جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹
ص ۸۷-۹۶

DOI: 10.22059/jfwp.2020.290958.1019

ارتباط متغیرهای محیطی با حضور قارچ‌های اکتومیکوریز درختان راش در جنگل‌های سنگده مازندران

حامد آقاجانی[1*]، سید محمد حجتی[2]، محمدعلی تاجیک قنبری[3]، محمدرضا پورمجیدیان[4]، علی برهانی[5]

۱. دانش‌آموختهٔ دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۴. استاد گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۵. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع پاسند، بهشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۲

چکیده

قارچ‌های اکتومیکوریز تأثیر مهمی در سلامت و پایداری جنگل و حفظ درختان در مقابل بیمارگرها در اکوسیستم جنگل دارند. این پژوهش به‌منظور رسته‌بندی رویشگاه راش با عوامل محیطی و قارچ‌های اکتومیکوریز در راشستان‌های جنگل سنگده مازندران انجام گرفت. ۴۵ قطعه نمونهٔ ۱۰۰۰ متر مربعی به روش تصادفی در سه طبقهٔ ارتفاعی ۳۰۰ متری یعنی محدودهٔ ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۲۱۰۰ متری از سطح دریا پیاده شد و عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، درجهٔ تاج‌پوشش، نوع لاشبرگ، عمق لاشبرگ، اسیدیتهٔ خاک، هدایت الکتریکی، فسفر، کربن، نیتروژن و پتاسیم بررسی شدند. در محل مورد نظر، همزمان با برداشت ریشه، یک نمونه خاک در کنار همان محل به عمق ۱۰ سانتی‌متر برای بررسی ویژگی‌های شیمیایی خاک برداشت شد. نتایج همبستگی متغیرها با مؤلفه‌ها مشخص شد. بر این اساس، قارچ‌های اکتومیکوریز با مؤلفهٔ اصلی اول شامل ارتفاع از سطح دریا، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کربن، هدایت الکتریکی و ارتفاع درخت همبستگی مثبت و با مؤلفهٔ اصلی دوم شامل متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، تاج‌پوشش، عمق لاشبرگ، نیتروژن، کربن همبستگی مثبت و معنی‌داری (۱ درصد) داشتند. نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشان داد که طبقهٔ اول ارتفاعی (۱۸۰۰ تا ۲۱۰۰ متر) با ارتفاع از سطح دریا، اسیدیتهٔ خاک، عمق لاشبرگ، فسفر و پتاسیم، طبقهٔ دوم ارتفاعی (۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) با درصد تاج‌پوشش جنگل، عمق لاشبرگ، نیتروژن و کربن همبستگی و طبقهٔ سوم ارتفاعی (۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر) با ارتفاع درخت و هدایت الکتریکی همبستگی مثبتی داشته است. همچنین نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که قارچ‌های *Tomentella* sp.، *Cortinarius* sp. و *Russula delica* همبستگی معنی‌داری با متغیرهای محیطی داشتند. بنابراین اعمال شیوه‌های مدیریت جنگل بر آشیان اکولوژیک برخی قارچ‌ها که به عوامل محیطی وابسته‌اند اثرگذار است و در نتیجه سلامت اکوسیستم جنگل تغییر می‌کند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌شناسی، سلامت جنگل، فسفر، قارچ‌های اکتومیکوریز، مؤلفه‌های اصلی.

مقدمه

میکوریز به رابطهٔ همزیستی قارچ با گیاهان اطلاق می‌شود و تأثیر مهمی در بهبود رشد، حفاظت در برابر بیماری‌ها و افزایش کیفیت خاک دارد [۱]. در سال ۱۸۸۵ آلبرت برنارد فرانک در مطالعات خود در زمینهٔ روابط گیاه و جمعیت میکروبی خاک، اصطلاح یونانی «میکوریز» را به‌کار برد که معنای تحت‌الفظی آن «قارچ ریشه» است. قارچ‌های میکوریزی شکلی از رابطهٔ همزیستی با ریشه‌های گیاه میزبان

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۱۸۶۹۵۰
Email: hamed_aghajani_85@yahoo.com

برقرار می‌کنند و از لحاظ روابط همزیستی شبیه به باکتری‌های گرهک ریشهٔ همزیست با لگوم‌ها هستند. یکی از این میکوریزها، اکتومیکوریز است. قارچ اکتومیکوریز از لحاظ اقتصادی از مهم‌ترین گروه‌های قارچ‌های خاک به شمار می‌رود. قارچ‌های اکتومیکوریز پس از میکوریز آربسکولار از رایج‌ترین نوع روابط میکوریزی هستند. این قارچ‌ها از اعضای شاخهٔ بازیدیومیست و آسکومیست هستند [۲]. تنوع زیاد اکتومیکوریزها در سلامت جنگل‌ها حائز اهمیت است. حفظ تنوع زیستی قارچ‌های اکتومیکوریز برای محافظت از سلامت جنگل‌ها و همچنین برای موفقیت برنامه‌های احیای جنگل‌ها ضروری است. جنگل‌های شمال ایران جزء جنگل‌های کهن و با تنوع زیستی گیاهی و جانوری زیاد است و شناخت موجودات زنده از جمله قارچ‌ها، خزه‌ها، گلسنگ‌ها و ... در اکوسیستم‌های جنگل اهمیت ویژه‌ای دارد. مساحت کنونی جنگل‌های شمال ایران که جزو جنگل‌های سبز تابستانی هستند، ۱/۹ میلیون هکتار است که فقط ۱/۲ میلیون هکتار آن، جزو جنگل‌های مرغوب و تجاری محسوب می‌شود. این جنگل‌ها از نظر تنوع گونه‌های گیاهی جزو جنگل‌های غنی جهان محسوب می‌شود و قدمت آن بیش از یک میلیون سال است [۳]. به‌طور کلی درختان تا حد زیادی به رابطهٔ همزیستی ریشه‌های خود با قارچ اکتومیکوریز وابسته‌اند. این قارچ‌ها عناصر معدنی را به‌شکل قابل دسترس تبدیل می‌کنند و به درختان انتقال می‌دهند و در مقابل درختان نیز کربن تثبیت‌شدهٔ خود را در اختیار قارچ قرار می‌دهند. قارچ‌های اکتومیکوریز نیز عناصری همچون فسفر، نیتروژن، سولفور و روی را از خاک دریافت و آنها را به گیاه میزبان منتقل می‌کنند [۲].

در تحقیقی در زمینهٔ عوامل محیطی و قارچ‌های میکوریز، برخی میکوریزای گونه‌های گیاهی جنگل خیرودکنار معرفی شده و اثر ارتفاع از سطح دریا و عوامل محیطی همچون دما، مقدار بارندگی، شوری، نوع بافت خاک و ترکیب عناصر خاک بر نوع و پراکنش میکوریزا بررسی شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، پراکنش اکتومیکوریزا بیشتر از اندومیکوریزا می‌شود و غلظت فسفر خاک مهم‌ترین عامل در میکوریزایی شدن است. همچنین گونه‌های مختلفی از *Glomus*، *Acaulospora*، *Gigaspora* شناسایی شد [۴].

Aponte و همکاران در جنگل‌های جنوب اسپانیا با شناسایی قارچ‌های اکتومیکوریزی روی دو گونه بلوط همیشه‌سبز (*Quercus suber*) و بلوط برگریز زمستانی (*Quercus canariensis*) و استفاده از روش مولکولی PCR به این نتیجه رسیدند که جنس‌های *Tomentella* و *Russula* بیشترین غنا و فراوانی را دارند [۵]. به‌واسطهٔ تفاوت در کیفیت لاشبرگ‌ها، کلسیم در زیر لاشبرگ بلوط (*Quercus canariensis*) بیشتر از بلوط همیشه‌سبز (*Quercus suber*) بود که این موضوع مهم‌ترین متغیر برای پراکنش گونه‌های اکتومیکوریز به شمار می‌آید [۵]. درختان میزبان می‌توانند با لاشه‌ریزی، شرایط خاک را تغییر دهند که تأثیر زیادی در ترکیب جوامع اکتومیکوریز دارد. Sefidi و Etemad در جنگل‌های نوشهر به بررسی فراوانی و تنوع زیستی قارچ‌های ماکروسکوپی در ارتباط با فاکتورهای اکولوژیک پرداختند و ۴۰ آرایه را معرفی کردند که برخی از آنها اکتومیکوریز و همزیست با راش بوده است [۶]. در جدیدترین پژوهش در ایران به بررسی عوامل تأثیرگذار محیطی بر قارچ‌های میکوریز همزیست با درختان بنه و خنجوک پرداختند و در هر رویشگاه نمونه‌هایی از خاک به‌همراه عوامل فیزیوگرافی و ویژگی‌های درختان بررسی شد و نتایج نشان داد که جنس Glomus و گونهٔ *G. fasiculatum* بیشترین فراوانی را در منطقه داشته است. نتایج همبستگی نیز نشان داد که فراوانی هاگ‌ها با ارتفاع از سطح دریا، درصد تاج پوشش درختی، قطر درختان، ضخامت لاشبرگ و مادهٔ آلی همبستگی مثبت و با فسفر، منیزیم و وزن مخصوص ظاهری همبستگی منفی داشت.

نقش قارچ‌های اکتومیکوریز در سلامت اکوسیستم جنگل بسیار حائز اهمیت است. با توجه به نقش مثبت و اثرگذار این قارچ‌ها، بررسی همزیستی اکتومیکوریزی با یکی از مهم‌ترین گونه‌های جنگل‌های شمال ایران دارای اهمیت است. در زمینهٔ اهمیت قارچ‌های ماکروسکوپی اکتومیکوریز در برخی مناطق جنگل‌های هیرکانی ایران و براساس مطالعات مولکولی ناحیهٔ ITS، بیشترین فراوانی به‌ترتیب به آرایه‌های *Cenococcum geophilum*، *Cortinarius*، *Clavulina* و *Tomentella* تعلق داشته است [۸]. در ایران، اطلاعات اندکی دربارهٔ ارتباط قارچ‌های اکتومیکوریز با عوامل محیطی جنگل و درختان راش وجود دارد. هدف پژوهش پیش رو، ارتباط قارچ‌های اکتومیکوریز با عامل‌های ارتفاع از سطح دریا (متر)، شیب، جهت دامنه، قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، درجهٔ تاج پوشش، نوع لاشبرگ، عمق لاشبرگ، اسیدیتهٔ خاک، هدایت الکتریکی، فسفر، کربن، نیتروژن، پتاسیم است. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات باارزشی دربارهٔ نقش حمایتی و حفاظتی قارچ‌های اکتومیکوریز در سلامت و پایداری اکوسیستم جنگل و نیز حفاظت از درختان در مقابل بیمارگرها در اختیار کارشناسان جنگل قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

این پژوهش در سری فلورد جنگل‌های فریم استان مازندران، در قسمت جنوب شرقی شهر پل‌سفید با مختصات طول جغرافیایی ′۴ °۵۳ تا ′۷ °۵۳ و عرض جغرافیایی ′۲ °۳۶ تا ′۵ °۳۶ انجام شد. ارتفاع این سری از سطح دریا بین ۷۰۰ تا ۲۱۰۰ متر است. براساس روش آمبرژه، این منطقه، اقلیم سرد و مرطوب دارد. جهت عمومی شیب در جنگل‌های سری فلورد، شمالی و شمال غربی و متوسط شیب حدود ۴۵ درصد است. گونهٔ غالب در منطقه راش است و گونه‌های همراه آن ممرز، گیلاس وحشی، بارانک، توسکا ییلاقی، پلت، نمدار، ملج و شیردار هستند [۹].

روش نمونه‌برداری

پس از جنگل‌گردشی اولیه، حد ارتفاعی پایین (۱۲۰۰ متر) و بالای راش (۲۱۰۰ متر) در منطقه مشخص و دامنهٔ ارتفاعی به سه طبقهٔ ۳۰۰ متری تقسیم شد [۱۰]. سپس، اطلاعات مربوط به ۱۵ درخت راش در هر طبقهٔ ارتفاعی و در مجموع ۴۵ پایه برداشت شد. نمونه‌برداری از ریزریشه‌ها به عمق ۱۰ سانتی‌متر برای شناسایی قارچ اکتومیکوریز انجام گرفت [۹]. نمونه‌ها در آزمایشگاه قارچ‌شناسی از طریق استخراج دی‌ان‌ای ناحیهٔ ITS nrDNA با استفاده از زوج آغازگرهای ITS1F و ITS4B یا ITS4 تکثیر و توالی‌یابی شدند و با نرم‌افزار Bio edit اصلاح شده و در سایت NCBI بررسی شدند. قارچ‌های اکتومیکوریز به روش مولکولی و استخراج DNA شناسایی شدند. در کنار محل مورد نظر برای برداشت ریشه، یک نمونه به عمق ۱۰ سانتی‌متر برای بررسی ویژگی‌های خاک برداشت و به آزمایشگاه آب، خاک و گیاه دانشکدهٔ منابع طبیعی ساری منتقل شد (شکل ۱).

استخراج دی‌ان‌ای

تخریب دیوارهٔ سلولی به‌منظور استخراج دی‌ان‌ای توسط ساییدن بافت نوک ریشه درون میکروتیوب ۲ میلی‌لیتری با نیتروژن مایع صورت گرفت و با روش بافر CTAB انجام گرفت [۹].

تکثیر دی‌ان‌ای و واکنش زنجیرهٔ پلی‌مراز (PCR)

تکثیر دی‌ان‌ای در حجمی معادل ۲۵ میکرولیتر از مخلوط واکنش PCR (PCR master mix)، شامل ۱۸ میکرولیتر آب دیونیزه، ۲ میکرولیتر بافر PCR ۱۰ غلظتی، ۰/۶ میکرولیتر محلول حاوی ۵۰ میلی مول $MgCl_2$، ۰/۴ میکرولیتر از محلول ۱۰ میلی‌مول dNTPs حاوی ۲/۵ میلی مول از هر یک از dNTP، ۰/۵ میکرولیتر محلول حاوی

شکل ۱. منطقهٔ تحقیق در جنگل سنگده

پنج واحد آنزیم Smart Taq DNA polymerase، ۱ میکرولیتر از محلول حاوی ۱۰ پیکومول از آغازگر ITS1F، ۱ میکرولیتر از محلول حاوی ۱۰ پیکومول از آغازگر ITS4B یا ITS4 و ۱/۵ میکرولیتر محلول حاوی دی‌انای قالب صورت گرفت [۱۱، ۱۲].

آزمایش نمونه‌های خاک

نمونه‌های خاک نیز پس از انتقال به آزمایشگاه، به‌مدت دو هفته در هوای آزاد خشک شده و از الک‌های دو میلی‌متری عبور داده شدند. اسیدیتهٔ خاک به‌وسیلهٔ دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی پس از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه EC متر، نیتروژن کل به روش کجلدال با کمک دستگاه Kjeltect Distribution Unit، کربن آلی به روش تیتراسیون با تغییر رنگ ارتوفنانترولین (والکی- بلاک)، پتاسیم به روش نشر شعله و با دستگاه فلیم‌فتومتر و فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن اندازه‌گیری شدند [۱۳]. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی، نشان‌دهندهٔ غلظت نمک‌های محلول در خاک و ناشی از شرایط سنگ بستر یا آزادسازی عناصر غذایی است آزمایش شد که به حضور و نبود قارچ‌ها بستگی دارند.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌های جنگل و داده‌های آزمایشگاه قارچ و خاک پس از جمع‌آوری در نرم‌افزار اکسل وارد و مرتب شدند. برای همبستگی بین قارچ‌های اکتومیکوریز با عامل‌های مختلف اکوسیستم جنگل از آنالیز تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی در نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد. آنالیز تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis) نوعی روش رج‌بندی غیرمستقیم است که برمبنای همبستگی عوامل محیطی عمل می‌کند. با توجه به اینکه رابطهٔ بین متغیرهای محیطی، خطی است، برای تعیین روابط بین آنها از آنالیز PCA استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند از همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین رعایت پیشفرض‌ها با آزمون نرمال بودن برای

توزیع فراوانی متغیرها و خطی بودن روابط بین متغیرها (با توجه به اجرای آنالیز PCA روی داده‌های محیطی و کمتر بودن طول محور اول آن از مقدار عددی سه) بررسی شد و در آخر داده‌های پرت اصلاح یا حذف شدند. همچنین عامل‌های ارتفاع از سطح دریا (متر) با دستگاه GPS Garmin 62 map s، شیب با شیب‌سنج سونتو، جهت دامنه با قطب‌نما، قطر برابرسینه با کالیپر، ارتفاع درخت با دستگاه سونتو، درجهٔ تاج‌پوشش براساس مشاهده و تخمین، نوع و عمق لاشبرگ با استفاده از اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های مختلف لاشبرگ با خط‌کش به میلی‌متر انجام گرفت.

نتایج و بحث

رسته‌بندی متغیرهای محیطی منطقهٔ تحقیق

تحلیل آنالیز مؤلفه‌های اصلی قطعات نمونه برپایهٔ مقادیر متغیرهای محیطی آنها به‌منظور بررسی گروه‌های اکولوژیک براساس خصوصیات محیطی به‌کار گرفته شد. با توجه به جدول ۱ که نتایج تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی روی ۱۲ متغیر محیطی را نشان می‌دهد، مؤلفه‌های اصلی اول و دوم با مقادیر ویژهٔ ۴/۴۱۷ و ۲/۹۵۲ به‌ترتیب ۳۱/۵۵۱ و ۲۱/۰۸۸ درصد از تغییرات خصوصیات محیطی رویشگاه‌های بررسی‌شده را توجیه می‌کنند. نتایج این تجزیه‌وتحلیل نشان می‌دهد که قطعات نمونهٔ سه طبقهٔ ارتفاعی در آنالیز PCA در امتداد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم قابل تمایزند و حاشیهٔ مخصوص به خود را دارند. تفسیر مؤلفه‌ها (محورها) فقط براساس متغیرهایی که به‌طور معنی‌دار و مقدار همبستگی بالای ۰/۵ با مؤلفه‌های اصلی اول و دوم همبسته‌اند به عمل آمده است (جدول ۲).

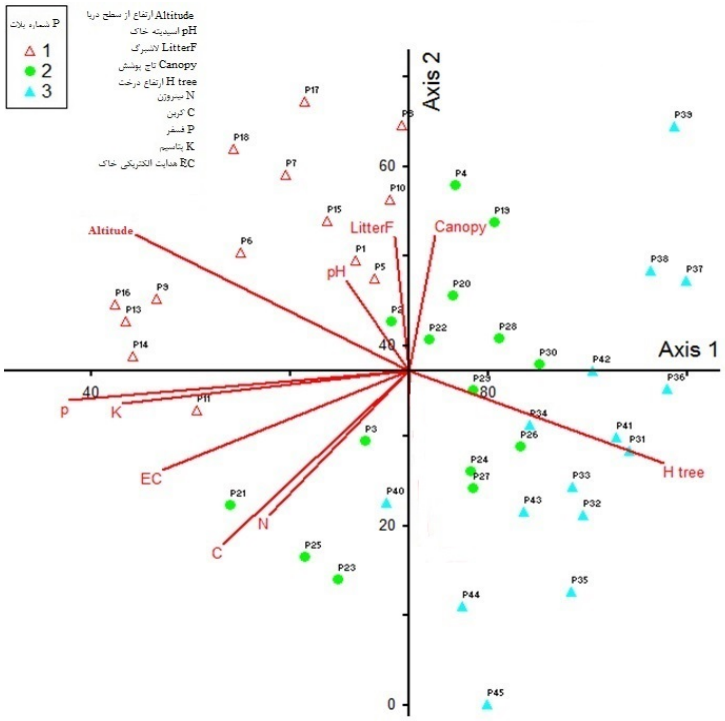
جدول ۱. آماره‌های تحلیل رسته‌بندی PCA

	محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴
مقادیر ویژه	۴/۴۱۷	۲/۹۵۲	۱/۳۷۵	۱/۲۴۸
آمارهٔ Broken-stick	۳/۲۵۲	۲/۲۵۲	۱/۷۵۲	۱/۴۱۸
درصد تبیین واریانس	۳۱/۵۵۱	۲۱/۰۸۸	۹/۸۲۲	۸/۹۱۸
درصد تجمعی تبیین واریانس	۳۱/۵۵۱	۵۲/۶۳۹	۶۲/۴۶۱	۷۱/۳۷۹

جدول ۲. همبستگی بین محورهای PCA و متغیرهای محیطی

متغیرهای محیطی	محور ۱	محور ۲
ارتفاع از سطح دریا	−۰/۷۴۲**	۰/۵۳۸**
شیب	−۰/۱۸۴ ns	۰/۲۹۶
تاج پوشش	۰/۲۲۸ ns	۰/۵۳۵**
عمق لاشبرگ	−۰/۱۷۳ ns	۰/۵۳۲**
قطر برابرسینه	۰/۲۶۶ ns	−۰/۰۴۲
ارتفاع درخت	۰/۷۱۶**	−۰/۴۴۲**
اسیدیتهٔ خاک	−۰/۳۵۷*	۰/۴۳۸**
هدایت الکتریکی	−۰/۷۰۵**	−۰/۴۵۸**
نیتروژن (ازت)	−۰/۵۳۰**	−۰/۵۵۲**
پتاسیم	−۰/۷۶۰**	−۰/۲۶۵
فسفر	−۰/۸۲۸**	−۰/۲۴۹
کربن	−۰/۶۱۱**	−۰/۶۰۵**

* معنی‌دار بودن همبستگی در سطح ۰/۰۵، ** معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۱ و ns معنی‌دار نبودن.



شکل ۲. آنالیز رسته‌بندی پلات‌های گروه‌های اکولوژیک براساس متغیرهای محیطی (سمت چپ) و بردارهای همبستگی متغیرهای محیطی با دو محور اول تحلیل PCA (سمت راست)

براساس نتایج همبستگی متغیرها با مؤلفه‌ها مشخص شد که مؤلفهٔ اصلی اول متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کربن، هدایت الکتریکی و ارتفاع درخت و مؤلفهٔ اصلی دوم متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، تاج‌پوشش، عمق لاشبرگ، نیتروژن، کربن را شامل و تفسیر می‌شوند. موقعیت متغیرهای محیطی که بیشترین همبستگی نسبت به مؤلفه‌های اول و دوم را داشتند در شکل ۲ مشخص است.

برای بررسی همبستگی بین قارچ‌های اکتومیکوریز با اکوسیستم جنگل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نتایج این همبستگی نشان داد که عامل‌های مختلف در سه گروه اکولوژیکی مختلف قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول مربوط به راشستان‌های طبقهٔ اول ارتفاعی (۱۸۰۰ تا ۲۱۰۰ متر) بود که با عامل‌های ارتفاع از سطح دریا، اسیدیتهٔ خاک، عمق لاشبرگ، فسفر و پتاسیم همبستگی مثبتی داشت. گروه دوم مربوط به راشستان‌های طبقهٔ دوم ارتفاعی (۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) بود که با درصد تاج‌پوشش جنگل، عمق لاشبرگ، نیتروژن و کربن همبستگی مثبت داشت. گروه سوم مربوط به راشستان‌های طبقهٔ سوم ارتفاعی (۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر) بود که با ارتفاع درخت همبستگی مثبتی داشت. نتایج مربوط به گروه اول مربوط به راشستان‌های طبقه اول ارتفاعی (۱۸۰۰ تا ۲۱۰۰ متر) نشان داد که با عامل‌های ارتفاع از سطح دریا، اسیدیتهٔ خاک، فسفر و پتاسیم همبستگی مثبتی داشت. فاکتورهای زنده و غیرزنده و آشفتگی طبیعی ممکن است تأثیر مهمی در پراکنش ساختاری قارچ‌های اکتومیکوریز بگذارد. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله مادهٔ آلی و pH، اهمیت زیادی در ساختار جوامع قارچ‌های اکتومیکوریز می‌گذارند [۱۴] که در تحقیق ما در گروه اکولوژیک اول همبستگی معنی‌داری داشت. محققان در جنگل‌های آرژانتین به بررسی جوامع

قارچ‌های اکتومیکوریز همزیست با گونه‌های راش (*Nothofagus*) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اختلاف معناداری بین تیپ‌های مختلف راش با تنوع زیستی قارچ‌ها وجود دارد و عامل ارتفاع از سطح دریا تأثیر زیادی در ساختار قارچ‌های اکتومیکوریز همزیست با گونه‌های جنس راش (*Nothofagus* spp.) داشته است [۱۵] که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در واقع عامل ارتفاع از سطح دریا در تنوع گونه‌های قارچ اکتومیکوریز مؤثر است. عامل‌های ادافیکی، تأثیر بزرگی بر جوامع اکتومیکوریزهای همزیست می‌گذارند و در واقع با تغییر عامل‌های ادافیکی تغییر در جوامع اکتومیکوریزهای به وجود می‌آید. همچنین نتایج تحقیق دیگری نشان داد که جذب فسفر و پتاسیم تأثیر مهمی در پراکنش قارچ‌های میکوریز دارد [۴].

گروه دوم مربوط به راشستان‌های طبقهٔ دوم ارتفاعی (۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) بود که با درصد تاج‌پوشش جنگل، عمق لاشبرگ، نیتروژن و کربن همبستگی مثبت داشت. به‌طور کلی تفاوت در گونه‌های اکتومیکوریزها در پاسخ به تغییراتی مثل عوامل زنده و غیرزنده سبب آشفتگی‌ها می‌شوند. این آشفتگی‌ها شامل خصوصیات خاک، عمق لاشبرگ، سطح نور محیط و ترکیب گونه‌های میزبان [۱۶] و لاشبرگ [۱۷] است که سبب تغییر در جوامع قارچ‌های اکتومیکوریز می‌شوند. تاج‌پوشش جنگل با لاشه‌ریزی گونه‌های مختلف درختی سبب تغییرات در عمق لاشبرگ کف جنگل می‌شود. در واقع عمق لایهٔ لاشبرگ نشان داد که این مشخصه در گروه اکولوژیک دوم یعنی ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر همبستگی مثبتی داشت که نشان می‌دهد تودهٔ آمیخته حالت بینابینی از لحاظ تجزیهٔ لاشبرگ دارد. در توده‌های خالص راش و ارتفاعات بیشتر به‌دلیل داشتن برگ‌های سنگین‌تر نسبت به ممرز و گونه‌های دیگر تحرک و جابه‌جایی کمتری داشته و بر اثر لاشه‌ریزی در پای درختان راش لاشبرگ بیشتری وجود دارد. بنابراین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کربن و مادهٔ آلی نقش مهمی در ساختار جوامع قارچ‌های اکتومیکوریز می‌گذارند و همبستگی مثبت با غنای قارچ‌ها داشتند [۱۴]. در جنگل‌های معتدلهٔ بلوط اروپا با افزایش نیتروژن برخی از گونه‌های اکتومیکوریز غالب، همزیست با بلوط می‌شوند که با نتایج ما همخوانی دارد [۱۸]. به‌عنوان مثال جنس *Tomentella* sp. به‌طور معمول در خاک با نیتروژن غنی بیشتر دیده می‌شود [۱۹] که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج تحقیقات دربارهٔ قارچ‌های اکتومیکوریز در جنگل‌های آلمان نشان داد که عامل‌های محیطی و خاک تأثیر مهمی در ساختار جوامع قارچ‌های اکتومیکوریز می‌گذارند که با نتایج ما همخوانی دارد [۲۰].

گروه سوم مربوط به راشستان‌های طبقهٔ سوم ارتفاعی (۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر) بود که با ارتفاع درخت و هدایت الکتریکی همبستگی مثبتی داشت. در زمینهٔ عامل ارتفاع درخت، در ارتفاعات بالاتر، ارتفاع درختان راش کوتاه‌تر می‌شود. درختان راش در جنگل‌های شمال در ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا از نظر ارتفاع غالب مهم‌ترین درختان راش را تشکیل می‌دهند و کوتاه‌ترین درختان راش در ارتفاعات ۱۶۰۰ متر به بالا هستند [۳]. میزان هدایت الکتریکی از مهم‌ترین شاخص‌های مشخص‌کنندهٔ مقدار املاح خاک است. هرچه املاح خاک بیشتر باشد، هدایت الکتریکی آن نیز بیشتر است. کم بودن EC در این رویشگاه‌ها را می‌توان تا حد بسیار زیادی به‌دلیل سنگ مادر و خاک با زهکشی مناسب در منطقه دانست. در نتیجه، این مطالعه نشان می‌دهد که حضور قارچ‌های اکتومیکوریز مرتبط با آمیختگی گونه‌های درختی ارتباط دارد، بنابراین تیپ جنگل بر تاکسونومی و ترکیب قارچ‌های اکتومیکوریز تأثیر پیچیده‌ای می‌گذارد [۲۰].

برای بررسی همبستگی بین قارچ‌های اکتومیکوریز با متغیرهای محیطی که معنی‌دار شدند همبستگی پیرسون گرفته شده و نتایج آن در جدول ۳ آورده شد. همچنین نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که قارچ‌های

Tomentella sp.، *Cortinarius* sp. و *Russula delic* همبستگی معنی‌داری با متغیرهای محیطی داشتند. بنابراین با اعمال شیوه‌های مدیریت جنگل، آشیان اکولوژیک برخی قارچ‌ها که به عوامل محیطی وابسته‌اند دستخوش تغییرات می‌شود و سلامت اکوسیستم جنگل تغییر می‌کند.

جدول ۳. نتایج همبستگی پیرسون حضور قارچ‌های اکتومیکوریز با متغیرهای محیطی

آرایهٔ قارچ اکتومیکوریز	محور اول	محور دوم
Russula chloroides	-/۲۴۹	-/۰۷۵
Cortinarius trivialis	-/۰۳۵	/۰۵۸
Cortinarius sp.	*-/۳۲۱	/۰۷۳
Russula delica	-/۰۰۸	*/۳۱۶
Russula sp.	-/۰۷۵	/۰۹۶
Russula brevipes	-/۲۰۹	/۰۸۱
Russula faginea	-/۰۴۶	.۱۸۶
Russula integriformis	-/۲۳۲	/۰۴۶
Cortinarius rigens	-/۱۱۶	/۱۷۴
Cortinarius alpinus	-/۲۴۴	/۰۷۰
Cortinarius collinitus	-/۱۲۸	/۲۵۵
Inocybe adaequata	-/۰۱۲	.۰۲۳
Lactarius hepaticus	-/۱۰۴	-/۲۰۹
Lactarius chrysorrheus	/۰۳۵	-/۱۱۶
Lactarius subdulcis	-/۱۳۹	-/۱۹۷
Lactarius sp.	-/۰۹۱	-/۲۳۲
Inocybe sp.	/۱۱۶	-/۱۵۸
Cortinarius alboaggregatus	/۰۵۸	-/۰۳۵
Hebeloma bulbiferum	/۱۳۹	/۰۰۰
Helvella sp.	/۲۰۹	-/۱۰۴
Cantharellus sp.	/۱۷۴	-/۱۸۶
Thelephora sp.	/۱۶۳	-/۱۲۸
Tomentella sp.	*/۳۰۲	/۰۸۲
Clavulina sp.	/۲۹۱	-/۰۸۳
Clavulicium sp.	/۲۳۲	-/۰۲۳
Boletus sp.	/۲۴۴	/۲۳۲
Amanita sp.	/۱۱۶	-/۰۱۷

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر مؤید همزیستی گونه‌های مختلف قارچ اکتومیکوریز با درختان راش به‌عنوان یکی از مشخصه‌های سلامت اکوسیستم جنگل در راشستان‌های مدیریت شده سنگده است. این موضوع نشان می‌دهد که اثر عوامل مدیریتی جنگل با تأثیر بر عوامل محیطی می‌تواند بر حضور برخی قارچ‌های اکتومیکوریز اثرگذار باشد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر حامد اسدی که در تجزیه‌وتحلیل آماری این مقاله ما را یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. از کارکنان و مدیریت شرکت چوب و کاغذ فریم، برای همکاری بسیار سپاسگزاریم.

References

[1]. Mostajeran, A., and Zoie, F. (2006). Mycorrhiza, Symbiosis. Entesharat University of Esfahan, Esfahan, 226 p.

[2]. Siddiqui, Z.A., and Pichtel, J. (2008). Mycorrhizae: an overview. In: Siddiqui, Z. A., and Futai, K. (Eds.). Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry (pp. 1-35). Springer, Netherlands.

[3]. Marvie Mohadjer, M.R. (2011). Silviculture. University of Tehran press, Tehran, 418 p.

[4]. Akbarloor, Sh., and Zare-Maivan, H. (2004). Introduction of some species of mycorrhizae in Kheiroud-Kenar forest. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 1(2): 145-158.

[5]. Aponte, C., García, L. V., Marañón, T., and Gardes, M. (2010). Indirect host effect on ectomycorrhizal fungi: Leaf fall and litter quality explain changes in fungal communities on the roots of co-occurring Mediterranean oaks. Soil Biology and Biochemistry, 42(5): 788-796.

[6]. Sefidi, K., and Etemad, V. (2015). Dead wood characteristics influencing macrofungi species abundance and diversity in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. Forest Systems, 24(2): 1-15.

[7]. Mirzaei, J., Akbarinia, M., Mohamadi Goltapeh, E., Sharifi, M., and Rezaei Danesh, Y. (2013). Classification of *Pistacia atlantica* and *P. khinjuk* sites in Ilam based on environmental factors and arbuscular mycorrhizal fungi, Journal of Plant Researches, 26(3): 341-351.

[8]. Bahram, M., Põlme, S., Kõljalg, U., Zarre, S., and Tedersoo, L. (2012). Regional and local patterns of ectomycorrhizal fungal diversity and community structure along an altitudinal gradient in the Hyrcanian forests of northern Iran. New Phytologist, 193(2): 465–473.

[9]. Aghajani, H., Hojjati, S.M., Tajick-Ghanbari, M.A., Pourmajidian, M.R., and Borhani, A. (2019). Molecular Identification of Ectomycorrhizal Fungal Communities Associated with Oriental Beech Trees (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian Forest of Iran. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science, 43(1): 25-32.

[10]. Jarvis, S.G., Woodward, S., and Taylor, A.F.S. (2015). Strong altitudinal partitioning in the distributions of ectomycorrhizal fungi along a short (300 m) elevation gradient. New Phytologist, 206: 1145–1155.

[11]. White, T.J., Bruns, T.D., Lee, S., and Taylor, J. (1990). Analysis of phylogenetic relationships by amplification and direct sequencing of ribosomal RNA genes. In: Innis, M.A., D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, and T.J. White (Eds.), PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press, New York, USA, pp 315–322.

[12]. Gardes, M., and Bruns, T.D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. Molecular Ecology, 2(2): 113–118.

[13]. Jafari-Haghigh, M. (2003). Methods of Soil Analysis. Publications of Nedaye Zoha.

[14]. Craig, A.J., Woods, S., and Hoeksema, J.D. (2016). Influences of host plant identity and disturbance on spatial structure and community composition of ectomycorrhizal fungi in a northern Mississippi uplands ecosystem. Fungal Ecology, 24: 7-14.

[15]. Nouhra, E., Urcelay, C., Longo, S., and Tedersoo, L. (2013). Ectomycorrhizal fungal communities associated to *Nothofagus* species in Northern Patagonia. Mycorrhiza, 23(6): 487-496.

[16]. Bruns, T.D. (1995). Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. Plant Soil, 170(1): 63–73.

[17]. Conn, C., and Dighton, J. (2000). Litter quality influences on decomposition, ectomycorrhizal community structure and mycorrhizal root surface acid phosphatase activity. Soil Biology and Biochemistry, 32(4), 489-496.

[18]. Suz, L.M., Barsoum, N., Benham, S., Dietrich, H.P., Fetzer, K.D., Fischer, R., and Neagu, S. (2014). Environmental drivers of ectomycorrhizal communities in Europe's temperate oak forests. Molecular Ecology, 23(22): 5628-5644.

[19]. Lilleskov, E.A., Fahey, T.J., Horton, T.R., and Lovett, G.M. (2002) Belowground ectomycorrhizal fungal community change over a nitrogen deposition gradient in Alaska. Ecology, 83:104–115.

[20]. Pena, R., Lang, C., Lohaus, G., Boch, S., Schall, P., Schöning, I., Ammer, C., Fischer, M., and Polle, A. (2016). Phylogenetic and functional traits of ectomycorrhizal assemblages in top soil from different biogeographic regions and forest types. Mycorrhiza, 1-13.

Relationship between environmental variables and ectomycorrhizal fungi of beech trees in Sangdeh forests, Mazandaran province

H. Aghajani*; Ph.D., Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

S.M. Hojjati; Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

M.A. Tajick-Ghanbary; Assoc. Prof., Faculty of Crop Sciences, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

M.R. Pourmajdian; Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture Science and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

A. Borhani; Faculty Member of Agriculture and Natural Resources Research Center of Mazandaran, Passand Forest and Rangeland Research Station, Behshar, I.R. Iran

(Received: 26 October 2019, Accepted: 21 February 2020)

ABSTRACT

Ectomycorrhizal fungi play an important role in forest health and sustainability and protect trees against pathogens in forest ecosystems. This study was conducted to ordinate beech habitat with environmental factors and ectomycorrhizal fungi in Sangedeh forest, Mazandaran forest. Fourty-five sample plots of 1000 square meters were randomly measured to three 300 m altitude classes, namely altitude range of 1200 to 2100 m above sea level and factors including altitude, slope, slope direction, diameter at breast height, tree height, degree of canopy cover, litter type, litter depth, soil acidity, electrical conductivity, phosphorus, carbon, nitrogen and potassium were investigated. The results of correlation of variables with components was determined and showed that ectomycorrhizal fungi had a significant positive correlation (1%) with first principal component including variables such as altitude, nitrogen, potassium, phosphorus, carbon, electrical conductivity, and tree height as well as the second principal component including altitude variables, canopy cover, litter depth, nitrogen, carbon and stand type. Principal component analysis showed that the first class of altitude (1800 to 2100 m) had a positive correlation with soil acidity, litter depth, phosphorus and potassium, and second class of altitude (1500 to 1800 m) had a positive correlation with canopy cover percentage, litter depth, nitrogen and carbon. Also, there was a positive correlation between third class of altitude (1200 to 1500 m) with tree height and electrical conductivity. Pearson correlation analysis showed that *Tomentella* sp., *Cortinarius* sp. and *Russula delica* fungi were significantly correlated with environmental variables. Forest management practices can affect the ecological nests of some fungi that are dependent on environmental variables; as a result, forest ecosystem health will be changed.

Keywords: Silviculture, forest health, Phosphorus, Ectomycorrhizal fungi, Principal components.

* Corresponding Author, Email: Hamed_Aghajani_85@yahoo.com, Tel:+989111186950