

10. REGNUL FUNGI (CIUPERCI)

10.1. Filogenia regnului fungi

Ciupercile se ramifică aproximativ în același timp cu separarea plantelor din algele verzi, mai precis, cu circa 450 milioane de ani în urmă. Filogenia lor este redată în figura 9.1, încręgăturile (filumurile) lor fiind Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota și Basidiomycota. Printre ele găsim atât organisme unicelulare, cât și multicelulare.

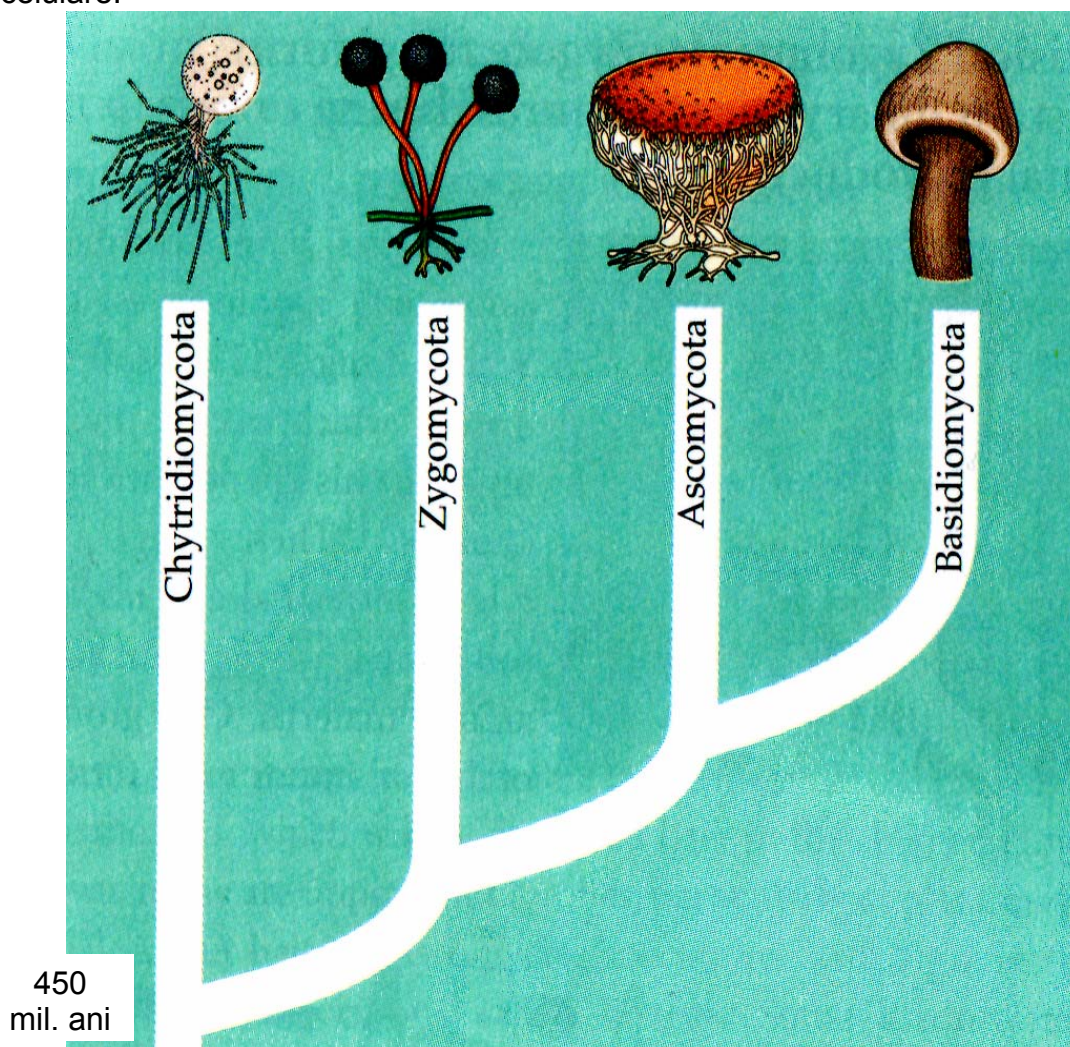


Fig. 10.1. Filogenia regnului fungi, cu 4 încręgături (fila).

10.2. Caracteristici ale regnului fungi

O trăsătură importantă a organismelor regnului fungi este **că nu sunt capabile de fotosinteză**, iar hrana și substanțele necesare pentru existență și reproducere și le asigură *prin absorbție* din mediu sau din plantele pe care le **parazitează** sau cu care **trăiesc în simbioză**. Pentru a descompune macromoleculele alimentelor, fungi excretă enzime în mediu sau în planta parazitată, capabile de a hidroliza (digera) macromoleculele, moleculele mici (de aminoacizi, zaharuri, etc.) fiind apoi absorbite prin pereții celulari. Deoarece multe specii din regnul fungi *își extrag hrana din organisme moarte*, ele au un rol principal în calitate de **descompunătoare**.

Fungi pot ocupa diverse habitaturi și se asociază simbiotic cu numeroase organisme, atât marine și de apă dulce, cât și terestre. Astfel **lichenii** sunt *rezultatul simbiozei fungilor cu alge*, și se întâlnesc în biotopuri cu condiții extreme, cum ar fi deșerturile reci și uscate ale Antarcticii și tundrele alpine și arctice, altele trăiesc în simbioză cu insecte (termite sau furnici), fiind consumatoare de celuloză.

Pentru a putea absorbi cantitățile necesare de molecule mici din mediu, este necesar ca ciupercile să aibă o suprafață specifică mare. Exceptând drojdiile, care sunt unicelulare, ciupercile și-au dezvoltat suprafețe specifice mari, prin înălțări de celule, care comunică între ele și sunt capabile de a transporta nutrienți de la o celulă la alta, la distanțe mari. Astfel de lanțuri se numesc **hyphae** (hife). Există și varianta cu celule alungite sau ramificate foarte lungi, dar prevăzute cu mai mulți nuclei, uneori sute de mii într-o singură celulă. **Rețelele** formate din astfel de lanțuri de celule sau celule gigant, se numesc **mycelia** (micelii). Celulele au formă cilindrică și dispun de pereți tubulari rezistenți, care acoperă membrana plasmatică. Între ele, celulele au pereți despărțitori prevăzuți cu orificii (**septum**). Septumul are porul destul de larg pentru a permite trecerea nu numai a citoplasmei, ci chiar și a organelor celulare (ribozomi, mitochondrii și chiar nuclei) de la o celulă la alta. Celulele miceliilor parazitare sau simbiotice pot introduce excrescențe în celulele gazdei, pentru a absorbi nutrienți din interiorul acestora (**haustoria**), figura 10.2.

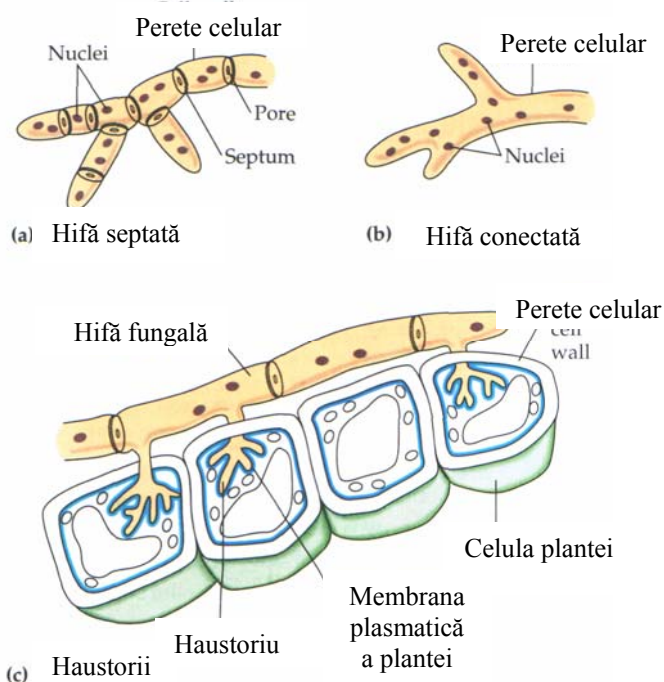


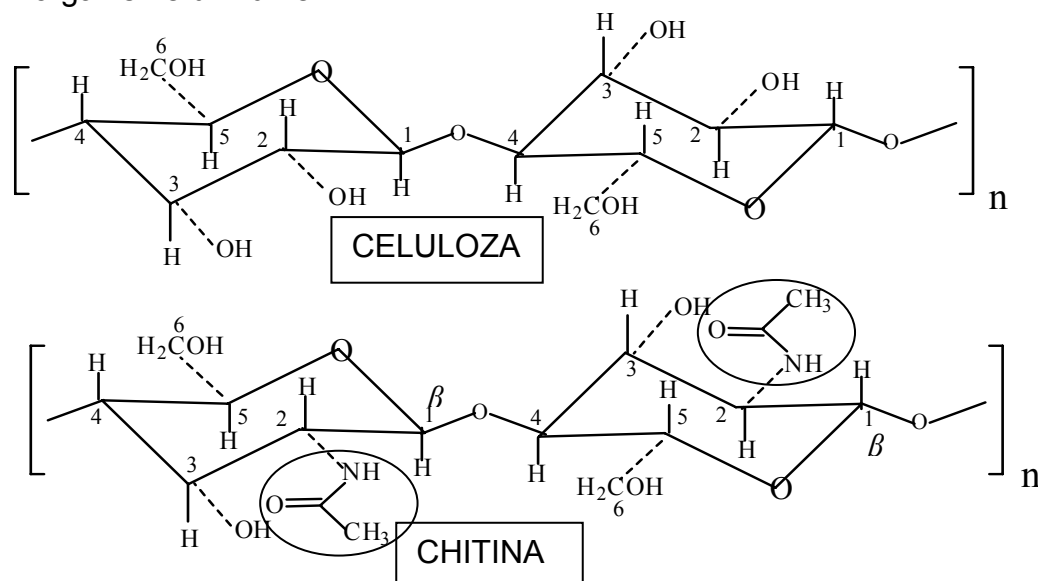
Fig. 10.2. Caracteristicile unor hife de fungus. a) cu celule mici contactate între ele prin septum și pori. b) cu celule gigant cu mulți nuclei. c) Pătrunderea *haustoriilor* crescute din celula fungală în celulele gazdă, prin peretele celular. Se vede că *haustoriul* străpunge numai peretele celular, nu și membrana citoplasmatică a celulei gazdă.

Hifele cresc foarte repede, datorită aportului de nutrienți de-a lungul lanțului, până la capătul care crește. Totodată, deoarece creșterea are loc în sol, în putregaiuri, sau chiar în lemn viu, hifa trebuie să învingă o importantă rezistență mecanică. De aceea pereții celulelor miceliului sunt construiți dintr-un material rezistent, în cele mai multe cazuri, aceeași **chitină** pe care o întâlnim la insecte. Chitina se deosebește de celuloză doar prin înlocuirea unei grupări $-OH$, cu gruparea acetamidă: $-NH-CO-CH_3$, stabilind o legătură peptidică asemănătoare cu cea din peptide.

Ca și în celuloză legătura între două molecule de glucoză se face β -glicozidic, de aceea macromoleculele formate au **structură liniară**, nu elicoidală ca la amidon. Pentru comparație mai jos se dau formulele celulozei și chitinei, prin câte două unități de glucoză, cu precizarea că fiecare a doua moleculă este răsucită cu 180° .

Chitina este foarte rezistentă, dacă ne gândim la corpul insectelor. La ciuperci această rezistență se manifestă datorită diametrelor mici ale hifelor, care sunt de ordinul a 10 μ m. Miceliul este format dintr-o rețea deasă de hife, care pot atinge 100m lungime într-un cm^3 de sol bogat în materii organice, asigurând o suprafață de contact cu solul de $\sim 32cm^2/cm^3$ de sol, iar un singur miceliu se poate întinde pe

suprafețe imense. Astfel s-a măsurat în statul Washington un miceliu, care acoperea singur o suprafață de 6,5 km². S-a stabilit că are o vârstă de mai multe mii de ani și o masă de mai multe sute de tone. Se consideră că se numără printre cele mai vechi și mai mari organisme din lume.



Pentru a ilustra principalele caracteristici ale regnului fungi, în figura 10.3 se redă (după 2.p.575) structura miceliului unei ciuperci, cu structura reproductivă (picior și pălărie), alături de fotografii cu ciuperci: micelii și structuri reproductive (pălării).

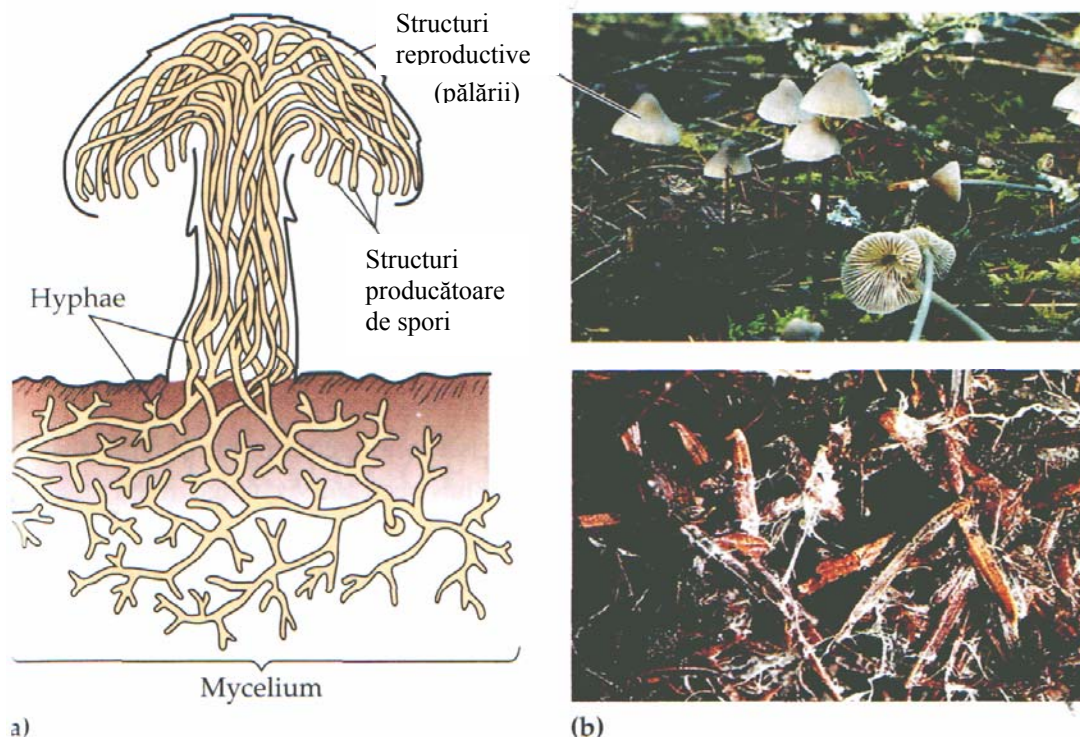


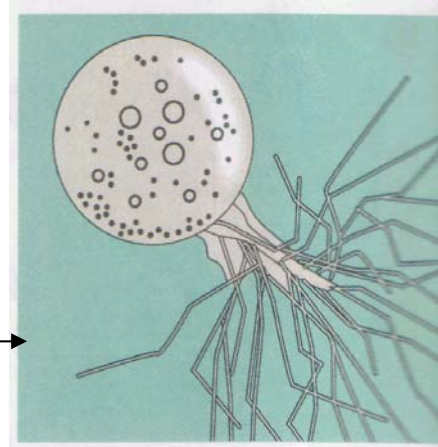
Fig. 10.3. Miceliul unor ciuperci. a) Redarea schematică a miceliului, atât a părții din sol, cât și părții care formează piciorul și pălăria, inclusiv terminațiile producătoare de spori. b). Sus: miceliu din care cresc ciupercile în fiecare toamnă (*Mycena*). Jos: fotografia părții vegetative a unui miceliu (firele albe, ca bumbacul), care se alimentează din ace de conifere în descompunere.

10.3. Reprezentanți ai regnului fungi.

10.3.1. Încrângătura *Chytridiomycota*,

Chitridele, trăiesc mai ales în apă și reprezintă veriga de legătură între protiste și fungi. Sporii lor sunt uniflagelați (fac excepție la restul organismelor din regnul Fungi). Figura 10.4. reprezintă o astfel de chitridă. Ca număr de specii și rol ecologic au o importanță mai mică decât celelalte filae din regnul fungilor.

Fig. 10.4. O Chitridă. Hifele ramificate asigură o mare suprafață de contact cu mediul, pentru absorbția nutrienților. ([2] p.577)



10.3.2. Încrângătura *Zygomycota*, include diverse mucegaiuri, printre care mucegaiul negru al pâinii (*Rhizopus stolonifer*), a carui ciclu vital este redat în figura 10.5. Hifele sale se ramifică și pătrund în aliment, de unde își absorb nutrienții. Alte specii își extrag nutrienții descompunând bălegarul lăsat de animale pe iarbă (*Pilobolus*).

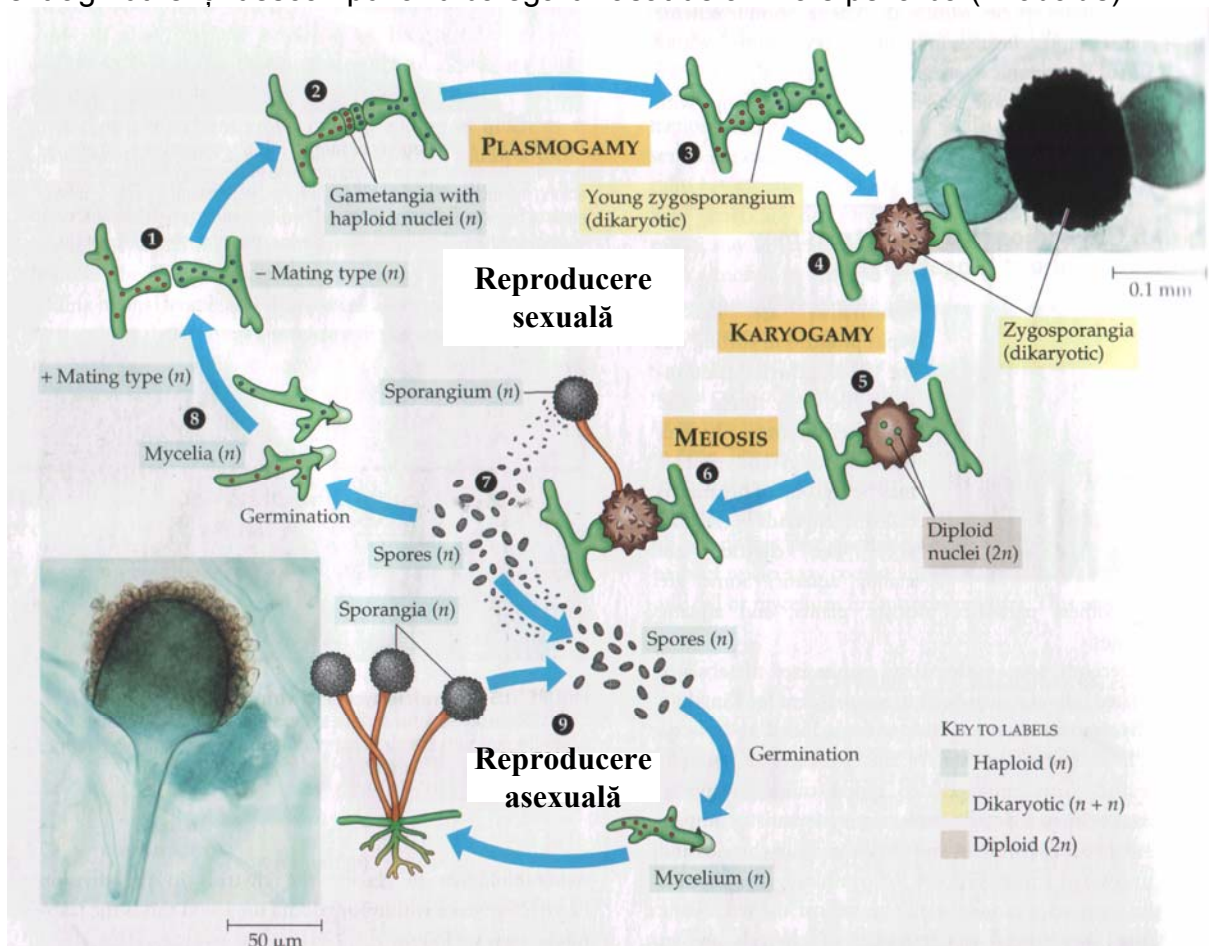


Fig.10.5. Ciclul vital al mucegaiului negru al pâinii. ([2].p.578).

10.3.3. Încrângătura *Ascomycota* (fungi cu sac) are câteva specii de interes pentru om. Aici se încadrează trufele, ciuperci, care au sacul cu spori în pământ și atrag animalele cu un miros specific, pentru a fi consumate și astfel să disemineze spori. Trufele sunt delicatese pentru gurmanzi. Figura 10.6 reprezintă câteva exemple de *Ascomycota*.



Fig. 10.6. a) *Hypoxylon multiformae* (ciuperca cărbunelui) formează ascocarpi (saci) pe trunchiuri de copaci, miceliul descompunând lemnul pentru a extrage nutriția. b) Trufele își ascund ascocarpi în sol. *Tuber melanosporum* este o specie foarte apreciată gastronomic, și se vinde la prețuri exorbitante (~\$1200 pentru 1 kg). c) Ascocarpi comestibil de *Morchella asculata*, o specie de ascomicete cu căciula spongioasă. Trăiește în asociație cu rădăcini de plante. ([2].p.579)

Tot la ascomycete se clasifică speciile de *Penicillium*, printre care mucegaiul albastru (figura 10.7). Tot o specie de *Penicillium* produce cunoscuta penicilină.

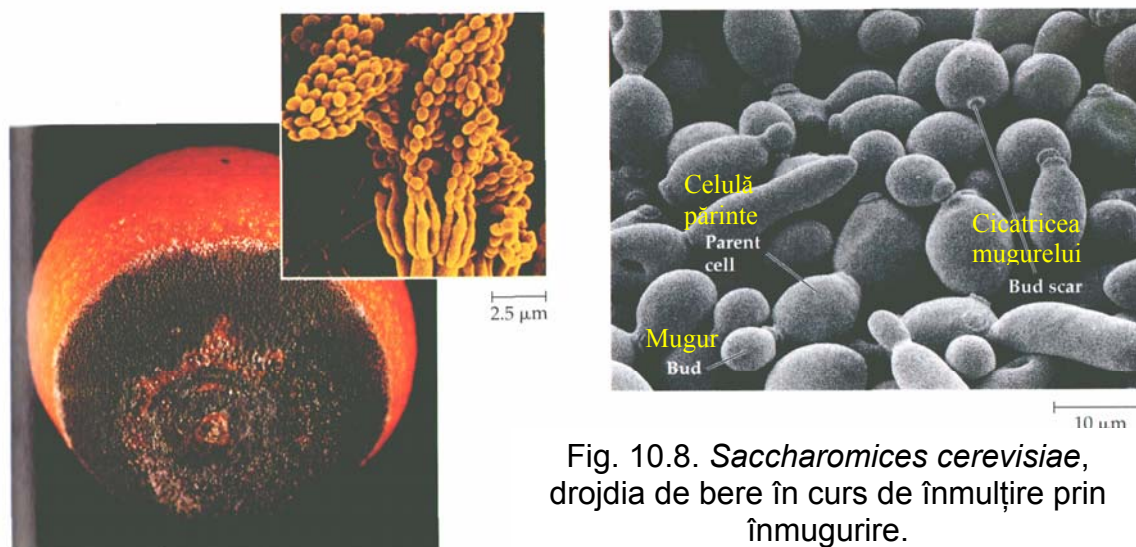


Fig. 10.8. *Saccharomyces cerevisiae*, drojdia de bere în curs de înmulțire prin înmugurire.

Fig. 10.7. O portocală mucegăită cu mucegai albastru. Sus: La capătul hifelor conidifore se produc lanțuri de conidii (spori asexuali), care se împrăștie pentru reproducere.

Alte specii de *Penicillium* produc enzime care sunt utile la fermentarea unor cașcavaluri cu gust deosebit, cum ar fi Camembert, Bucegi, "Blue cheese", Roquefort. Pentru acesta din urmă laptele de capră este lăsat să se "infecteze" natural în anumite peșteri de către sușe sălbatice de *Penicillium roquefortii*.

Drojdia de bere, *Saccharomices cerevisiae*, tot o ascomicetă, este cea care provacă fermentarea berii (figura 10.8) și creșterea pâinii, alături de drojdia de vin (*Saccharomices elipsoideus*).

O asociere interesantă o constituie **lichenii**, care deseori sunt confundați cu mușchii. În realitate ei sunt o asociație simbiotică de milioane de microorganisme fotosintetice, de cele mai multe ori alge verzi sau cianobacterii, înglobate într-o rețea de hife fungale (de regulă tot de ascomicete, mai rar basidiomicete). Modul cum este alga înglobată în miceliu se poate vedea din figura 10.9. Simbioza este avantajoasă pentru ambele părți. Algele sau cianobacteriile asigură hrana pentru fungus (cianobacteriile sunt și fixatoare de azot), în timp ce hifele fungusului asigură un mediu umed propice pentru dezvoltarea algelor și bacteriilor. Lichenii sunt importanți ecologic deoarece sunt capabili de a se instala pe roci golașe, făcând primul pas pentru crearea unui mediu propice apariției altor forme de viață.

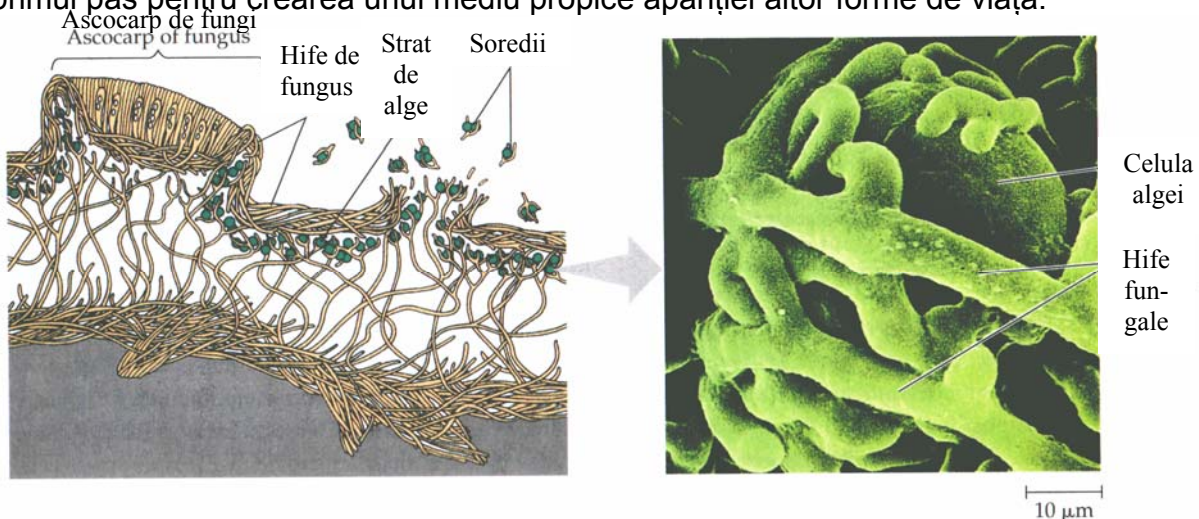


Fig. 10.9. Structura lichenilor. În dreapta, schița arată fixarea algelor între două straturi dese de hife, care le protejează. În stânga se vede cum este încojuroată alga de hifele fungale.

Lichenii rezistă la temperaturi foarte joase (în tundra arctică constituie sursă de hrană pentru caribu și reni) sau la secetă (când își reduc foarte mult activitatea). În schimb când plouă pot absorbi de 10× mai multă apă decât propria greutate și prin aceasta contribuie la tamponarea scurgeii apei după ploaie și evitarea inundațiilor datorate apelor provenite din munți. Fotosinteza reîncepe imediat ce umiditatea ajunge la 65-70%.

Lichenii sunt primii care populează pădurile arse sau solul și roca goală. Prin enzimele pe care le produc și le elimină, atacă rocile descompunându-le, putându-se fixa de ele. Se numără printre cele mai vechi vietăți cunoscute, având uneori vârste de mii de ani.

Totuși lichenii nu rezistă bine la poluarea atmosferei, mai ales datorită căii pasive de a absorbi nutrienții din apa adusă de ploaie. În special sunt sensibili la SO₂. Înlocuirea spontană a lichenilor cu alte specii mai rezistente la poluare poate fi un semnal de alarmă asupra gradului periculos de poluare atmosferică.

10.3.4. Încrengătura *Basidiomicota* cuprinde ceea ce înțelegem de regulă sub termenul “ciuperci”. Figura 10.10. dă aspectul câtorva dintre acestea. *Basidiomicota* se caracterizează prin picior și pălărie și includ majoritatea ciupercilor comestibile.

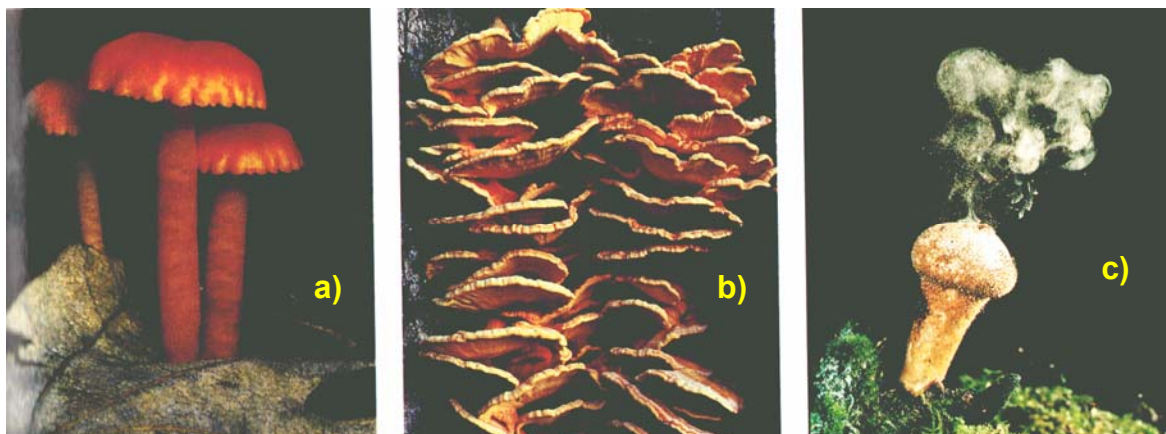


Fig10.10. a) *Hygrophorus*, din pădurile de stejar, b) *Laetiporus sulphureus*, ciupercă crescută pe trunchiul unui copac (este descompunătoare a lemnului) ([20], 554). c) *Lycoperdon gemmatum*, împrăștiindu-și sporii. ([2].p.581).

10.4. Rolul ecologic al fungilor

Așa cum s-a putut vedea mai sus la caracterizarea fungilor și la discuția diferitelor încrengături, fungii au un rol imens ca descompunători, alături de bacterii, asigurând reciclarea substanțelor necesare vieții. Fungii sunt specializați mai ales în descompunerea materialului lemnos, atât a **celulozei**, cât și a **ligninei**. Aerul fiind plin de spori fungali, în clipa când moare o frunză sau un copac, acestea se acoperă imediat cu spori și începe formarea hifelor care, așa cum s-a văzut, pătrund prin extensii (*haustoria*) în celulele plantei și încep procesul de descompunere.

Din păcate ciupercile descompunătoare nu fac deosebirea între o frunză căzută, care trebuie reciclată, și un fruct, care ne servește nouă ca hrană. De aceea atacul mucegaiurilor asupra alimentelor, mai ales a celor depozitate, produce mari pagube ramurilor economice legate de producția și păstrarea alimentelor, pierderi care în cazul fructelor se ridică la valori între 10% și 50% din producție. **Etilena**, un hormon care stimulează coacerea fructelor, stimulează și sporii fungali provocând germinarea și grăbind atacul asupra acestora.

Unele ciuperci pot să descompună chiar materialele plastice (acești fungi s-ar putea folosi pentru eliminarea deșeurilor de materiale plastice, care se adună în cantități îngrijorătoare).

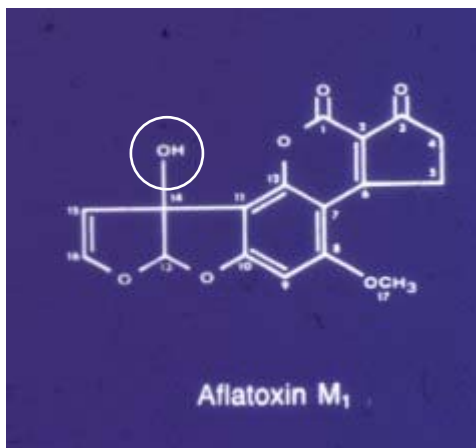
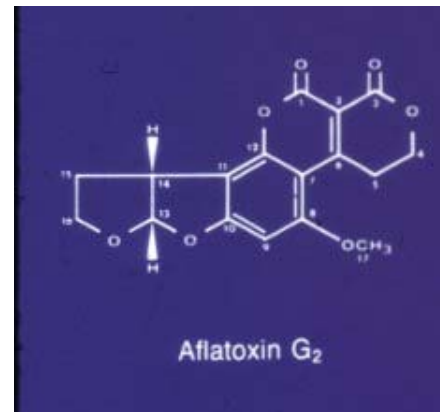
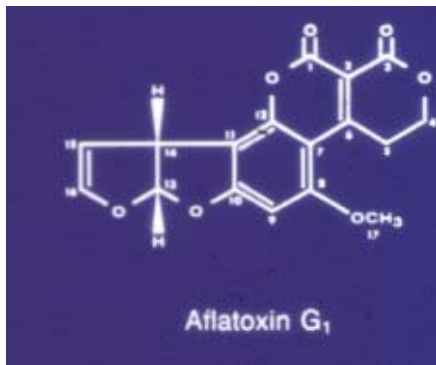
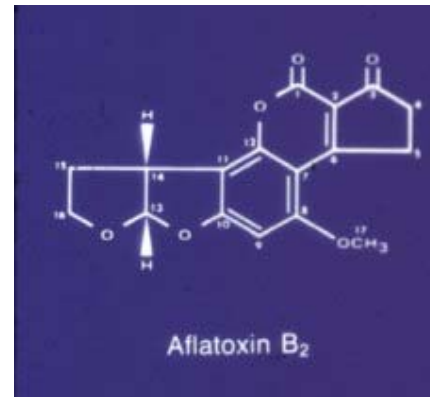
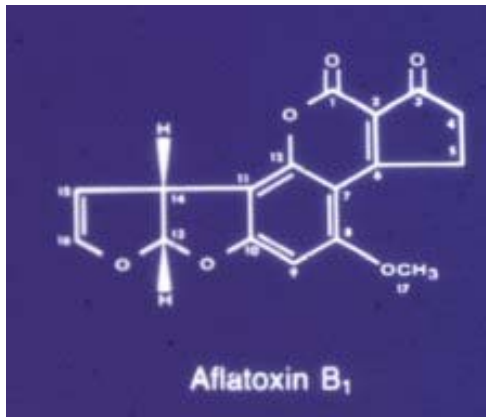
În sfârșit, unele ciuperci sunt patogene. De exemplu unele specii de *Aspergillus*, care atacă culturi de cereale, alimente de tot felul și produc **aflatoxine**¹ cancerigene și mutagene (mai nou s-a tras alarma în legătură cu bioaua de ardei din Ungaria cu conținut de aflatoxine) (vezi formule mai jos și alte micotoxine în ¹). **Cornul secarei** (tot aparținând ascomicetelor) conține toxine care pot duce la moarte. Din cornul secarei s-a izolat și **acidul lisergic**, materia primă pentru drogul LSD² (vezi mai jos), care este dietilamida acidului lisergic³ și este un puternic halucinogen, unul dintre cele mai periculoase droguri depersonalizante. ([16].p.164).

Dar din ciuperci se pot extrage și medicamente. Tot din cornul secarei se pot extrage substanțe care scad tensiunea arterială, sau opresc sângerarea.

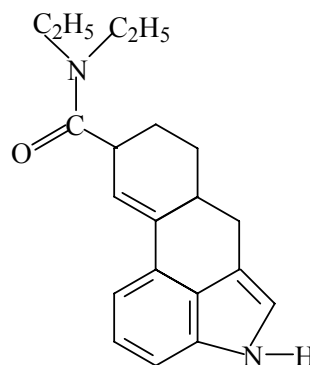
¹ www.ansci.cornell.edu; aflatoxines

² www.nida.nih.gov/Infofacts/LSD.html;

³ Lysergic acid diethylamide. The Simple English Wikipedia



Principalele **aflatoxine** ("afla" de la *Aspergillus flavus*) se notează cu B₁, B₂, G₁, G₂, produșii metabolici M₁ și M₂ fiind și ei toxici. Ultimii se află în laptele vacilor hrănite cu furaje mucegăite și rezultă prin hidroxilarea la carbonul 14 a lui B₁, respectiv B₂ (cercul din figură).



LSD
Dietilamida
cidului lisergic

În ansamblu, regnul fungi este un component important al ecosistemelor, contribuind la echilibrul ecologic în ecosisteme și biomuri.