.30 • Differenti forme di basidi: A, olobasidio; B, basidio tipo *Dacrymyces*; C, tipo *Tremella*; D, tipo *Tulasnella*; E, tipo *Auricularia*; F, teleutospora con fragmibasidio di *Uredinales* (*Puccinia*); i = ipobasidio; e = epibasidio. (Da Moore-Landecker).

Raven P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – *Biologia delle piante*. (6° ed.) ZANICHELLI

Gerola F.M., 1998 – *Biologia e diversità dei vegetali*. UTET



(a) 200 μm



(b) 100 μm



(c) 50 μm

Figura 15.23 Sezioni colorate effettuate lungo le lamelle di *Coprinus*, un comune fungo a ombrello. Lo strato dell'imenio è colorato in marrone. (a) Dettaglio di alcune lamelle. (b) Sezione dello strato dell'imenio, in cui sono visibili basidi e basidiospore in via di sviluppo. (c) Basidiospore quasi mature fissate ai basidi per mezzo degli sterigmi.



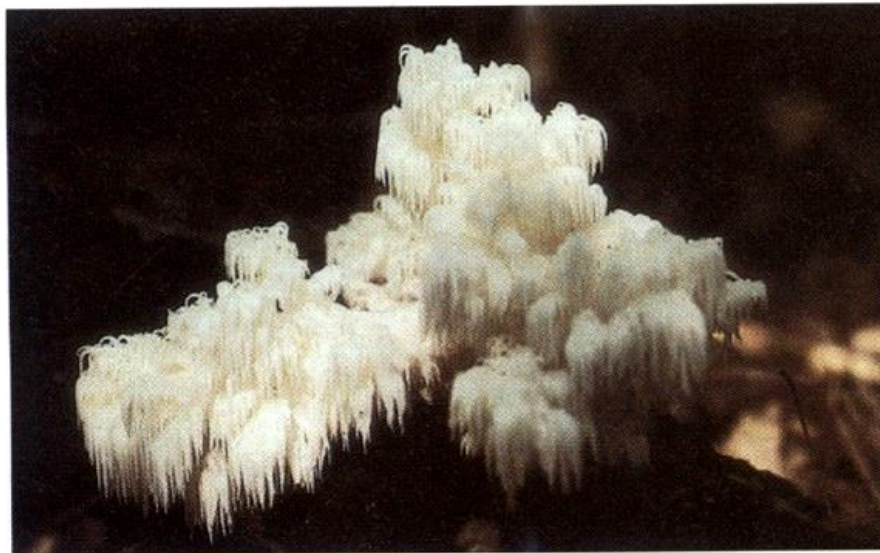
(a)



(b)



(c)



(d)

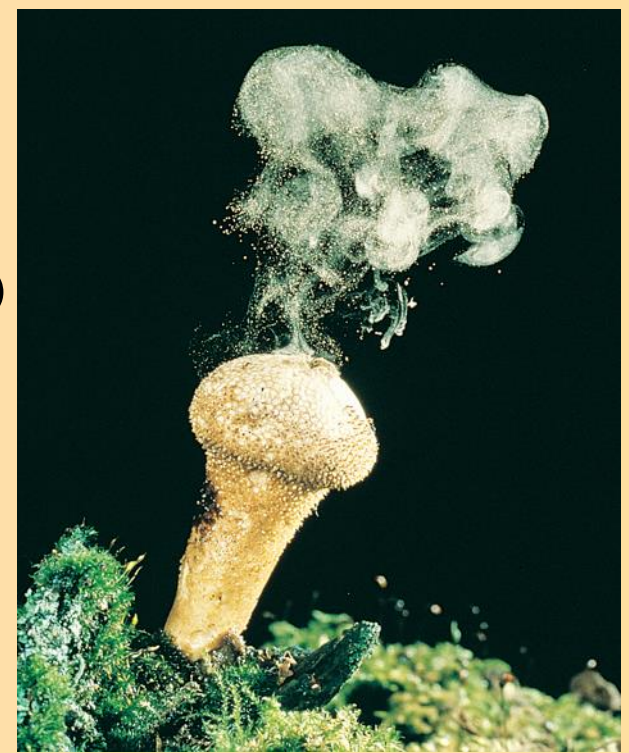
Figura 15.22 Basidiomiceti, esempi di membri appartenenti agli *Hymenomyces*. (a) Esempi di varia età di *Amanita muscaria*. Tra le caratteristiche peculiari di questo genere, che comprende molte specie velenose, vi sono l'anello sollevato sul gambo e la volva alla base. (b) *Polyporus arcularius*. In questo tipo di fungo mancano le lamelle comuni negli altri imenomiceti. In questa specie le spore sono liberate attraverso pori di forma romboidale. (c) Un fungo a mensola, *Ganoderma applanatum*. I funghi a mensola sono i principali responsabili della decomposizione del legno. (d) Un fungo corallo edule, *Hericium coralloides*. L'imenio, uno strato sporigeno esterno di basidi, è localizzato sulla superficie di dentelli diretti verso il basso.

Basidiomycota



Imenio a tubuli di *Boletus* sp.

Calvatia sp. (vescia)



(a) Una cappella cerosa in miniatura (*Hygrophorus*). Questa specie forma micorrizze con le querce.



(b) Un fungo a mensola che cresce sul tronco di un albero. I funghi a mensola sono importanti decompositori del legno.



(c) Un fungo che attrae insetti (*Dictyophora duplicata*). Questo fungo emette un odore simile a quello della carne in putrefazione che attrae gli insetti che si nutrono di carogne, come la mosca situata sulla cappella appiccicosa del corpo fruttifero. Le spore aderiscono alle setole sulle zampe delle mosche e vengono successivamente disperse. Questo adattamento è analogo a quello delle piante a fiore che ricorrono agli insetti per la dispersione del polline.



Funghi saprofiti su legno in decomposizione

Cerchi delle streghe (*fairy rings*)



Il dicarion dei basidiomiceti è perenne e durante la sua vita forma corpi fruttiferi più volte, nelle stagioni favorevoli (generalmente autunno e primavera). I corpi fruttiferi vengono generati all'estremità del micelio (che ha solitamente una forma circolare), quindi avranno una distribuzione ad anello (cerchi delle streghe).



Clathrus ruber P. Micheli



Agaricus bisporus (Lge.)
Sing . (champignon)



Agaricus arvensis Schaeff.
(prataiolo)



Lepiota procera Scop. Ex Fr.
(mazza di tamburo)

Licheni

Associazione simbiotica tra un micobionte (per lo più ascomiceti) e un fotobionte (alghe verdi o cianobatteri, *Nostoc*). Il fungo è posto esternamente all'alga. Il fungo riceve zuccheri mentre l'alga acqua e sali minerali che il fungo assorbe dal substrato.



(a)



(b)



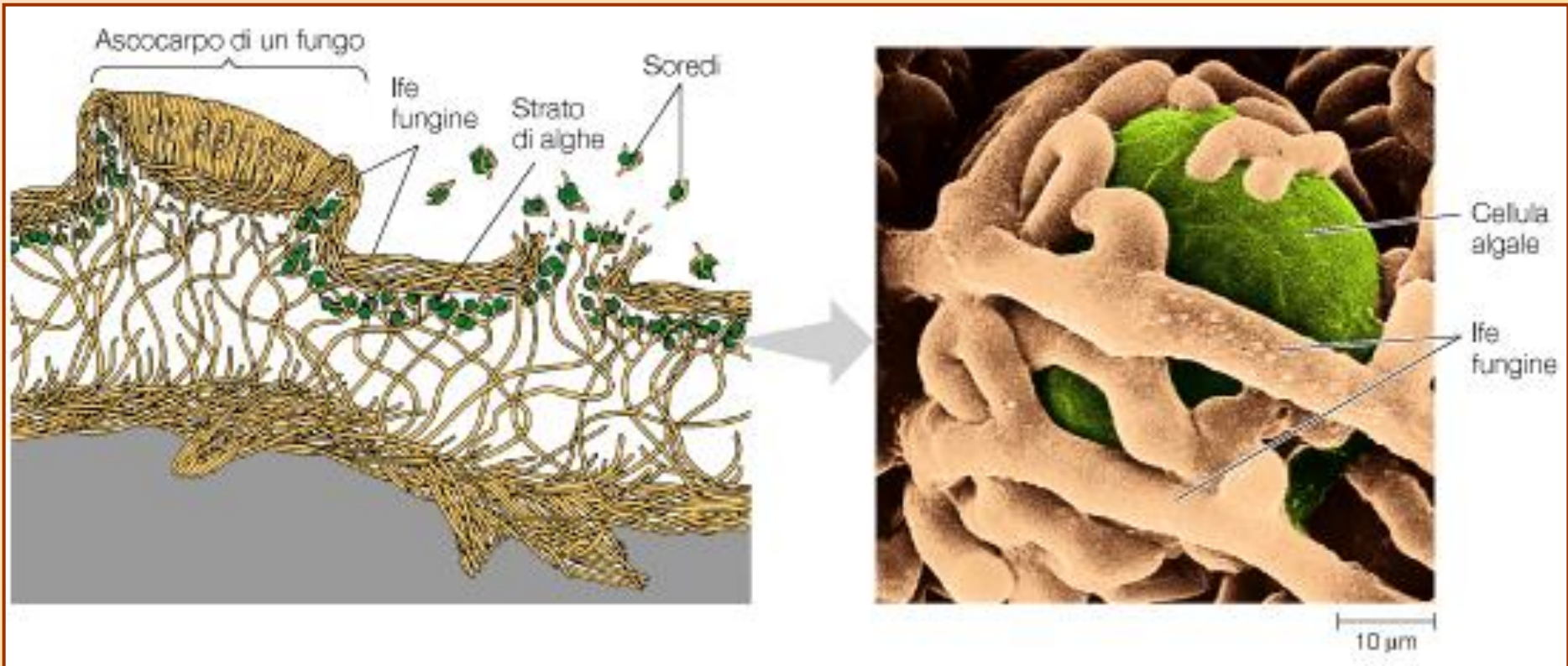
(c)



(d)

Figura 15.37 Licheni fruticosi (a cespuglio). (a) *Teloschites chrysophthalmus*. (b) *Cladonia cristatella*, alto circa 1-2 cm. (c) *Alectoria sarmentosa* un lichene che spesso forma masse pendenti dai rami degli alberi. Il cosiddetto «muschio di Spagna» (*Usnea*) è all'apparenza simile a questo lichene e occupa la stessa nicchia ecologica, ma in realtà è una pianta superiore appartenente alla famiglia delle *Bromeliaceae*. (d) *Cladonia subtenuis*, il «lichene delle renne». I licheni di questo gruppo, abbondanti nell'Artide, concentrano gli elementi radioattivi presenti nell'atmosfera. Le renne che se ne nutrono concentrano questi elementi e li passano poi all'uomo e agli animali che ne consumano le carni.

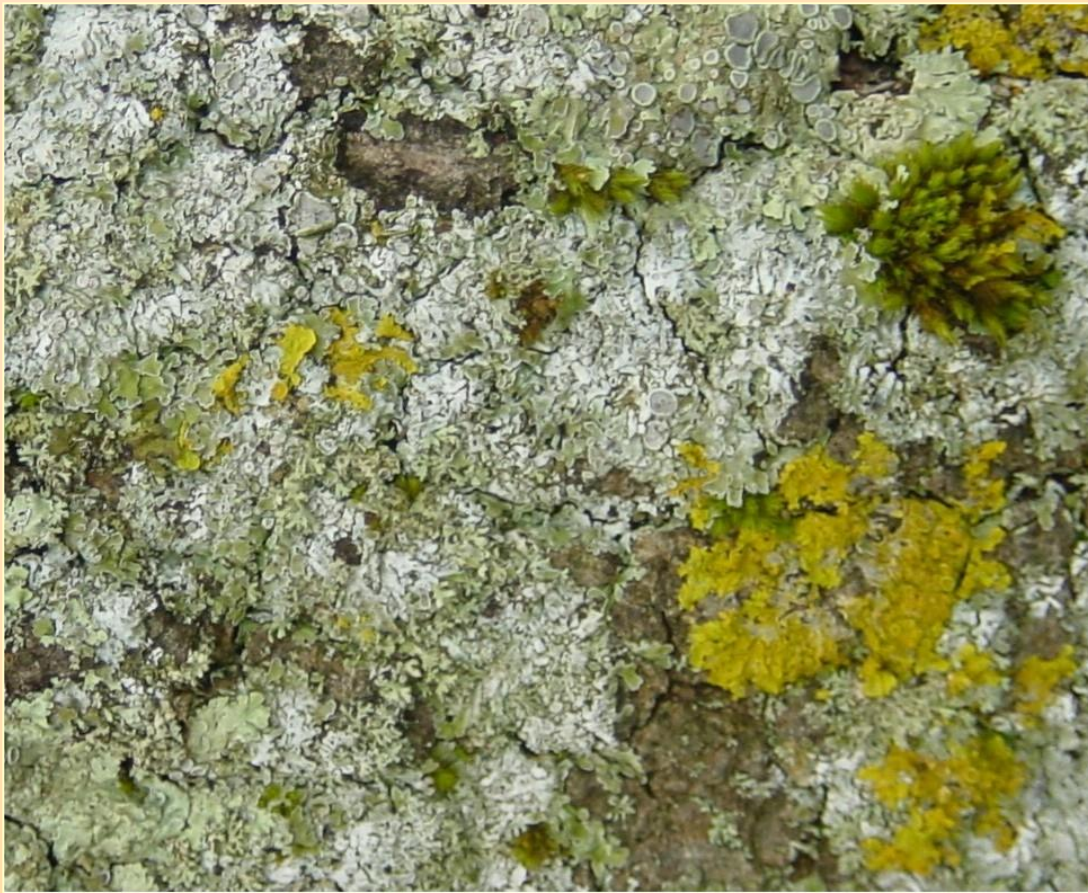




Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

Licheni: anatomia e riproduzione.
Crescono lentamente ma sono molto longevi fino
a 1000 anni

Comunità lichenica e muscinale su un tronco di *Quercus* sp. in bosco appenninico





Cladonia sp., lichene terricolo con apotecii pedunculati (podezi)



Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.

Licheni crostosi su pietra



Licheni crostosi su tegola



Licheni
arboricoli





Highland, Scozia. Brughiera a *Calluna vulgaris* (L.) Hull (Ericaceae) con folto strato di muschi e licheni

Cladonia sp. (lichene delle renne)



Micorrize

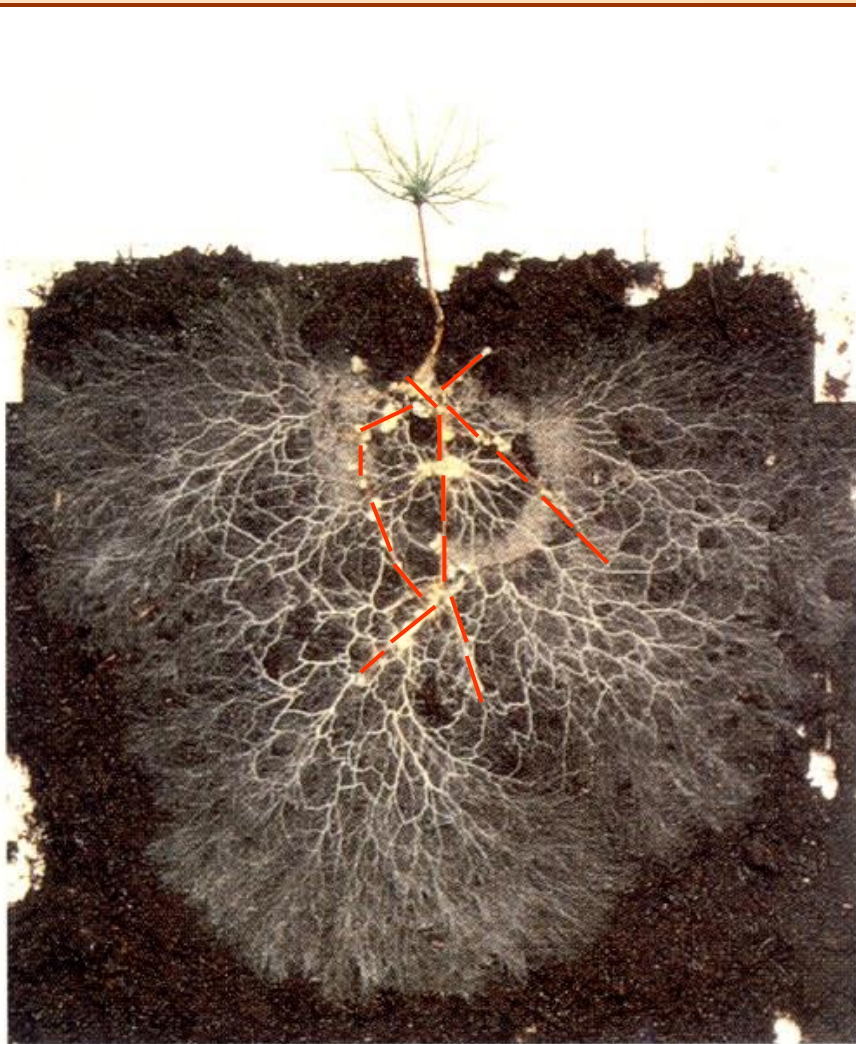
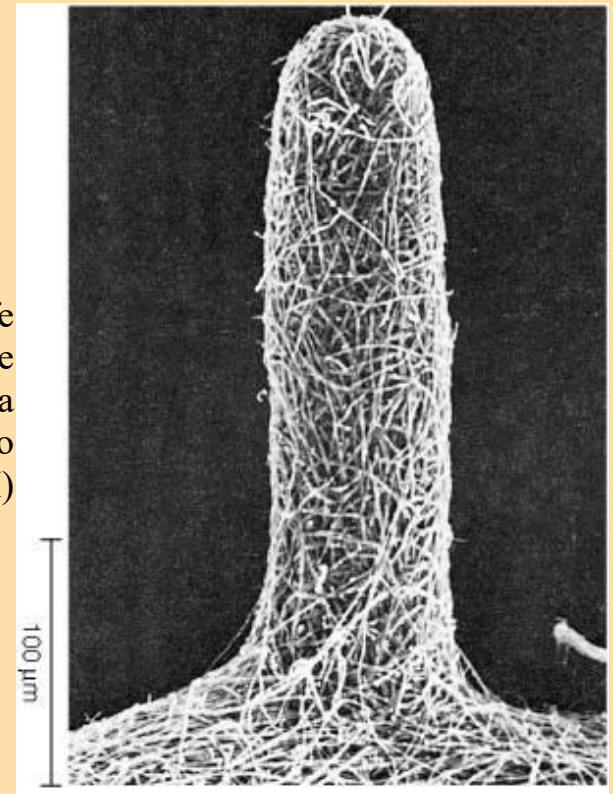


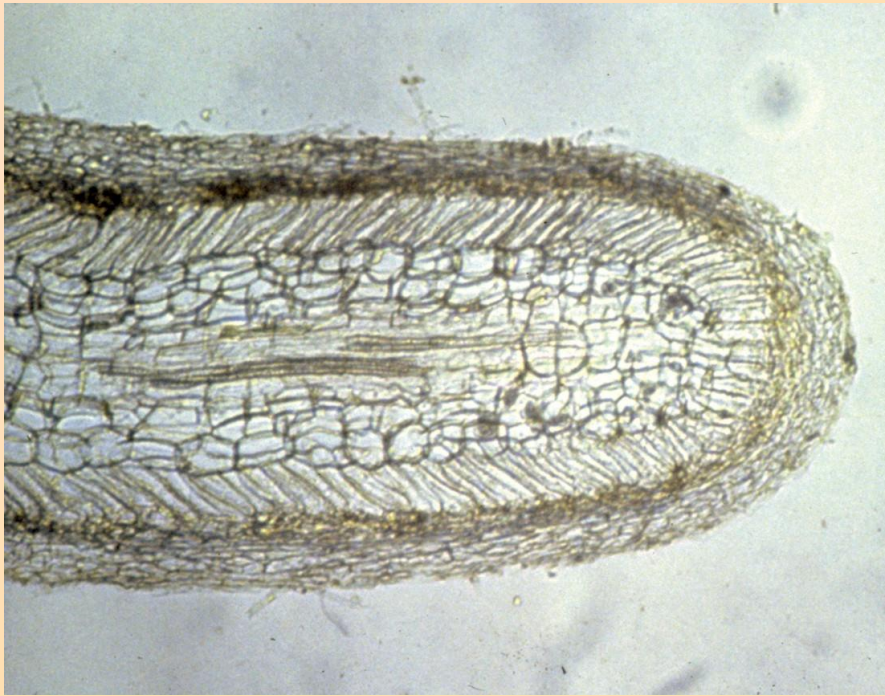
Figura 15.43 Ectomicorrize. Una sezione effettuata lungo una estesa ectomicorriza di una plantula di *Pinus contorta*. La plantula si estende per circa 4 cm al di sotto della superficie del suolo.

Ectomicorriza. Ife fungine avvolgenti una radice di eucalipto (foto al SEM)

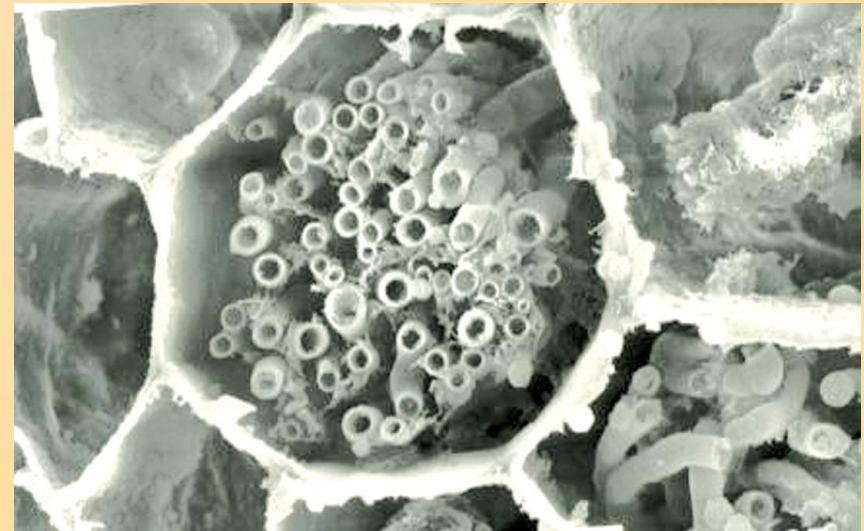


Micorrize

Reticolo di Hartig: le ife penetrano tra le cellule del parenchima corticale della radice senza entrare all'interno delle cellule.



Ectomicorriza.
Radice di faggio
micorrizate



Endomicorriza. Sezione di gomito miceliare
(foto al SEM)