دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد زیست‌شناسی

گرایش تاکسونومی - اکولوژی

عنوان

مطالعه همزیستی قارچ میکوریز با گیاه خشخاش در منطقه (شیندند) هرات، افغانستان

استاد راهنما:

دکتر محمود ذکایی

استاد مشاور:

دکتر جمیل واعظی

نگارش:

شیوا قلعه نویی

تابستان ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر مهربانم

و

مادر عزیزم

تقدیم به

استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر محمود دکایی

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش بیکران از خداوند متعال که به من توفیق عطا فرمود تا برگ سبزی تهیه نموده و پیشکش دوستداران فضل و دانش نمایم.

تدوین این رساله جز با همکاری اساتید بزرگوار، امکان پذیر نبود، لذا وظیفه خود می دانم که از این عزیزان تشکر و قدر دانی کنم.

طی این مسیر بدون کمک و مساعدت های استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر دکایی میسر نبود. در اینجا با تمام وجود از این استاد گرانقدر به جهت راهنمایی ها و مساعدت هایشان سپاسگزارم و همواره از درگاه ایزد منان برایشان آرزوی سلامتی می کنم.

از جناب آقای دکتر واعظی که استاد مشاور بنده در انجام این پایان نامه بودند، به پاس زحمات دلسوزانه و خالصانه ایشان، تشکر و قدر دانی می نمایم همچنین جناب آقای دکتر قریشی الحسینی و سرکار خانم دکتر فلاحتی رستگار که داوری پایان نامه ام را پذیرفتند، نیز کمال تشکر و سپاس را داشته و همواره آرزومند سلامتی و موفقیت شان می باشم.

از جناب آقای دکتر لاهوتی که همواره در زمینه علمی و اخلاقی الگوی خوبی برایم بوده اند کمال تشکر و سپاس را دارم.

از جناب آقای دکتر اجتهادی که افتخار شاگردیشان را در دوره کارشناسی ارشد داشته ام و همچنین به پاس زحمات دلسوزانه ایشان، کمال تشکر و امتنان را دارم.

و از کارمندان محترم دانشکده علوم پایه سرکار خانم لاری، آقای سلیمی، خانم صادق النجاه، آقای نظام دوست و خانم ظهوری کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

از استاد گرامی ام در دانشکده کشاورزی، جناب آقای دکتر جهان، که همواره راهنمایی ها و تشویق هایشان موجب دلگرمی ام بوده، نهایت سپاسگزاری و تشکر را دارم.

از مسولین امور بین الملل و کنسولی، جناب آقای دکتر واحدیان، جناب آقای فلاح ، جناب آقای کمالی و جناب آقای حیدرزاده، به پاس همکاری ها و زحمات بی دریغ شان کمال تشکر و سپاسگذاری را دارم.

از عزیزانی که در به پایان رساندن این رساله یاری ام نموده اند از جمله خانم ها: طبسی، محمودی، هدایتی، چیت سازیان، اصغری و هاشمی کمال تشکر و قدر دانی را داشته و آرزومندم که در مسیر علم و دانش همواره سربلند و موفق باشند.

چکیده

جهت بررسی و مطالعه همزیستی قارچهای میکوریزی با گیاه خشخاش در منطقه (شیندند) هرات،کشور افغانستان از منطقه نمونه برداری صورت گرفت.

با توجه به فصل رویشی گیاه، نمونه برداری در فصل بهار و تابستان ۸۷ تا ۸۹ انجام شد. ابتدا ریشهٔ گیاه خشخاش به همراه خاک اطرافش از مزارع جمع آوری شد و برای مطالعات به آزمایشگاه قارچ شناسیِ دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، در ایران آورده شد و مطالعات ماکروسکوپی و میکروسکوپی بر روی خاک و ریشه گیاه صورت گرفت.

همچنین تعیین میزان کلونیزاسیون و آلودگی خاک به روش Philips and Hayman انجام شد و نتیجه گیری بدست آمده نشان داد که قارچ میکوریزی همزیست با ریشه گیاه خشخاش از نوع میکوریزا داخلی است و استخراج هاگها با روش غربال تَر و سانتریفیوژ با ساکارز ٪۵۰ در ۱۵۰۰ دور به مدت دو دقیقه، جهت شناسایی آنها در نمونه خاکها دنبال شد.

در مجموع ۱۱ گونه متعلق به ۶ جنس از قارچ‌های میکوریزا وزیکولار – آربسکولار[1] شناسایی شد. ۶ گونه متعلق به جنس Glomus و مابقی هر کدام، یک گونه متعلق به جنس‌های Acaulospora, Gigaspora, Entrophospora, Sclerocystis and Scutellispora تشخیص داده شد.

از لحاظ فراوانی بیشترین تعداد هاگ‌ها متعلق به گونه *Glomus fasiculatum* وکمترین آنها مربوط به *Entrophospora infrequens* بود. فراوانی جنس‌های قارچ VAM به ترتیب غالبیت عبارت بودند از: گلوموس،آکالوسپورا، اسکلروسیستیس، اسکوتلیسپور، ژیگاسپورا، انتروفوسپورا.

میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه میزبان و جمعیت هاگ در ریزوسفر آنها مورد بررسی قرار گرفته شد.

[1] Vesicular-arbuscular Mycorrhiza

به طور کلی بین در صد آلودگی ریشه و جمعیت هاگ در ریزوسفر گیاه میزبان همبستگی معنی داری از لحاظ آماری مشاهده نگردید. در ریزوسفر گیاه خشخاش بیشترین تعداد جمعیت هاگ در فصل تابستان بود که در ارتباط با پایان رشد ریشه‌ها و مرگ آنها و رها شدن هاگ‌ها در خاک است.

اقلیم، مایکوریزوسفر خاک، جنگ‌های طولانی و کاهش فعالیت کشاورزی، شخم نزدن خاک واستفاده نکردن از کودهای شیمیایی در افغانستان، سبب رشد فراوان قارچ میکوریز شده است.

وجود قارچ های میکوریزی مذکور در خاک افغانستان یکی از دلایل رشد بی رویهٔ گیاه خشخاش در این کشور می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱ – ۱ – پیشگفتار ۲

۱-۲-۱- انواع میکوریزا ۶

۱- ۲ -۲- تاکسونومی میکوریزا ۱۱

۱ ۲- ۳- مراحل رشد قارچ میکوریزایی ۱۲

۱-۳- روش شناسایی قارچهای وزیکولار آربسکولار میکوریزا ۱۳

۱-۴- زیستگاه خاک ۱۴

۱-۴-۱- میکروبیولوژی خاک ۱۵

۱-۴-۲- فرایند کلونیزاسیون ریشه ۱۸

۱-۴ – ۳- عوامل مؤثربر فرآیند کلونیزاسیون ومحدودیت‌های عملی: ۱۸

۱- ۵- نقش میکوریزا در بوم نظام ها ۲۰

۱-۵-۱- قارچ میکوریزا و بوم نظام خاک ۲۲

۱-۵-۲- میکوریزا در بوم نظام‌های کشاورزی ۲۳

۱ – ۵ – ۳- اثر عملیات زراعی بر فعالیت و پایداری میکوریزا ۲۴

۱-۶- معرفی راستهٔ *Glomales* ۲۶

۱-۶-۳- جنس Glomus ۲۸

۱-۶-۴- جنس Sclerocystis ۳۰

۱-۶-۵- خانواده Acaulosporaceae ۳۱

۱-۶-۶- جنس Acaulopora ۳۱

۱-۶-۷- جنس Entrophospora ۳۳

۱-۶-۸- زیر راسته Gigasporineae ۳۴

۱-۶-۹- خانواده Gigasporaceae ۳۴

۱-۶-۱۰- جنس Gigaspora ۳۵

۱-۶-۱۱- جنس Scutellispora ۳۷

۱-۷- شرح مختصری در مورد خانواده خشخاش ۳۹

فصل دوم: معرفی منطقه

۲ -۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه ۴۱
۲ – ۲ وضعیت اقلیمی و آب و هوا ۴۲
۲ -۲ -۱ - بارندگی ۴۲
۲ – ۲ –۳- منحی باران – دما ۴۴
۲ – ۲ -۴ – اقلیم ۴۵
۳-۲- زمین شناسی منطقه ۴۶

فصل سوم: روش تحقیق

۳ – ۱- نمونه برداری ۴۹
۳ – ۲ - رنگ آمیزی ریشه ۴۹
۳-۲-۱- روش آماده سازی نمونه برای مشاهده اندام قارچی توسط میکروسکوپ الکترونی نوع *SEM*: ۵۰
۳-۲-۲- روش آماده سازی نمونه برای مشاهده اندام قارچی توسط میکروسکوپ نوری اولمپوس: ۵۱
۳ – ۳- روش جدا سازی هاگها و شناسایی آنها ۵۴
۳-۴- شمارش جمعیت هاگ ۵۷
۳- ۴ – ۱- روش *Plate* برای مطالعات جمعیتی ۵۷
۳-۵ - خاکِ ریزوسفر ۵۸
۳-۵-۱- تعیین *PH* خاک ریزوسفر ۵۸
۳-۵-۲ تعیین درصد رطوبت خاکِ ریزوسفر ۵۹
۳-۵-۳- تعیین درصد عناصر ریزوسفرِ خاک ۵۹
۳-۶- روش های آماری ۵۹

فصل چهارم: نتایج

۴-۲-۱- معرفی گونه های شناسایی شده از جنس Glomus ۶۱
۴-۳-۱- معرفی گونه شناسایی شده از جنس Sclerocyctis ۷۰
۴-۴-۲- معرفی گونه شناسایی شده از جنس Acaulospora ۷۳

۴-۴-۴- معرفی گونه شناسایی شده از جنس Entrophospora ۷۴
۴-۶-۱- معرفی گونه شناسایی شده از جنس Scutellispora ۷۶
۴ – ۷- ۱- معرفی انواع گونه های هاگ قارچ میکوریزا - وزیکولار آربسکولار موجود در ریزوسفر گیاه خشخاش ۷۷
۴ – ۸- نتایج مربوط به آلودگی ریشه ۷۸
۴-۸-۱- ارتباط بین میزان هاگ در خاکِ ریزوسفر و شدت آلودگی ریشه ۷۹
۴-۸-۲- نقش PHدر رشد هاگ ها ۸۰
۴-۹- نتایج مربوط به خاک ریزوسفر گیاه خشخاش ۸۱

فصل پنجم:بحث

بحث ۸۳

منابع ۸۸

فهرست جداول

جدول۱: برخی خصوصیات کلی در انواع میکوریز ۱۱

جدول ۲: میانگین بارندگی سالانه در یک دوره شش ساله (۱۳۸۸ -۱۳۸۲) در ایستگاه سینوپتیک هرات..... ۴۲

جدول ۳: توزیع ماهیانه بارندگی در ایستگاه سینوپتیک هرات (در سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۲) ۴۳

جدول ۴: توزیع فصلی بارندگی در ایستگاه سینوپتیک هرات (در سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۲) ۴۳

جدول۵: میانگین ماهیانه دما بر حسب سانتی گراد در ایستگاه سینوپتیک هرات (در سال های ۱۸۸-۱۳۸۲)۴۳

جدول ۶: میانگین، حداقل و حداکثر دمای سالانه در ایستگاه سینوپتیک هرات (در سال های ۱۳۸۸-۱۳۸۲)۴۴

جدول۷: انواع گونه های اسپور قارچ VAM موجود در خاک منطقه ، شیندند، هرات..... ۷۶

جدول۸: تعداد هاگ در یک گرم خاک خشک و درصد آلودگی میکوریزایی ریشه..... ۷۸

جدول ۹- درصد رشد هاگ ها و درجات مختلف PH..... ۷۹

جدول ۱۰- نتایج مربوط به خاک ریزوسفر گیاه خشخاش (مزرعه ی۱و۲) و زمین فاقد کشتِ تقریباً نزدیک مزارع خشخاش ۸۰

جدول ۱۱-آنالیز آماری سه نوع خاک ۸۰

فهرست تصاویر

شکل ۱- اتصالات هیفی در کلامیدوسپورهای جنس گلوموس و سلول های کمکی و اسپوروکارپ..... ۲۹

شکل ۲- اسپوروکارپ جنس اسکلروسیستیس در حالت با پریدرم و در حالت بدون پری درم ۳۰

شکل ۳- نمو آزیگوسپور در جنس آکالوسپورا ۳۲

شکل ۴- نمو آزیگوسپور در جنس انتروفسفورا ۳۵

شکل ۵ - آزیگوسپور در جنس ژیگاسپورا و انواع سلول های کمکی در این جنس..... ۳۶

شکل۶ - آزیگوسپور در جنس اسکوتلیسپورا و انواع سلول های کمکی در این جنس ۳۸

شکل۷- *Glomus etunicatum* ۶۲

شکل ۸- *Glomus constricum*..... ۶۳

شکل ۹ - *Glomus fasiculatum*..... ۶۵

شکل ۱۰- رنگ آمیزی با معرف ملزر *Glomus fasiculatu* ۶۵

شکل ۱۱- *Glomus macrocarpum*..... ۶۷

شکل۱۲ - *Glomus Geosporum*..... ۶۸

شکل۱۳ - *Glomus mosseae*..... ۷۰

شکل۱۴- *Sclerocyctis liquidambaris*..... ۷۱

شکل۱۵- *Acaulospora geremanni*..... ۷۲

شکل ۱۶- *Entrophospora infrequens*..... ۷۳

شکل ۱۷- Gigaspora candida..... ۷۴

شکل۱۸- *Scutellispora calospora* ۷۵

شکل۱۹- گشترش میسلیوم درونی در ریشه ۷۷

شکل ۲۰- گسترش آربُسکول ها در ریشه ۷۷

شکل۲۱- آلودگی ریشه به قارچ میکوریزا و وجود وزیکول‌ها..... ۷۸

فهرست نمودارها

نمودار۱: منحنی Ombrothermic منطقه مورد مطالعه ۴۵

نمودار۲- تغییرات جمعیت هاگ و درصد آلودگی ریشه در گیاه مورد بررسی..... ۷۹

نمودار۳- ارتباط درجات PH با رشد هاگ ها ۷۹

فصل اول

مقدمه

۱ – ۱ – پیشگفتار

استفاده از منابع بیولوژیک درکشاورزی، دارای قدمت بسیار زیادی است و در گذشته نه چندان دور، تمام مواد غذایی مورد نیاز انسان با استفاده ازچنین منابع ارزشمندی تولید می‌شدند. استفاده بهینه از منابع بیولوژیک نه تنها دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نیز مثمر ثمر بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد. میکوریزا یکی از مجموعه عوامل بیولوژیک است که بخش مهمی از موجودات خاکزی را شامل می‌شود، همزیستی این قارچ با ریشه گیاهان میزبان و تشکیل سیستم میکوریزایی، نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (Miller, 2000; Dodd, 2001). مهم ترین نقش قارچ‌های میکوریزا در نظام‌های زراعی عبارت است از: افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، افزایش فتوسنتز، افزایش کارآیی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش خشکی و تنش شوری، افزایش مقاومت میزبان به آفات و بیماری‌ها، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی و محتوای کلروفیل، تسریع در گل دهی گیاهان میزبان، ایجاد واکنش‌های مورفولوژیکی در گیاهان، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان مقابل علف‌های هرز، افزایش مقاومت گیاهان به فلزات سنگین، بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه،کاهش اثر سوء مواد شیمایی (ضدعفونی کننده‌ها، قارچ کش‌ها،آفت کش‌ها و علف کُش‌ها، تشدید فعالیت جمعیت میکروبی خاک از جمله باکتری‌های ریزوبیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم(Dodd, 2000).

لذا خشخاش که از نظر تولید و سطح زیر کشت، اولین گیاه رایج و زراعی در افغانستان است، نسبت به تشکیل همزیستی با قارچ‌های میکوریزا، واکنش خوبی نشان داده است.

۱-۲- تعریف، تاریخچه و خصوصیات قارچ شناسی میکوریزا

واژۀ میکوریزا (Mycorrhiza) از دو کلمۀ Myco به معنی قارچ و Rhiza به معنی ریشه تشکیل شده است. علم دیرین شناسی با بررسی آثار فسیلی به جا مانده از ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلیون سال قبل، نشان داده است که همزیستی گیاهان با قارچ ها، قدمتی بس طولانی دارد. میکوریزای موجود در فسیل‌های به جا مانده از بازدانگان دورۀ کربونیفر، شباهت بسیار زیادی به میکوریزای بازدانگان امروزی دارد. از این گونه شواهد و مستندات می‌توان نتیجه گرفت که برای یک مدت زمان طولانی، میکوریزا جزء جدانشدنی اندام‌های جذب کنندۀ آب و مواد غذایی گیاهان بوده است. نکتۀ دیگر این است که تکامل اندام‌های جذبی در گیاهان در طی زمان طولانی، منجر به اختصاصی شدن قارچ با توجه به دامنۀ وسیع میزبان آنها نشده است (Read, 1998; Allen et all., 2003). از خصوصیات بارز میکوریزا آربسکولار، وجود اندامی به نام آربُسکول (از لحاظ ادبی به معنی درخت کوچک است و ساختارهایی بسیار منشعب هستند که قارچ درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌دهد) است که بنا به شواهد فسیلی، شکل گیری و نمو آن در میکوریزا، در رابطۀ نزدیکی به گیاهان و در اواخر دورۀ تریاسه[1] رخ داده است .وجود این قارچ‌ها در فسیل ها، این فرضیه که وجود میکوریزا در دوران دوونین[2] سبب تشدید در سرعت شکل گیری پوشش گیاهی در خشکی‌ها شده است را قوت بخشیده است. تمام موجودات زنده، برای ساختن اسیدهای نوکلئیک و ATP به فسفر نیاز دارند اما در گیاهان اولیه که از زیستگاه‌های آبی و هموژن خارج و به خشکی آمده بودند، جذب مواد غذایی و به ویژه فسفر، با مشکل مواجه شدند که با تشکیل همزیستی میکوریزایی و کلونیزاسیون ریشۀ گیاهان، این محدودیت بر طرف شد (Taylor, 1995). به این صورت

1 Triassic
2 Devonian

بود که گیاهان از محیط‌های آبی خارج شدند و در خشکی‌های کرهٔ زمین چنان گستردگی و تنوعی پیدا کردند که آنها را اصلی ترین و مهم ترین موجودات زنده و جزء جدانشدنی حیات بر روی کرهٔ خاکی تبدیل کرد (Jaya et all., 1994). در واقع به دلیل حضور گیاهان بود که حیات به صورت امروزی اش بر روی کرهٔ زمین شکل گرفت. همزیستی میکوریزا با گیاهان خشکی در سراسر دنیا، بر تغذیهٔ فسفر گیاهان، تأثیر جهانی دارد (Malloch, 1987).

برخی از محققین، قارچ‌های میکوریزا را پارازیت اهلی شده می‌دانند و برخی دیگر آنها را حالت تکامل یافته‌ای از سازوکار ساپروفیتی به شمار می‌آورند. از نظر تاکسونومیکی، خویشاوندی کمی بین قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربسکولار[1] و قارچ‌های پارازیت وجود دارد، لذا احتمال اینکه قارچ‌های میکوریزا از تکامل قارچ‌های ساپروفیت به وجود آمده باشند، بیشتر است (Malloch, 1987). تحقیقات اخیر نشان داده اند که اثرات متقابل بین وضعیت گیاه، محیط خاک و قارچ‌های میکوریزا تعیین کنندهٔ نهایی سرنوشت این رابطه از نظر همزیستی یا انگلی بودن، است (Johnson et al., 2003).

در دوران اخیر، اولین مشاهدات دربارهٔ ساختمان میکوریزا توسط اونگر[2] در سال ۱۸۴۰ میلادی گزارش شده است (Marks, 1999). همچنین نخستین شواهد در مورد نقش میکوریزا از طریق مطالعات ری سک[3](۱۸۴۷) و کامینسکی[4] (۱۸۸۱) حاصل شد. با این حال، هنوز نام مشخصی برای این گروه موجودات زنده وضع نشده بود، تا اینکه در سال ۱۸۸۵ فرانک[5] برای اولین بار واژهٔ میکوریزا را برای نامیدن این گروه از قارچ‌ها به کار برد (Bagyara, 1987). نامبرده برای نخستین بار ضمن مطالعه بر روی

1 Vesicular-arbuscular Mycorrhiza
2 Unger
3 Reissek
4 Kamienski
5 Frank

برخی گیاهان متعلق به خانوادهٔ Cupuliferae به وجود میکوریزا پی برد. پس از آن تاریخ، میکوریزا به ترتیب در نهان دانگان (Angiospermae) و مخروطیان (Coniferae) بویژه در کاج‌ها (Pinaceae) و همچنین در تعدادی از نهان دانگان علفی (Herbaceous) مشاهده شد (Harley, 1998).

امروزه مشخص شده است که میکوریزا نه تنها در نهان دانگان و بازدانگان، بلکه همراه بعضی از نهان زادان آوندی (Pteridophyta) وخزه ها(Bryophyta) حضور دارد (Smith & Harley, 1983). محققین در این نکته هم رأی هستند که تقریباً ۸۳ درصد از گیاهان دولپه و ۷۹ درصد از تک لپه ای‌ها و نیز همهٔ بازدانگان (بنا بر نظر برخی محققین، ۸۰ درصد کل گیاهان ساکن در خشکی) با میکوریزا رابطهٔ همزیستی برقرار می‌کنند (Dodd, 2000). همچنین برخی از خانواده ها مانند: خانواده‌های جگن (Juncaceae) ، اویارسلام (Cyperaceae) ، اسفناجیان (Chenopodiaceae) ، و شب بو (Cruciferae) از این نظر استثناء هستند، اگر چه در این خانواده‌ها نیز ممکن است جنس‌ها و گونه هایی وجود داشته باشند که با میکوریزا، همزیست شوند. Barea در سال ۲۰۰۵، نیز خانواده‌های تاج خروس (Amaranthaceae) و میخک (Caryophyllaceae) را نیز به این فهرست اضافه کرد. با این وجود، در سال‌های بعد حالات استثنایی پیدا شد و برخی گونه‌های این خانواده‌ها میکوریزایی شدند. بیش از ۱۰ درصد کل خانواده‌های گیاهی غیر میکوریزایی هستند و گیاهان متعلق به این خانواده‌ها مثل اسفناجیان و شب بوئیان، از طریق طراحی نظام ریشهٔ فوق العاده منشعب، فقدان میکوریزا را تا حدی جبران می‌کنند. به طو کلی، شواهد موجود به این مطلب اشاره دارند که حالت غیر میکوریزایی در سلسلهٔ گیاهی به صورت یک استثناء مطرح است (Lotter, 2003).

گونه‌های جدید قارچ میکوریز آربسکولار در طی دوران تکامل همزیستی ایجاد شده اند و پس از این که این قارچ‌ها از نظر تغذیه‌ای به صورت همزیست اجباری در آمدند، به علت رابطهٔ قارچ با گیاهان

میزبان، ژن‌های مربوط به سازگاری در گیاهان میزبان توسعه یافت و فرایند تخصصی شدن، متوقف شد و یا کاهش پیدا کرد، به عبارت دیگر، در طول دوران زمین شناسی، تکامل متقابل بین این دو موجود همزیست، همراه با تکامل محیط زیست بوده است. رویدادهای تکاملی چندگانه و تاریخ تکاملی طولانی، به این معنی است که گیاهان و قارچ های مختلف، برای همزیستی، خصوصیات مستقلی پیدا کردند و این تنوع منجر به گوناگونی وسیع فیزیولوژیکی شده است (Newsham, 1990).

۱-۲-۱- انواع میکوریزا

بر اساس نوع رابطهٔ قارچ با گیاه و نیز چگونگی ارتباط بین میسلیوم قارچ و سلول ریشه، میکوریزا به سه گروه میکوریزای خارجی[1]، میکوریزای داخلی[2] و میکوریزای داخلی- خارجی[3] تقسیم می‌شود. (Read, 1998). اخیراً نوعی ارتباط، تحت عنوان آلودگی مختلط[4] به این گروه‌ها اضافه شده است (Suba, 2000).

۱- اکتومیکوریزا: ویژگی مشخصهٔ اکتومیکوریزا، حضور هیف در بین سلول‌های پوست ریشه و ایجاد ساختاری شبکه مانند بنام شبکه هارتیگ[5] است. اصطلاح شبکهٔ هارتیگ به افتخار رابرت هارتیگ که پدر علم بیولوژی جنگل است بر روی این ساختار گذاشته شده است. بسیاری از اکتومیکوریزاها دارای یک پوشش یا غلاف از بافت‌های قارچی هستند که ممکن است تمامی ریشه‌های جذب کننده (معمولاً ریشه‌های ریز تغذیه کنندهٔ گیاه) را به طور کامل بپوشانند. ضخامت، رنگ و بافت غلاف، بسته به نوع گیاه شرکت کننده در رابطهٔ همزیستی، بسیار متغییر است. معمولاً غلاف، سطح جذب ریشه‌ها را افزایش داده و بر روی ریخت شناسی ریشه‌های ظریف، اثر می‌گذارد که این امر سبب منشعب شدن ریشه

1Ectomycorrhiza(EM)
2Endomycorrhiza
3 Ectendomycorrhiza
4 Mix Infection
5 Hartig net