

Corso di Laurea Triennale in Biotecnologie

anno accademico 2024-25

I Regni dei viventi

I FUNGHI

**Questo materiale didattico è per uso personale dello
studente, ed è coperto da Copyright.
Ne è severamente vietata la riproduzione, la diffusione
o il riutilizzo, anche parziale, ai sensi e per gli effetti
della legge sul diritto d'autore.**

I FUNGHI (REGNO FUNGI)

1. Eucarioti pluricellulari non ingestivi (eterotrofi per assorbimento)

→ parassiti o saprofiti (alcuni sono predatori)

2. La loro parete cellulare contiene chitina (N-acetilglucosamina)

3. Sono generalmente privi di stadi flagellati



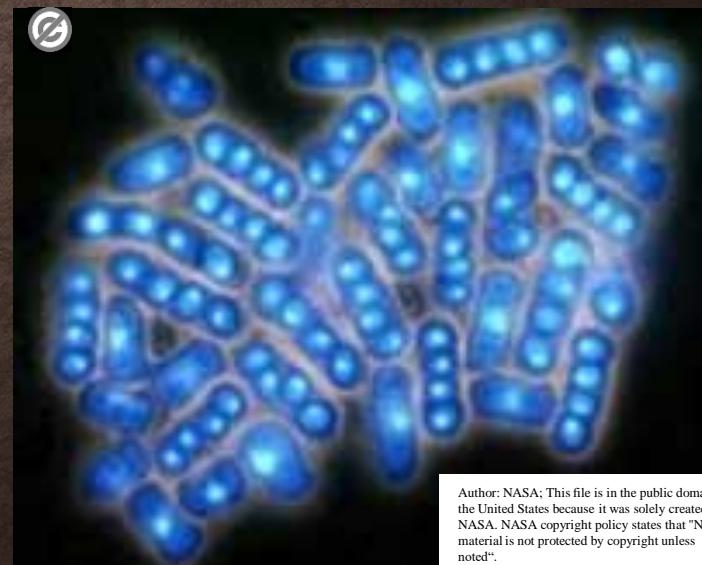
Author: Lex vB at Dutch Wikipedia (2006);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zwamvlok_20060705.jpg



Author: User:Velela. (2005);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scarlet_elf_cap_cadnant_dingle.jpg



Author: Bernie (2009);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AD2009Sep20_Amanita_muscaria_02.jpg



Author: NASA; This file is in the public domain in the United States because it was solely created by NASA. NASA copyright policy states that "NASA material is not protected by copyright unless noted".
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hefezell_en.jpg

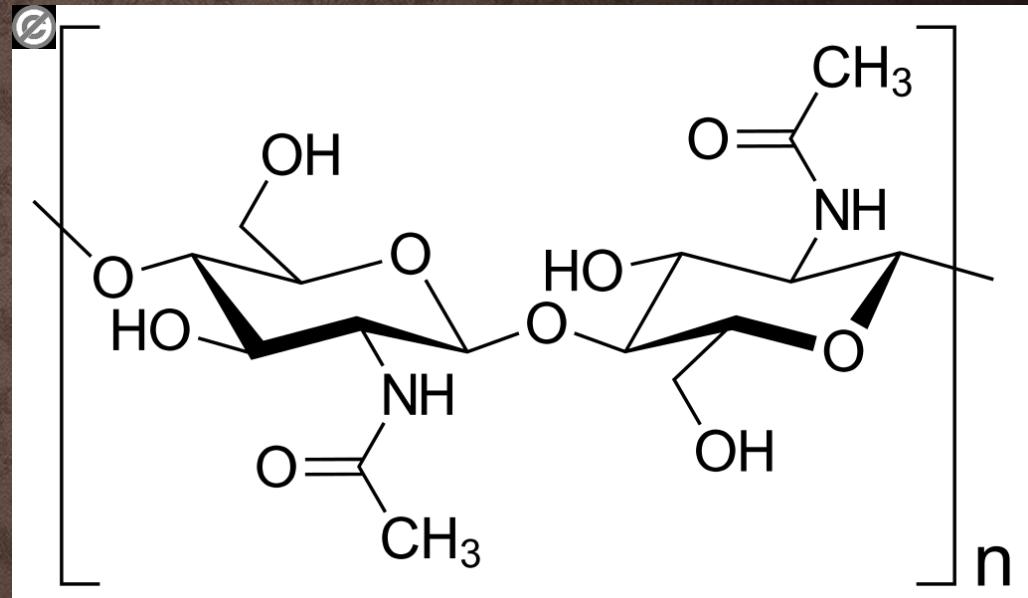
STRUTTURA DELLA CHITINA

(SECONDO POLISACCARIDE PIÙ DIFFUSO SUL PIANETA, DOPO L'AMIDO)

La chitina è il **componente fondamentale della parete cellulare dei Funghi**, ma anche degli apparati boccali dei Molluschi e dell'esoscheletro degli Artropodi



Author: Bernie (2009);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AD2009Sep20_Amanita_muscaria_02.jpg



Author: Dschanz (2007);
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chitin.svg>



Author: Edmund Reitter (1845–1920);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dytiscus_latissimus.jpg



Author: (Bhny) (2006);
<https://commons.wikimedia.org/wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0/Ge...>

Funghi unicellulari (“lieviti”)

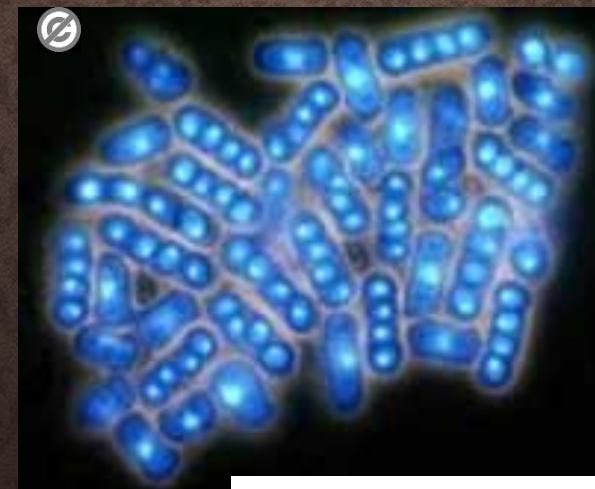
Il termine “lievito” è utilizzato per indicare quei funghi unicellulari che conducono vita libera

Il termine non si riferisce ad un gruppo tassonomico, ma ad una **modalità di vita**: alcuni funghi hanno infatti nel loro ciclo biologico **sia uno stadio unicellulare (lievito), sia uno pluricellulare**

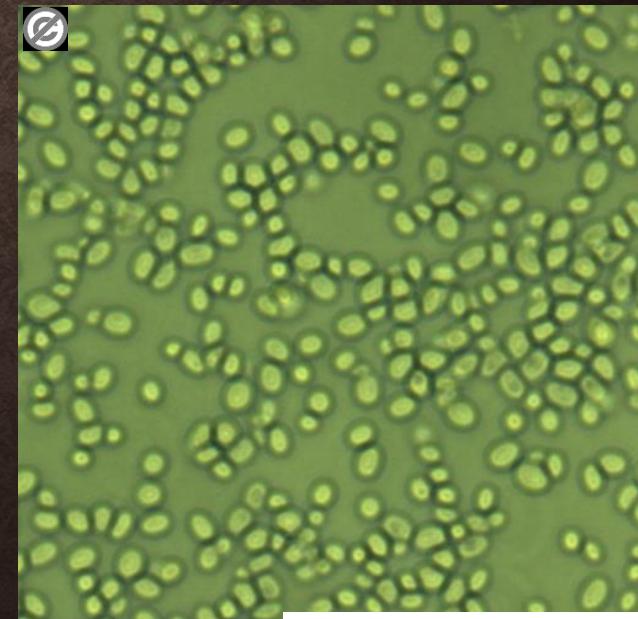
Vivono in ambienti umidi e l'assorbimento dei nutrienti avviene direttamente attraverso la superficie cellulare



Author: Masur (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg



Author: NASA; This file is in the public domain in the United States because it was solely created by NASA. NASA copyright policy states that "NASA material is not protected by copyright unless noted".
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hefezellen.jpg>



Author: BCarver1 at en.wikipedia (2006);
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giabratra.jpg>

Funghi pluricellulari

La massa corporea di un fungo pluricellulare è costituita da un intreccio di filamenti (**ife**) che formano un **micelio**

Con il termine “ife” si indicano i **filamenti unicellulari o pluricellulari, uninucleati o polinucleati, allungati e di forma cilindrica**, che disposti uno sull’altro formano il **micelio**, ovvero il corpo vegetativo dei funghi

<http://www.treccani.it/vocabolario/michelio/>

Il micelio può produrre vari tipi di **spore** (ad esempio, **conidiospore**)

Il micelio può formare un **corpo fruttifero** oppure altre **strutture specializzate** (“appressori”, “austori” e “cappi”)

Esistono due tipi di ife:
settate e cenocitiche

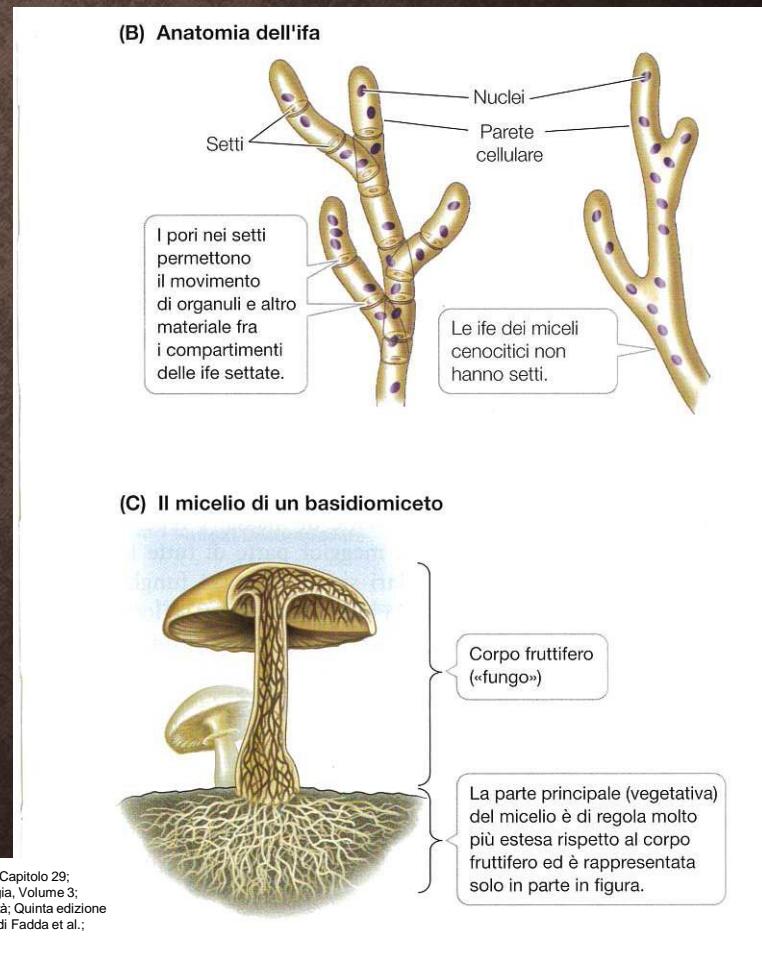


Fig. 29,3b e c; Pagina: 663 Capitolo 29;
Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3;
L’evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione
italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.;
Zanichelli.

Le ife riunite in un micelio costituiscono anche i corpi fruttiferi (carpofori) tipici degli Ascomiceti e dei Basidiomiceti

In alcuni casi il micelio è infatti organizzato in una **struttura compatta ad elevata specializzazione** (detta “**carpoforo**”) che consente al fungo di produrre le spore coinvolte nella riproduzione sessuale

Corpo fruttifero (carpoforo) di un Basidiomicete

(C) Il micelio di un basidiomicete

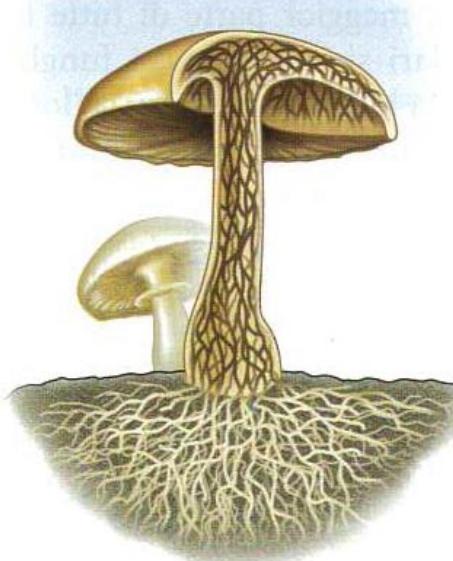


Fig. 29.3c; Pagina: 663; Capitolo 29; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

La parte principale (vegetativa) del micelio è di regola molto più estesa rispetto al corpo fruttifero ed è rappresentata solo in parte in figura.

Corpo fruttifero (carpoforo) di un Ascomicete

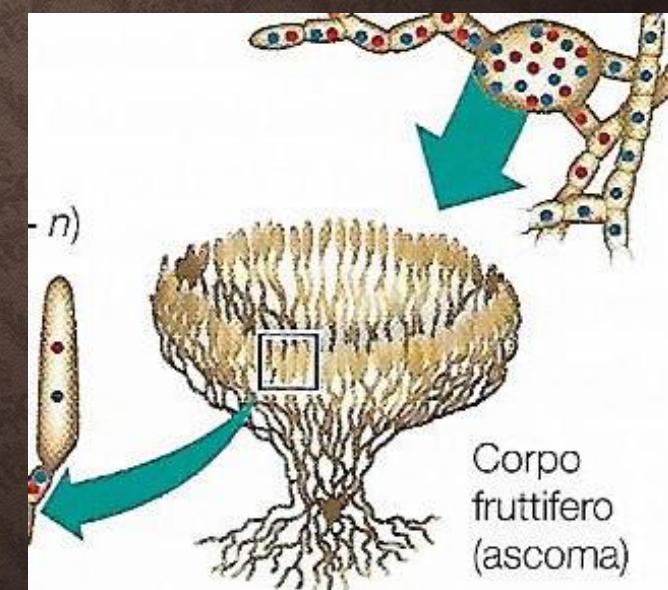


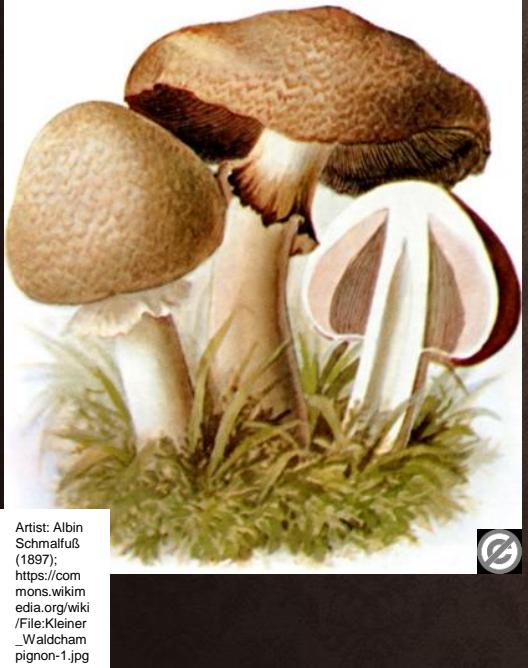
Fig. 29.17a; Pagina: 675; Capitolo 29; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

Interazioni tra funghi e altri organismi

1. Funghi saprofiti

4. Funghi predatori

Agaricus silvaticus,
fungo saprofita



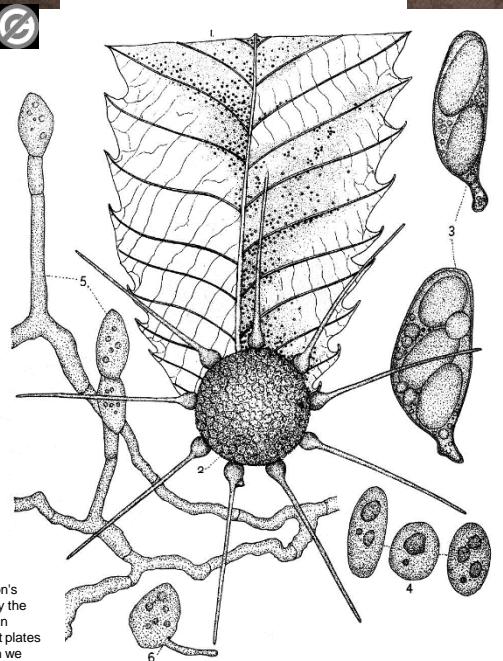
Artist: Albin Schmauß (1897);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kleiner_Waldchampignon-1.jpg

Author: F. W. Anderson. Not sure of Anderson's exact death year, but he was already dead by the time this book was published: "This book is an octavo of nearly 800 pages, with 41 excellent plates drawn by F. W. Anderson, whose early death we have had recently to deplore." (1890);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phyllactinia_guttata_1890.jpg

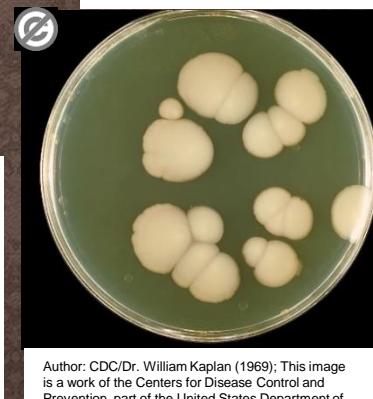
2. Funghi parassiti

5. Funghi mutualistici

Phyllactinia guttata,
fungo parassita



Candida albicans,
fungo patogeno



Author: CDC/Dr. William Kaplan (1969); This image is a work of the Centers for Disease Control and Prevention, part of the United States Department of Health and Human Services;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Candida_albicans_PHIL_3192_Iores.jpg

Lichene, mutualismo tra
un fungo ed un alga verde



Harposporium anguillulae,
fungo predatore



Immagine tratta da Sadava et al. (2019): Biologia, 3, L'evoluzione e la biodiversità. Zanichelli. Fig. 30.6; Pagina 631

1. Funghi saprofiti

I funghi saprofiti sono considerati i **principali decompositori del pianeta**: senza il loro intervento si arresterebbe il ciclo del carbonio

Per ottenere il carbonio questi funghi **si nutrono principalmente di zuccheri semplici e di molecole ottenute dalla degradazione dei polisaccaridi, mentre per ottenere l'azoto sfruttano le proteine o le molecole che si formano dalla loro degradazione**

Nessun fungo è in grado di impiegare l'azoto inorganico in forma gassosa: i funghi non sono capaci di fissare l'azoto



Artist: Albin Schmalfuß (1897);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kleiner_Waldchampignon-1.jpg

Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O. (2003). Biologia nel Restauro, Nardini Editore.



Carie bianca del legno

Prevalente degradazione della lignina, ad opera degli enzimi ligninolitici

Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O. (2003). Biologia nel Restauro, Nardini Editore.



Carie bruna del legno

Prevalente degradazione della cellulosa, ad opera delle cellulasi

Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O. (2003). Biologia nel Restauro, Nardini Editore.



Carie soffice del legno

Prevalente degradazione di cellulosa ed emicellulose ad opera di cellulasi ed emicellulasi

2. Funghi parassiti

- Parassiti facoltativi
- Parassiti obbligati

Le piante e gli insetti sono **ospiti comuni dei funghi**

Austori: proiezioni filamentose delle ife in grado di spingersi attraverso la parete cellulare e raggiugere l'interno della cellula vegetale per assorbirne il nutrimento

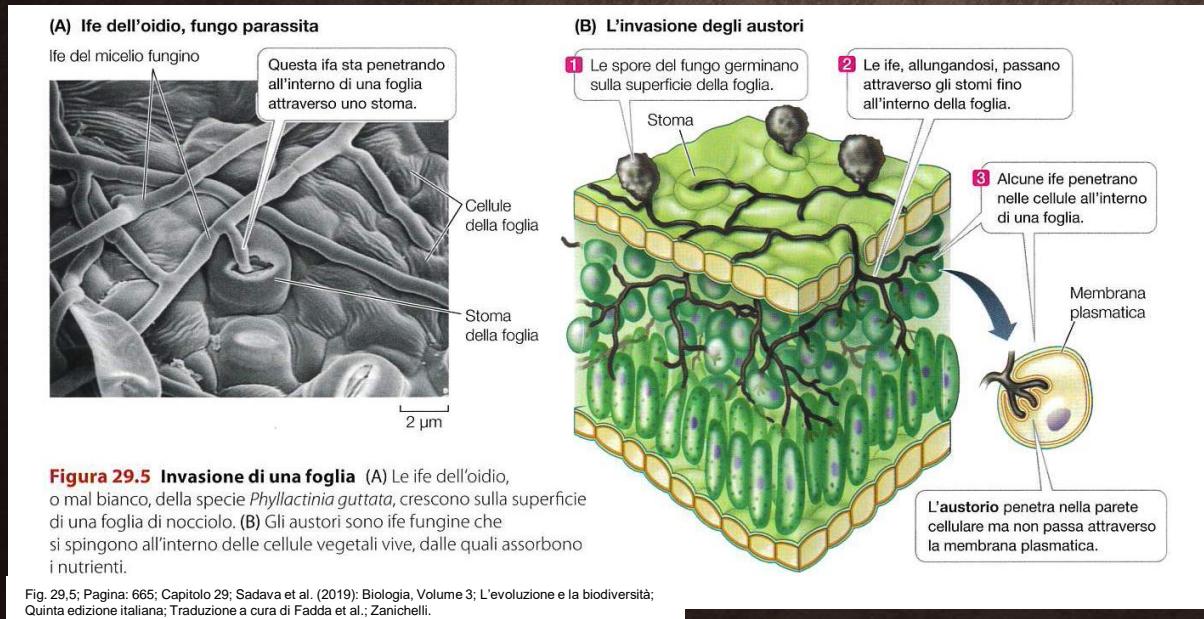
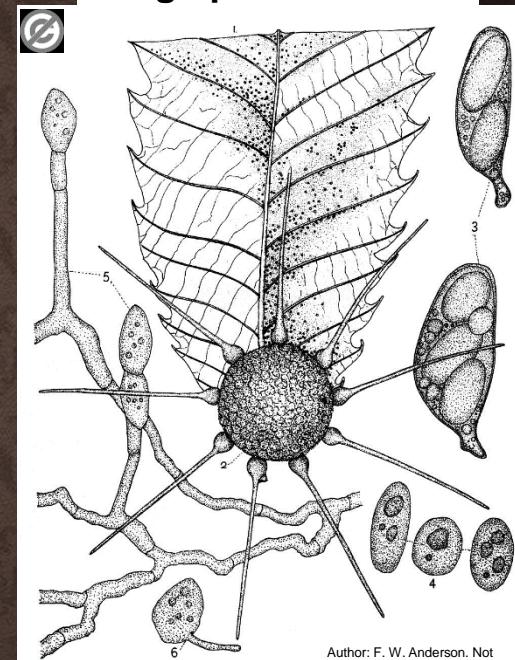


Fig. 29.5. Pagina: 665; Capitolo 29; Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

Phylactinia guttata, fungo parassita



Author: F. W. Anderson. Not sure of Anderson's exact death year, but he was already dead by the time this book was published: "This book is an octavo of nearly 800 pages, with 41 excellent plates drawn by F. W. Anderson, whose early death we have had recently to deplore." (1890); https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phylactinia_guttata_1890.jpg

3. Funghi patogeni

Alcuni funghi parassiti sono considerati patogeni e **causano malattie** o, in certi casi, la **morte dell'ospite**

I funghi sono una delle **principali cause di decesso nelle persone con sistema immunitario debilitato**

Puccinia graminis, agente patogeno della ruggine nera. Questo fungo nel suo ciclo biologico presenta due ospiti, il grano e il cespino.



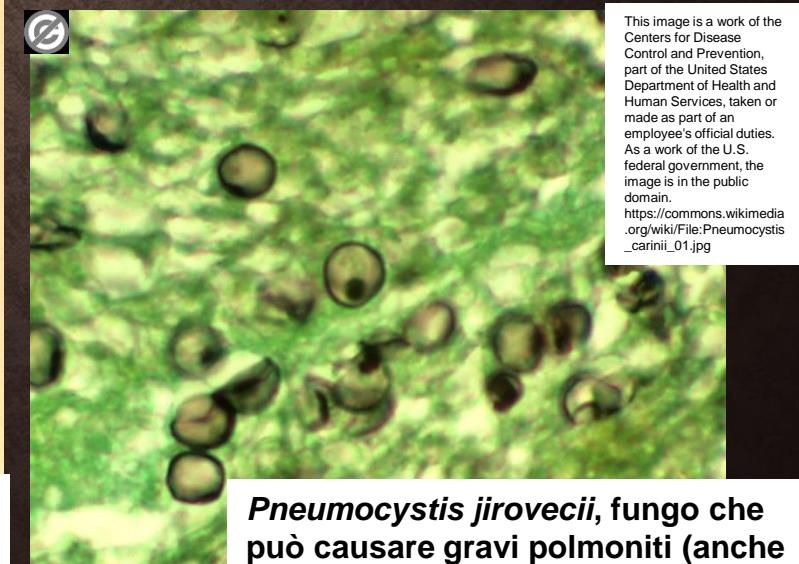
Author: Photo by Yue Jin. Image Number K11192-1; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem_rust_close_up.jpg



Original book source: Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 1885, Gera, Germany; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Berberis_vulgaris0.jpg



Author: CDC/Dr. William Kaplan (1969); This image is a work of the Centers for Disease Control and Prevention, part of the United States Department of Health and Human Services; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Candida_albicans_PHIL_3192_lores.jpg

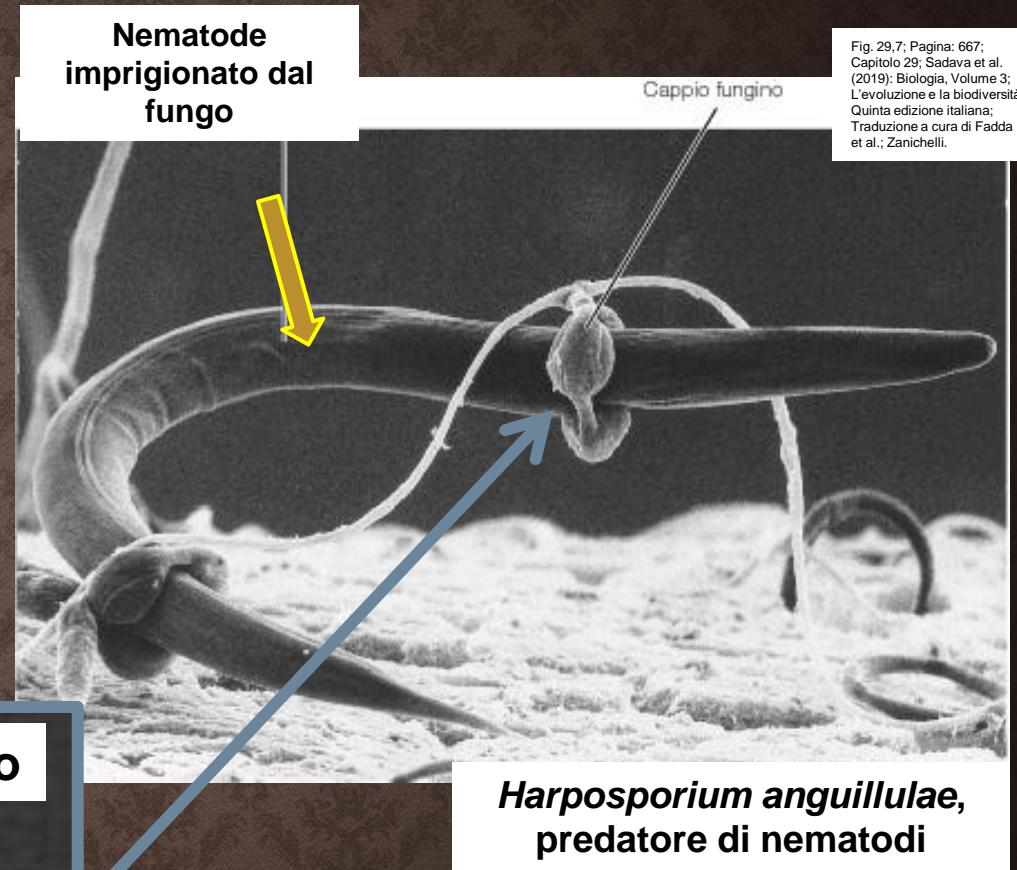
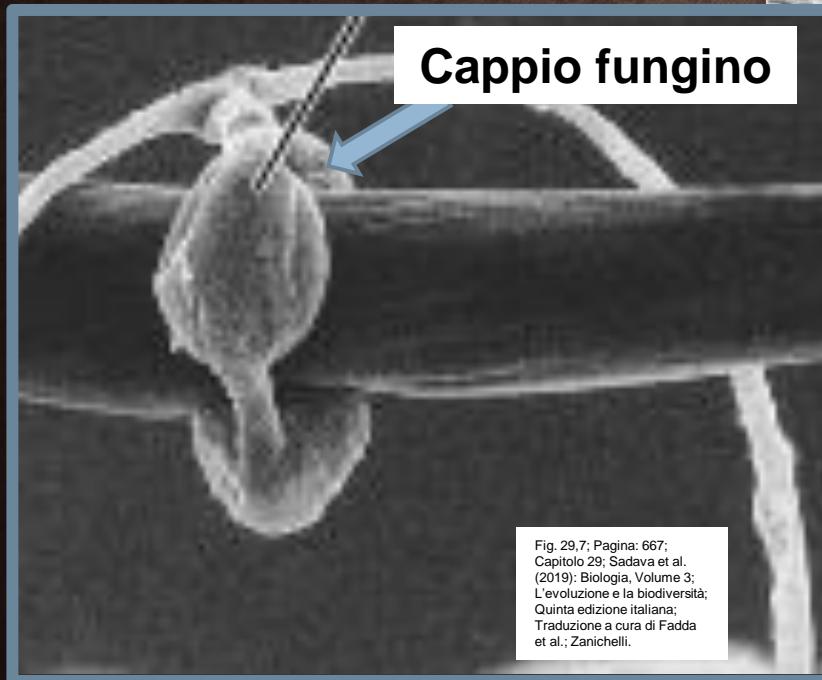


Pneumocystis jirovecii, fungo che può causare gravi polmoniti (anche letali) nei soggetti affetti da AIDS

This image is a work of the Centers for Disease Control and Prevention, part of the United States Department of Health and Human Services, taken or made as part of an employee's official duties. As a work of the U.S. federal government, the image is in the public domain. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pneumocystis_carinii_01.jpg

4. Funghi predatori

Alcuni funghi si comportano come predatori e usano le loro ife per catturare protisti o piccoli animali che si trovano nel loro raggio di azione



Ad esempio, le loro ife formano “cappi” a scatto per catturare nematodi

5. Funghi mutualistici

LICHENI

Nel passato i licheni erano considerati come organismi autonomi, **senza particolari relazioni con altri gruppi sistematici**

In realtà si tratta di una **associazione simbiotica di tipo mutualistico** tra **funghi** (molto diversificati dal punto di vista sistematico) e **alge e/o cianobatteri**

L'alga è localizzata all'interno del corpo vegetativo del fungo (**tallo**)

I licheni sono considerati come **piccoli ecosistemi autosufficienti**

Associazione simbiotica di tipo mutualistico

MICOBIONTE
(fungo)



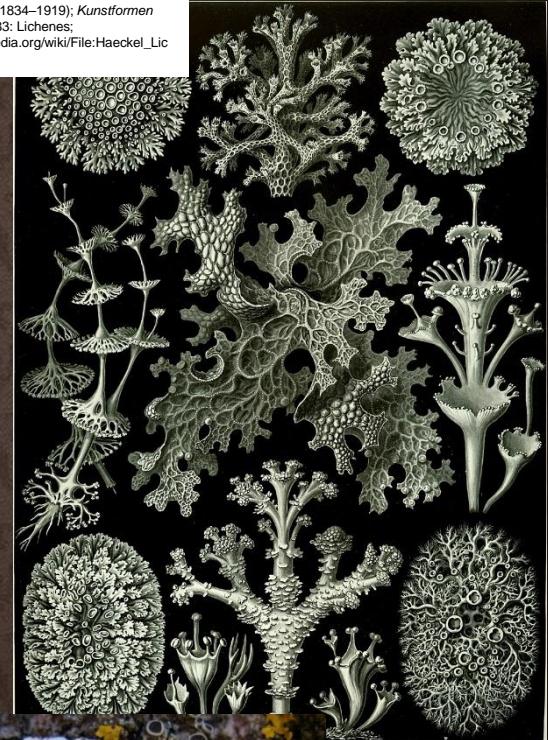
assorbimento
acqua e sali
minerali,
protezione

FOTOBIONTE
(alge e/o cianobatteri)



processo di fotosintesi e
produzione di zuccheri

Author: Ernst Haeckel (1834–1919); *Kunstformen der Natur* (1904), plate 83: Lichenes;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haeckel_Lichenes.jpg



Author:
Marco Pezzi

5. Funghi mutualistici



MICORRIZE

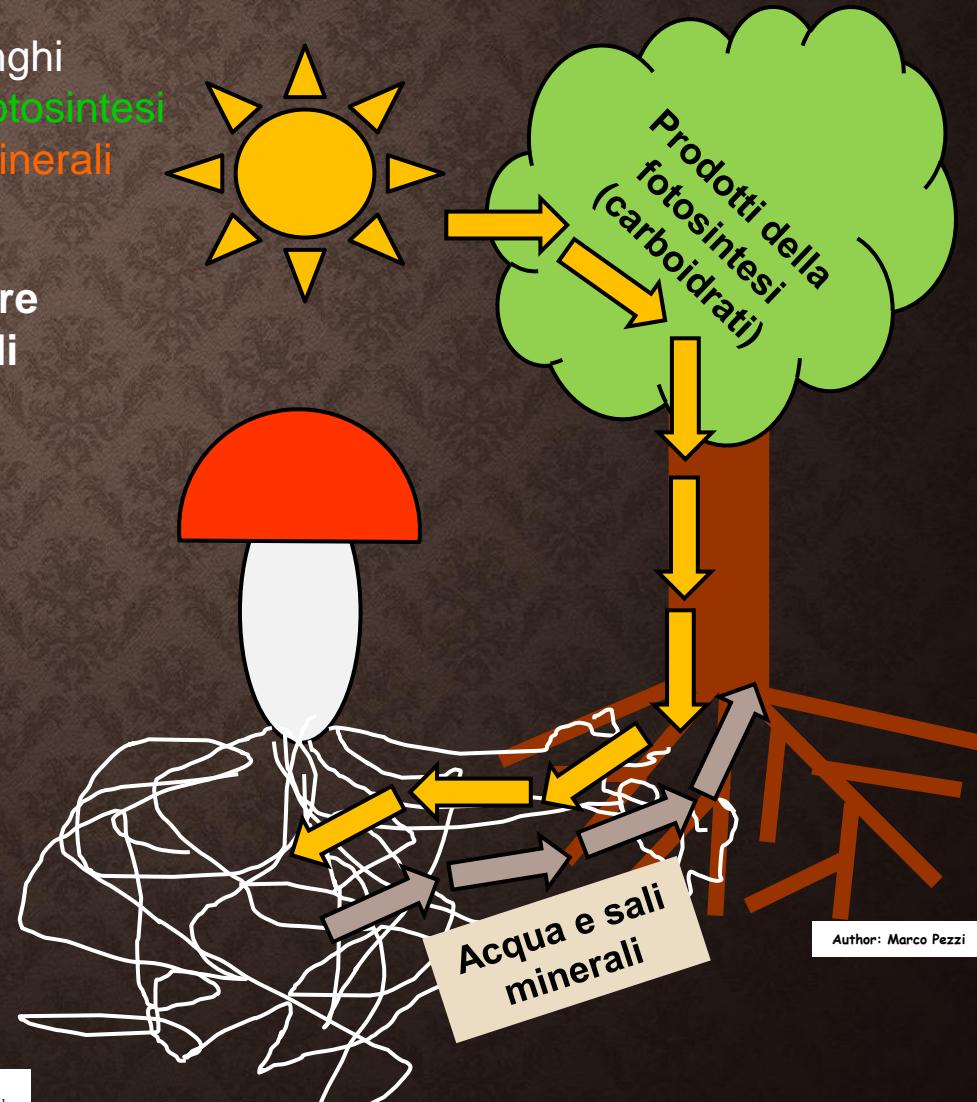
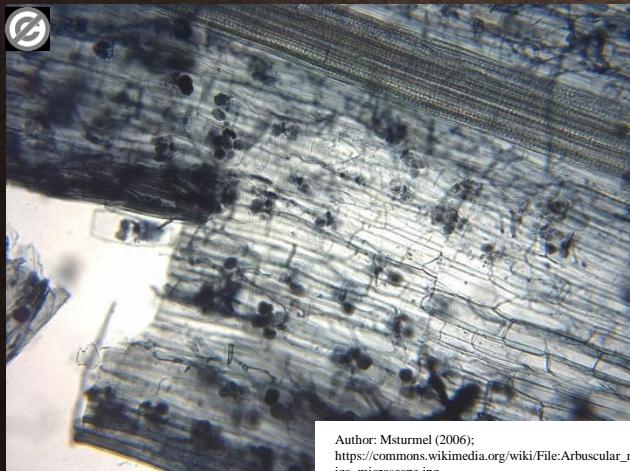
Le micorrize sono associazioni mutualistiche tra una pianta vascolare e un fungo

Tramite questa associazione mutualistica i funghi ricevono dalla pianta parte dei prodotti della fotosintesi e in cambio cedono alla pianta acqua e sali minerali

In mancanza di queste associazioni, molte piante non sarebbero in grado di sopperire al loro fabbisogno di acqua e sali minerali

Le micorrize sono distinte in **due tipi**:

- Ectomicorrize
- Endomicorrize



Riproduzione nei Funghi

Riproduzione asessuata

- **“Scissione”** (**divisione cellulare semplificata, diversa dalla scissione binaria dei Procarioti**) la cellula madre si divide in due cellule figlie di uguali dimensioni (lieviti)
- **Gemmazione:** le cellule figlie emergono come protuberanze (gemme) dalla cellula madre. Anche questo tipo di divisione è diffuso nei lieviti
- **Frammentazione:** la cellula figlia si genera da un distacco di una parte della cellula madre
- **Sporogenesi:** questo tipo di divisione prevede la formazione di **mitospore**, capaci di generare un nuovo organismo. Le mitospore sono formate da particolari cellule, le **sporocisti**

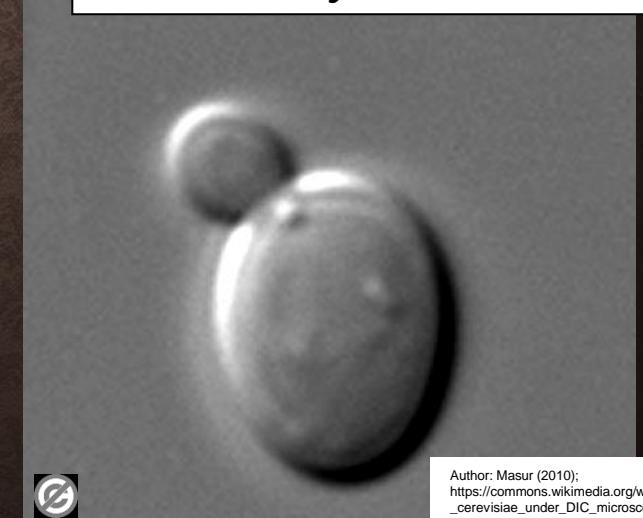
Riproduzione sessuata

Questo tipo di riproduzione è legato alla **processo meiotico**, alla produzione di **gameti** o di strutture sessuate specializzate

Author: Masur (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg



**Gemmazione di
*Saccharomyces cerevisiae***



Author: Masur (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg

Produzione di spore

I funghi si riproducono e si disperdono tramite la formazione di **spore**, legate sia alla riproduzione asessuata sia a quella sessuata

Nei funghi le spore assolvono a due importanti funzioni



dispersione



continuità della specie

Caratteristiche fondamentali delle spore

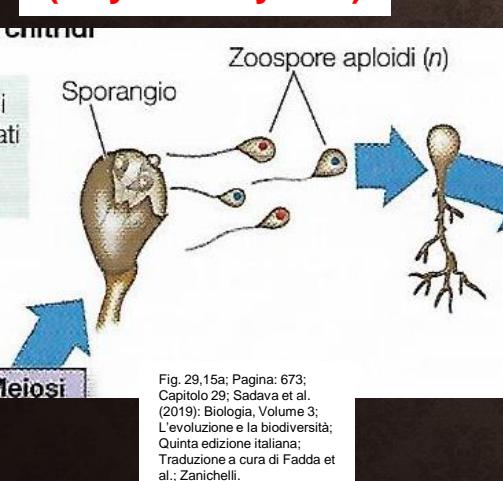
- sono munite di una **parete cellulare ispessita** e a volte sono pigmentate
- hanno un **ritmo metabolico rallentato**
- hanno **basso contenuto di acqua**
- hanno **elevato contenuto di materiali di riserva**

Le spore possono essere prodotte in maniera **sessuata**, attraverso la fusione di due o più nuclei, o **asessuata**, senza una fusione di nuclei

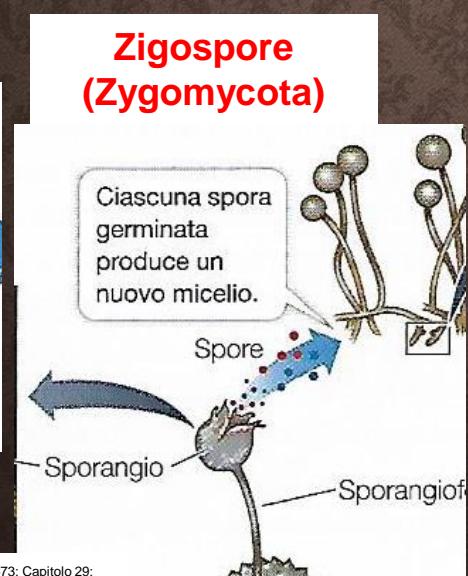
A seconda del gruppo di appartenenza, le spore prodotte dai funghi sono dette:

- **zoospore** (Chytridiomycota)
- **zigospore** (Zygomycota)
- **ascospore** (Ascomycota)
- **basidiospore** (Basidiomycota)

Zoospore (Chytridiomycota)



Zigospore (Zygomycota)



Ascospore (Ascomycota)

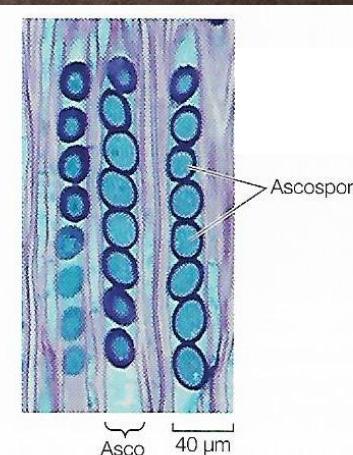


Fig. 29.17a; Pagina: 675; Capitolo 29; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

Basidiospore (Basidiomycota)

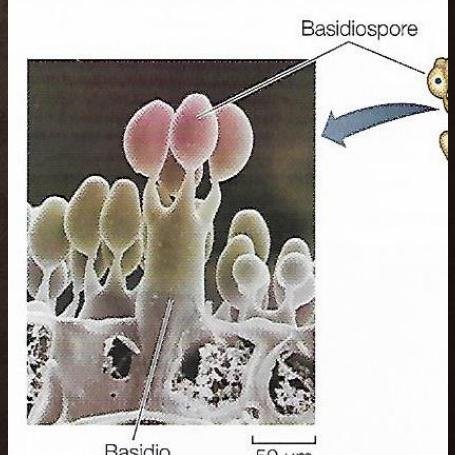


Fig. 29.17b; Pagina: 675; Capitolo 29; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

EVOLUZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI FUNGHI

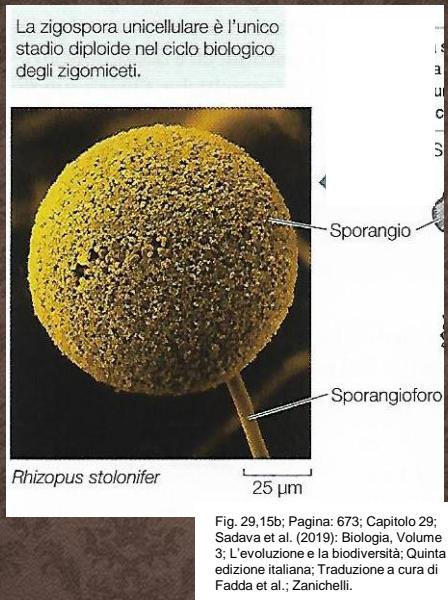
Attualmente il regno dei Funghi è suddiviso in **quattro divisioni**:

- Chytridiomycota
- Zygomycota
- Ascomycota
- Basidiomycota

Author: USDA-APHIS-PPQ;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synchytrium_endobioticum.jpg



Synchytrium endobioticum
(Chytridiomycota), agente della
rogna nera della patata



La zigospora unicellare è l'unico stadio diploide nel ciclo biologico degli zigomiceti.

Fig. 29,15b; Pagina: 673; Capitolo 29;
Sadava et al. (2019); Biologia, Volume
3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta
edizione italiana; Traduzione a cura di
Fadda et al.; Zanichelli.



Morchella esculenta
(Ascomycota)



Artist: Albin Schmalfuß (1897);
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Speisemorchel-1.jpg>



Fomes fomentarius
(Basidiomycota)



Chytridiomycota

funghi primitivi con stadi flagellati

Questa divisione comprende per la maggior parte **funghi microscopici ed unicellulari**

Le spore prodotte da questi funghi sono munite di “**flagelli**” per il movimento nell'acqua

I **Chytridiomycota** (o Chytridiomycetes), la divisione più primitiva tra i Funghi, comprende specie in gran parte saprofite, **con elevata valenza ecologica perché in grado di decomporre la CHITINA e la CHERATINA**

Synchytrium endobioticum
(Chytridiomycota), agente della
rogna nera della patata



Author: USDA-APHIS-PPQ;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synchytrium_endobioticum.jpg

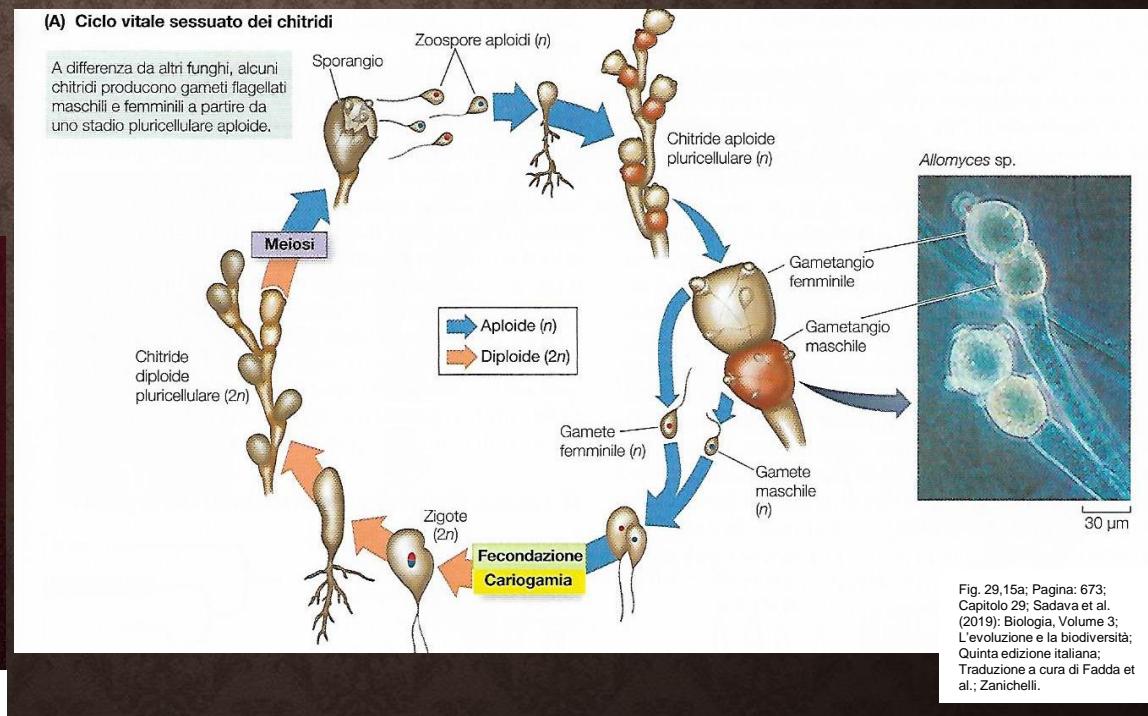
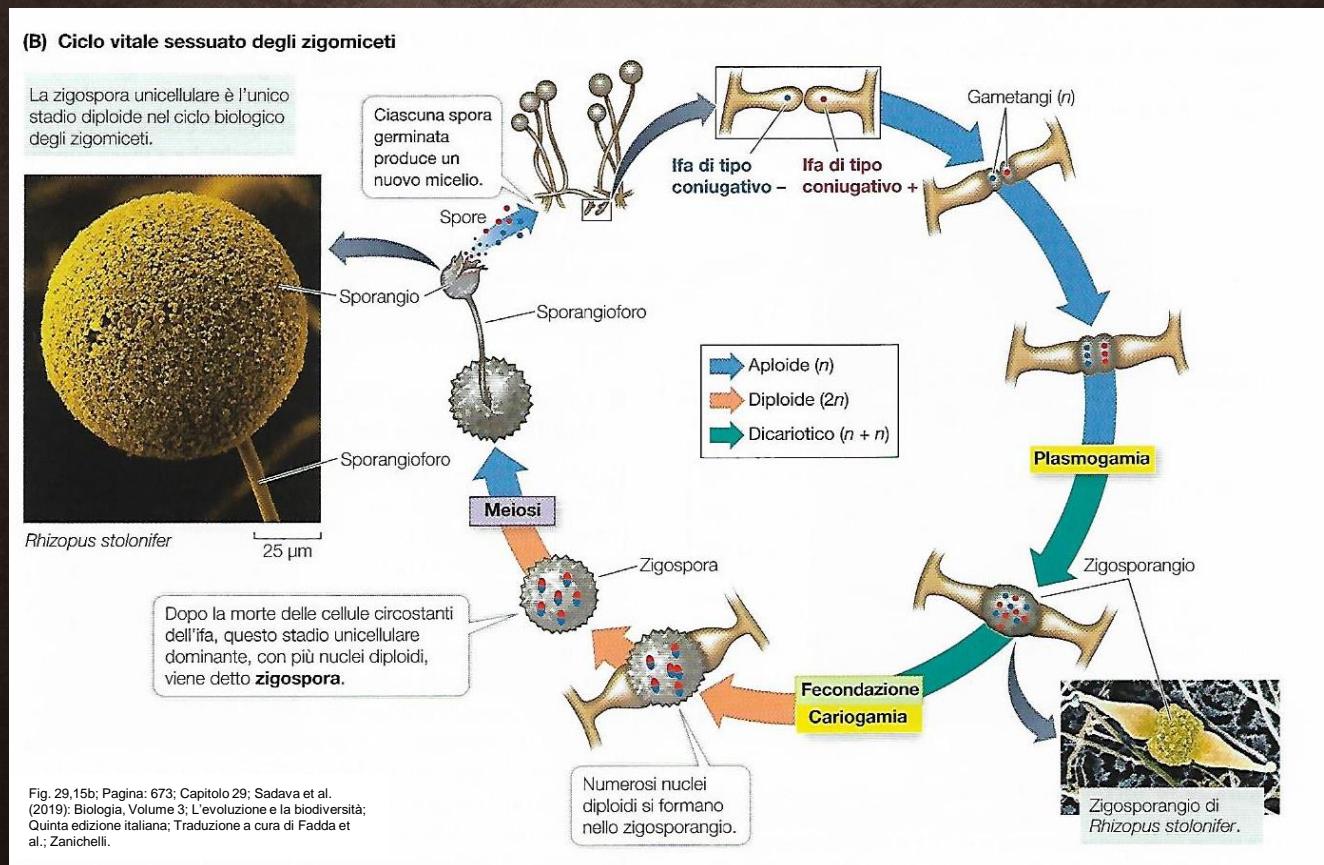


Fig. 29.15a Pagina: 673;
Capitolo 29; Sadava et al.
(2019); Biologia, Volume 3;
L'evoluzione e la biodiversità;
Quinta edizione italiana;
Traduzione a cura di Fadda et
al.; Zanichelli.

Zygomycota

Il nome della divisione deriva dagli **zygosporangi**, strutture di resistenza prodotte durante la riproduzione sessuata

Questa divisione comprende funghi che vivono nel terreno o su materiale in decomposizione di origine animale e vegetale: un comune Zygomycota è la **muffa grigia del pane**, *Rhizopus stolonifer*



Ascomycota

funghi con spore in un “astuccio” (asco)

Questa divisione comprende i funghi in grado di produrre un caratteristico tipo di sporangio, detto “**asco**” (dalla parola greca che significa “sacco” o “otre”).

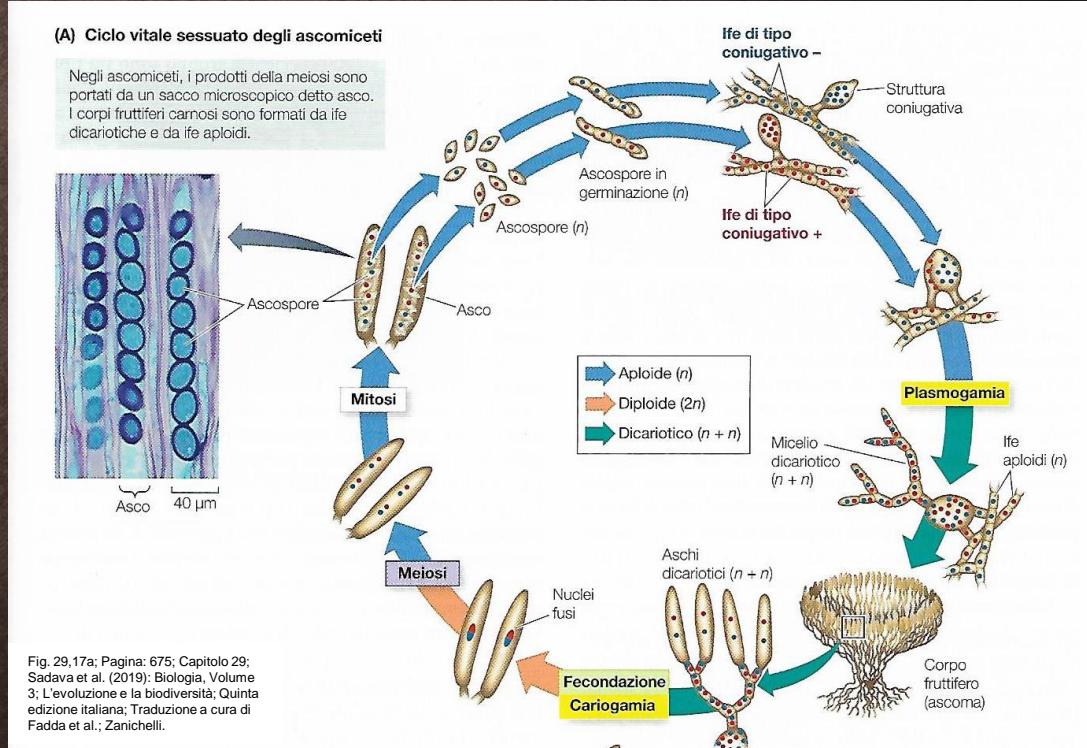
L'asco è una struttura a forma di sacco dove avviene la **cariogamia** e la **meiosi**, con formazione di **ascospore**

In questa divisione vi sono specie unicellulari come i lieviti, organismi visibili solo al microscopio

Una comune specie di lievito è il classico **lievito da cucina**, o lievito da birra, ***Saccharomyces cerevisiae***

Ascomycota

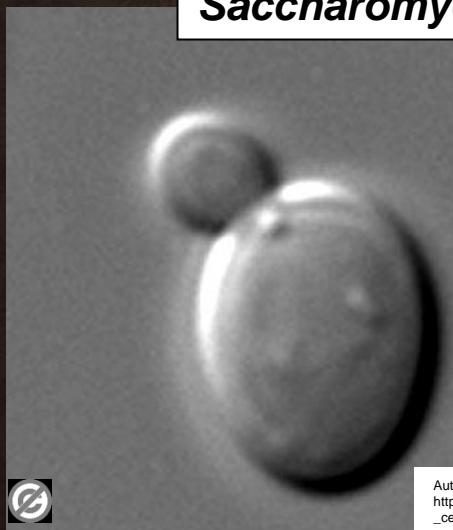
- Lieviti
- Ascomicetи filamentosi



Lieviti

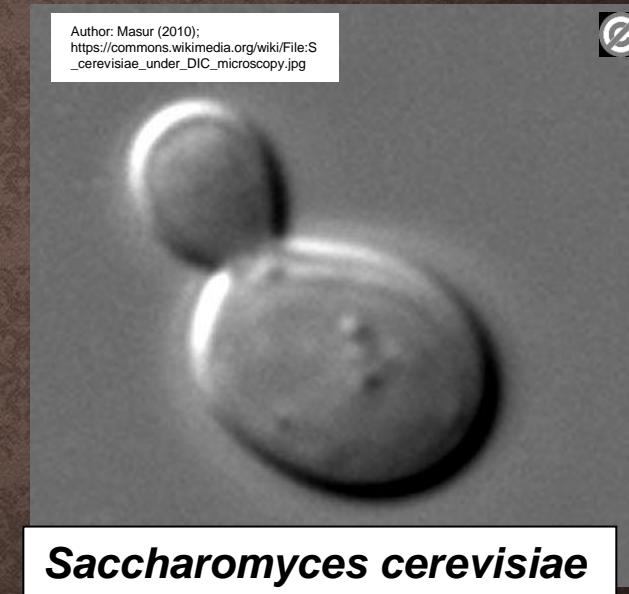
Ascomycota

- Lieviti
- Ascomiceti filamentosi



Saccharomyces cerevisiae

Author: Masur (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg



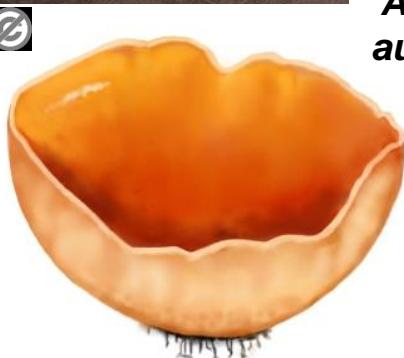
Saccharomyces cerevisiae

Author: Masur (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg

Alcune specie di lieviti, come *S. cerevisiae*, sono detti “**funghi dimorfi**” perché sono in grado di presentarsi **sia in forma unicellulare sia in forma pluricellulare**

Ascomiceti filamentosi

- Gli ascomiceti filamentosi sono i funghi nei quali **l'ascocarpo assume una forma a coppa**
- L'ascocarpo di alcuni ascomiceti è **commestibile, come ad esempio quello delle spugnole o dei tartufi**



Author: Rippitippi (2010);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tuber_aestivum_Valnerina_018.jpg

Anche **le muffle** appartengono al gruppo degli ascomiceti filamentosi

Le ife delle muffle **non producono ascocarpi di grandi dimensioni** ma producono comunque **aschi e ascospore**



**Cryphonectria
parasitica**
agente del cancro
del castagno



Basidiomycota

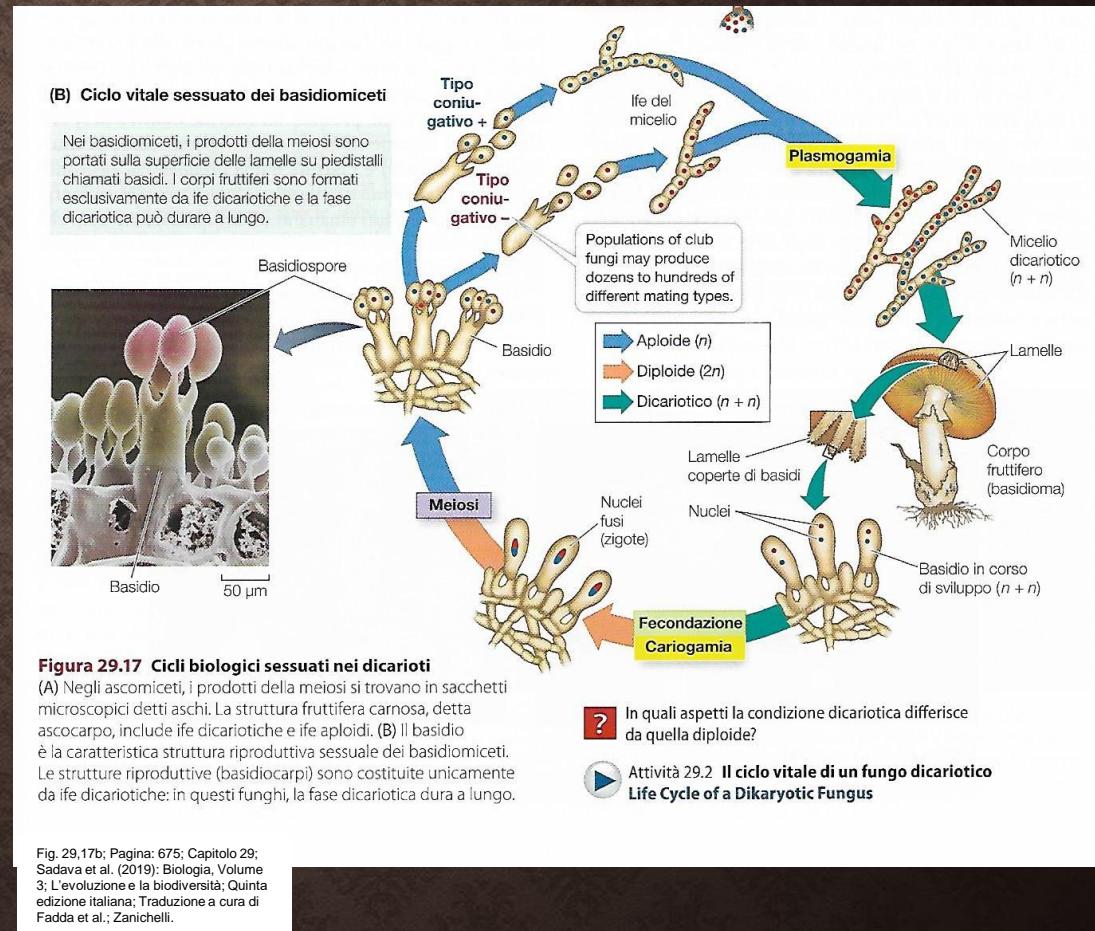
Questa divisione comprende tutti i funghi muniti di **micelio settato**, che producono **basidi** e **basidiospore non mobili**

I basidiomiceti comprendono i **funghi a cappello**, le **vescie** e i **funghi a mensola**

Questi funghi sono caratterizzati dalla capacità di produrre **basidi**, cellule apicali di forma bastoncellare **nelle quali avviene il processo meiotico** per la formazione delle **basidiospore**

La divisione comprende funghi sia unicellulari sia pluricellulari

Sono funghi **principalmente diffusi in ambienti terrestri**, ma **alcune specie sono acquatiche**



?

In quali aspetti la condizione dicariotica differisce da quella diploide?

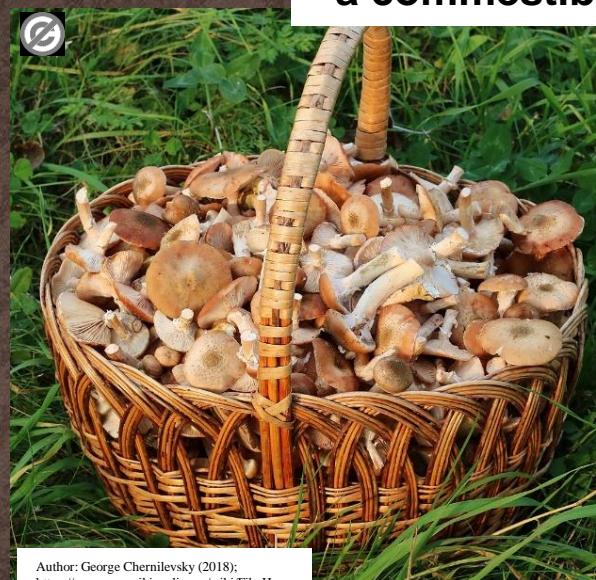
▶ Attività 29.2 Il ciclo vitale di un fungo dicariotico
Life Cycle of a Dikaryotic Fungus

Cantharellus cibarius (gallinaccio o finferlo)



Artist: Albin Schmalfuß (1897);
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pfifferling-1.jpg>

Armillaria mellea, basidiomicete a commestibilità condizionata



Author: George Chernilevsky (2018);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Honey_fungus_in_basket_2018_G1.jpg



Author: Dohdudah;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mushroom-IMG_4592.JPG

Laetiporus sulphureus



Fonte: Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana;
Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.



Author: Algirdas;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boletus_edulis_lt.jpg

Boletus edulis (porcino)