شناسایی قارچهای میکوریزی همزیست با ارس (*Juniperus excelsa*) و بررسی فراوانی آنها در رویشگاه سیراچال*

محمد متینی‌زاده[۱]، سودابه علی احمد کروری[۱]، مصطفی خوشنویس[۱] و مریم تیموری[۱]

چکیده

میکوریزها از رایج ترین انواع همزیستی بین گیاهان عالی و میکروارگانیسمها هستند. در این همزیستی، قارچهای میکوریزی با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و همچنین با افزایش توانایی جذب آب، ترشح هورمونهای گیاهی (مانند سیتوکینین) و محافظت گیاه میزبان در برابر پاتوژنها نقش مهمی در چرخهٔ زندگی گیاهان ایفا می‌کنند. با شناخت قارچهای میکوریزی می‌توان از آنها برای تلقیح گیاهان در خاکهایی که از نظر عناصر غذایی جذب شدنی برای گیاه ضعیف هستند، استفاده کرد. در این پژوهش، هشت پایهٔ ارس در رویشگاه طبیعی آن در ایستگاه تحقیقاتی سیراچال کرج انتخاب شدند. در دو سال متوالی و در هر سال در دو فصل بهار و پاییز، از ریشه‌های ارس و خاک اطراف آنها نمونه‌برداری شد. پس از رنگ‌آمیزی نمونه‌های تهیه شده از ریشه‌های ارس، اندامهای میکوریزی مانند هیف، وزیکول و آربسکول در ریشه ها مشاهده شدند. شناسایی قارچها، با استفاده از اسپورهای جداسازی شده از خاک و بر مبنای کلیدهای مورتون و ترپ و همچنین اطلاعات سایت INVAM انجام گردید. در نتیجه، دو جنس و دو گونه قارچ میکوریزی شامل *Acaulospora* sp.، *Glomus multicaule*، *Glomus* sp. و *Glomus fasciculatum* شناسایی شدند. در کلیهٔ نمونه های خاک و در هر دو فصل، اسپورهای گونهٔ *Glomus multicaule* بیشترین فراوانی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: همزیستی، قارچهای میکوریز آربسکولار، ارس، سیراچال، ایران

---

* این مقاله از طرح تحقیقاتی شمارهٔ ۰۶-۰۳۱۰۱۱۷۰۰۰-۷۹ مصوب مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع استخراج شده است.

۱- اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع پست الکترونیک: matini@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۳/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸٤/۱۰/۱۳

مقدمه

خاک دارای میکروارگانیسمهای متعددی است که نقش بعضی از آنها مانند قارچهای میکوریزی برای زندگی گیاهان بسیار حائز اهمیت است. قارچهای میکوریزی جزء جدایی ناپذیر و تأثیرگذار در اکوسیستمها هستند که فقدان آنها توانایی استقرار گیاه را در طبیعت به‌شدت کاهش می‌دهد. عوامل اکولوژیکی، این قارچها را از لحاظ کمی و کیفی کنترل می‌کنند. شدت تشکیل میکوریز به عواملی مانند دما، نور، رطوبت، نوع خاک، pH، مواد معدنی و آلی خاک، مصرف آفت کشها و مقدار آلاینده های هوا بستگی دارد. این عوامل همراه با هم یا به‌صورت مستقل بر کمیت و کیفیت همزیستی میکوریزی اثر می‌گذارند.

قارچهای میکوریزی سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف ازقبیل فسفر، ازت، پتاسیم، روی و غیره می‌شوند (Hayman، ۱۹۸۳). این قارچها از معدود میکروارگانیسمهای خاک هستند که ارتباط فیزیکی مستقیم بین تودهٔ خاک و سیستم ریشه‌ای گیاهان ایجاد می‌کنند (Miller و Jastrow، ۱۹۹۲). هیفهای خارج ریشه‌ای آنها از طریق اتصال به ذرات خاک و تشکیل خاکدانه های پایدار به بهبود ساختمان و اصلاح ویژگیهای فیزیکی خاک در اطراف سیستم ریشه ای گیاه کمک می‌کنند (Dodd و Jefferies، ۱۹۸۹). قارچهای میکوریزی در کاهش عوامل بیماریزا و محافظت گیاهان در برابر این عوامل مؤثر هستند و در حضور آنها آلودگی ریشه‌ها با نماتدها و قارچهای بیماریزا کاهش می‌یابد (Hooker، ۱۹۹٤). قارچهای میکوریز آربسکولار با جذب عناصر مضر و سمی موجود در خاک، باعث افزایش مقاومت گیاهان به مقادیر زیاد این عناصر در خاک می‌شوند (Carney و Smith، ۱۹۹۳) و قادرند با تولید هورمونهای گیاهی بر میزان رشد گیاهان تأثیر بگذارند (Dube، ۱۹۹۰).

همهٔ تیره‌های گیاهان آوندی دارای اعضایی هستند که همزیستی میکوریزی آربسکولار (AM) در آنها وجود دارد و فقط خانواده‌های *سیپراسه*، *براسیکاسه*، *کنوپودیاسه* و *کاریوفیلاسه*، یا فاقد میکوریز بوده یا میزان میکوریز تشکیل شده در آنها محدود است. در طبقه بندی جدید، قارچهای میکوریز آربسکولار در شاخهٔ گلومرومایکوتا قرار داده شده اند. با وجود انتشار بسیار زیاد، قارچهای AM دارای تنوع گونه ای اندکی بوده و فقط حدود ۱۵۰ گونه از آنها شناسایی شده‌اند. در حالت کلی، یک قارچ مولد AM جداشده از یک میزبان گیاهی، می‌تواند هر نوع میزبان دیگری را که قادر به تشکیل AM است آلوده کند. با این وجود قارچهایی وجود دارند که دارای میزبان محدود و اختصاصی هستند (Dilip و همکاران، ۱۹۹۱ و Schenck، ۱۹۹۱).

Dodd و Jefferies (۱۹۸۹) با اثبات نقش ریسه‌های خارج ریشه‌ای قارچهای میکوریزی در بهبود ساختمان خاک و تثبیت گیاه در بستر نشان دادند که میزان کلنیزاسیون ریشه توسط قارچهای میکوریزی در خاکهایی که دچار کمبود عناصر غذایی هستند، بیشتر از بسترهایی است که عناصر غذایی کافی دارند، از سوی دیگر کمبود شدید این عناصر رشد گیاه را متوقف کرده و بر میزان کلنیزاسیون اثر منفی دارد. بررسیها نشان داده اند که تلقیح قارچهای میکوریزی موجب افزایش رشد گیاه در مناطق تخریب شده و فرسایش یافته می شود (Dube، ۱۹۹۰). Ted (۱۹۹٦) نشان داد که گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی دارای افزایش رشدی در حدود ۲۰ تا ۳۰ و حتی گاهی تا ٦۰ برابر هستند. وی همچنین نتیجه گرفت که درصد زنده‌مانی نهالهایی که از بذرهای تلقیح‌شده با قارچهای میکوریزی بوجود می‌آیند، به طور چشمگیری زیادتر است.

Roncadori و Pokorny (۱۹۸۲) مشاهده کردند که تعدادی از قارچهای میکوریزی موجب گسترش تاج و افزایش وزن تر *Juniperus* می‌شوند. در پژوهش دیگری نشان داده شد که پایه‌های *J. virginiana* تلقیح‌شده با یک گونه *Glomus* رشد طولی بیشتری

(حدود ٤٩ درصد) داشتند (Hall و Bowes ١٩٨٤). Sohaibani (١٩٨٧)، اثرات *Glomus fasciculatum* را روی رشد و مقدار عناصر معدنی نهالهای گونه *J. osteosperma* نشان داد. Sarkina (١٩٨٨) فراوانی تعدادی از قارچهای میکوریزی همزیست با *J. excelsa* را تعیین کرد.

با وجود آنکه استفاده از قارچهای میکوریزی در مدیریت احیای منابع طبیعی تخریب‌یافته، بسیار حائز اهمیت است، اما در کشور ما تاکنون گامهای مؤثری در این جهت برداشته نشده‌است. محمدی انارکی (١٣٧٥) قارچهای همزیست بنه در استان یزد را شناسایی کرد. میرحسینی (١٣٧٥) اثر قارچهای میکوریزی را در جذب عناصر از مواد آلی و نقش این قارچها را در افزایش تحمل گیاه نسبت به تنشهای خشکی و شوری نشان داد. علی احمد کروری و همکاران (١٣٨٢) مطالعاتی را در خصوص شناسایی قارچهای میکوریزی همزیست با گونه‌های ملج (*Ulmus glabra*)، پلت (*Acer velutinum*) و سرخدار (*Taxus baccata*) در شمال ایران انجام دادند. آنها برای سرخدار و پلت چهار گونه *Glomus*، یک گونه *Gigaspora* و یک گونه *Acaulospora* و برای ملج سه گونه *Glomus*، دو گونه *Gigaspora* و یک گونه *Acaulospora* گزارش کردند.

هدف از انجام این پژوهش شناسایی قارچهای همزیست با ارس بوده است تا بتوان در آینده آنها را تکثیر کرده و برای تلقیح در رویشگاههای تخریب یافته استفاده نمود.

مواد و روشها

منطقه نمونه برداری و درختان انتخاب شده

منطقهٔ نمونه‌برداری در ایستگاه سیراچال در ٤٥ کیلومتری کرج قرار دارد. این منطقه با طول جغرافیایی َ١١ و °٥١ شرقی، عرض جغرافیایی َ٢ و °٣٦ شمالی و ارتفاع ٢٠١٠

متر بالاتر از سطح دریا دارای شیب ۱۸٪ با جهت ۳۲۵ درجهٔ شمال‌غربی است. این ایستگاه از دامنه تا یال حدود ۱۰۰۰ هکتار وسعت داشته و ارس به صورت توده های پراکنده در سطح منطقه انتشار دارد که بیشترین تراکم آن ۱۰۲ پایه در هکتار بوده است. در یک پلات نیم هکتاری (در محل با حداکثر تراکم) ۸ پایهٔ ارس برای این پژوهش انتخاب شدند. قطر برابر سینهٔ پایه های انتخاب شده ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر و ارتفاع آنها نیز ٤ تا ٦ متر بود.

نمونه برداری از خاک و ریشه

نمونه برداری طی دو سال متوالی، در دو فصل بهار و پاییز انجام شد. در هر فصل از ریشه هایی با قطر حدود ۱ میلیمتر از هر یک از هشت درخت و همچنین برای جداسازی اسپورها از خاک اطراف ریشه های آنها در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتری با سه تکرار نمونه برداری انجام گرفت. نمونه ها در کیسه‌های نایلونی و در داخل یخدان به آزمایشگاه منتقل و در یخچال نگهداری گردیدند. برای تعیین بافت و pH خاک از سه عمق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ٤۰ و ٤۰ تا ٦۰ سانتیمتری نمونه برداری انجام گرفت.

تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک

نمونه های هوا خشک شدهٔ خاک از الک ۲ میلیمتری گذرانده و بعد بافت و pH نمونه ها اندازه گیری شدند.

رنگ‌آمیزی ریشه‌ها و تعیین درصد آلودگی آنها

ریشه ها در کوتاه ترین زمان ممکن پس از نمونه برداری رنگ آمیزی و در صورت نبودن امکان سریع این آزمایش در محلول تثبیت کننده دارای اتانول ۵۰٪، فرمالین و اسیداستیک (به نسبت ۱۸، ۱ و ۱) نگهداری شدند. در هر نوبت۲۰ قطعهٔ ٤ سانتیمتری از ریشه‌های فرعی نازک با قطر حدود ۱ میلیمتر که برای رنگ‌آمیزی بهترین شرایط را دارا بودند، جدا گردیدند. نمونه ها با روش فیلیپس و هایمن (Phillips و Hayman،

۱۹۷۰) رنگ‌آمیزی شدند. ابتدا ریشه ها برای رنگبری به مدت یک ساعت در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۰٪ در بن ماری با دمای ۹۰ درجه سانتیگراد گذاشته شدند و پس از سه بار شستشو با آب به مدت۱۰ تا ۲۰ دقیقه در آب اکسیژنه قلیایی (آمونیاک، آب اکسیژنه ۱۰٪ و آب به نسبت ۱، ۱۰ و ۱۸۹) قرار داده شدند. نمونه ها پس از چند بار شستشو با آب برای خنثی کردن قلیاییت، برای ۳-٤ دقیقه در اسید هیدروکلریدریک ۱٪ گذاشته شدند. محلولی با اجزای اسید لاکتیک، گلیسرین و آب مقطر به نسبت ۱-۱-۱٤ تهیه و برای رنگ آمیزی، ۰/۱ گرم آنیلین بلو به آن اضافه شد. نمونه ها به مدت یک ساعت در این محلول رنگی و در بن ماری (دمای ۹۰ درجه سانتیگراد) گذاشته شده و بعد از آن برای حذف رنگهای اضافی در محلول رنگبر (محلول رنگ آمیزی بدون آنیلین بلو) قرار داده شدند.

تعیین میزان کلنیزاسیون ریشه ها

پس از مشخص شدن وجود قارچ میکوریزی در هر نمونه، درصد آلودگی ریشه با روش Gridline intersect تعیین گردید (Giovanettii و Mosse، ۱۹۸۰). برای هر نمونه رنگ آمیزی شده وجود یا عدم وجود ساختمانهای میکوریزی (هیف، آربسکول، وزیکول و یا اسپورهای داخلی) در ۱۰۰ قطعه انتخاب شده از هر نمونه به صورت تصادفی محاسبه و به صورت درصد بیان گردید. پنج طبقه بر اساس میزان کلنیزاسیون برای همزیستی میکوریزی تعریف شده است (Giovanettii و Mosse، ۱۹۸۰). اگر کلنیزاسیون ۰ تا ۵ درصد باشد، همزیستی در طبقه ۱ قرار می‌گیرد و به همین ترتیب کلنیزاسیونهای ٦ تا ۲۵ درصد، ۲٦ تا ۵۰ درصد، ۵۱ تا ۷۵ درصد و ۷٦ تا ۱۰۰ درصد همزیستی میکوریزی به ترتیب در طبقه های ۲، ۳، ٤ و ۵ قرار می‌گیرد.

روش جداسازی و شمارش اسپورها

برای شناسایی قارچهای همزیست بر اساس مورفولوژی اسپور آنها، ابتدا باید اسپورها از خاک اطراف ریشه‌های درختان جدا شوند. به این منظور، ابتدا نمونه های خاک در هوا خشک و بعد از الک ۲ میلیمتری گذرانده شدند. با استفاده از روش گردمن و نیکلسون (Gerdemann و Nicolson ، ۱۹٦۳)، ۱۰ گرم از هر نمونهٔ خاک با ۱۰۰ میلی لیتر آب مخلوط و به مدت ۳۰ تا ٦۰ ثانیه به هم زده شد. مایع رویی از یک سری الک با اندازه‌های مختلف (٤۲٥-٤٥ میکرون) عبور داده شد. محتویات موجود روی الکهای ٤٥، ۷٥، ۱٥۰ و ۲٥۰ میکرون با پیست جمع‌آوری و زیر میکروسکوپ مطالعه گردید. اسپورهای همشکل مشاهده شده از یکدیگر تفکیک گردیده و جداگانه نگهداری شدند. از هر نمونه تعدادی اسپور بر روی لام گذاشته شد و با استفاده از چسب کانادابالزام ثابت و از آنها عکس تهیه گردید. برای شناسایی اسپورهای قارچی از کلیدهای Morton و Benny (۱۹۹۰) و Trappe (۱۹۸۲) و همچنین اطلاعات سایت INVAM (۲۰۰۳) استفاده گردید. اساس شناسایی قارچهای میکوریزی در این روشها وجود یا عدم وجود اسپوروکارپ و نیز ابعاد، رنگ، شکل و تعداد لایه‌های دیواره اسپور است. بودن یا نبودن وزیکول و همچنین شکل و موقعیت هیف و آربسکول هم در شناسایی قارچها نقش دارد.

نتایج

-تعیین بافت و pH خاک

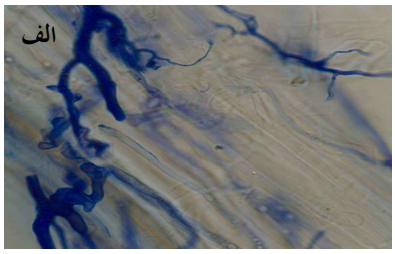
نتایج آزمایشهای مربوط به خاک نشان داد که خاک رویشگاه در عمق ۰ تا ۲۰ سانتیمتر دارای بافت لوم رس شنی و در اعماق ۲۰ تا ٤۰ و ٤۰ تا ٦۰ سانتیمتری دارای بافت رسی است. pH خاک رویشگاه در اعماق مذکور بین ۷/۲۱ تا ۷/۳۳ متغیر بود.

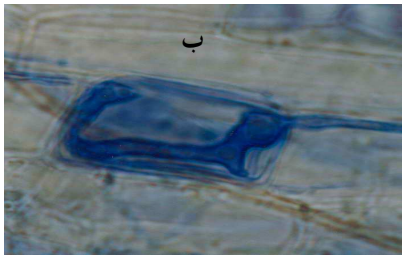
- بررسی میکروسکوپی ریشه

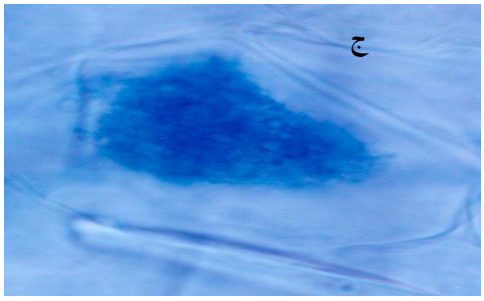
برش‌گیری از نوک ریشه‌هایی با قطر یک میلیمتر و رنگ‌آمیزی آنها، ساختارهای قارچی آنها را مشخص کرد. ریسه‌های بین‌سلولی، ریسه‌های مارپیچی درون‌سلولی، وزیکول و آربسکول در برشهای ریشه مشاهده شدند (شکل شمارهٔ۱). تراکم وزیکولها در ناحیهٔ نزدیک رأس ریشه بیشتر بود. وجود این ساختارهای قارچی نشان داد که میکوریز ارس از نوع اندومیکوریزای آربسکولار است.

- شناسایی قارچها

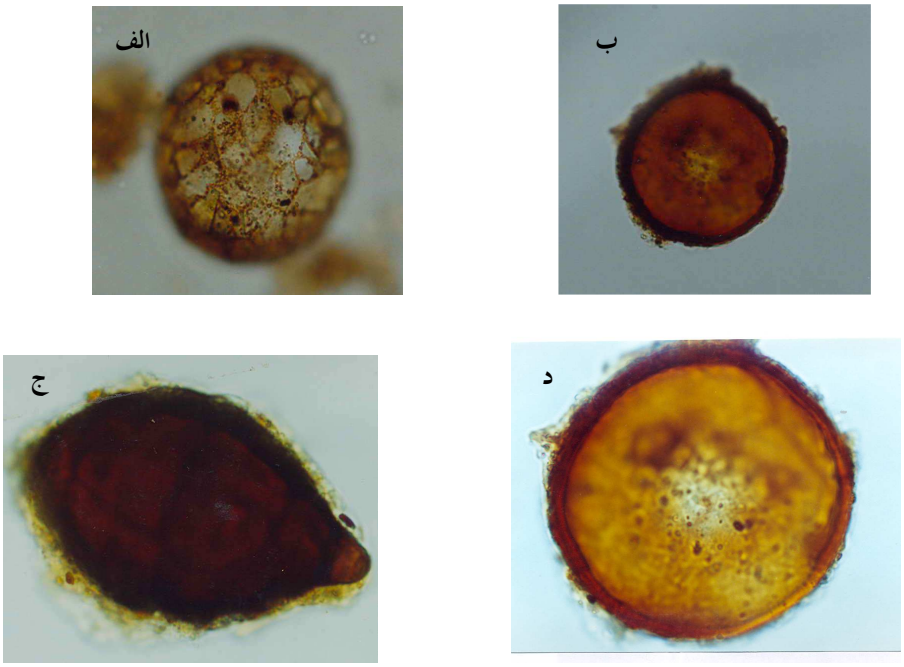
ساختارهای مختلف قارچی شامل آربسکول، وزیکول، هیف و همچنین نحوهٔ شکل گیری اسپورها از هیف و ساختمان اسپورها نشان داد که قارچهای همزیست از دو جنس *Acaulospora* و *Glomus* هستند. در ادامه دو گونه شامل







شکل شمارهٔ ۱- اندامهای میکوریزی رنگ آمیزی شده در ریشهٔ ارس. الف: هیف قارچ ب: هیف قارچ درون سلول ریشه ج: موقعیت آربسکول درون سلول ریشه.



شکل شمارهٔ ۲- اسپورهای جدا شده از اطراف ریشه های ارس شامل

(الف) *Glomus multicaule*، (ب) *Glomus* sp.، (ج) *Acaulospora* sp.

و (د) *Glomus fasciculatum*.

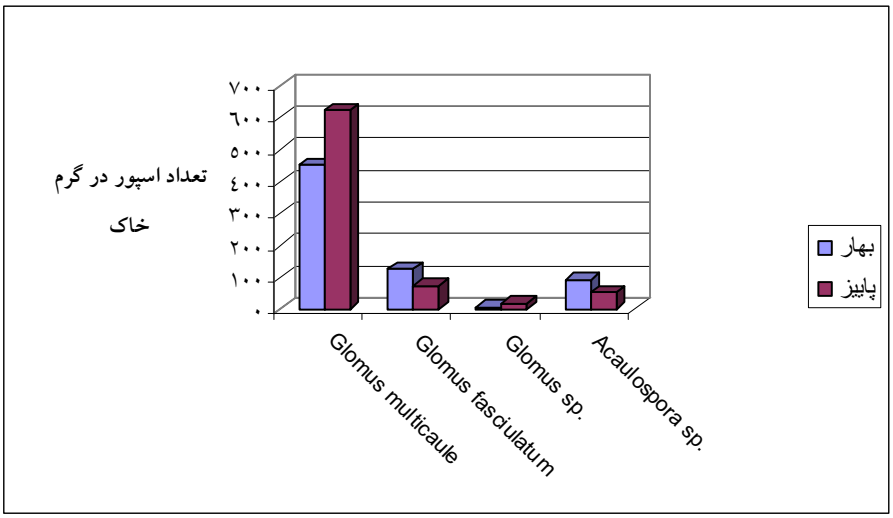
جدول شمارهٔ۱ – فراوانی اسپور قارچهای میکوریزی در خاک ریزوسفری پایه های مطالعه شدهٔ ارس در دو فصل بهار و پاییز (تعداد اسپور در گرم خاک)

پایه های مطالعاتی	M1		M2		M5		M7		M17		F6		F7		F8	
فصل / قارچ	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز
Glomus multicaule	٤٩٢	٥٥٥	٢٥٦	٤٠٢	٧٥٦	١١١٥	٦٩٦	٧٠٠	٦٧٦	٨٩٣	١٩٥	٤٢٠	٢٤٠	٤٢٥	٣٠٣	٤٦٦
Glomus fasciulatum	٥١	٣٦	٣٦	١٣	٣٨١	٢٧٦	١٢٠	٧٢	٧١	٤٣	٢٣٤	٨٠	٥١	٢٤	٦٠	٤٣
***Glomus* sp.**	١٠	٢٧	٠	١٧	٦	١٥	١٥	٢٩	١٠	٢٦	٠	٠	٠	١١	١٥	٢٠
***Acaulospora* sp.**	١١٠	٨٢	٥٤	٢٩	١١٤	٩٢	٣٠	٢٥	١٧٨	٦٦	٤٥	٢٣	٣٤	٩	١٧٣	٩٧
تعداد کل اسپورها	٦٦٣	٧٠٠	٣٤٦	٤٦١	١٢٤٧	١٤٩٨	٨٦١	٨٢٦	٩٣٥	١٠٢٨	٤٧٤	٥٢٣	٣٢٥	٤٦٩	٥٥١	٦٢٦

Glomus multicaule و *Glomus fasciculatum* شناسایی شدند و دو گونهٔ دیگر در سطح جنس *Acaulospora* sp.، *Glomus* sp. قابل شناسایی بودند (شکل شمارهٔ ۲).

- فراوانی اسپورهای قارچی

شمارش اسپورهای قارچی در یک گرم از خاک ریزوسفر هر درخت، در بهار و پاییز انجام گردید (جدول شمارهٔ۱). برای بیشتر پایه ها تفاوتی در تعداد اسپورهای مختلف برداشت شده در بهار و پاییز مشاهده نشد. بیشترین فراوانی اسپورها هم در بهار و هم در پاییز در خاک پایهٔ M5 بود. در کلیهٔ نمونه‌های خاک فراوان ترین اسپورها مربوط به گونهٔ *Glomus multicaule* بود (شکل شمارهٔ ۳).



شکل شمارهٔ ۳- فراوانی اسپور قارچها (متوسط ۸ درخت) در دو فصل بهار و پاییز

بحث

با توجه به جایگاه ویژهٔ جنگلهای ارس ایران از نظر مرغوبیت و استحکام چوب و حفاظت از خاک در برابر فرسایش، لزوم تلاش در جهت حفظ و حراست از این سرمایهٔ ملی به طور کامل محسوس است. به خصوص که درنتیجهٔ عدم مدیریت صحیح و نیز ضعف عمومی رویشگاههای ارس به دلیل کمبود عناصر غذایی، بخش زیادی از این جنگلها درحال تخریب و نابودی است. نتایج بررسیهای محققان حاکی از این است که در صورت استفاده نکردن از قارچهای میکوریزی، برنامه‌های جنگلکاری اغلب با شکست مواجه می‌شوند (Ted، ۱۹۹٦). توانایی طیف وسیعی از گونه‌های قارچی برای کلنیزه کردن ریشه‌های درختان و افزایش رشد آنها در نهالستان و جنگل در مطالعات مختلف بررسی شده است (Kohke، ۱۹۸٦، Johnson و همکاران، ۱۹۹۱ و Allen و Allen، ۱۹۹۵).

تحقیقات انجام شده در دنیا نشان داده بودند که جنس *Juniperus* دارای همزیستی میکوریزی است (Hall و Bowes، ۱۹۸٤، Boulard، ۱۹۸٦، Sohaibani، ۱۹۸۷ و Sarkina ، ۱۹۸۸)، در این پژوهش نیز مشخص گردید که گونهٔ *J. excelsa* بومی جنگلهای ایران نیز دارای همزیستی میکوریزی آربسکولار است.

نتایج این پژوهش نشان داد که درختان ارس (*Juniperus excelsa*) و قارچهای اندومیکوریزی آن در pH قلیایی نزدیک به‌خنثی رشد می‌کنند. ساختارهای قارچی مشخصی به‌صورت ریسه‌های بین سلولی، ریسه‌های مارپیچی درون سلولی، وزیکول و آربسکول در برشهای عرضی و طولی نوک ریشه‌ها به‌وضوح مشاهده شدند. درصد کلنیزاسیون ریشه با قارچهای میکوریزی در درختان مطالعه شده حدود ٦۵ تا ۷۵ درصد (با متوسط ۷۰٪) بود که با توجه به طبقه بندی Giovanettii و Mosse (۱۹۸۰) در تیپ ٤ قرار می‌گیرند. این میزان آلودگی و مشاهدهٔ نفوذ ریسه‌ها به‌داخل و بین سلولهای ریشه نشان می‌دهد که قارچ توانسته بهترین همزیستی را با گیاه برقرار کند. بنابر گزارش پژوهشگران گیاهان میکوریزی سالمترند و در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی

از رشد بهتری برخوردارند و نیز مقاومت بیشتری در برابر عوامل بیماریزا دارند (Hayman، ۱۹۸۳). همزیستی ارس با گونه‌های مختلف قارچی از دو جنس *Glomus* و *Acaulospora* و شامل *Glomus multicaule*، *Glomus* sp.، *G. fasciculatum* و *Acaulospora* sp. بود. Reinsvold و Reeves (۱۹۸٦) همزیستی گونهٔ دیگری از ارس (*J. osteosperma*) را با قارچ *G. fasciculatum* نشان داده اند.

فراوانی اسپورها در دو فصل بهار و پاییز بسته به گونه قارج متفاوت بود. تعداد اسپورهای *G. fasciculatum* و *Acaulospora* sp. در بهار و تعداد اسپورهای *Glomus multicaule* و *Glomus* sp. در پاییز بیشتر بود که این امر شاید به دلیل توقعات اکولوژیکی متفاوت این قارچها باشد. بیشترین فراوانی اسپورها هم در بهار و هم در پاییز در خاک پایهٔ M5 بود که با توجه به ویژگیهای ظاهری مشابه در پایه های مطالعاتی دلیل مشخصی برای این فراوانی بدست نیامد.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش که وضعیت بسیار مطلوب همزیستی درختان ارس را با گونه‌های متعدد قارچهای میکوریز آربسکولار به اثبات می‌رساند، استفاده از این قارچها در رویشگاههای تخریب یافته و فقیر ارس، برنامه‌های احیای این مناطق را سرعت بیشتری خواهد بخشید.

منابع مورد استفاده

۱- علی احمد کروری، س.، متینی زاده، م. و تیموری، م.، ۱۳۸۲. بررسی همزیستی درختان جنگلی با میکروارگانیسمها (ملج، افرا و سرخدار). مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ۱۲۵ صفحه.

۲- محمدی انارکی، ص.، ۱۳۷۵. نوع و پراکنش میکوریزهای بنه در جنگلهای استان یزد. پایان نامه کارشناسی‌ارشد علوم گیاهی، دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس، ۷٦ صفحه.

۳- میرحسینی، ع.، ۱۳۷۵. بررسی اثر میکوریزها در جذب عناصر از مواد آلی بوسیله گیاه و تحمل در برابر برخی ازعوامل تنش‌زا. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران، ۹۸ صفحه.

4- Allen, E.B. and Allen, M.F., 1995. Patterns and regulations of mycorrhizal plant and fungal diversity. Plant and Soil, 170: 47 – 62.

5- Boulard, B., 1986. Mycorrhizas of *Juniperus* of french flora. Bulletin Trimestriel de societe mycologique de France., 102 (1): 1 – 18.

6- Carney, J.W.G. and Smith, S.E., 1993. The influence of monovalent cations on effluex of phosphate from the ectomycorrhizal basidiomycete *Pisolithus tinctorius*. Mycobl. Res., 97 (10): 1267 -1271.

7- Dilip, A.K., Rai, B., Mukerji, K.G. and Knudsen, G.R., 1991. Handbook of Applied Mycology. Volume 1: Soil and Plant. 719 p.

8- Dodd, J.C. and Jefferies, P., 1989. Effects of herbicides on three AMF association with winter wheat (*Triticum sativum* L.). Biol. Fertil. Soil, 7: 80 - 120.

9- Dube, H.C., 1990. An Introduction to Fungi. Vikas Publishing House PVTLTD, New Dehli. 608p.

10- Gerdemann, J.W. and Nicolson, T.H., 1968. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted for soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 46: 235 - 244.

11- Giovannetti, M. and Mosse, B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytol., 84: 489-500.

12- Hall, T.J. and Bowes, S.A., 1984. Mycorrhizas and container-grown hardy ornamental nursery stock (HONS) production. Annual Report of Glasshouse Crops Research Institute at Littlehampton, UK; 113 - 114.
13- Hayman, D.S., 1983. The physiology of vesicular - arbuscular endomycorrhizal symbiosis. Can.J. Bot. 61: 944 - 961.
14- Hooker, J.E., 1994. VAMF induced alteration in poplar root system morphology. Plant and Soil, 145: 207 - 214.
15- INVAM (2003) http://invam.caf.wvu.edu
16- Johnson, N.C., Zak, D.R. and Tilman, D., 1991. Dynamic of vesicular - arbuscular mycorrhizae during old field succession. Oecologia, 86: 349 - 358.
17- Kohke, I., 1986. Mycorrhizae of forest trees structures and function. Trees, 1: 1-24.
18- Miller, R.M. and Jastrow, J.D., 1992. The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In: Allen, M.F. (ed.) Mycorrhizal Functionning. Chapman and Hall, NewYork,: 438 - 467.
19- Morton, J.B. and Benny, G.L., 1990. Revised classification of AMF: A new order, Glomales, 2 new suborder, Glomineae and Gigasporineae, and 2 new Families Acauloporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37: 471 - 491.
20- Phillips, J.M. and Hayman, J.M., 1970. Improved procedures for clearing roots by staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. Br. Mycol. Soc., 55: 158-160.
21- Reinsvold, R.J. and Reeves, F.B., 1986. The mycorrhizae of *Juniperus osteosperma* : Identity of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiont, and resynthesis of VA mycorrhizae. Mycologia, Vol. 78: 108-113.
22- Roncadori, R. and Pokorny, F., 1982. Growth of *Juniperus chinensis* var. *sargentii* as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil fertility. Hortscience. 17(6): 917 – 918.
23- Sarkina, I., 1988. Dependence of the inoculation potential of the soil on the ecological conditions and species affinity of the higher plant. In: Molchanov, E. F. (ed.) effects of anthropogenic changes in the environment on terrestrial and marine ecosystems of the crimea. Sbornik Nauchnykh Trudov Gosudarstvennyi Nikitskii Sad., 104: 62 - 72.
24- Schenck, N.C., 1991. Methods and principles of mycorrhizal research. 244 p.

25- Sohaibani, A., 1987. Mycorrhizal dependency of *Juniperus osteosperma*. Disseration -Abstracts-International, B: Science and Engineering. 47: 4394; Thesis, Colorado state university, USA, 135 p.
26- Ted, S.J., 1996. Mycorrhizal inoculation: advice for growers and restonationist. Hortus West, 7 (2): 1 - 4.
27- Trappe, J.M., 1982. Synoptic keys to the genera and species of Zygomycetous mycorrhizal fungi 72 (8): 1102-8.