

دانش اگر در ثریا هم باشد مردمانی از سرزمین پارس بر آن دست خواهند یافت.

پیامبر اعظم (ص)

شرح جامع

قارچ شناسی

«مهندسی کشاورزی– بیماری شناسی گیاهی»

مؤلفان: حسین کاری دولت‌آبادی- ناصر محمدی

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجایی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای منابع مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آن وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی که شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای داوطلبان عزیز را پوشش داده است. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنابراین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

نـاشـــــــر

www.arshadbook.ir

پیشگفتار مولف

به نام خداوند رای و خرد

علم قارچ شناسی و بیماری های قارچی گیاهان یکی از مهمترین علوم در زمینه کشاورزی و حفظ نباتات محسوب می شود که بدلیل کثرت گونه های قارچی شناخته شده جهان و تعداد گونه های قارچی مورد انتظار و تنوع بیمارهای گیاهی ناشی از آن‌ها در خور توجهی دقیق و اهتمامی شایان است. با توجه به این که در طبقه‌بندی قارچها در سال‌های اخیر تغییرات زیادی به وجود آمده است و کتابی که بتواند این تغییرات را پوشش دهد وجود ندارد ما را بر آن داشت این کتاب را به رشته تألیف در بیاوریم تا بدین وسیله کمبود موجود تا اندازه‌ای مرتفع گردد. در فصل‌های این کتاب مشخصات عمومی، اهمیت و اکولوژی، روش‌های تکثیر و تغییرات جدید رده‌بندی آورده شده است.

علی‌رغم دقت زیاد در تدوین مطالب و اجتناب از اشتباهات چاپی عقیده بر این است که عاری از کم و کاستی و ایراد نمی‌باشد. لذا از خوانندگان تقاضا می‌شود با ارائه پیشنهادات خود ما را در چاپ‌های بعدی یاری نمایند.

در پایان بر خود واجب می‌دانم تا از صمیم قلب از تمام کسانی که ما را در تألیف این کتاب یاری فرموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

حسین کاری دولت آبادی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

مقدمه ۱۱
تاریخچه ۱۱
اهمیت قارچها ۱۲
خصوصیات قارچها ۱۳

فصل دوم: رده بندی

طبقه‌بندی موجودات زنده ۳۱
طبقه‌بندی قارچها ۳۳
تعریف دو اصطلاح ۳۴

فصل سوم: کیتریدها (CHYTRIDS)

مشخصات عمومی ۴۱
اهمیت ۴۱
اندام‌های رویشی ۴۲
تولید مثل غیرجنسی ۴۲
زئوسپور ۴۳
تولید مثل جنسی ۴۳
اسپورهای مقاوم ۴۴
رده‌بندی ۴۴
شاخه Chytridiomycota ۴۵
شاخه Blastocladiomycota ۴۷
شاخه Neocallimastigomycota ۴۸

عنوان **صفحه**

فصل چهارم: قارچهای زیگومیستی ZYGOMYCETE -TYPE FUNGI

مشخصات عمومی ۵۵
اهمیت و اکولوژی ۵۵
تولید مثل غیرجنسی ۵۵
تولید مثل جنسی ۵۶
رده‌بندی ۵۷
زیر شاخه Mucoromycotina ۵۷
زیر شاخه Entomophthoromycotina ۶۰
زیر شاخه Zoopagomycotina ۶۱
زیر شاخه Kickxellomycotina ۶۱

فصل پنجم: شاخه GLOMEROMYCOTA

مشخصات عمومی ۶۹
اهمیت واکولوژی ۶۹
رده‌بندی ۷۰
شناسایی قارچهای AM ۷۰
مشخصات راسته‌ها ۷۲

فصل ششم: شاخه ASCOMYCOTA

مشخصات عمومی ۸۱
اندام‌های رویشی ۸۱
تولید مثل غیرجنسی ۸۲
تولید مثل جنسی ۸۲
مکانیزم تشکیل آسک و آسکوسپور ۸۳
آسک‌ها ۸۴
آسکوکارپ و انواع آن ۸۴
ساختار عقیم داخل آسکوکارپ ۸۵
رده‌بندی ۸۶
زیرشاخه Taphrinomycotina ۹۰
زیر شاخه Saccharomycotina ۹۲
زیر شاخه Pezizomycotina ۹۴
قارچهای ناقص شاخه آسکومیکوتا ۱۲۱

عنوان صفحه

فصل هفتم: شاخه BASIDIOMYCOTA

مشخصات عمومی ۱۳۳
اهمیت ۱۳۳
ساختار رویشی ۱۳۳
بازیدیوم ۱۳۵
بازیدیوسپور ۱۳۵
بازیدیوکارپ ۱۳۶
تولید مثل غیرجنسی ۱۳۶
تولید مثل جنسی ۱۳۶
رده‌بندی ۱۳۶
زیر شاخه Agaricomycotina ۱۳۷
زیر شاخه Pucciniomycotina ۱۴۱
زیر شاخه‌ی Ustilaginomycotina ۱۴۶
قارچهای ناقص شاخه بازیدیومیکوتا ۱۴۹

فصل هشتم: شاخهOOMYCOTA

مشخصات عمومی ۱۵۷
اهمیت و اکولوژی ۱۵۸
تولید مثل غیر جنسی ۱۵۹
تولید مثل جنسی ۱۵۹
رده‌بندی ۱۶۱
راسته Saprolegniales ۱۶۱
راسته Leptomitales ۱۶۲
راسته Rhipidiales ۱۶۳
راسته Albuginales ۱۶۳
راسته Pythiales ۱۶۳
راسته Peronosporales ۱۶۴

فصل نهم: شاخه HYPHOCHYTRIOMYCOTA

فصل دهم: شاخهLABYRINTHULOMYCOTA

عنوان **صفحه**

فصل یازدهم: شاخه PLASMODIOPHOROMYCOTA

فصل دوازدهم: شاخه MYXOMYCOTA

مشخصات عمومی ۱۹۳
اهمیت و اکولوژی ۱۹۳
چرخه زندگی ۱۹۴
رده‌بندی ۱۹۶
راسته LICEALES ۱۹۶
راسته ECHINOSTELIALES ۱۹۶
راسته TRICHIALES ۱۹۷
راسته PHYSARALES ۱۹۷
راسته STEMONITALES ۱۹۷
راسته CERATIOMYXALES ۱۹۷

فصل سیزدهم: شاخه DICTYOSTELIOMYCOTA

مشخصات عمومی ۲۰۳
اهمیت و اکولوژی ۲۰۳
تولید مثل غیر جنسی ۲۰۳
تولید مثل جنسی ۲۰۴
رده‌بندی ۲۰۴

فصل چهاردهم: شاخه ACRASIOMYCOTA

فصل اول

کلیات

عناوین اصلی

- مقدمه
- تاریخچه
- اهمیت قارچ‌ها
- خصوصیات قارچ‌ها

فصل اول

کلیات

مقدمه

قارچ شناسی[1] علمی است که به مطالعه علمی قارچها می‌پردازد. در قارچ شناسی تک‌تک قارچها از لحاظ تاکسونومیکی، بیولوژیکی، ژنتیکی و غیره مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علم قارچ شناسی به عنوان یکی از شاخه‌های زیست شناسی، مثل سایر علوم تجربی بر مشاهده و آزمایش استوار است. هدف این علم شناسایی انواع مفید و مضر و مطالعه چگونگی استفاده از انواع مفید و مقابله با انواع مضر قارچها در زندگی است.

تاریخچه

آغاز علم قارچ شناسی در گذشته به درستی معلوم نیست. ولی قبل از اختراع میکروسکوپ، قارچهای کلاهدار توجه زیست شناسان قدیمی را به خود جلب نمودند. با اختراع میکروسکوپ توسط وان لیون هوک (Van Leeuwen Hoek) در قرن هفدهم میلادی مطالعه سیستماتیک قارچها شروع گردید و پیر آنتونیو میچلی (Pier Antonio Micheli) دانشمند گیاه شناس ایتالیایی اولین کسی بود که مطالعه علمی قارچها را شروع کرد. میچلی کتاب خود را تحت عنوان Nova Plantarum Genera که نتیجه مطالعه او روی قارچها بود، در سال ۱۷۲۹ میلادی منتشر کرد. بخاطر تحقیقات عمده و اولیه‌ای که او روی قارچها انجام داد، موسس علم قارچ شناسی لقب گرفته است. لینه گیاه شناس مشهور سوئدی و ابداع کننده سیستم نامگذاری دو اسمی موجودات (Binomial Nomenclature) متأسفانه در درک اهمیت قارچها ناتوان بود و تعداد کمی از قارچها را در کتاب خود به نام Species Plantarum ذکر نموده است. کمک مهم لینه به قارچ شناسی را می‌توان در وارد کردن آنها به سیستم لاتین نامگذاری دانست. اصول طبقه بندی جدید قارچها توسط تعدادی از دانشمندان انجام گرفت و دو کار برجسته در طی این دوره چاپ شدند و شامل کتاب Synopsis Methodica Fungorum توسط پرسون (Persoon) در سال ۱۸۰۱ و کتاب ۳ جلدی Systema Mycologicum در سالهای ۱۸۳۲-۱۸۲۱ توسط فریز (Fries) هستند.کتاب فریز هرچند بدون استفاده از میکروسکوپ های پیشرفته نوشته شده است ولی یکی از مهمترین کتاب های قارچ شناسی سیستماتیک است و اساسی برای سیستم امروزی طبقه بندی است. فریز به عنوان لینه قارچ شناسی نامیده شده است.

در بین سالهای ۱۳۲۰ تا ۱۳۴۲ قارچ شناساسان ایرانی نیز بررسیهای خود را شروع کرده‌اند و نتایج تحقیقاتشان انتشار یافته است. بعضی از پژوهندگان که در این دوره به رشته قارچ شناسی در ایران خدمت کرده‌اند عبارتند از اسفندیار اسفندیاری، عزت‌اله خبیری و قوام‌الدین شریف. از سال ۱۳۴۲ به بعد، قارچ شناسان ایرانی قارچها را بر حسب ضرورت، روی

۱- mycology : اصطلاحی که از ترکیب دو لغت mykes یعنی قارچ و Logos یعنی شناخت تشکیل شده و صحیح آن mycetology است.

اندام‌های گیاهی و یا پس از جدا سازی و کشت و پرورش آنها در محیط‌های کشت مطالعه و شناسایی کرده‌اند. مطالعات قارچ شناسی در این زمان به طور عمده در موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی و تا حدی در دانشگاهها به وسیله محققان و استادان ایرانی به عمل آمده است. جعفر ارشاد، قربانعلی حجارود، جواد فاطمی از جمله قارچ شناسان این دوره به شمار می‌آیند.

اهمیت قارچها

از زمان مطالعه رده بندی قارچها فقط ۲۵۰ سال می‌گذرد اما آثار آنها هزاران سال مشهود است و تهیه سرکه و نان برای مردم عادی همواره معمول بوده است. در حقیقت قدیمی‌ها بخوبی با تخمیرهای بیولوژیک آشنایی داشتند. گرچه امروز می‌دانیم که تخمیرها بوسیله برخی از قارچهای تک سلولی به نام مخمرها (yeasts) انجام می‌شود، مصریها تخمیر را هدیه‌ای بزرگ از جانب خدای اسیریس(God osiris) برای نوع بشر می‌دانستند و یونانیها و رومیها در جشن‌ها و مراسم خود از این مواد و حتی مجسمه‌های سنگی آنها استفاده می‌کردند. رومیها رشد قارچها را در اثر برق زدگی به خدای زمین (Jupiter) نسبت می‌دادند. زندگی انسان‌ها ارتباط نزدیکی با قارچها دارد. بطوریکه روزی را نمی‌توان یافت که در آن ما بطور مستقیم یا غیر مستقیم وجود قارچها را در محیط زیست خود احساس نکنیم. قارچها را می‌توان بر اساس نوع رابطه با زندگی انسان‌ها به دو گروه مفید و مضر تقسیم نمود. گروه بزرگی از قارچ ها مفید هستند در حالیکه انواع مضر آن ها کمتر می‌باشد.

قارچها مهمترین عوامل تجزیه سلولز، لیگنین و ترکیبات اولیه چوبی در اکوسیستم های جنگلی هستند و بدین ترتیب باعث می‌شوند بعد از مرگ درختان و حتی جانوران مواد غذایی به اکوسیستم برگردد. از طرف دیگر تعدادی از قارچها باعث پوسیده شدن محصولات چوبی در خطوط راه آهن و تلفن و اسکلت‌های چوبی ساختمانها بخصوص در مناطق مرطوب می‌گردند. از انواع مفید قارچها در صنایع غذایی و دارویی بطور وسیع استفاده می‌شود. مواد آنتی بیوتیکی مثل پنی‌سیلین، مهمترین موادی هستند که توسط قارچها تولید و در پزشکی بر علیه بسیاری از باکتری‌ها و قارچها بکار گرفته می‌شوند. پنی سیلین برای اولین بار به صورت تجارتی از قارچ *Penicillium chrysogenum* بدست آمده است. قارچهایی که در صنایع تخمیری از آنها استفاده می‌شود نیز مهم هستند. انواع مختلفی از قارچها از دیرباز مستقیماً توسط انسان به عنوان غذا مصرف می‌شوند. در حال حاضر تولید قارچها بصورت یک صنعت سودمند برای بسیار از کشورها در آمده است. قارچ *Agaricus brunescens* یکی از عمده‌ترین قارچهای خوراکی است که به صورت تجاری تولید می‌شود. اگرچه گونه‌های دیگری نیز توسط تولید کنندگان به بازارها عرضه می‌شوند. قارچهای متعددی نیز برای انواع مواد غذایی بکار می‌روند. بطور مثال گونه‌هایی از قارچ *Penicillium* به عنوان چاشنی برای تولید پنیرهایی به نام کاممبرت (camembert) بکار می‌روند.

قارچهایی که برای کنترل بیولوژیکی آفات، بیماریها و علف‌های هرز در کشاورزی بکار می‌روند از انواع مفید هستند. تعدادی از گونه‌های قارچ *Trichoderma* به خوبی برای مبارزه با قارچهای بیماریهای گیاهی استفاده می‌شوند، محققین از بعضی از عوامل بیماریزای قارچی گیاهان به عنوان عوامل کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز استفاده می‌کنند. به این عوامل، علف‌کشهای قارچی (mycoherbicide) می‌گویند. بهترین مثال برای علف کش‌های قارچی، زیر گونه‌ای از قارچ *Colletotrichum gloesporioides* است که برای کنترل یک نوع علف هرز در مزارع برنج استفاده می‌شود.

میکوریزها گروهی از قارچها هستند که ریسه‌های آنها اندام خاصی را در ریشه بعضی از گیاهان ایجاد کرده و با آن رابطه همزیستی برقرار می‌کنند. این اندامها منافع زیادی را در جذب آب و مواد غذایی به گیاهان می‌رسانند و برای خود قارچ نیز سودمند هستند.

برای مطالعه پایه‌ای مراحل زیستی و ژنتیک، انواعی از قارچها موجودات آزمایشگاهی بسیار مفیدی را تشکیل می‌دهند.

یکی از مشهورترین قارچی که به فراوانی در آزمایشگاههای ژنتیکی بکار می‌رود *Neurospora Crassa* است. قارچ مخمر *Saccharomyces cerevisiae* نیز همراه با قارچهایی مثل *Aspergillus nidulans* کاربرد زیادی در این زمینه دارند.

قارچها بدلیل ایجاد بیماریهای گیاهی اهمیت بسیار زیادی برای انسان‌ها دارند. اکثر گیاهان زراعی توسط تعدادی از بیماریهای قارچی مورد حمله قرار گرفته و خسارت زیادی را متحمل می‌شوند. نمونه‌هایی از بیماریهای قارچی گیاهان شامل انواع سیاهک‌های غلات (ناشی از قارچهای *Tilletia* و *Ustilago*)، زنگ‌های غلات (ناشی از قارچ *Puccinia*)، سفیدک‌های سطحی (ناشی از قارچهای راسته *Erysiphales*)، بلاست برنج (ناشی از قارچ *Magnapothe*)، ارگوت چاودار (توسط قارچ *Claviceps*)، بیماریهای ناشی از گونه‌های قارچ *Fusaium* و تعداد بسیار زیادی از بیماریهای مهم دیگر هستند. از طرف دیگر، تعدادی از قارچها روی انسان و حیوانات بیماریزا هستند. به طور مثال Candidiasis توسط *Candida albicans* در انسان ایجاد می‌شود. این قارچ یکی از اعضای همیشگی میکوفلور انسان است که با کم شدن فعالیت سیستم ایمنی بدن، موجب بروز بیماری می‌گردد.

خصوصیات قارچها

قارچها در سراسر کره زمین، در خشکیها، آبهای شیرین، آبهای شور دریاها و اقیانوس‌ها پراکنده هستند. قارچها گروهی از موجودات هتروتروف‌اند که فاقد کلروفیل هستند و به ترکیبات آلی از قبل ساخته شده نیاز داشته که به عنوان منابع کربن و انرژی برای تأمین نیازهای سلولی استفاده کنند. آنها بدلیل داشتن بعضی از صفات مانند دیواره مشخص سلولی، غیر متحرک بودن (هرچند که بعضی از گونه‌ها، سلول‌های تولیدمثلی متحرک دارند) و تولیدمثل از طریق اسپورها، مشابه با گیاهان ساده هستند، ولی بدلیل نداشتن ریشه، ساقه، برگ و سیستم پیچیده آوندی با گیاهان عالی تفاوت دارند. کربوهیدرات اصلی ذخیره‌ای در قارچها گلیکوژن است، در حالیکه در گیاهان نشاسته می‌باشد.

اغلب قارچها دارا یک ساختار رشته‌ای منشعب متشکل از سلول‌ها، با رشد قدامی و شاخه شاخه شدن جانبی هستند. قارچها دارای چرخه زندگی ویژه‌ای هستند که با جوانه زدن اسپور (spore) یا اندام استراحتی (resting structure) شروع و با فرایندی از رشد ادامه پیدا می‌کند که طی آن از یک محیط غذایی (مصنوعی یا بافت زنده میزبان) برای تولید بیوماس استفاده می‌کنند.

در انتهای رشد، اسپورزایی رخ می‌دهد که در آن اندام زاد آوری غیرجنسی یا جنسی و یا هر دو تولید می‌شوند. این اسپورها از میسلیوم مادر جدا و پخش می‌شود.

اندام رویشی در قارچها

ریسه یا هیف (hypha) مهمترین اندام رویشی در قارچها است که با رشد در جهات مختلف، انشعابات متعددی پیدا می‌کند. هر رشته هیف معمولاً از جوانه زدن اسپور (spore) تولید می‌شود و متشکل از لوله باریک و شفافی است که بوسیله یک دیواره سلولی، غالباً از جنس کیتین احاطه می‌شود که در داخل آن پروتوپلاست وجود دارد. این رشته از طریق رشد در نوک دراز می‌شود و از طریق شاخه شاخه شدن تکثیر می‌یابد و شبکه یکنواختی را ایجاد می‌کند که میسلیوم (mycelium) نام دارد. میسلیوم معمولاً تمایل دارد که کم و بیش نسبت به یک نقطه مرکزی بطور مساوی و در جهات مختلف رشد کند و حاصل این عمل تشکیل پرگنه یا کلنی (clony) است. رشته‌های هیف تشکیل دهنده میسلیوم ضمن پیشرفت درون بافت یا روی سطح میزبان یا محیط غذایی، مواد غذایی مورد نیاز قارچ را جذب می‌کنند. در آزمایشگاه با کشت قارچها روی محیط-های کشت مصنوعی، تشکیل کلنی را می‌توان به خوبی مشاهده کرد.

در بعضی از قارچ‌های دیگر که به نام مخمر نامیده شده‌اند، اندام رویشی به صورت تک سلولی بوده و قادر به تکثیر سریع به روش جوانه زنی یا تقسیم دو نیم شدن هستند. بعضی از گونه‌های قارچی می‌توانند به صورت مخمری و میسلیومی موجود باشند و به آنها قارچهای دو شکلی (dimorphic fungi) می‌گویند.

هیف‌های قارچ دو نوع هستند:

۱- هیف‌های بند دار (Septate hyphae): ریسه بیشتر گونه‌های قارچی در بعضی نقاط توسط تیغه یا دیواره‌هایی تقسیم می‌گردد که بند یا دیواره عرضی (septum، جمع آن septa) نامیده می‌شود. در بسیاری از گونه‌ها دیواره عرضی به طور کم و بیش منظم تشکیل می‌شود و ریسه را به سلول‌های منفرد که ممکن است حاوی یک یا دو و یا تعداد بیشتری هسته باشد، تقسیم کند. معمولاً در مرکز دیواره عرضی منفذی وجود دارد که ارتباط سیتوپلاسمی دو حجره مجاور را تأمین کند. دیواره‌های عرضی از لحاظ آناتومی متفاوتند و بعضی اوقات چنان پیچیده‌اند که برای شناسایی قارچها بکار می‌رود. در قارچهای آسکومیکوتا، در دو طرف دیواره عرضی اجسامی وجود دارند که به اشکال کروی، شش وجهی یا مستطیلی دیده می‌شوند و به نام اجسام ورونینی (woronin bodies) نامیده شده‌اند و احتمالاً در بستن این منافذ نقش دارند. در قارچهای بازیدیومیکوتا، دیواره عرضی در نزدیکی سوراخ مرکزی متورم می‌شود و به صورت یک ساختمان بشکه‌ای شکل به نظر می‌رسد. به این نوع دیواره، دیواره عرضی دولیپوری (dolipore septum) می‌گویند. در بسیاری از موارد یک ساختمان غشایی در سیتوپلاسم در هر دو طرف دیواره عرضی دولیپوری وجود دارد. که بسته به گونه قارچها می‌تواند سوراخ دار (perforate) یا فاقد سوراخ (imperforate) باشند. این ساختمان غشایی را septal pore cap (SPC) یا parenthosome می‌نامند. در عده‌ای از قارچها دیواره‌های عرضی دارای تعداد سوراخ ریز یا کانال‌های شبه پلاسمودسماتا بوده و به نام micropore نامیده می‌شوند.

۲- هیف‌های هم یاخته یا سنوسیتیک (Coenocytic hyphae) : در بعضی از گونه های قارچی دیواره عرضی فقط در پایه اندام‌های تولید مثلی و در قسمت‌های مسن ریسه که واکوئل زیادی دارند تشکیل می‌شود. به قسمت‌های در حال رشد این ریسه‌ها که فاقد دیواره‌های منظم باشند ریسه‌های بدون بند (aseptate) یا هم یاخته و یا سنوسیتیک گویند. در قارچ-هایی که هیف آنها فاقد جدار عرضی است، هسته‌های سلولی در داخل سیتوپلاسم هیف غوطه ورند و کم و بیش به طور یکنواخت در تمام طول هیف پراکنده هستند. به همین خاطر به این هیف سنوسیتیک می‌گویند. در شاخه اُاومیکوتا (Oomycota) از سلسله استرامنوپیلا، اندام رویشی از نوع هیف سنوسیتیک است.

تال در بعضی از قارچها از توده پروتوپلاسمی، بدون دیواره سلولی تشکیل شده و حاوی یک یا تعداد زیادی هسته است که پلاسمودیوم (plasmodium) نامیده می‌شود و در قارچهای شاخه Myxomycota دیده می‌شود.

دیواره سلولی

ریسه‌های قارچی توسط دیواره‌های مشخص سلولی احاطه شده‌اند. به علت وجود این دیواره سلولی است که قارچها بسیاری از مشخصات منحصر به فرد را دارا هستند. توانایی دیواره در جهت حفظ فشار تورژسانس به نظر می‌رسد که عامل اصلی بقا و تحول در قارچها است. دیواره سلولی به عنوان یک صافی عمل می‌کند و مواد وارد شده را به درون پروتوپلاست کنترل می‌کند. پروتوپلاست را در برابر صدمات محیطی حفظ می‌کند. به ریسه شکل داده و در تشخیص رویدادهای مربوط به تولید مثل جنسی و عکس العمل قارچها با همزیستان بالقوه گیاهی و حیوانی نقش دارد. البته تعدادی از آنزیم‌ها از جمله سنتتازها که در متابولیسم دیواره نقش دارند و هیدرولازها که در هضم مواد پیچیده نقش دارند هم در دیواره جای دارند. دیواره سلولی یک ساختمان فعال و دینامیک است که در مراحل مختلف زندگی قارچ در معرض تغییرات و اصلاحات قرار

دارد. به طور کلی دیواره سلولی از دو بخش داخلی و خارجی تشکیل شده است. بخش داخلی از اجزا اسکلتی یا میکروفیبریل تشکیل شده و شامل مواد غیر محلول در آب و شدیداً کریستاله شونده است و از بتاگلوکان‌ها و کیتین تشکیل شده است. بخش بیرونی از مواد بی شکل و غیر فیبریلی تشکیل شده و شامل پلی ساکاریدهای محلول در آب است که اغلب آلفاگلوکانها و گلیکوپروتئین تشکیل شده است. ترکیبات متفرقه دیگری هم ممکن است در دیواره سلولی قارچها دیده شود که از جمله آن‌ها می‌توان به چربی‌ها، ملانین‌ها، پلیمرهای گالاکتوزآمین و پلی اورونوئیدها اشاره نمود.

رشد در قارچ‌ها

رشد ریسه‌های قارچی به صورت انتهایی است، هرچند که مکانیسم آن به طور دقیق شناخته نشده است. طول هیف معمولاً نامحدود بوده و بسته به شرایط رشدی و گونه قارچ دارد. رشد ریسه فقط در بخش نوک آن (extension zone) صورت می‌گیرد. به هنگام رشد ریسه، پروتوپلاسم به طور مداوم از بخش های مسن به سمت نوک حرکت می‌کند و مواد مورد نیاز رشدی را تأمین می‌کند. مطالعات میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که انتهای در حال رشد ریسه دارای دو نوع ساختمان کروی غشا دار (وزیکل) است که از نظر اندازه در دو گروه قرار می‌گیرند و با نام ماکروووزیکل (با قطر بیش از ۱۰۰ نانومتر) و میکروووزیکل (با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر) نامیده شده‌اند. در بسیاری از قارچهای حقیقی این وزیکل‌ها به همراه بعضی از ساختمان‌های دیگر به طور فشرده‌ای مجاور هم در نوک ریسه مجتمع شده‌اند و ساختمانی را تشکیل داده‌اند که spitzenkorper نامیده شده است. معلوم شده که این ساختمان در ارتباط با رشد و جهت دراز شدن ریسه‌ها است و با توقف ریسه، این ساختمان هم ناپدید می‌شود. ماکروووزیکل‌های موجود در نوک ریسه ظاهراً از نوع ترشحی بوده و حاوی آنزیم‌ها و پلیمرهای پیش ساخته است که برای تشکیل ماده بی شکل دیواره سلول قارچ مورد نیاز است. نقش اصلی میکروووزیکل‌ها در رشد نوک ریسه چندان مشخص نیست. ولی بعضی از محققین عقیده دارند که لااقل، بعضی از آنها در انتقال آنزیم کیتین سنتاز از سیتوپلاسم به غشاء پلاسمایی در نوک ریسه نقش دارند و در آنجا، این آنزیم تشکیل میکرو فیبریل‌های اسکلت کیتینی دیواره قارچها را کاتالیز می‌کند. اگر این گفته درست باشد، آنها در حقیقت همان کیتوزم‌ها (chitosomes) هستند که در سلول‌های قارچ یافت می‌شوند.

تغییر و تبدیلات ریسه‌ها

میسیلوم بسیاری از قارچها در مراحل خاصی از زندگی مجتمع شده یا تغییر شکل داده و ایجاد اندام‌هایی می‌کند که در ظاهر تفاوت زیادی با میسلیوم دارند و هریک از این اندام‌ها برای کار خاصی تخصص پیدا می‌کنند. این اندام‌ها عبارتند از:

۱- ریزومورف‌ها (Rhizomophs) : رشته‌های نسبتاً کلفتی هستند که در بعضی از قارچهای شاخه بازیدیومیکوتا و تعدادی دیگر از قارچها تشکیل می‌شوند. این اندام به شکل طناب به هم بافته ضخیمی است که طناب میسلیومی (mycelial cord) نیز نامیده می‌شود. این ساختمان، از کنار هم قرار گرفتن هیف‌ها تشکیل می‌شود ولی هیف‌ها در آن بطور مجزا دیده نمی‌شوند، بلکه به شکل یک بافت متراکم و مختلف درآمده‌اند. جدار رشته ریزومورف کلفت و سخت است و از طریق نوک رشد می‌کند که در این حالت، شبیه ریشه گیاهان است. ریزومورف‌ها در مقابل شرایط نامساعد محیطی مقاوم هستند و تا فرا رسیدن شرایط مساعد به حالت خواب به سر می‌برند. سپس رشد آنها آغاز می‌شود و ممکن است طول زیادی پیدا کنند. ریزومورف *Armillaria mellea* (قارچ عسلی) زیر پوست درختان در حال پوسیدن و حتی در محیط کشت تولید می‌شود.

۲- اسکلرت یا سختینه (Sclerotium): یک توده متراکم و محکم، گاهی کروی متشکل از هیف‌های قارچی که ممکن است بافت میزبان و خاک به آن اضافه شده و یا نشده باشد و نوع بافت آن پارانشیم دروغی است. در برابر شرایط نامساعد

محیط مقاوم است و با شروع فصل مساعد، یا مستقیماً جوانه زده و تولید میسلیوم می‌کند و یا روی آن اسپورها، اندام‌های تولید مثل و حتی استروما تشکیل می‌گردد. اسکلرت‌ها در قارچ‌های مختلف اندازه‌های متفاوت دارند. بطوریکه از ۱۵۰-۱۰۰ میکرومتر تا ۵ میلی‌متر فرق می‌کنند. در بعضی از قارچها نظیر گونه‌های *Verticillium*، اندامی به نام میکرواسکلرت (microsclerotium) که اسکلرت ریز و میکروسکوپی است، تشکیل می‌شود.

۳- استروما (Stroma): در فارسی به آن هاگ بستر می‌گویند. عبارت از اندامی است که از بهم فشردن تعداد زیادی ریسه بوجود می‌آید. این اندام ممکن است حاوی قسمتی از بافت میزبان و یا مواد موجود در بستر خود (ماده زمینه) باشد. روی بافت استروما و یا داخل آن معمولاً اندام‌های زایشی قارچ تشکیل می‌شوند.

۴- کلامیدوسپور (Chlamidospore): کلامیدوسپور سلول رویشی مقاومی است که بسیاری از قارچها در شرایط نامساعد قادر به تولید آن‌ها هستند. عده زیادی از قارچها همانند فوزاریوم‌ها، نه تنها فقط در شرایط نامساعد محیط، بلکه در شرایط کاملاً مساعد و روند عادی و طبیعی زندگی خود نیز کلامیدوسپور تولید می‌کنند. کلامیدوسپورها که معمولاً روی میسلیوم‌ها و از تغییر شکل سلولهای میسلیومی حاصل می‌شوند، اندام تولید مثل و تکثیر نیستند. آنها با غشای ضخیم و ذخایر غذایی فراوان خود وسیله دوام و بقای قارچها می‌باشند. در بعضی از قارچها بخصوص قارچهای راسته Saprolegniales دیواره تعدادی از سلول‌های ریسه تا حدودی ضخیم شده و شبیه کلامیدوسپور می‌شود، این اندام را اصطلاحاً ژما (gemma) می‌نامند.

۵- چنگک (Appressorium): اندامی است پهن و آماس کرده که معمولاً در انتهای لوله تندشی حاصل از اسپورها بوجود می‌آید. این اندام به سطح بافت میزبان چسبیده و از آن زایده نازکی به نام میخ رخنه (penetration leg) خارج می‌شود. میخ نفوذی بافت میزبان را سوراخ کرده و در آن نفوذ می‌کند.

۶- مکینه (Haustorium) : مکینه عبارت از زایده‌ای است که از ریسه قارچهای انگل بین سلولی یا سطحی خارج شده و برای جذب مواد غذایی به داخل سلول میزبان نفوذ می‌کند. مکینه ممکن است گرزی، رشته‌ای و یا جوانه‌ای باشد. قارچ-های عامل زنگ، سفیدک‌های سطحی و سفیدک‌های داخلی دارای مکینه هستند.

۷- هیفوپودیوم (Hyphopodium): زائده و شاخه کوتاه یک یا دو سلولی که روی ریسه‌های سطحی (بخصوص در قارچهای راسته Meliolales) بوجود می‌آید و قارچ را محکم به سطح میزبان می‌چسباند.

۸- روندک (Stolon): در تعدادی از قارچهای زیگومیستی، میسلیوم وقتی با سطح سختی تماس می‌یابد، اندام‌هایی به نام ریزوئید (rhizoid) را بوجود می‌آورد. ریزوئیدها به سطح محیط چسبیده و بدین سبب موجبات استقرار قارچ روی سطح محیط را فراهم می‌کنند. هیفی که ریزوئیدها به آن اتصال دارند، روندک نامیده می‌شود. این نوع هیف در قارچ *Rhizopus stolonifer* دیده می‌شود.

۹- شبکه هارتیگ (Hartig net) : این شبکه در قارچهای موسوم به اکتومیکوریز دیده می‌شود و با ریشه گیاهان مثل سوزنی برگان به حالت همزیست به سر می‌برند. قارچها پس از تثبیت روی ریشه درختان به قسمت‌های سطحی پوست نفوذ کرده و شبکه‌ای در اطراف سلول‌ها بوجود می‌آورد.

۱۰ –ساختمان‌های تولید مثلی: میسلیوم اکثر قارچ های عالی به گونه‌ای سازمان می‌یابند که اعضای تولید مثل و یا اندامهای محافظت کننده ساختمان‌های تولید مثلی را می‌سازند. انواع آسکوکارپ در آسکومیست‌ها، انواع بازیویدکارپ در

بازیدیومیست‌ها، ساختمان های تولید مثلی در قارچ‌های ناقص از قبیل پیکنیدیوم، اسپوردوخیوم و آسروول نیز از اشکال متفاوت بافت‌های میسلیومی هستند و معمولاً ساختار پلکتانشیمی دارند.

اندامک های قارچی (Fungal organells)

هسته (Nucleus)

ریسه قارچها دارای تعداد زیادی هسته است که در فرم‌های فاقد دیواره عرضی به طور تصادفی در کل سیتوپلاسم پراکنده بوده و در فرم‌هایی که دارای دیواره عرضی هستند، در هر بخش، ممکن است دارای یک، دو و یا چندین هسته باشد. در قارچ‌های عالی، اندامک‌های در ارتباط با هسته وجود دارند که به عنوان اجسام دوکی شکل قطبی (Spindle Pole Boldies (SPB نامیده شده‌اند و در مجاورت غلاف هسته‌ای قرار دارند و به عنوان مراکز سازمان دهنده میکروتوبولها در طی تقسیمات میوزی و میتوزی عمل می‌کنند. رفتار SPB مشابه رفتار سانتریول‌ها است. در آن گروه از قارچها که سلول‌های تاژک دار تولید می‌کنند. SPB دیده نشده و به جای آن دو عدد سانتریول دارند که در مجاورت غلاف هسته‌ای قرار می‌گیرند.

میتوکندری (Mitochondria)

میتوکندری‌ها اندامک‌های قارچی هستند که در جهت محور طولی ریسه قرار می‌گیرند و محل تنفس اکسیداتیوی هستند. کریستاهای میتوکندریها در قارچ‌های عالی به صورت ساختمان‌های پهن صفحه مانند هستند و با کریستاهای میتوکندریها در بسیاری از موجودات از جمله اُاومیکوتا که لوله‌ای شکل هستند متفاوتند.

ریبوزوم (Ribosome)

در قارچها مشابه با ریبوزوم‌های گیاهان و جانوران بوده و در داخل سیتوپلاسم و یا در سطح شبکه اندوپلاسمی وجود دارند. مکان‌هایی هستند که سنتز پروتئین‌ها در آنها انجام می‌شود.

واکوئل (Vacoule)

واکوئل‌ها توسط غشا واحد احاطه شده‌اند و محتویات آنها به صورت گرانوله است که ممکن است شامل آمینواسیدها، رنگدانه‌ها و آنزیم‌های هیدرولیتیک باشد. واکوئل‌ها در بخش‌های مسن ریسه بیشتر دیده می‌شود. و در گسترش سلول و راندن پروتوپلاسم به طرف جلو نقش دارد.

اجسام گلژی (Golgi bodies)

در قارچ‌های عالی از نظر مورفولوژی ساده بوده و از یک عنصر منفرد سیسترنه‌ای تشکیل شده است، ولی عمل آنها شبیه به اجسام گلژی در موجودات عالی است که شامل بسته بندی و انتقال مواد در وزیکل‌ها است که از حاشیه سیسترنه‌ها تشکیل می‌شوند. در موجودات دیگر و از جمله اُاومیکوتا اجسام گلژی دارای سیسترنه‌های مطبق هستند.

هیدروژنوسوم (Hydrogenosome)

در موجودات بی هوازی اجباری دیده می‌شوند و وزیکل‌های غشا دار کروی یا تخم مرغی هستند.آنها دارای ماتریکس دانه‌ای و یک قسمت متراکم تر بوده و نقش میتوکندری را دارند و فاقد DNA و زنجیر انتقال الکترونها هستند.

رامپوزوم (Rumposome)

رامپوزوم شبکه‌ای از لوله‌های بهم چسبیده در نزدیکی غشا زئوسپور بعضی از قارچ‌ها قرار داشته و در برش عرضی به صورت شش وجهی هستند. احتمالاً در فعالیت تاژک نقش دارند.

فیلازوم (Filasome)

فیلازوم‌ها به صورت وزیکل‌های ریزی دیده می‌شوند که توسط مواد متراکم رشته‌ای پوشیده شده‌اند و در نوک ریسه‌های در حال رشد فعال و در مجاورت غشا پلاسمایی به فراوانی دیده می‌شوند. همچنین به فراوانی در کنار دیواره‌های عرضی در حال تشکیل شدن هم وجود دارند و دارای اکتین هستند.

لومازوم (Lomasome)

لومازوم ساختارهای غشا دار لوله‌ای یا ریز کیسه‌ای هستند که بین غشای پلاسمایی و دیواره سلولی تعداد زیادی از انواع قارچ‌ها مشاهده شده‌اند. ممکن است گروهی یا منفرد باشند و عمل آنها به نظر می‌رسد در ارتباط با سنتز پلیمرهای دیواره عرضی یا دیواره ریسه باشند.

تولید مثل در قارچ‌ها

تولید مثل یعنی تشکیل یا ایجاد افراد جدیدی که ویژگی‌های بارز و تیپ گونه خود را داشته باشند. در قارچ معمولاً دو نوع تولید مثل جنسی و تولید مثل غیر جنسی داریم.

الف) تولید مثل غیر جنسی: در بسیاری از موجودات زنده تولید مثل غیر جنسی زمانی انجام می‌گیرد که یک والد بدون همکاری و شرکت والد دوم و بدون انجام عمل لقاح فرد جدید را تولید نماید. به عبارتی در تولید مثل غیر جنسی در قارچ‌ها که گاهی تکثیر رویشی هم نامیده می‌شود، آمیزش هسته‌ها و ترکیب آنها و میوز صورت نمی‌گیرد. همچنین سلول‌های جنسی و اندام‌های جنسی هم تشکیل نمی‌شود. به عبارت دیگر، تولید مثل غیر جنسی شامل هر نوع روش تکثیر افراد همانند تقسیم ساده یک موجود تک سلولی به سلول‌های دختری و یا یک ریسه چند سلولی به تعدادی از قطعات که هرکدام تولید فرد جدیدی را می‌کنند است.

روش‌های تکثیر غیر جنسی در قارچ‌ها عبارتند از:

۱- قطعه قطعه شدن (Fragmentation): جدا شدن قسمتی از بخش رویشی قارچ که قسمت جدا شده رشد کرده و فرد جدیدی را می‌سازد. به این اسپورها، آرتروسپور (Arthrospore) یا کنیدهای تالیک می‌گویند. مثلاً در قارچ *Geotrichum* که عامل پوسیدگی ترش گوجه فرنگی و تعدادی از گیاهان دیگر است.

۲- تقسیم دو تایی (Fission): تقسیم ساده سلول رویشی به سلول‌های دختری است. این نوع تکثیر در مخمرهای جنس *Schizosaccharomyces* دیده می‌شود.

۳- جوانه زدن (Budding): شامل ایجاد برجستگی کوچک از سلول مادری است که به تدریج بزرگ می‌شود و هسته نیز به طریق میتوز دو قسمت و یک بخش آن وارد قسمت برجسته می‌شود و سرانجام تبدیل به یک فرد مستقل می‌گردد. این نوع تکثیر در مخمرهای راسته Saccharomycetales دیده می‌شود.

۴- تولید اسپورهای میتوزی (Mitospores): متداولترین روش تولید مثل غیر جنسی قارچ‌ها از طریق تولید اسپورها است. بعضی از اسپورها مستقیماً روی هیف تشکیل می‌شوند در حالیکه تعداد زیادی از آنها از ساختارهای پیچیده و

اختصاصی بوجود می‌آیند. اسپورهای غیر جنسی از نظر شکل ظاهری بسیار متنوع هستند و دیواره آنها ممکن است نازک یا ضخیم باشد و از نظر رنگ از روشن تا رنگ‌های سبز، زرد، نارنجی، قرمز و قهوه‌ای تا سیاه فرق می‌کنند. از نظر شکل از کروی تا تخم مرغی، دراز و سوزنی تا مارپیچی و حتی حشره مانند هستند و از نظر تعداد سلول‌ها و همچنین نحوه تولید شدن فرق می‌کنند. در هر حال هر اسپور پس از تشکیل در صورت قرار گرفتن در شرایط مناسب جوانه زده و لوله‌زایا تشکیل می‌دهد که از رشد آن میسلیوم قارچ تولید می‌شود. اسپورانژیوفور، کنیدیوفور، سینماتا، اسپورودوکیوم، آسروول و پیکنیدیوم از جمله اندام‌های تولید مثل غیرجنسی محسوب می‌شوند که به اختصار شرح داده می‌شوند.

اسپورانژیوفور (Sporangiophore): عبارت از پایه‌ای است که روی اندام‌های رویشی می‌روید و در انتهای آن کیسه‌ای کروی به نام اسپورانژ بوجود می‌آید. داخل اسپورانژ، اسپورهایی به نام اسپورانژیوسپور (sporangiospore) تشکیل می‌شود. در بعضی از قارچها قسمت انتهایی اسپورانژیوفور به داخل اسپورانژ نفوذ می‌کند و متورم می‌شود که آن قسمت را ستونک (collumella) و گاهی برجسته و گشاد می‌شود که آن را آپوفیز (apophysis) می‌گویند. در صورتی که اسپورانژیوسپور تاژک دار و متحرک باشد آنرا زئوسپور (zoospore) و یا زئوسپورانژیوسپور (zoosporangiospore) می‌نامند. در این حالت پایه آن را زئوسپورانژیوفور (zoosporangiophore) می‌نامند. در مواردی که زئوسپورها نقش گامت را بر عهده دارند، زئوسپورانژیوفور و زئوسپورانژ جزء اندام‌های تولید مثل جنسی نیز به شمار می‌روند.

کنیدیوفور (Conidiophore): عبارت است از پایه ساده یا منشعب که روی اندام رویشی بوجود می‌آید. روی کنیدیوفور اسپوری به نام کنیدی بوجود می‌آید. کنیدی دارای اشکال و رنگ‌های مختلف است.

پیکنیدیوم (Pycnidium): عبارت است از اندامی کروی یا فلاسکی شکل که معمولاً داخل بافت گیاه آلوده بوجود می‌آید. در قسمت داخل توسط کنیدیوفورها پر شده است. پیکنیدیوم ممکن است کاملاً بسته بوده و یا دارای یک روزنه باشد و در مواردی ممکن است دارای گردن درازی باشد که در انتها دارای منفذ است.

سینماتا (Synnemata = Coremium): گروهی از کنیدیوفورها که معمولاً در قاعده و قسمتی یا تمام طول خود به هم چسبیده‌اند، ولی غالباً در قسمت نوک منشعب می‌شوند و کنیدیوم‌ها از سلولهای کنیدی زا در نوک انشعابات آنها تشکیل می‌شوند. در عده‌ای از سینماتا، قسمت ساقه مانند در مقایسه با قسمت منشعب انتهایی دراز تر بوده و شبیه یک جاوی دستی می‌باشد.

آسروول (Acervulus): عبارت است از اندامی که در زیر اپیدرم یا کوتیکول بافت گیاه تشکیل می‌شود. از نظر ساختمان، توده بهم فشرده‌ای از رشته‌های قارچ است که روی آن کنیدیوفورهای کوتاه بهم فشرده تشکیل می‌شود. روی کنیدیوفورها یک یا تعدادی کنیدی به اشکال مختلف تشکیل می‌شود. در بعضی از آسروول‌ها موهای بلندی دیده می‌شوند که خار (seta) نام دارد.

اسپورودوکیوم (Sporodochium): از نظر ساختمانی شبیه آسروول است. با این تفاوت که در سطح بافت‌های آلوده تشکیل می‌شود و فاقد پوشش اپیدرم میزبان است. می‌توان گفت که اسپوردوکیوم یک استرومای بالش مانند است که کنیدیوفورهای فشرده‌ای در سطح آن قرار می‌گیرند.

ب) تولید مثل جنسی: تولید مثل جنسی در قارچها به مفهوم آمیزش اندام‌های یا گامتانژیوم‌های نر و ماده و تشکیل سلول تخم است که در سه مرحله ۱- پلاسموگامی، ۲- کاریوگامی و ۳- میوز انجام می‌شود.

اهمیت تولید مثل جنسی این است که موجب نو ترکیبی و پیدایش ژنوتیپ جدید است.

نتیجه تولید مثل جنسی در بیشتر قارچها تشکیل اسپورهای بخصوصی به نام اسپورهای جنسی است. چهار اسپور جنس به اسامی اُاسپور (oospore)، زیگوسپور(zygospore)، آسکوسپور (ascospore) و بازیدیوسپور (basidiospore) در نتیجه تولید مثل جنسی در قارچها تولید می‌شوند.

در بعضی از قارچها پلاسموگامی و کاریوگامی همزمان صورت می‌گیرد. در اینحالت چرخه زندگی قارچ دارای دو مرحله هاپلوفاز و دیپلوفاز است. در عده‌ای از قارچها پس از پلاسموگامی هسته‌های نر و ماده دو به دو دیکاریون تشکیل می‌دهند، ولی با یکدیگر ملحق نمی‌شوند. در این صورت در چرخه زندگی این قبیل قارچها بین دو مرحله هاپلوفاز و دیپلوفاز یک مرحله دیکاریوفاز که طول مدت آن در قارچهای مختلف متفاوت است وجود خواهد داشت. کاریوگامی در زمان معین از چرخه زندگی قارچ و در مکان معینی انجام می‌شود و سپس بقیه مراحل طی می‌شود.

روش‌های مختلف لقاح در قارچها

۱- لقاح پلانوگامی (Planogamy): این روش شامل آمیزش دوگامت است که یکی یا هر دوی آن ها متحرک هستند. گامت‌های متحرک را پلانوگامت (planogamete) می‌نامند.

۲- لقاح از طریق اندام‌های جنسی یا لقاح گامتانژی (Gametangy): اندام‌های خارجی نر و ماده در قارچها گامتانژیوم (gametangium) نام دارد. گامتانژیوم های نر و ماده به نحوی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و از محل اتصال و ارتباط آنها گامت یا گامت‌های نر وارد گامتانژ ماده می‌شوند و با گامت یا گامت‌های ماده جفت گیری می‌نمایند. اعمال جنسی قارچها و جلب شدن گامت‌ها و گامتانژهای نر به سمت گامت‌ها و گامتانژهای ماده بوسیله یک سلسله هورمون های جنسی تنظیم می‌گردد.

در تعدادی از قارچها گامتانژیوم نر و ماده با هم تماس یافته و هسته نر و در واقع گامت نر وارد گامتانژ ماده می‌شود و باعث بارور شدن گامت ماده می‌گردد. این انتقال در قارچهای آسکومیست به واسطه یک لوله تلقیح به نام تریکوژن که روی آسکوگون تشکیل می‌شود، انجام می‌گردد. در عده‌ای دیگر از قارچها، گامت نر به واسطه سوراخی که در محل تماس دوگامتانژیوم در دیواره ایجاد می‌شود، وارد گامتانژیوم ماده می‌گردد.

در تعدادی از قارچها دو گامتانژیوم نر و ماده پس از تماس، با هم ترکیب شده و هسته‌های آنها کاریوگامی انجام می‌دهند. در این حالت، در بعضی از قارچها در محل تماس دو گامتانژیوم سوراخی ایجاد می‌شود، و محتویات یک گامتانژ وارد دیگری می‌شود. در بعضی دیگر دوگامتانژیوم همانند دو گامت عمل می‌کنند و دیواره گامتانژیوم ها در محل تماس انحلال می‌یابد و دو گامتانژیوم با هم ترکیب شده و سلول مشترکی را بوجود می‌آورند.

۳- اسپرماتیزاسیون (Spermatization): بعضی از قارچها سلول‌های ویژه‌ای به نام اسپرماسی تولید می‌کنند که بسیار ریز، تک هسته‌ای و به شکل اسپور هستند و نقش گامت نر را بازی می‌کنند. این سلول‌ها معمولاً در اندام ویژه‌ای به نام اسپرموگونیوم ایجاد می‌شوند. اسپرماسی‌ها به روش‌های مختلف خود را به گامتانژیوم ماده و یا به هیف‌های پذیرنده یا حتی هیف‌های رویشی می‌رسانند و به آنها می‌چسبند. سپس، محتویات اسپرماسی به داخل هیف پذیرنده منتقل می‌شود و هسته آن با هسته هیف کاریوگامی انجام می‌دهد.

۴- سوماتوگامی (Somatogamy): در عده‌ای از قارچهای حقیقی اندام‌های جنسی نر و ماده ایجاد نمی‌شود. در این قارچها زادآوری جنسی توسط سلول‌های رویشی یا سوماتیکی انجام می‌شود. در بعضی از قارچها، تماس مستقیم هیف‌های رویشی و مبادله هسته و سیتوپلاسم و تشکیل سلول تخم نوعی سوماتوگامی محسوب می‌گردد.

جنسیت و سازگاری جنسی

هرچند که سازگاری ارتباط نزدیکی با جنسیت دارد، زیرا تولید مثل جنسی را پیش می‌برد، ولی نباید با جنسیت اشتباه شود. تعداد زیادی از قارچها هستند که به طور واضع اندام‌های جنسی نر و ماده را روی یک تال تولید می‌کنند، ولی افراد از نظر جنسی خود عقیم هستند، چون اندامهای نر با ماده سازگاری ندارند و عمل پلاسموگامی صورت نمی‌گیرد. بسیاری از قارچهای دیگر، اندامهای جنسی متمایز از هم را تولید نمی‌کنند، با توجه به اینکه ما نمی‌توانیم جنسیت آنها را تشخیص دهیم، آنها را به صورت تیپ‌های آمیزشی (mating types) نامیده‌اند. جمعیتی که افراد آن خود عقیم بوده و نیازمند مشارکت افراد سازگار دیگر در همان جمعیت یا جمعیت‌های مجاور برای تولید مثل جنسی هستند (دگر لقاحی اجباری)، دارای تنوع ژنتیکی بالایی بوده و توانایی سازش آنها بالاست. بر خلاف آن، در جمعیت‌های دارای افراد خود بارور، تنوع ژنتیکی کم بوده و توانایی سازش آنها کمتر است.

بر اساس جنسیت، بسیاری از قارچها در سه طبقه قرار می‌گیرند:

۱- قارچهای هرمافرودیت یا یک پایه (Hermaphrodite or Monoecious): هر تال حامل هر دو اندام نر و ماده است، حال اینکه سازگار باشند یا نباشند.

۲- قارچهای دو پایه (Dioecious): هر تال فقط حاوی یکی از اندام‌های جنسی است. یک تال حاوی اندام نر و تال دیگر حاوی اندام ماده است.

۳- قارچهای با اندام‌های جنسی نامتمایز (Sexually undifferentiated): ساختمان‌های فعال از نظر جنسی تولید می‌شوند، ولی از نظر مورفولوژیکی به عنوان نر یا ماده قابل تشخیص نیستند.

حال قارچهای مرتبط با طبقات بالا، بر اساس سازگاری در یکی از این گروهها قرار می‌گیرند.

۱- قارچهای هموتالیک (Homothallic fungi): قارچهایی که هرتال از نظر جنسی خود بارور است و بنابراین می‌تواند خودش و بدون کمک تال دیگر، عمل تولید مثل را انجام دهد. پس قارچهای دو پایه، هموتال نیستند و حالت mating type در این‌ها دیده نشده است و دگر لقاحی ندارند.

۲- قارچهای هتروتالیک (Heterothallic fungi): هر تال از نظر جنسی خود عقیم است، صرف نظر از اینکه هرمافرودیت است یا خیر و نیازمند مشارکت تال دیگر با تیپ آمیزشی مخالف برای انجام تولید مثل است. این قارچها دگر لقاحی اجباری دارند. هتروتال‌ها به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف) هتروتالیسم مورفولوژیکی که اندام‌های جنسی نامشابه از نظر مورفولوژیکی (نر و ماده) توسط تالهای مختلف تولید می‌شوند و آمیزش بین آنها صورت می‌گیرد.

ب) هتروتالیسم فیزیولوژیکی که در حقیقت فاکتورهای ژنتیکی معین کننده سازگاری یا ناسازگاری هستند و خود به انواعی تقسیم می‌شوند.

I) هتروتال دو قطبی یا یک عامله (Bipolar or unifactorial): در این سیستم سازگاری به وسیله یک جفت آلل در یک لوکوس (و روی کروموزهای مختلف) معین می‌شود و به صورت - و + یا a و A نشان داده می‌شود و در بعضی از قارچها مثل *Rhizopus*،*Phycomyces* و *Mucor* دیده می‌شود (a و A نمایانگر رابطه غالب و مغلوب بودن نیستند، بلکه آلل‌های مختلف یک لوکوس هستند).

ژنوتیپ گامت‌ها	A	a
A	-	+
a	+	-

وضع ژنوتیپ‌ها و سازگاری جنسی در هتروتالیسم دو قطبی

II) هتروتال چهار قطبی یا دو عامله (Tetrapolar or Bifactorial): در این سیستم، سازگاری با بیش از یک جفت لوکوس که روی کروموزمهای مختلف قرار گرفته‌اند کنترل می‌شود و در بسیاری از بایدیو میکوتا از جمله در *Schizophylum commune* دیده می‌شود. سازگاری توسط دو لوکوس A و B که هرکدام ممکن است دارای ۲ یا چندین آلل باشند و روی کروموزم‌های مختلف قرار دارند،کنترل می‌شود.

وضع ژنوتیپ‌ها و سازگاری جنسی در هتروتالیسم چهار قطبی

ژنوتیپ گامت‌ها	AB	Ab	aB	ab
AB	−	−	−	+
Ab	−	−	+	−
aB	−	+	−	−
ab	+	−	−	−

۳- قارچ‌های هموتالیک ثانویه (Secondary homothallic fungi): در بعضی از قارچهای هتروتالیک، مکانیسم جالبی در طول تشکیل اسپور رخ می‌دهد که طی آن دو هسته با تیپ آمیزشی مخالف در داخل یک اسپور به هم می‌پیوندند. نسل متولد شده از این اسپور خود بارور است و همانند انواع هموتالیک رفتار می‌کند، در حالیکه حقیقتاً هتروتالیک می‌باشد. در واقع، از این اسپور پس از تندش هیفی بوجود می‌آید که هریک از سلول‌های آن دارای دو هسته با اللهای تیپ آمیزشی متفاوت است. این حالت، هموتالیسم ثانوی یا هموتالیسم دروغی (pesudohomothallism) یا آمفی تالیسم (amphitallism) نامیده می‌شود.

قارچهای چند شکلی (Pleomorphic fungi)

قارچهایی مثل آسکومیست چند شکلی هستند، زیرا در چرخه زندگی خود دارای اشکال جنسی و غیر جنسی هستند. قارچهایی که انواع اسپور را در چرخه زندگی خود تولید می‌کنند پلئومورفیک هستند. بعضی از قارچها ممکن است بیش از یک فرم کنیدی داشته باشند. در معنی پلئومورفیک قارچهایی هستند که دارای بیش از یک شکل ساختار شناسی باشند که معمولاً توسط نوع اسپور شناخته می‌شوند.

در قارچها شکل جنسی تلئومورف (teteomorph) و شکل غیر جنسی آنها آنامورف (anamorph) نام دارد. مجموعه تلئومورف و آنامورف، هولومورف (holomorph) را تشکیل می‌دهند.

چرخه‌های زندگی در قارچها

۱- چرخه هاپلوئید: در این چرخه میوز در زیگوت انجام می‌شود. و اسپورهای هاپلوئید به وجود می‌آیند که تولید میسلیوم‌های هاپلوئید می‌کنند و قارچ در تمام مراحل رشد رویشی خود هاپلوئید است و در قارچهای آسکومیکوتا دیده می‌شود. در مواردی از واژه هاپلوبیونتیک هاپلوئید برای توصیف آن استفاده می‌شود.

۲- چرخه دیپلوئید: در این چرخه، فاز هاپلوئیدی فقط محدود به گامت‌ها است و فاز دیپلوئیدی بقیه مراحل سیکل زندگی را تشکیل می‌دهد. در مواردی از واژه هاپلوبیونتیک دیپلوئید برای توصیف آن استفاده می‌شود.