جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۷
ص ۳۵-۴۷

DOI: 10.22059/jfwp.2018.245316.875

# تنوع زیستی و کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با برخی گونه‌های جنگلی زاگرس

**ناهید جعفریان[۱]، جواد میرزایی[۲*]، مصطفی مرادی[۳]، مهدی حیدری[۴]**

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، گروه علوم جنگل، دانشگاه ایلام
۲. دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیای بهبهان
۴. استادیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۰۲

## چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تنوع زیستی قارچ‌های میکوریزی همزیست با برخی از گونه‌های درختی و درختچه‌ای در رویشگاه‌های شهرستان ایلام انجام گرفت. بدین منظور از هرکدام از گونه‌های ارغوان، آلبالوی وحشی، بادام برگ‌سنجدی، دافنه، شن، زالزالک، کیکم و وامچک، به‌طور تصادفی چهار نمونهٔ ترکیبی خاک به‌همراه ریشه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد؛ سپس مطالعات قارچ و خاک روی این نمونه‌ها انجام گرفت. در مجموع ٤٢ گونهٔ قارچی متعلق به ۱۳ جنس متفاوت در ریزوسفر این درختان شناسایی شد. کلنیزاسیون ریشه بین ۳٤/۹۷ درصد در بادام برگ‌سنجدی تا ۹۹/۹۰ درصد در وامچک و میانگین تراکم جمعیت اسپور در هر گرم خاک، بین ۸ عدد در گونهٔ وامچک تا ۳۳ عدد در گونه زالزالک متغیر بود. بررسی شاخص‌های تنوع زیستی نیز نشان داد که قارچ‌های همزیست با گونه‌های درختی از نظر غنا با هم اختلافی ندارند، ولی از نظر شاخص تنوع شانون- وینر، سیمپسون و یکنواختی پایلو، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری که قارچ‌های همزیست با گونهٔ شن و وامچک به‌ترتیب بیشترین تنوع شانون وینر و قارچ‌های همزیست با گونهٔ کیکم و شن، بیشترین شاخص یکنواختی را داشتند. گونه های شن، کیکم، آلبالوی وحشی، ارغوان، بادام برگ‌سنجدی و وامچک از نظر تنوع سیمپسون قارچ‌های میکوریزی در یک گروه قرار گرفتند. تنوع زیاد قارچ‌های میکوریز در این تحقیق می‌تواند نشان‌دهندهٔ وجود تنوع زیستی زیاد خاک باشد. گونه‌های شن، کیکم و بادام برگ‌سنجدی تنوع زیستی قارچ‌های میکوریزی بیشتری داشتند که به‌علت بیشتر بودن عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک در زیراشکوب آنهاست.

**واژه‌های کلیدی:** جنگل‌های زاگرس، گونه‌های درختی و درختچه‌ای، میکوریز آربوسکولار، همزیستی.

## مقدمه

جنگل‌های زاگرس که بخش بزرگی از رشته‌کوه زاگرس را زیر پوشش قرار می‌دهند، از مهم‌ترین مناطق رویشی کشور است که با پنج میلیون هکتار جنگل، به‌طور تقریبی وسعتی معادل ٤٠ درصد از کل جنگل‌های کشور را به خود اختصاص داده است [۱]. ارزشمندی این جنگل‌ها به‌لحاظ زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که دربارهٔ گونه‌های ارزشمند این مناطق پژوهش‌های بیشتری صورت گیرد. این جنگل‌ها برخی از استان‌های غرب و جنوب غرب کشور را فرا گرفته‌اند که از جمله می‌توان به استان ایلام اشاره کرد.

خاک‌ها تعیین‌کنندهٔ گونه‌های گیاهی هستند [۲] و گیاهان نیز بر چرخهٔ عناصر غذایی و خصوصیات مکانی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۸۴۳۲۲۲۲۰۱۵
Email: Mirzaei.javad@gmail.com

خاک‌ها اثر می‌گذارند [۳]. بررسی اثرهای متقابل خاک و گیاه ضروری است، چراکه با تغییر گونه‌ها و جوامع گیاهی می‌توان انتظار داشت که خاک و میکروارگانیسم‌های خاک نیز تغییر کنند [٤]. یکی از میکروارگانیسم‌های خاک، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار هستند که به‌عنوان پل زیستی بین خاک و ریشهٔ گیاه میزبان عمل می‌کنند. در این همزیستی، گیاه میزبان کربوهیدرات را در اختیار قارچ قرار می‌دهد و عناصر غذایی نیز توسط قارچ جذب شده و به گیاه میزبان منتقل می‌شوند [٥]. این قارچ‌ها از طریق سازوکارهای مختلف، حلالیت عناصر موجود در خاک را که در حالت عادی غیر قابل جذب برای گیاه است افزایش داده و با گسترده کردن شبکهٔ هیف‌های خود در خاک، جذب ریشهٔ گیاه را افزایش می‌دهند [٦].

این قارچ‌ها با توجه به فواید و اثرهای مهم در رشد و عملکرد گیاهان، توجه بیشتر کشاورزان، گیاه‌شناسان، اکولوژیست‌ها و مایکولوژیست‌ها را به خود جلب کرده‌اند، به‌طوری که تحقیقات زیادی در زمینهٔ شناسایی و تنوع قارچ‌های میکوریزی براساس ویژگی‌های مورفولوژیک این قارچ‌ها در خاک‌های شور و مناطق خشک، تپه‌های شنی و در شرایط مختلف محیطی [۳، ۷] و روی گونه‌های مختلف گیاهی و درختی از جمله کیکم [۸]، بادامک [۹] و زبان‌گنجشک [۱۰] انجام گرفته است.

بررسی همزیستی میکوریزایی از این نظر دارای اهمیت است که تأثیر بسیار زیادی در ایجاد، نگهداری، پایداری و توسعهٔ جوامع گیاهی به خصوص در مناطقی با تنش های گوناگون فیزیکی و اکولوژیکی دارد [۱۱]. آنها همچنین می‌توانند در مقاومت گیاهان به تنش خشکی تأثیر داشته باشند [۸].

ازآنجا که قارچ‌های میکوریزی کاربرد زیادی در احیا و تجدید اراضی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارند [۷] و نیز با توجه به روند رو به تخریب این جنگل‌ها، مطالعهٔ جوامع میکوریزایی گونه‌های تحت بررسی ضروری به‌نظر می‌رسد؛ اما گام اول در استفاده از آنها، شناسایی خود قارچ‌ها، عوامل مؤثر آنها و آگاهی از کم و کیف آنها در زیستگاه‌های مختلف است. بنابراین با آگاهی از این موارد می‌توان از آنها به‌عنوان ابزار احیای رویشگاه‌ها و همچنین تولید نهال‌های مقاوم‌تر [۸] در جنگلکاری‌ها استفاده کرد و با استفاده از قارچ‌های میکوریزی به‌عنوان همزیست سودمند، موفقیت جنگلکاری‌ها را ارتقا بخشید. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تنوع زیستی و کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار با برخی گونه‌های جنگلی زاگرس انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقهٔ تحقیق

این تحقیق در استان ایلام در رویشگاه‌های چغاسبز، سورگه و منطقهٔ حفاظت‌شده ارغوان انجام گرفت. منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ارغوان در طول جغرافیایی "٤٦ '٢٧ °٤٦ و عرض جغرافیایی"٣٨ '٣٩ °٣٣ واقع شده و میانگین ارتفاعی آن ١٤٠٠ تا ١٩٠٠ متر از سطح دریا و میانگین شیب آن ٢٩ درصد است. منطقهٔ چغاسبز در طول جغرافیایی "٤٢ '٢٤ °٤٦ و عرض جغرافیایی "٠٦ '٣٦ °٣٣ واقع شده است. میانگین ارتفاع از سطح دریا ١٤٣٣ متر و شیب آن ١٩ درصد است. منطقهٔ سورگه نیز در طول جغرافیایی "٤١ '٣٠ °٤٦ و عرض جغرافیایی "٠٨ '٣٧ °٣٣ قرار دارد.

داده‌های بارش رویشگاه‌ها از ایستگاه هواشناسی و سینوپتیک منطقهٔ ایلام به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به مناطق مورد مطالعه و براساس میانگین ده‌ساله تهیه شد. مقدار بارندگی سالانه ٤٨١/٢ میلی‌متر و میانگین دمای سالانهٔ رویشگاه‌ها ١٧ درجهٔ سانتی‌گراد است. در جدول ١ میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گونه‌های بررسی‌شده آمده است.

**جدول ۱. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در گونه‌های بررسی‌شده ( میانگین ± انحراف معیار)**

| متغیرهای محیطی | *A. monspessulanum* | *A. Arabica* | *A. elaeagnifolia* | *C. microcarpa* | *C. pontica* | *C. griffithii* | *D. mucronata* | *L. nummulariifolia* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نیتروژن (٪) | ۰/۳۵ | ۰/۰۹ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۱۴ | ۰/۱۵ | ۰/۳۸ |
| فسفر($mgkg^{-1}$) | ۳۱/۹۸ | ۵/۱۲ | ۱۵/۶۳ | ۵/۱۲ | ۱۱/۲۴ | ۱۲/۷۷ | ۴/۰۷ | ۲۲/۷۲ |
| پتاسیم ($mgkg^{-1}$) | ۱۰۸۱/۳۹ | ۱۴۳/۱ | ۴۹۵/۵۸ | ۳۴۶/۶۴ | ۲۹۲/۰۳ | ۱۸۷/۷۸ | ۱۸۲/۸۱ | ۵۷۰/۰۴ |
| آهک (٪) | ۱۵ | ۶۷ | ۱۳/۱۲۵ | ۵۷/۴۳ | ۶۲/۴۴ | ۶۶/۵۶ | ۶۵/۱۹ | ۹/۴۳ |
| کربن آلی (٪) | ۳/۵۷ | ۰/۹۰ | ۲/۵۰ | ۲/۱۷ | ۲/۲۷ | ۱/۴۴ | ۱/۵۳ | ۳/۸۰ |
| pH | ۷/۵۰ | ۷/۳۶ | ۷/۲۷ | ۷/۳۷ | ۷/۴۲ | ۷/۴۶ | ۷/۴۹ | ۷/۲۶ |
| هدایت الکتریکی ($dsm^{-1}$) | ۰/۱۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۱ |
| جرم مخصوص ($gcm^{-3}$) | ۱/۵۴ | ۱/۵۱ | ۱/۵۸ | ۱/۴۸ | ۱/۳۷ | ۱/۷۲ | ۱/۳۶ | ۱/۵۰ |
| رطوبت اشباع (٪) | ۴۵/۹۵ | ۲۲/۴۵ | ۳۸/۴۹ | ۳۲/۵۶ | ۲۷/۶۵ | ۲۴/۰۷ | ۲۴/۱۰ | ۴۳/۱۶ |
| شن (٪) | ۵۵/۲۱ | ۶۷/۹۲ | ۴۹/۹۰ | ۵۷/۶۱ | ۵۸/۹۶ | ۶۱/۹۸ | ۶۱/۱۵ | ۵۲/۵ |
| رس (٪) | ۲۳/۶۵ | ۱۸/۳۳ | ۲۵ | ۲۵/۸۳ | ۲۴/۶۸ | ۲۲/۹۱ | ۲۴/۳۷ | ۱۷/۷۱ |
| سیلت (٪) | ۲۱/۱۴ | ۱۳/۷۵ | ۲۵/۱۰ | ۱۶/۵۶ | ۱۶/۳۶ | ۱۵/۱۱ | ۱۴/۴۸ | ۲۹/۷۹ |

**نمونه‌برداری**

برای اجرای این تحقیق و به‌منظور شناسایی و استخراج اسپور قارچ‌های میکوریزی ریشهٔ همزیست گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای در مناطق بررسی‌شده در هر رویشگاه و طی تیرماه ۱۳۹۵، دست‌کم چهار پایه از درختان سالم و شاداب، برای هر گونه، با پراکنش مناسب در رویشگاه‌های چغاسبز، سورگه و ارغوان به‌صورت تصادفی تعیین شد [۱۲]. نمونه‌های خاک و ریشه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری [۱۲] برداشت شدند و برای استخراج و شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به‌کار رفتند.

**استخراج اسپور، شناسایی، تعیین درصد کلنیزاسیون و تنوع زیستی**

با استفاده از روش الک مرطوب و سانتریفیوژ کردن با ساکارز اقدام به استخراج اسپور قارچ شد [۱۳]. برای این منظور ۷ گرم خاک خشک در یک لیتر آب حل شد تا به حالت سوسپانسیون درآید. سپس ده ثانیه صبر شد تا ذرات شن و خاک رسوب کنند و به‌ترتیب از سری الک‌های ۲۵، ۸۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ مش عبور داده شد [۱۲]. محلول حاصل از کاغذ صافی مدرج عبور داده شد تا اسپورها پشت آن جمع‌آوری شده و فراوانی آنها تعیین شود.

به‌منظور مشاهدهٔ خصوصیات اسپور قارچ‌ها و شناسایی گونه‌های قارچی، ابتدا اسلایدهای دائمی با استفاده از معرف پلی‌وینیل لاکتوگلیسرول (PVLG) و ملرز تهیه شد. سپس شناسایی براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی نظیر شکل، رنگ، اندازه، تعداد لایه و شکل ریسه انجام گرفت. برای بررسی و اندازه‌گیری این ویژگی‌ها از میکروسکوپ نوری کالیبره‌شده ( Olympius, BH2) استفاده شد. شناسایی گونه ها با استفاده از کلید شناسایی Schenck و Perez (۱۹۸۹) و پایگاه اینترنتی معتبر http:// invam.caf.wvu.edu انجام گرفت.

برای تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه، نمونه‌های ریشه، با استفاده از روش Phillips و Hayman (۱۹۷۰) [١٤] و با استفاده از محلول رنگ آنیلین بلو ۱ درصد رنگ‌آمیزی شدند. درصد کلنیزاسیون براساس روش Biermann و Lindrerman (۱۹۸۱) [۱۵] تعیین شد.

از شاخص تنوع شانون- وینر، سیمپسون، غنای مگران و یکنواختی پایلو برای بررسی تنوع زیستی استفاده شد [۹].

**آنالیز داده‌ها**

در ابتدا همهٔ داده‌های موجود به لحاظ نرمال بودن ارزیابی شدند، سپس از آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه برای مقایسهٔ شاخص‌های تنوع در بین گونه‌های بررسی‌شده استفاده شد. در صورت مشاهدهٔ اختلاف معنی‌دار بین واریانس‌ها، از آزمون دانکن تعیین اختلاف معنی‌داری بین متغیرها استفاده شد.

**نتایج و بحث**

در تمام نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از ریزوسفر گونه‌های مختلف درختی، اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار یافت شد که می‌تواند نشان‌دهندهٔ وجود رابطهٔ همزیستی بین قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و گونه‌های بررسی‌شده باشد. در این تحقیق ٤٢ گونهٔ مختلف قارچ میکوریز آربوسکولار متعلق به ۱۳ جنس مختلف شناسایی شدند که این خود نشان‌دهندهٔ تنوع زیاد این میکروارگانیسم‌ها در مناطق تحت بررسی است. این تنوع زیاد را می‌توان مربوط به تنوع زیاد گیاهان موجود در منطقه و نیز تغییرات عوامل محیطی (خاک و فیزیوگرافی) دانست که همسو با یافته‌های میرزایی و همکاران (۲۰۱۸) [١٦] درخصوص شناسایی قارچ‌های میکوریز همزیست با گونه‌های گیاهی در منطقهٔ مانشت و قلارنگ ایلام است. از بین گونه‌های شناسایی‌شده، ۱۲ گونه متعلق به جنس *Glomus*، هفت گونه متعلق به جنس *Funneliformis*، شش گونه متعلق به جنس *Acaulospora*، چهار گونه متعلق به جنس *Rhizophagus*، چهار گونه متعلق به جنس *Diversispora*، دو گونه متعلق به جنس *Dominikia* بود و از جنس‌های *Paraglomus*، *Ambispora*، *Enterophospora*، *Claroideoglomus*، *Scutellospora*، *Intraspora* و *Sclerocystis* هرکدام یک گونه مشاهده شد (جدول ۳). گونه‌های قارچی *Acaulopora paulinae* (۰/۰۲ درصد)، *Dominikia aurea* (۰/۰۳ درصد)، *Glomus macrocarpum* (۰/۰۳ درصد) و *Acaulospora splendida* (۰/۰۹ درصد)، کمترین فراوانی و قارچ *Glomus* sp. با فراوانی ۲۱/۰۱ درصد، بیشترین میانگین درصد فراوانی نسبی در بین کل گونه‌های درختی و درختچه‌ای را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). جنس *Glomus* نیز با ۳۷/۸۱ درصد بیشترین میانگین فراوانی نسبی (شکل ۱) و تنوع گونه‌ای را داشت و به‌طور فراوان و غالب در همهٔ گونه‌های درختی و درختچه‌ای حضور داشت. محققان دیگر نیز *Glomus* را جنس غالب قارچ میکوریز آربوسکولار در گونه‌های مختلف درختی و شرایط محیطی مختلف گزارش کرده‌اند [۳، ۷] که نشان‌دهندهٔ اختصاصی نبودن گیاه میزبان خاص برای جنس *Glomus* است. از دلایل دیگر غالبیت این جنس می‌توان توانایی کلنیزه کردن گیاه توسط گونه‌های جنس *Glomus* از طریق اسپور و نیز قطعات ریشه‌های میکوریزی یا میسلیوم را برشمرد.

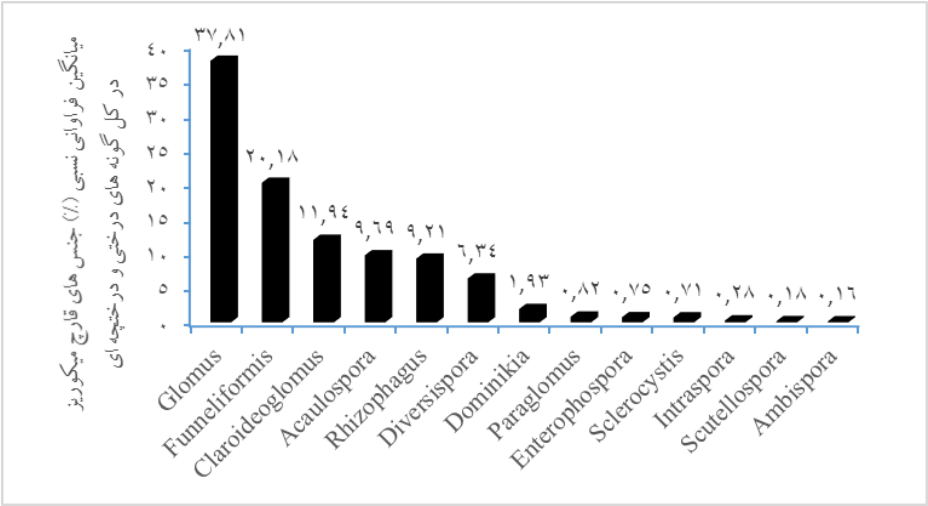
جنس *Ambispora* (۰/١٦ درصد) و *Scutellospora* (۰/۱۸ درصد) در بین کل گونه‌های درختی و درختچه‌ای کمترین میانگین فراوانی را نشان دادند (شکل ۱).

پراکنش گونه‌های قارچی در ریزوسفر گونه‌های درختی و درختچه‌ای متفاوت بود؛ به‌طوری که ۳۰ گونه قارچ در درخت زالزالک، ۲۱ گونه در درختان ارغوان، ٢٦ گونه در وامچک، ٢٤ گونه در کیکم، ۲۳ گونه در آلبالوی وحشی و شن و ۲۲ گونه در دافنه و بادام برگ‌سنجدی شناسایی شدند. گونه‌های *G. deserticola*، *G. nanolumen*، *G. arenarium*، *Glomus* sp.، *F. coronatum*، *F. mosseae*، *F. constrictum*، *A. gadanensis*، *R. aggregatus* و *C. etunicatum*، با کل گونه‌های درختی و درختچه‌ای همزیست بودند که می‌تواند ناشی از سازگاری زیاد این گونه‌ها و پراکنش وسیع‌تر آنها در بین درختان و مناطق بررسی‌شده باشد.

برخی از گونه‌های قارچی در تحقیق حاضر تنها با گونه‌های درختی خاصی همزیستی داشتند؛ به‌طوری که گونهٔ *G. macrocarpum* با زالزالک، *G. gibbosum* با وامچک، *G. veroculosum* با گونهٔ ارغوان منطقهٔ چغاسبز و *I. schenckii* و *A. splendida* با گونهٔ ارغوان رویشگاه ارغوان، *A.*

*paulinae* با آلبالوی وحشی، *D.spurca* با کیکم و *Dominikia aurea* با دافنه همزیست بودند که احتمالاً ناشی از حساسیت و پایداری کمتر این گونه‌ها در برابر شرایط محیطی یا طیف میزبانی اختصاصی گیاه و میکوریزا است که نشان‌دهندهٔ ارتباط ریشهٔ گیاه خاص با میکوریزا است [۷].

به‌نظر می‌رسد که عوامل پیچیدهٔ محیطی در بروز تنوع گونه‌های قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ریزوسفر تأثیرگذار باشند. علاوه‌بر خصوصیات خاک، گونهٔ میزبان و مناطق جغرافیایی بر تنوع و فراوانی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار اثر می‌گذارد [۱۷]. در این تحقیق نیز اثر گونه‌های گیاهی بر فراوانی و نوع قارچ‌های میکوریز آربوسکولار کاملاً مشخص و تنوع و میزان قارچ های میکوریز برحسب نوع گیاه متفاوت بود.




**شکل ۱. فراوانی جنس‌های قارچ میکوریز شناسایی‌شده در کل گونه‌های درختی و درختچه‌ای بررسی‌شده**

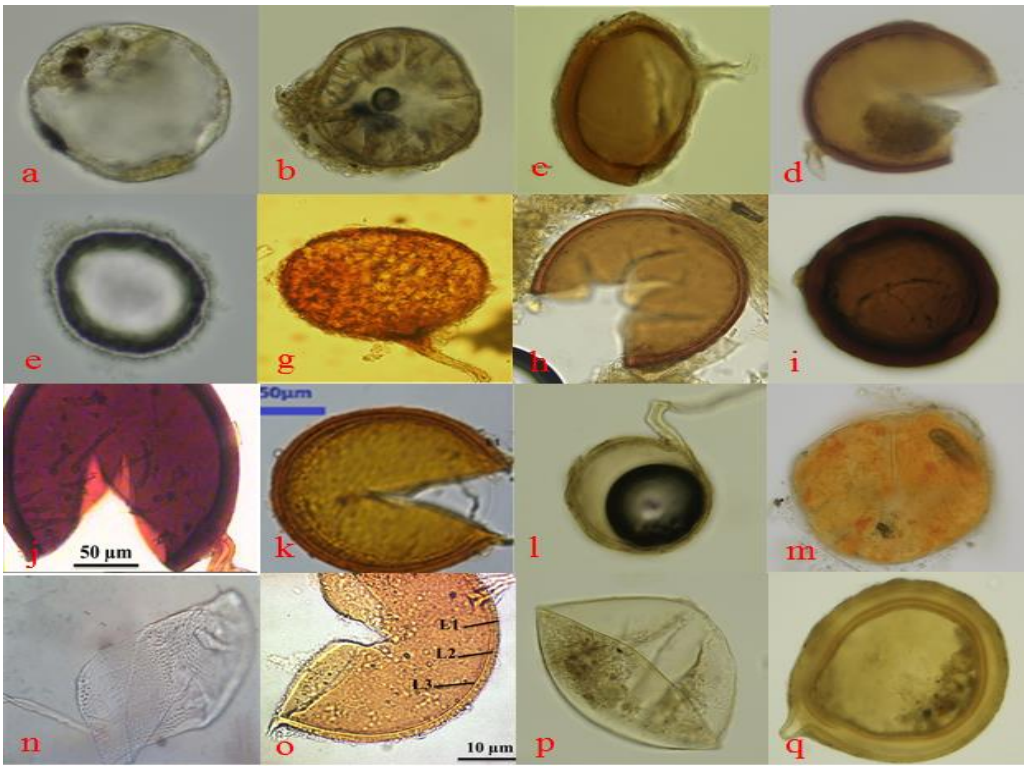
**جدول ۲. فروانی نسبی گونه‌های قارچ‌های میکوریز شناسایی‌شده در گونه‌های درختی و درختچه‌ای مختلف**

| جنس و گونهٔ قارچ | فراوانی نسبی (٪) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | گونه‌های مورد بررسی | | | | | | | | |
| | زالزالک | دافنه | وامچک | آلبالوی وحشی | ارغوان | شن | کیکم | بادام سنجدی | میانگین فراوانی نسبی (٪) |
| *Glomus* | ۴۲/۱۵ | ۳۵/۹۸ | ۴۳/۶۲ | ۳۳/۶۹ | ۴۰/۹۰ | ۳۴/۵۶ | ۲۷/۷۸ | ۴۳/۸۳ | ۳۷/۸۱ |
| *G. macrocarpum* | ۰/۲۲ | - | - | - | - | - | - | - | ۰/۰۳ |
| *G. deserticola* | ۰/۵۴ | ۰/۲۸ | ۱/۴۲ | ۱/۸ | ۰/۷۴ | ۳/۶۷ | ۱/۷۵ | ۱/۸۴ | ۱/۵۰ |
| *G. nanolumen* | ۴/۳۳ | ۵/۶۷ | ۹/۵ | ۷/۰۴ | ۱۴/۵ | ۸/۸۷ | ۷/۰۲ | ۱۱/۵۵ | ۸/۵۶ |
| *G. arenarium* | ۰/۸۷ | ۲/۲۷ | ۳/۷۹ | ۱/۳۵ | ۲/۲۳ | ۲/۴۵ | ۱/۴۶ | ۶/۸۲ | ۲/۶۵ |
| *G. fuegianum* | ۱/۴۱ | - | - | ۰/۹ | - | ۳/۰۶ | ۲/۰۵ | ۱/۰۵ | ۱/۰۶ |
| *G. pansihalos* | ۰/۱۱ | - | ۰/۹۵ | ۳/۷۴ | ۰/۷۴ | - | - | - | ۰/۷۰ |
| *G. microcarpum* | ۰/۲۲ | - | ۳/۳۲ | ۱/۵ | ۰/۳۷ | - | ۰/۸۸ | - | ۰/۷۸ |
| *G. pastulatum* | - | - | ۱/۴۲ | ۰/۳ | - | - | ۳/۸ | - | ۰/۶۹ |
| *G. gibbosum* | - | - | ۱/۴۲ | - | - | - | - | - | ۰/۱۸ |
| *G. veroculosum* | - | - | - | - | ۱/۱۲ | - | - | - | ۰/۱۴ |
| *G. rubiforme* | - | - | - | - | - | ۲/۱۴ | ۱/۴۶ | ۰/۵۲ | ۰/۵۱ |
| *Glomus* sp. | ۳۴/۴۵ | ۲۷/۷۶ | ۲۱/۸ | ۱۷/۰۶ | ۲۱/۲ | ۱۴/۳۷ | ۹/۳۶ | ۲۲/۰۵ | ۲۱/۰۱ |

**ادامهٔ جدول ۲. فروانی نسبی گونه‌های قارچ‌های میکوریز شناسایی‌شده در گونه‌های درختی و درختچه‌ای مختلف**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Funneliformis* | ۸/۰۲ | ۲۰/۱۱ | ۲۲/۷۴ | ۲۲/۳ | ۱۲/۶۴ | ۲۰/۴۸ | ۲۸/۳۵ | ۲۶/۷۶ | ۲۰/۱۸ |
| *F.coronatum* | ۲/۶ | ۱۲/۱۸ | ۱/۴۲ | ۱۱/۲۳ | ۲/۲۳ | ۶/۴۲ | ۲/۰۵ | ۱/۵۸ | ۴/۹۷ |
| *F. caledonium* | ۰/۹۸ | ۰/۵۷ | ۱/۴۲ | ۰/۷۵ | - | ۲/۱۴ | ۶/۴۳ | ۸/۹۲ | ۲/۶۵ |
| *F. mosseae* | ۰/۲۲ | ۳/۴ | ۱/۴۲ | ۲/۸۴ | ۴/۱ | ۳/۰۶ | ۳/۸ | ۳/۶۷ | ۲/۸۱ |
| *F. badium* | ۱/۴۱ | ۰/۲۸ | ۳/۷۹ | - | ۰/۳۷ | - | ۶/۷۲ | ۵/۷۷ | ۲/۲۹ |
| *F. xanthium* | ۰/۳۲ | ۰/۲۸ | ۱۱/۳۷ | - | ۰/۷۴ | ۰/۳ | ۱/۴۶ | - | ۱/۸۱ |
| *F. geosporum* | ۱/۳ | ۰/۵۷ | - | - | - | - | - | - | ۰/۲۳ |
| *F. constrictum* | ۱/۱۹ | ۲/۸۳ | ۳/۳۲ | ۷/۴۸ | ۵/۲ | ۸/۵۶ | ۷/۸۹ | ۶/۸۲ | ۵/۴۱ |
| *Acaulospora* | ۱۹/۹۳ | ۸/۲۲ | ۵/۶۸ | ۱۰/۰۳ | ۱۴/۴۹ | ۷/۶۴ | ۸/۱۹ | ۳/۴۱ | ۹/۶۹ |
| *A. gadanensis* | ۱۸/۳۱ | ۶/۵۲ | ۱/۸۹ | ۹/۱۳ | ۱۰/۴۱ | ۶/۴۲ | ۶/۷۳ | ۳/۴۱ | ۷/۸۵ |
| *A. delicata* | - | ۰/۲۸ | ۲/۸۴ | - | ۲/۹۷ | ۰/۶۱ | ۱/۱۷ | - | ۰/۹۸ |
| *A. thomii* | ۱/۳ | ۱/۴۲ | ۰/۹۵ | ۰/۷۵ | - | - | - | - | ۰/۵۵ |
| *A. koskei* | ۰/۳۲ | - | - | - | ۰/۳۷ | ۰/۶۱ | ۰/۲۹ | - | ۰/۲۰ |
| *A. paulinae* | - | - | - | ۰/۱۵ | - | - | - | - | ۰/۰۲ |
| *A. splendida* | - | - | - | - | ۰/۷۴ | - | - | - | ۰/۰۹ |
| *Rhizophagus* | ۱/۶۳ | ۳/۶۸ | ۴/۷۳ | ۹/۵۹ | ۵/۲ | ۱۵ | ۱۸/۱۳ | ۱۵/۷۵ | ۹/۲۱ |
| *R. aggregatus* | ۰/۹۸ | ۰/۸۵ | ۲/۸۴ | ۵/۰۹ | ۳/۳۵ | ۳/۹۸ | ۷/۹ | ۶/۳ | ۳/۹۱ |
| *R. fasiculatum* | ۰/۲۲ | - | ۱/۴۲ | - | ۰/۷۴ | - | - | - | ۰/۳۰ |
| *R. intraradices* | ۰/۳۲ | ۲/۸۳ | - | ۳/۹ | ۰/۷۴ | ۱۰/۱ | ۱۰/۲۳ | ۸/۱۴ | ۴/۵۳ |
| *R. clarus* | ۰/۱۱ | - | ۰/۴۷ | ۰/۶ | ۰/۳۷ | ۰/۹۲ | - | ۱/۳۱ | ۰/۴۷ |
| *Diversispora* | ۴/۹۸ | ۶/۵۲ | ۱۰/۴۳ | ۱۰/۱۷ | ۳/۳۶ | ۲/۱۴ | ۹/۹۴ | ۳/۱۵ | ۶/۳۴ |
| *D. aurantium* | ۰/۶۵ | ۴/۸۲ | ۷/۱۱ | ۲/۶۹ | ۱/۵ | ۱/۵۳ | - | ۱/۰۵ | ۲/۴۲ |
| *D. versiformis* | ۲/۷۱ | ۱/۷ | ۳/۳۲ | ۷/۴۸ | ۱/۸۶ | - | ۵/۲۶ | ۱/۰۵ | ۲/۹۲ |
| *D. eburnea* | ۱/۶۲ | - | - | - | - | ۰/۶۱ | ۲/۶۳ | ۱/۰۵ | ۰/۷۴ |
| *D. spurca* | - | - | - | - | - | - | ۲/۰۵ | - | ۰/۲۶ |
| *Dominikia* | ۱/۵۲ | ۱/۷ | – | ۲/۲۴ | ۲/۶ | ۳/۳۶ | ۳/۲۲ | ۰/۷۹ | ۱/۹۳ |
| *Dom. minuta* | ۱/۵۲ | ۱/۴۲ | - | ۲/۲۴ | ۲/۶ | ۳/۳۶ | ۳/۲۲ | ۰/۷۹ | ۱/۹۰ |
| *Dom. aurea* | - | ۰/۲۸ | - | - | - | - | - | - | ۰/۰۳ |
| *Paraglomus* | – | ۲/۸۳ | ۳/۳۲ | – | ۰/۳۷ | – | – | – | ۰/۸۲ |
| *P. laccatum* | - | ۲/۸۳ | ۳/۳۲ | - | ۰/۳۷ | - | - | - | ۰/۸۲ |
| *Ambispora* | ۰/۳۲ | – | ۰/۹۵ | – | – | – | – | – | ۰/۱۶ |
| *A. callosa* | ۰/۳۲ | - | ۰/۹۵ | - | - | - | - | - | ۰/۱۶ |
| *Enterophospora* | ۰/۲۲ | – | ۲/۳۷ | | – | ۱/۸۳ | | ۱/۵۸ | ۰/۷۵ |
| *E. infrequens* | ۰/۲۲ | - | ۲/۳۷ | - | - | ۱/۸۳ | - | ۱/۵۸ | ۰/۷۵ |
| *Claroideoglomus* | ۲۰/۸ | ۲۰/۹۶ | ۶/۱۶ | ۱۰/۹۳ | ۱۷/۸۴ | ۱۱/۳۲ | ۴/۳۹ | ۳/۱۵ | ۱۱/۹۴ |
| *C. etunicatum* | ۲۰/۸ | ۲۰/۹۶ | ۶/۱۶ | ۱۰/۹۳ | ۱۷/۸۴ | ۱۱/۳۲ | ۴/۳۹ | ۳/۱۵ | ۱۱/۹۴ |
| *Scutellospora* | – | – | – | ۱/۰۵ | ۰/۳۷ | – | – | – | ۰/۱۸ |
| *S. pellucida* | - | - | - | ۱/۰۵ | ۰/۳۷ | - | - | - | ۰/۱۸ |
| *Intraspora* | – | – | – | – | ۲/۲۳ | – | – | – | ۰/۲۸ |
| *I. schenckii* | – | - | - | - | ۲/۲۳ | - | - | - | ۰/۲۸ |
| *Sclerocystis* | ۰/۴۳ | – | – | – | – | ۳/۶۷ | – | ۱/۵۸ | ۰/۷۱ |
| *S. sinuosum* | ۰/۴۳ | - | - | - | - | ۳/۶۷ | - | ۱/۵۸ | ۰/۷۱ |

– : نمایانگر حضور نداشتن گونهٔ قارچ میکوریز آربسکولار




**شکل ۲. تصاویر برخی از قارچ‌های شناسایی‌شده**

**a) G. nanolumen, b) G. pansihalos, c) G. pustulatum, d) G. veroculosum, e ) Glomus sp. , g) F. mosseae), h) F. geosporum, i) F. constrictum, j) F. badium, k) F. caledonium, l) A. gedanensis, m) A. koskei, n) A. splendida, o) R. fasiculatum, p) S. pellucida ,q) E. infrequens.**

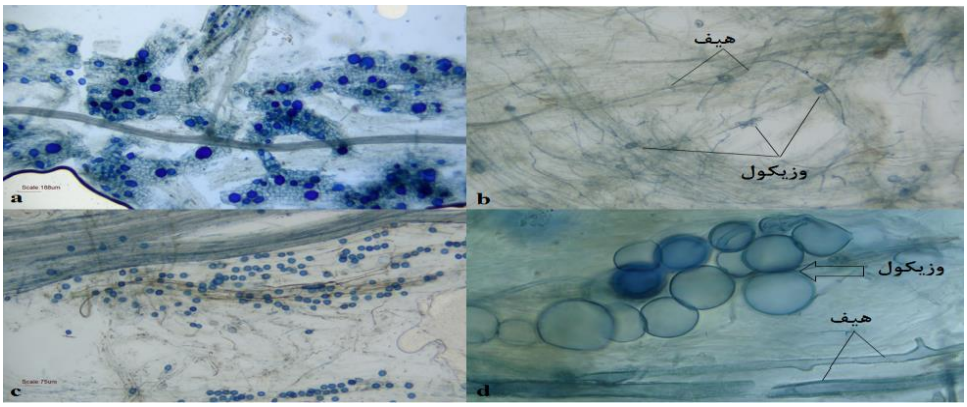
### مقایسهٔ کلنیزاسیون، تراکم اسپور قارچ میکوریز آربسکولار در گونه‌های مختلف

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای در مناطق بررسی‌شده از نظر درصد کلنیزاسیون ریشه اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد (p=۰/۰۰). درختان و درختچه‌های بررسی‌شده در این پژوهش همزیستی زیادی با قارچ‌های میکوریزی داشتند. با توجه به نمودار مقایسهٔ میانگین‌ها، گونهٔ وامچک و شن به‌ترتیب با ۹۹/۹۰ درصد و ۹۷/۳۲ درصد بیشترین کلنیزاسیون را داشتند، اما گونه‌های آلبالوی وحشی، زالزالک، ارغوان، کیکم، دافنه و بادام برگ‌سنجدی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳).

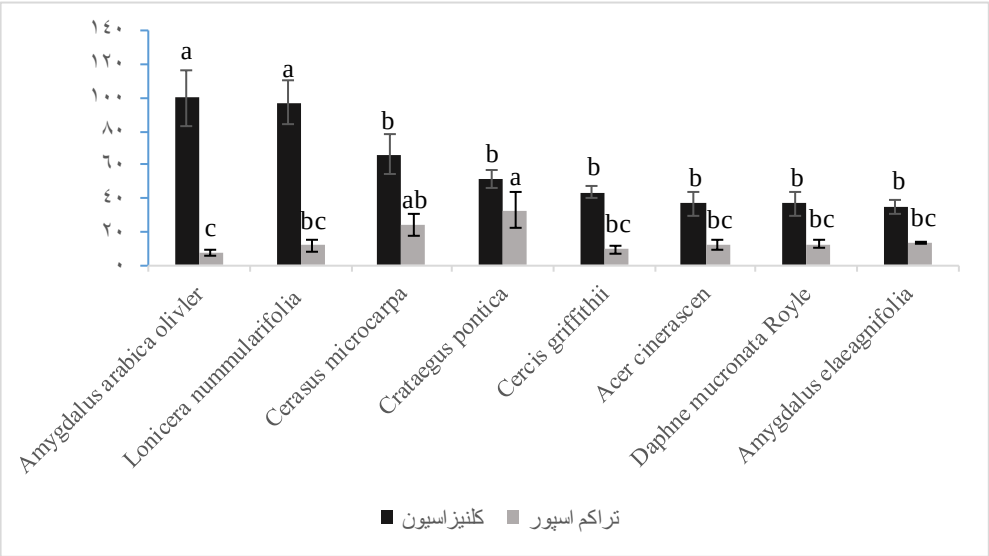
گیاهان به‌منظور جذب آب و عناصر غذایی از خاک نیازمند همزیستی اجباری با میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه قارچ‌های میکوریزی است. براساس نتایج این تحقیق، خاک زیرآشکوب گونهٔ وامچک، عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کرین آلی) بسیار کمی داشت؛ در چنین شرایطی گیاه مجبور به برقراری همزیستی میکوریزی است و سبب افزایش سطح مورد نیاز برای جذب یا انتقال مواد توسط هیف قارچ می‌شود. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت کلنیزاسیون زیاد گونهٔ وامچک می‌تواند دلیل این مدعا باشد. علاوه‌بر این، بین گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای در منطقهٔ تحقیق از نظر درصد کلنیزاسیون ریشه اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت که می‌تواند به‌علت تفاوت خصوصیات شیمیایی خاک، نوع گونهٔ گیاهی و نوع گونهٔ قارچ همزیست باشد [۱۸].

همچنین براساس نتایج آنالیز واریانس بین گونه‌های مختلف از نظر تراکم اسپور، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p=۰/۰۱٤). در این تحقیق، میانگین تراکم اسپور در گونه‌های بررسی‌شده زیاد بود، به‌طوری که میانگین تعداد

اسپور قارچ‌ها در گونه‌ها صرف‌نظر از گونهٔ قارچی، در هر گرم خاک بین ۸ تا ۳۳ عدد متغیر بود. نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین تراکم اسپور در گونهٔ زالزالک و کمترین میانگین در وامچک بود (شکل ۳). زیاد بودن تراکم اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌تواند به‌دلیل وجود متغیرهای متعدد در دامنهٔ گسترده‌ای از شرایط محیطی باشد. تراکم اسپور می‌تواند تحت تأثیر حاصلخیزی و مقدار مواد آلی موجود در خاک [۱۹] و نوع گیاه میزبان [۲۰] قرار گیرد. به‌طوری که در تحقیق حاضر، گونهٔ میزبان بر تراکم تأثیر گذاشت و از نظر تراکم اسپور، گونه‌های درختی اختلاف معنی‌داری با هم نشان دادند؛ بیشترین تراکم اسپور به‌ترتیب در گونه‌های زالزالک و آلبالوی وحشی و کمترین تراکم در گونهٔ وامچک مشاهده شد که با توجه به همبستگی مثبت تراکم اسپور با درصد رس و همبستگی منفی با درصد شن (جدول ٤)، دلیل اختلاف در تراکم اسپور گونه‌های درختی را می‌توان تفاوت در خصوصیات فیزیکی خاک دانست. ذرات رس سبب تهویهٔ نامناسب می‌شود و نفوذ آب به ریشه را کم می‌کند؛ در چنین شرایطی احتمالاً قارچ‌های میکوریز دچار تنش می‌شوند و اسپور بیشتری تولید می‌کنند [۱۰].




**شکل ۳- a. اندام وزیکول قارچ میکوریز در ریشه (وامچک) با بزرگنمایی (x۱۰)، b: اندام وزیکول و هیف قارچ میکوریز در ریشه (وامچک) با بزرگنمایی (x۱۰). c: اندام وزیکول قارچ میکوریز در ریشه (شن) با بزرگنمایی (x۱۰)، d: اندام وزیکول و هیف قارچ میکوریز در ریشه (شن) با بزرگنمایی (x۱۰۰). (عکس از نگارنده)**




**شکل ۴. مقایسهٔ میانگین تراکم اسپور و درصد کلنیزاسیون میکوریزایی در گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای**

**جدول ۳. همبستگی بین خصوصیات فیزیکی – شیمیایی خاک با تراکم جمعیت اسپور و درصد کلنیزاسیون**

| خصوصیات شیمیایی خاک | pH | EC ($dsm^{-1}$) | آهک (٪) | فسفر ($mgkg^{-1}$) | پتاسیم ($mkg^{-1}$) | کربن آلی (٪) | نیتروژن (٪) | مادهٔ آلی (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تراکم جمعیت اسپور | -۰/۱۲۸$^{ns}$ | ۰/۴۶۲$^{**}$ | -۰/۱۴۴$^{ns}$ | ۰/۱۳۰$^{ns}$ | ۰/۲۵۵$^{ns}$ | ۰/۲۳۸$^{ns}$ | ۰/۲۳۸$^{ns}$ | ۰/۲۳۸$^{ns}$ |
| کلنیزاسیون (٪) | -۰/۲۶۵$^{ns}$ | -۰/۲۱۱$^{ns}$ | -۰/۰۶۸$^{ns}$ | -۰/۰۸۲$^{ns}$ | -۰/۰۷۴$^{ns}$ | ۰/۰۵۶$^{ns}$ | ۰/۰۵۶$^{ns}$ | ۰/۰۵۶$^{ns}$ |
| خصوصیات فیزیکی خاک | رس (٪) | شن (٪) | سیلت (٪) | جرم مخصوص ظاهری ($gcm^{-3}$) | | | | رطوبت اشباع (٪) |
| تراکم جمعیت اسپور | ۰/۴۲۶$^{*}$ | -۰/۲۷۰$^{ns}$ | ۰/۱۳۴$^{ns}$ | -۰/۲۸۹$^{ns}$ | | | | ۰/۱۸۷$^{ns}$ |
| کلنیزاسیون (٪) | -۰/۵۱۳$^{**}$ | ۰/۱۶۱$^{ns}$ | -۰/۰۲۸$^{ns}$ | -۰/۰۲۰$^{ns}$ | | | | -۰/۰۷۰$^{ns}$ |

ns: معنی‌دار نبودن، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح ۱ درصد

**مقایسهٔ شاخص‌های تنوع زیستی قارچ میکوریز**

براساس نتایج بیشترین تنوع گونه‌ای شانون وینر در گونهٔ شن (۲/۳۵) و کمترین آن در زالزالک (۱/۷۹) مشاهده شد. گونه‌های شن (۰/۸۹)، کیکم (۰/۸۸)، آلبالوی وحشی (۰/۸۷)، ارغوان (۰/۸۷)، بادام برگ‌سنجدی (۰/۸۷) و وامچک (۰/۸٦) از نظر شاخص تنوع سیمپسون با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند. گونهٔ زالزالک (۰/۷۵) نیز کمترین اختلاف معنی‌دار از نظر این شاخص را با گونه‌های دیگر داشت. همچنین بین گونه‌های مختلف از نظر غنای گونه‌ای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین شاخص یکنواختی پایلو نیز در کیکم (۰/۹۰) و شن (۰/۸۹) و کمترین آن در زالزالک (۰/٦۹) گزارش شد (جدول ٤).

در تحقیق حاضر، همبستگی مثبتی بین شاخص تنوع سیمپسون قارچ‌های میکوریزی با شیب و شاخص‌های تنوع با ارتفاع از سطح دریا مشاهده شد (شکل ۵) که حاکی از تنوع بیشتر قارچ های میکوریز در ارتفاعات بالاتر است. گونه های شن، کیکم و بادام برگ‌سنجدی در ارتفاعات بالا حضور داشتند و مقدار بیشتر عناصر غذایی در این گونه‌ها مشاهده شد؛ بنابراین به‌علت شرایط رویشگاهی بهتر و حاصلخیزی خاک در زیراشکوب این گونه‌ها تنوع زیستی قارچ‌های میکوریز نیز در آنها بیشتر بود. این نتایج با یافته های Mirzaei و Moradi (۲۰۱۷) [۹] در گونهٔ بادامک در جنگل‌های زاگرس که بیان کردند شاخص شانون- وینر قارچ‌های میکوریز تا حد زیادی با کربن، نیتروژن و فسفر همبستگی دارد و این متغیرها مهم‌ترین عوامل در تنوع قارچ‌های میکوریز هستند، مطابقت دارد.

**آنالیز چندمتغیره**

به‌منظور بررسی رابطهٔ گونه‌های درختی و درختچه‌ای، شاخص های تنوع زیستی و خصوصیات خاک از آنالیز CCA استفاده شد. محورهای اول و دوم رسته بندی CCA، به‌دلیل داشتن بیشترین ارزش ویژه (eigenvalue) به‌ترتیب ١٤/٤ و ١٤/١ برای نمایش نتایج انتخاب شدند.

**جدول ۴. مقایسهٔ میانگین دانکن برای شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای قارچ‌های میکوریزی در گونه‌های مختلف درختی و درختچه‌ای (میانگین ± اشتباه معیار)**

| | *A. monspessulanum* | *A. arabica* | *A. elaeagnifolia* | *C. microcarpa* | *C. pontica* | *C. griffithii* | *D. mucronata* | *L. nummularifolia* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شانون – وینر | ۲/۳۰±۰/۰۵$^{a}$ | ۱/۹۹±۰/۳۰$^{ab}$ | ۲/۲۸±۰/۰۹$^{a}$ | ۲/۲۹±۰/۱۱$^{a}$ | ۱/۷۹±۰/۰۵$^{c}$ | ۲/۲۸±۰/۱۱$^{a}$ | ۱/۹۳±۰/۰۵$^{ab}$ | ۲/۳۵±۰/۱۱$^{a}$ |
| سیمسون | ۰/۸۸±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۸۶±۰/۰۱$^{a}$ | ۰/۸۷±۰/۰۳$^{a}$ | ۰/۸۷±۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۷۵±۰/۰۳$^{c}$ | ۰/۸۷±۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۸±۰/۰۱$^{b}$ | ۰/۸۹±۰/۰۱$^{a}$ |
| غنا | ۱۳±۰/۴۰$^{a}$ | ۱۲±۳/۰۸$^{a}$ | ۱۲/۵±۰/۵$^{a}$ | ۱۴±۱/۳۵$^{a}$ | ۱۳/۵±۱/۲۵$^{a}$ | ۱۳/۲۵±۱/۹۳$^{a}$ | ۱۱/۵±۰/۶۴$^{a}$ | ۱۳/۵±۲/۲۲$^{a}$ |
| یکنواختی پایلو | ۰/۹۰±۰/۰۳$^{a}$ | ۰/۸۷±۰/۰۳$^{ab}$ | ۰/۸۷±۰/۰۳$^{ab}$ | ۰/۸۷±۰/۰۲$^{ab}$ | ۰/۶۹±۰/۰۴$^{c}$ | ۰/۸۶±۰/۰۳$^{ab}$ | ۰/۷۹±۰/۰۲$^{b}$ | ۰/۸۹±۰/۰۲$^{a}$ |

براساس آنالیز CCA، نیتروژن، مادهٔ آلی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، آهک، pH، EC، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع، درصد سیلت، درصد رس، درصد شن و شیب، تراکم اسپور، کلنیزاسیون، شاخص تنوع شانون-وینر، سیمپسون و یکنواختی پایلو مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر پراکنش گونه‌های درختی بودند.

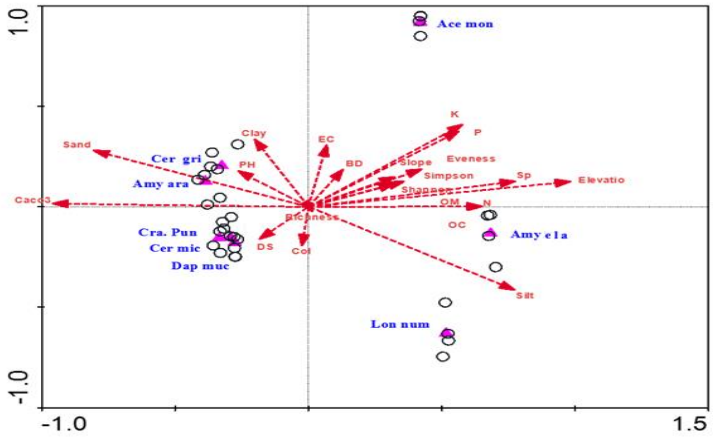
تحلیل همبستگی انجام‌گرفته برای متغیرها نشان داد که محور یک با نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کربن آلی، مادهٔ آلی، رطوبت اشباع، درصد سیلت و ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت و با درصد آهک و شن همبستگی منفی دارد. محور دوم با درصد رس همبستگی مثبت و با سیلت و کلنیزاسیون همبستگی منفی دارد (شکل ۵، جدول ۵).

براساس نتایج، قطعات نمونهٔ رویشگاه گونهٔ کیکم در کنار هم قرار گرفته اند و با جهت مثبت محورهای اول و دوم بیشترین همبستگی را دارند. مقادیر پتاسیم، فسفر، نیتروژن، مادهٔ آلی، هدایت الکتریکی، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع، ارتفاع از سطح دریا، شیب، شاخص های تنوع شانون-وینر، سیمپسون و یکنواختی پایلوی قارچ‌های میکوریز در این رویشگاه زیاد بود. در مقابل گونه های زالزالک، آلبالوی وحشی و دافنه، ارغوان و وامچک با میزان تراکم اسپور، آهک، شن، رس و pH ارتباط بیشتری دارند. زیاد بودن درصد شن و آهک مهم ترین خصوصیات رویشگاه این گونه هاست. گونه های بادام برگ‌سنجدی و شن در نقاطی با مقدار سیلت، کلنیزاسیون و مادهٔ آلی بیشتر قرار گرفته‌اند. همچنین گونهٔ شن با جهت منفی محور دوم بیشترین همبستگی را دارد (جدول ۵).

**جدول ۵. همبستگی بین متغیرهای مورد بررسی و محورهای اول و دوم CCA**

| متغیر | محور ۱ | محور ۲ | متغیر | محور ۱ | محور ۲ |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | $-۰/۲۰۹^{ns}$ | $۰/۲۳۹^{ns}$ | شن (٪) | $-۰/۷۸۹^{**}$ | $۰/۱۸۱^{ns}$ |
| هدایت الکتریکی ($dsm^{-1}$) | $۰/۲۰۴^{ns}$ | $۰/۱۷۷^{ns}$ | سیلت (٪) | $۰/۶۶۵^{**}$ | $-۰/۵۷۵^{**}$ |
| فسفر ($mgkg^{-1}$) | $۰/۵۹۸^{**}$ | $-۰/۳۰۱^{ns}$ | ارتفاع از سطح دریا (متر) | $۰/۹۶۲^{**}$ | $-۰/۲۰۵^{ns}$ |
| پتاسیم ($mgkg^{-1}$) | $۰/۶۳۴^{**}$ | $-۰/۰۳۶^{ns}$ | شیب (٪) | $۰/۳۰۱^{ns}$ | $-۰/۳۸۷^{ns}$ |
| نیتروژن | $۰/۶۶۴^{**}$ | $-۰/۳۳۱^{ns}$ | شاخص شانون-وینر | $۰/۲۸۴^{ns}$ | $-۰/۲۷۵^{ns}$ |
| مادهٔ آلی (٪) | $۰/۶۶۴^{**}$ | $-۰/۳۳۱^{ns}$ | شاخص سیمپسون | $۰/۳۲۵^{ns}$ | $-۰/۲۹۵^{ns}$ |
| کربن آلی (٪) | $۰/۶۶۴^{**}$ | $-۰/۳۳۱^{ns}$ | شاخص یکنواختی پایلو | $۰/۳۴۶^{ns}$ | $-۰/۳۷۴^{ns}$ |
| آهک (٪) | $-۰/۹۲۴^{**}$ | $۰/۲۸۵^{ns}$ | غنای گونه‌ای | $۰/۰۱۶^{ns}$ | $-۰/۱۰۴^{ns}$ |
| جرم مخصوص ظاهری ($gcm^{-3}$) | $۰/۰۹۸^{ns}$ | $-۰/۱۸۶^{ns}$ | تراکم اسپور | $۰/۱۰۷^{ns}$ | $۰/۱۶۸^{ns}$ |
| رطوبت اشباع (٪) | $۰/۷۷۷^{**}$ | $-۰/۲۳۹^{ns}$ | کلنیزاسیون (٪) | $-۰/۱۳۱^{ns}$ | $-۰/۴۴۹^{*}$ |
| رس (٪) | $۰/۰۲۶^{ns}$ | $۰/۷۹۰^{**}$ | | | |

ns: معنی‌دار نبودن، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح ۱ درصد




**شکل ۵. موقعیت گونه‌های درختی و درختچه‌ای براساس شاخص‌های تنوع و خصوصیات خاک نسبت به محورهای ۱ و ۲ CCA**

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تنوع زیادی از قارچ‌های میکوریز در این مناطق شامل ۴۲ گونه قارچ میکوریز آربوسکولار متعلق به ۱۳ جنس مختلف شناسایی شد که می‌تواند نشان دهندهٔ وجود تنوع زیستی زیاد خاک باشد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مورد مطالعه از نظر تراکم اسپور و درصد کلنیزاسیون مشاهده شد که ممکن است به‌علت تفاوت در خصوصیات خاک، نوع گونهٔ میزبان و گونهٔ قارچی همزیست باشد. گونه‌های شن، کیکم و بادام برگ‌سنجدی نیز با مقدار عناصر غذایی بیشتر، حضور در ارتفاعات بالاتر، شرایط رویشگاهی بهتر و حاصلخیزی خاک در زیراشکوب آنها، تنوع زیستی قارچ‌های میکوریزی بیشتری داشتند.

## References


[1]. Talebi, M., Sagheb Talebi, K. H. and Jahanbazi Goujani, H. (2006). Site demands and some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (Quercus brantii Lindl.) in Chaharmahal & Bakhtiari Province (Western Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 14(1): 67-79.

[2]. Ahmadkhany, R., Ariapour, A., Ahmadi, A. and Ahmadkhany, Y. (2011). Relationship between the elements in plant *Galium verum* and soil characteristics (Case example: Martyrs Valley, West Azarbaijan province). Journal Plant Ecophyzeologic, 3(2): 17-28.

[3]. Moradi, M., Naji, H.R., Imani, F., Moradi Behbahani, S., and Ahmadi, M.T. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi changes by afforestation in sand dunes. Journal of Arid Environments 140: 14-19.

[4]. Mohammadi Samani, k., Jalilvand, H., Salehi, A., Shahabi, M., and Goleyj, A. (2006). Relationship between some soil chemical characteristics and few tree types of Zagros forests: case study of Marivan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(2): 148-158.

[5]. Quilambo, O.A. (2003). The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. African Journal of Biotechnology, 2(12): 539-546.

[6]. Norris, J. R., Read, D. and Varma, A. K. (1994). Techniques for Mycorrhizal Research. Academic Press Inc., San Diego, CA, 928 p.

[7]. Sabet Jahromi, M., Salehi Juzani, G., Hosseini, M., Khayam Nekouei, S.M., and Akbari Vala, S. (2012). Isolation and identification of indigenous Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) symbiosis with crops in some Iran regions with drought conditions. Journal of Biotechnology, Tarbiat Modares University, 3(1):1-13.

[8]. Feizi Kamareh, T., Matinizadeh, M., Shirvany, A., Etemad, V., and Khoshnevis, M. (2011). Arbuscular mycorrhizal symbiosis of *Acer cinerascens* and effects of season variation on some rhizosphere (Case study: Bazoft, Chaharmahal-o-Bakhtiari). Iranian Journal of Forest. 3(3): 213-221.

[9]. Mirzaei, J. and Moradi, M. (2017). Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Amygdalus scoparia Spach plantations and a natural stand. Journal of Forestry Research, 28(6): 1209-1217.

[10]. Zamani Kobrabadi, B., Ghodsabadi Daryaei, M., Matinizdeh, M., and Salehi, A. (2013). Effect of soil texture on the frequency of arbuscular mycorrhizal fungal spores in the rhizosphere of asparagus Fraxinus rotundifolia (Case study: Ardal-Chahar Mahal Bakhtiari). First National Conference on Environment, Energy and Bio-Defense. IRAN.

[11]. Khanpur Ardestani, N., Zare Mayvan, H., and Qanati, F. (2008). Distribution of herbs and their mycorrhiza in the Muteh Wildlife Refuge (Isfahan Province). Research and development in natural resources. No. 78

[12]. Bouamri, R., Dalpe, Y., Serrhini, M.N., and Bennani, A. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of Phoenix dactylifera L. in Morocco. African Journal of Biotechnology, 5(6): 510-516.

[13]. Manimegalai, V., Selvaraj, T. and Ambikapathy, V. (2011). Studies on isolation and identification of VAM fungi in Solanum viarum dunal of medicinal plants. Advances in Applied Science Research. 4: 621-628.

[14]. Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55(1): 158-161.

[15]. Biermann, B., and Linderman R.G. (1981). Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae: A proposed method towards standardization. New Phytologist, 87(1): 63-67.

[16]. Mirzaei, J., Dostcami, S., and Moradi, M. (2018). Identification of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plant species in the Manesht and Ghalarang protected area. Forest and Wood Products, 70(4): 549-557.

[17]. Del Val, C., Barea, J.M., Azcon-Aguilar, C. (1999). Diversity of arbuscular mycorrhizal fungus populations in heavy-metal-contaminated soils. Applied and environmental microbiology, 65(2): 718-723.

[18]. Smith, F.A., and Smith, S.E. (1996). Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the arbuscular (VA) mycorrhizal symbiosis. Advances in Botanical Research, 22:1-43.

[19]. Schenck, N.C., Siequeira, J.O., and Oliveira, E. (1989). Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. p. 125-129. In V. Vancura (ed.) Interrelationships between Microorganisms and Plant in Soil. Elsevier, New York.

[20]. Eom, A.H., Hartnett, D.C., and Wilson, G.W.T., (2000). Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. Oecologia, 122(3):435-444.

# Biodiversity and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi with some species of zagros forest

**N. Jafareiyan;** M.Sc. Student, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, I.R. Iran.

**J. Mirzaei*;** Assoc. Prof., Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, I.R. Iran.

**M. Moradi;** Assist. Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Behbahan Khatam Al-Anbia University of Technology, I.R. Iran.

**M. Heydari;** Assist. Prof., Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, I.R. Iran.

(Received: 06 November 2017, Accepted: 22 March 2018)

## ABSTRACT

This study was conducted to recognize diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with some tree and shrub species of sites in Ilam province. For this purpose, four soil and root samples were colected from the depth of 0-30 cm in the rhizosphere of *Cercis griffithii*, *Cerasus microcarpa*, *Amygdalus alaeagnifolia*, *Daphne mucronata*, *Lonicera nummularifolia*, *Crataegus pontica*, *Acer monspessulanum* and *Amygdalus arabica* for soil analysis and AMF spore extraction. In total, 42 species of mycorrhizal fungi belonged to 13 genera were identified. The root colonization percentage varied from 34.97% in *A. alaeagnifolia*, to 99.90% in *A. arabica*. Also, spore density ranged soil from eight in *A. arabica* to 33 $g^{-1}$ in *C. pontica*. Mycorrhizal fungi biodiversity indices showed no significant difference for richness in studied plant species. While Shannon-Weiner index of diversity (H′), Simpson index of diversity and evenness were significantly different among studied tree species. The highest Shannon-Weiner index of diversity (H′) values belonged to the *L. nummularifolia* and *A. arabica* respectively. Furetheremore, the highest Pailo evenness index value belonged to the *A. monspessulanum* and *L. nummularifolia*. AMF Simpson index of diversity for *L. nummularifolia*, *A. monspessulanum*, *C. microcarpa*, *C. griffithii*, *A. alaeagnifolia* and *A. arabica* were classified in one group. The high valued of AMF diversity could reperesnt a high level of soil diversity in the current studied sites. The higher level of AMF diversity in *L. nummularifolia*, *A. monspessulanum* and *A. arabica* rizhosphere can be explaned by the more soil nutrient element and productivity of mentioned species.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhiza, Symbiotic, Tree species and shrubs, Zagros forest.

* Corresponding Auther, Email: Mirzaei.javad@gmail.com, Tel: +988432222015