مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دوازدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۹
ص ۱۵-۱
مقاله پژوهشی

متغیرهای محیطی مؤثر در استقرار قارچ خوراکی زردِ کیجا (*Cantharellus alborufescens*) در جنگل جلگه‌ای نور (مازندران)

قاسم‌علی پاراد[۱]، مسعود طبری کوچکسرایی[۲*]، معصومه قبادنژاد[۳]، امید اسماعیل‌زاده[۴] و حامد یوسف‌زاده[۵]

[۱] دانشجوی دکتری جنگلداری، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور.
[۲]استاد، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور.
[۳]استادیار قارچ‌شناسی، پژوهشکدهٔ زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران.
[۴] استادیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور.
[۵]استادیار، گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، نور.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲)

چکیده

قارچ زردِ کیجا یکی از قارچ‌های خوراکی متعلق به خانوادهٔ Cantharellaceae، پراکنش وسیعی در جنگل‌های شمال ایران دارد و مورد توجه ساکنان محلی این مناطق است. با وجود اهمیت اقتصادی قارچ‌های این جنس، اطلاعات اندکی دربارهٔ نیازهای رویشگاهی آن در دسترس است. از این‌رو، پژوهش حاضر در نظر دارد عوامل اکولوژیکی مؤثر بر پراکنش این قارچ را بررسی کند. برای این منظور ۲۰ جفت قطعه نمونهٔ ۲۰ × ۲۰ متر با فاصلهٔ حداقل ۱۰۰ متر در توده‌های بلوط-ممرز یک جنگل جلگه‌ای (حدود ۱۲۰ هکتار) در شهرستان نور انتخاب شد. نیمی از قطعات نمونه واجد اندام بارده قارچ و نیمی دیگر فاقد اندام بارده قارچ بود. به‌منظور تحلیل رابطهٔ گونه- محیط (خواص خاک) و با استفاده از روش TWINSPAN سه گروه گونهٔ گیاهی شناسایی شد. با توجه به نتایج این تحقیق، حضور این قارچ در توده‌های بلوط-ممرز (گروه های اکولوژیک دوم و سوم) در روی خاک با بافت لومی-رسی، اسیدیته ۵/۷-۷/۲، کربن ۲/۲-۳/۷ درصد، نیتروژن کل ۰/۲۷-۰/۱۶درصد، نسبت کربن به نیتروژن ۱۰/۸-۱۸/۹، رطوبت ۲۹/۴-۴۶/۲ درصد و عمق لاشبرگ ۴/۸-۱۹ میلی‌متر بوده است. همچنین، در عرصهٔ واجد قارچ، مقدار کربن، درصد شن و رس و نسبت کربن به نیتروژن بیشتر و برعکس، مقادیر نیتروژن، آمونیوم، نیترات، اندازهٔ عمق لاشبرگ و درصد سیلت کمتر از آنها در عرصهٔ بدون قارچ بوده است. به‌طور کلی، کربن، نسبت کربن به نیتروژن، درصد شن و رس مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر حضور قارچ زردِ کیجا در این جنگل بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، بافت خاک، عمق لاشبرگ، قارچ اکتومایکوریز، نسبت کربن به نیتروژن.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی از آخرین بازمانده‌های جنگل‌های معتدلهٔ جهان است. تنوع اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی از جلگه تا ارتفاعات، سبب شده که این جنگل‌ها از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی زیست‌کره با گونه‌های انحصاری متعدد باشد (Marvi Mohadjer, 2012). با وجود اهمیت جهانی این جنگل‌ها، متأسفانه برداشت بی‌رویه، توسعهٔ

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۲۴۶۲۵۰ ایمیل: mtabari@modares.ac.ir

صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی، قاچاق چوب و دیگر عوامل تخریب، سبب کاهش مساحت این جنگل‌ها از ۳/۶ میلیون هکتار به حدود ۱/۸ میلیون هکتار شده است (Marvi Mohadjer, 2012). ناآگاهی از تاکسونومی گونه‌های زیراشکوب جنگل از جمله قارچ‌های ماکروسکوپی که تأثیر بسیار مهمی در پایداری اکوسیستم‌های جنگل دارند، سبب افزایش نگرانی در این زمینه شده است (Ghobad-Nejhad & Hallenberg, 2012).

انسان‌ها از دیرباز از قارچ به‌عنوان منبع غذایی استفاده می‌کردند، ولی در اواخر سدهٔ بیستم میلادی، تجاری‌سازی قارچ‌ها مطرح شد که در حال حاضر ارزش تجارت جهانی آن میلیاردها دلار است (Rochon et al., 2011). بسیاری از قارچ‌های ماکروسکوپی جنبهٔ خوراکی دارند و در اکوسیستم‌های مختلف در زنجیرهٔ غذایی برخی روستانشینان به‌عنوان محصولات فرعی استفاده می‌شوند (Aghajani et al., 2017).

یکی از قارچ‌های اکتومایکوریز خوراکی[1] و پرمصرف جهان، از جنس *Cantharellus* متعلق به خانوادهٔ Cantharellaceae است که در مازندران و گلستان به "زردِ کیجا" و در گیلان به "زردِ لنگ" معروف است (Parad et al., 2018). ارزش تجاری جهانی اندام باره[2] آن حدود دو میلیارد دلار در سال برآورد می‌شود (Rochon et al., 2011). Ouzouni و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که ۱۰۰ گرم قارچ *C. cibarius* دارای ۲۱/۵ گرم پروتئین، ۲/۹ گرم چربی و ۶۶ گرم کربوهیدرات است. همچنین مقدار عناصر منیزیم، آهن، مس و روی در آن به‌ترتیب ۸۶۶، ۱۱۸، ۳۳ و ۵۴ میکروگرم بر گرم در وزن خشک است که نشان‌دهندهٔ ارزش و اهمیت غذایی زیاد آن است. گونه‌های مختلف این جنس در بیشتر قاره‌ها که میزبان درختی مناسبی برای آن یافت شود، حضور دارند (Rochon et al., 2011). در شرق آمریکای شمالی، با میزبان‌های درختی متفاوتی از جمله بلوط، راش، توس و گونه‌های مختلف سوزنی‌برگ تشکیل اجتماعات اکتومایکوریزی می‌دهد (Pilz et al., 2006). در این مناطق، از این قارچ‌ها به‌همراه قارچ‌های دیگر و گیاهان چندمنظوره که محصولات غیرچوبی جنگل محسوب می‌شوند برای اهداف تجاری، سنتی یا مقاصد تفریحی و فرهنگی استفاده می‌شود (Rochon et al., 2011).

بیشترین فراوانی یا حضور این قارچ‌ها در توده‌های ۴۰ تا ۶۰ سال است، اما در توده‌های جوان‌تر (کمتر از ۲۰ سال) و مسن‌تر (۶۰ تا ۲۰۰ سال) نیز یافت می‌شوند (Rochon et al., 2011). اندام باره قارچ‌های این جنس روی خاک‌های مشتق از آهک، سنگ‌های رسوبی، دگرگونی یا گرانیت‌های هوازده رشد می‌کنند (Pilz et al., 2006) و به متغیرهای اصلی خاک نظیر درجهٔ واکنش خاک یا pH، زهکشی، مواد آلی (van Dobben & Jansen, 1987) نیتروژن (Wallenda & Kottke, 1998)، میزبان و گونهٔ درختی واکنش نشان می‌دهند (Rochon et al., 2011). برخی دیگر از مشخصه‌ها مانند عمق لاشبرگ (ضخامت سوزن‌ها)، دمای هوا، مقدار رطوبت خاک (Rochon et al., 2011) و بافت خاک در حضور و گسترش آن تأثیر زیادی دارند (Pilz et al., 2006). قارچ‌های جنس زردِ کیجا با گونه‌های گیاهی مختلف، اجتماعات مایکوریزی تشکیل می‌دهند و فواید زیادی برای گیاهان میزبان دارند. از جمله می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی در خاک‌های فقیر، تأمین آب مورد نیاز گیاه در خاک‌های خشک و مقاوم کردن آنها در برابر خشکی و محافظت از ریشه در برابر عوامل بیماری‌زایی (حفاظت فیزیکی از طریق پوشش غلاف و حفاظت شیمیایی از طریق ترشح آنتی‌بیوتیک) اشاره کرد (Smith & Read, 2008; Feizi Kamareh et al., 2017).

با وجود تحقیقات گذشته، هنوز اطلاعات کاملی دربارهٔ تأثیر شرایط رویشگاه بر حضور و فراوانی

1. Edible Ectomycorrhizal Mushrooms
2. Fruit body

قارچ‌های مختلف این جنس در دسترس نیست. البته دربارهٔ قارچ *C. cibarius* و ارتباط معنی‌دار فراوانی آن با درجهٔ واکنش خاک، حضور داشتن و نداشتن خزه‌ها و گلسنگ‌ها، زهکشی، نسبت کربن به نیتروژن، درصد ذرات بافت، عمق لاشبرگ و عناصر غذایی (فسفر و ترکیبات معدنی نیتروژن خاک شامل آمونیوم NH_4^+ و نیترات NO_3^-) پژوهش‌های مختلفی توسط Jansen (1987) van Dobben & ،Grebenc et al. (2009) و Rochon et al. (2011) انجام گرفته است. در جنگل‌های هیرکانی تنها دو گونهٔ *Cantharellus alborufescens* (Malençon) Papetti & S. Alberti و *Cantharellus ferruginascens* P.D. Orton از این جنس معرفی شده است که با میزبان‌های درختی بلندمازو، ممرز، راش شرقی، توسکا قشلاقی، توسکا ییلاقی و نمدار اجتماعات مایکوریزی تشکیل می‌دهند (Parad et al., 2018; Tedersoo et al., 2009). با وجود اهمیت این جنس در اکوسیستم‌های جنگلی و همچنین معیشت جنگل‌نشینان، تاکنون تحقیقی دربارهٔ نیازهای اکولوژیکی گونه‌های این جنس و به‌ویژه قارچ *C. alborufescens* در ایران صورت نگرفته است. از این‌رو این پژوهش در نظر دارد در یک جنگل جلگه‌ای بلوط- ممرز (با زیراشکوب شمشاد) شهرستان نور، با مطالعهٔ برخی خواص فیزیکی- شیمیایی خاک در عرصه‌های حاوی و فاقد قارچ زردِ کیجا، مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر حضور قارچ *C. alborufescens* را بررسی کند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

این تحقیق در یکی از جنگل‌های جلگه‌ای نور با تیپ بلوط- ممرز با تاج‌پوشش بین ۹۰-۷۵ درصد انجام گرفت. گونه‌های درختچه‌ای شمشاد، سیاه ولیک، سرخ ولیک، ازگیل جنگلی، آلوچه، همیشک و آل، درختان اصلی فوق (بلوط و ممرز) را همراهی می‌کنند. منطقهٔ تحقیق به وسعت تقریبی ۱۲۰ هکتار، شیب کمتر از ۸ درصد و متوسط ارتفاع ۹-متر از سطح دریا در عرض ″۲۳′۳۴°۳۶ تا ″۵۰′۳۴°۳۶ شمالی و ″۲۶′۶°۵۲ تا ″۱۴′۳°۵۲ طول شرقی قرار دارد. متوسط دما و بارندگی سالیانه به‌ترتیب ۱۷ درجهٔ سانتی‌گراد و ۸۰۳ میلی‌متر است.

شیوهٔ اجرای پژوهش

برای اجرای این تحقیق، نخست با بهره‌گیری از تحقیقات میدانی، نقاط اصلی پراکنش قارچ مزبور در سطح جنگل شناسایی و انتخاب شد. سپس در اوایل مهرماه ۱۳۹۴، تعداد ۲۰ جفت قطعه نمونهٔ ۴۰۰ مترمربعی به‌صورت تصادفی در توده‌های با ترکیب پوشش درختی یکسان و با فواصل ۱۰۰ متر مشخص شد. نیمی از این قطعات نمونه در رویشگاه‌هایی که اندام بارده قارچ در آنجا مشاهده شده بود و نیمی دیگر در رویشگاه‌های فاقد اندام بارده قارچ تعیین شد. فاصلهٔ جفت قطعات نمونه از یکدیگر حداکثر ۵۰ متر در نظر گرفته شد. در هر قطعه نمونه، نمونه‌برداری خاک به روش ترکیبی (با سه تکرار) در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری در مهرماه برای تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک و استخراج DNA از آن انجام گرفت. نمونه‌برداری از ترکیب پوشش‌گیاهی در هر یک از قطعات نمونه در اوایل تیرماه ۱۳۹۵ و هنگامی که انتظار می‌رفت سهم عمده‌ای از ترکیب گیاهی در سطح منطقه حضور یافته باشند برمبنای ضرایب وفور- غلبه وان‌درمارل انجام گرفت.

تعیین حضور و نبود میسلیوم‌های قارچ

به‌منظور اطمینان از انتخاب قطعات نمونهٔ فاقد قارچ و اثبات نبود میسلیوم‌های قارچ در خاک، افزون‌بر قطعات نمونهٔ دارای قارچ، از قطعات نمونه که اندام بارده قابل رویت این قارچ در آن وجود نداشت. در هر قطعه نمونه با استفاده از بیلچه و استوانهٔ فلزی با قطر ۵ سانتی‌متر، سه نمونه از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری و از قسمت‌هایی که قارچ به وفور یافت می‌شد، نمونهٔ خاک برداشت و به‌منظور همگن‌سازی با

هم ادغام شد. نمونه‌ها بی‌درنگ پس از برداشت به‌مدت ۱۲ ساعت در یک محیط استریل شده و در دمای اتاق خشک شدند و تا زمان استخراج DNA در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد داخل زیپ‌کیپ‌هایی نگهداری شدند. قبل از استخراج DNA قارچ، ریشه‌ها و بقایای چوب و برگ از نمونه‌های خاک جدا شده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شدند. به‌منظور استخراج DNA کل خاک، از کیت‌های مخصوص استخراج (PowerMax Soil DNA Isolation, MoBio, Carlsbad, CA, USA) با ۲ گرم خاک طبق دستورالعمل مربوط به کیت استفاده شد، با این تفاوت که در مرحلهٔ آخر شست‌وشو از ۵۰ میکرولیتر بافر شست‌وشو (به‌جای ۱۰۰ میکرولیتر) استفاده شد (Anslan et al., 2018).

برای تکثیر ناحیهٔ ITS2-LSU ریبوزومی، از GhF (5′CTTGAAAGTCCAATCCACACACA-3′) به‌عنوان پرایمر "رفت" و از LR5 (5′TCCTGAGGGAAACTTCG-3′) به‌عنوان پرایمر "برگشت" استفاده شد. از پرایمرهای مذکور برای تشخیص وجود قارچ در نمونه‌های خاک استفاده شد. به‌منظور انجام واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) از مستر میکس (5× HOT FIREPol® Blend Master Mix, Solis BioDyne, Tartu, Estonia) در ۲۵ میکرولیتر حجم واکنش استفاده شد (Rochon et al., 2011; Anslan et al., 2018). در پایان، محصول PCR تهیه‌شده به حجم ۵ میکرولیتر روی ژل آگارز ۱ درصد الکتروفورز شد و برای اثبات حضور و نبود قارچ مورد نظر در نمونه‌های خاک به‌کار رفت.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک

نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در معرض هواخشک شده و بعد از جدا کردن ریشه‌ها، سنگ‌ها و دیگر ناخالصی‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. رطوبت خاک به روش استاندارد (وزنی)، بافت خاک (به روش هیدرومتری بایکاس)، اسیدیتهٔ خاک (به‌وسیلهٔ دستگاه pH متر و به‌کارگیری مخلوط ۲/۵ :۱ خاک و آب مقطر)، نیتروژن کل (به روش کجلدال) و کربن آلی (به روش والکی- بلاک) اندازه‌گیری و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) محاسبه شد. کلسیم و پتاسیم قابل جذب نیز با محلول استات آمونیوم استخراج و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همچنین غلظت آمونیوم به روش کلریمتری، غلظت نیترات به روش احیای کادمیوم (Jafari-Haghighi, 2003) و عمق لاشبرگ با خط‌کش اندازه‌گیری شد (Marimon-Junior & Hay, 2008).

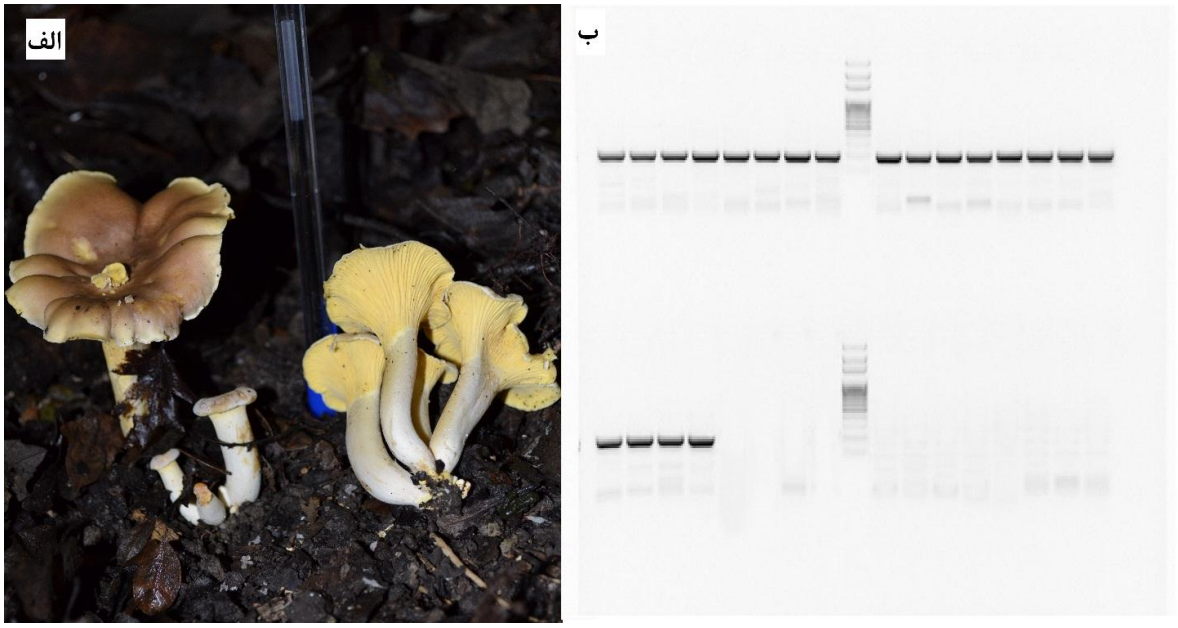
روش تحلیل

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا پوشش گیاهی منطقه در قالب ایدهٔ گروه گونه‌های اکولوژیک با استفاده از تحلیل گونه‌های معرف (TWINSPAN) بررسی شد. سپس به‌منظور بررسی معنی‌داری خواص فیزیکی- شیمیایی خاک در گروه‌های مزبور از تحلیل واریانس یک‌طرفه، برای مقایسهٔ میانگین‌های این خواص از آزمون توکی و برای اندازه‌گیری عمق لاشبرگ از دانت T3 استفاده شد. از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای بررسی ارتباط بین متغیرهای محیطی و وجود قارچ استفاده شد.

نتایج

نتایج تکثیر DNA قارچ زردِ کیجا

پس از بررسی باندهای مربوط به ژل آگارز در ژل داک، در همهٔ قطعات نمونهٔ حاوی اندام بارده قارچ (شکل ۱، الف)، باند بر روی ژل ظاهر شد که نشان از تکثیر DNA قارچ زردِ کیجا با اتصال به پرایمرهای مذکور بود. در بین ۲۰ قطعه نمونهٔ فاقد قارچ، بر روی ژل آگارز، در ۱۶ قطعه نمونه، باندی ظاهر نشد و تنها در نمونه‌های خاک چهار قطعه نمونه، DNA قارچ یافته و بر روی ژل ظاهر شد (شکل ۱ ب).



شکل ۱- الف) تصویر اندام باره قارچ *C. alborufescens*.
ب) تصویر باندهای مربوط به تکثیر DNA قارچ زردِ کیجا از نمونه‌های خاک روی ژل آگارز

شکل ۲، نتایج طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک را براساس تحلیل TWINSPAN نشان می‌دهد که به‌شرح زیر است:

گروه اول یا گروه فاقد قارچ: تیپ بلوط-اوجا که شامل ۱۶ قطعه نمونهٔ فاقد قارچ زردِ کیجا است.

گروه دوم (گروه حاوی قارچ): شمشاد با زیراشکوب همیشه‌سبز همیشک (*Danae racemosa* (L.) Moench) که شامل ۱۱ قطعه نمونهٔ حاوی قارچ است (گروه شمشاد-همیشک). به‌دلیل مشابه بودن ترکیب پوشش گیاهی چهار قطعه نمونه‌ای که در گروه فاقد قارچ قرار داشت و پس از رؤیت باند در بررسی مولکولی، مشخص شد که میسلیوم قارچ در آن حضور دارد، با پوشش گیاهی این گروه، اطلاعات چهار قطعه نمونهٔ مذکور برای آنالیز در گروه دوم قرار داده شد.

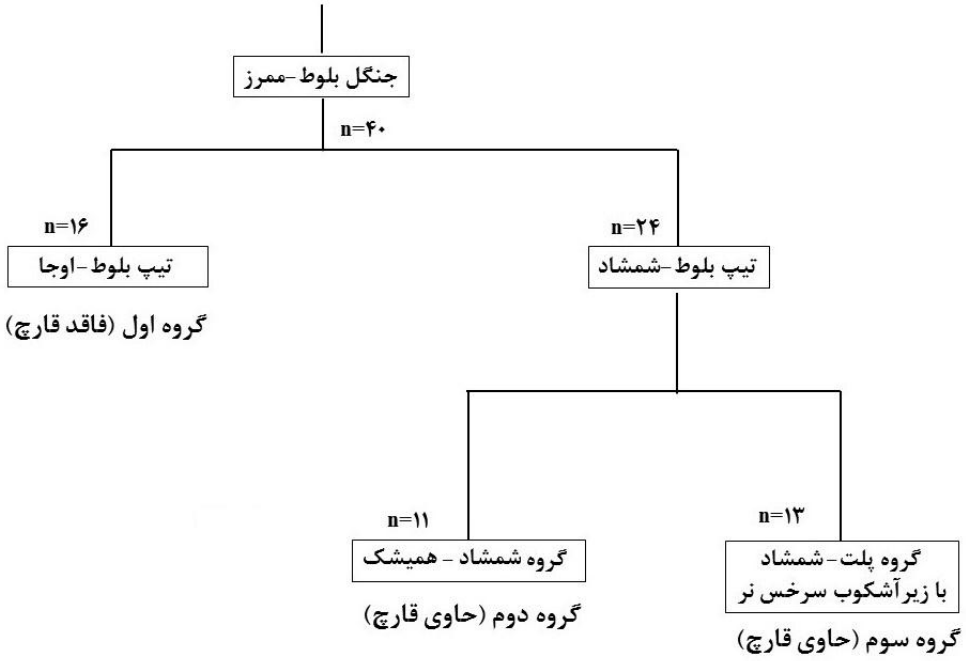
گروه سوم (گروه حاوی قارچ): پلت-شمشاد با زیراشکوب سرخس نر (*Asplenium scolopendrium* (L.) Newmans) که شامل ۱۳ قطعه نمونهٔ حاوی قارچ زردِ کیجا است.

شایان ذکر است که در همهٔ قطعات نمونه، گونه‌های بلوط بلندمازو و ممرز، میزبان‌های اصلی قارچ اکتومایکوریز زردِ کیجا به حساب می‌آیند.

نتایج دامنه و میانگین متغیرهای محیطی در گروه‌های اکولوژیک

جدول ۱، دامنهٔ تغییرات متغیرهای مختلف تأثیرگذار در پیدایش و حضور قارچ زردِ کیجا را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، در توده‌های بلوط- ممرز، این قارچ در جایی حضور دارد (گروه‌های اکولوژیک دوم و سوم) که بافت خاک لومی-رسی و دامنهٔ مقادیر اسیدیته ۵/۷-۷/۲، کربن ۲/۲-۳/۷ درصد، نیتروژن کل ۰/۱۶-۰/۲۷درصد، نسبت کربن به نیتروژن ۱۸/۹-۱۰/۸، فسفر ۱۸-۱۰، پتاسیم قابل جذب ۲۳۵-۲۰۲، کلسیم قابل جذب ۵۹۵-۷۹۴، نیترات ۲۳-۱۸، آمونیوم ۲۵/۵-۱۸/۵ شن ۲۸/۸-۱۳/۶ درصد، سیلت ۶۲-۳۶ درصد، رس ۲۱/۲-۳۹/۲ درصد، رطوبت خاک ۴۶/۲-۲۹/۴ درصد و عمق لاشبرگ کمتر از ۱/۹ سانتی‌متر است. با تجزیهٔ واریانس یکطرفه مشخص شد که در بین گروه‌های اکولوژیک، در مقادیر کربن، نیتروژن،

نسبت کربن به نیتروژن، نیترات، آمونیـوم خـاک، شـن، سیلت، رس و عمق لاشبرگ اخـتلاف معنـی‌دار وجـود دارد (جدول ۲).



شکل ۲- دارنگارهٔ طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک با استفاده از تحلیل TWINSPAN

جدول ۱- مقدار عددی حداقل و حداکثر هر متغیر در گروه‌های اکولوژیک فاقد قارچ و حاوی قارچ منطقه مورد مطالعه

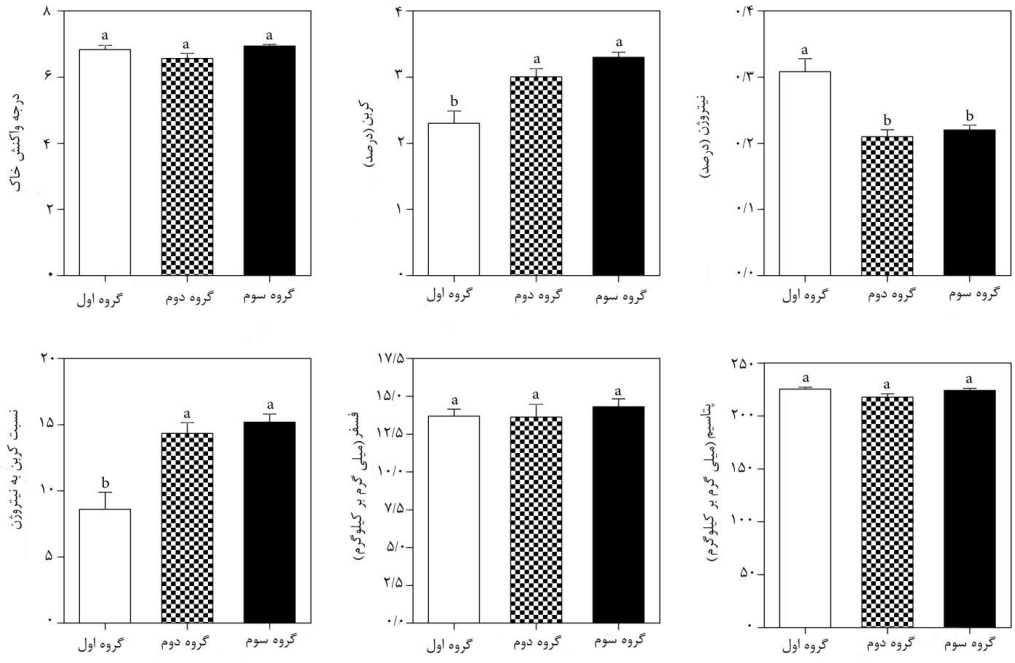
گروه‌ها / متغیرهای محیطی	گروه اول (فاقد قارچ)		گروه دوم (حاوی قارچ)		گروه سوم (حاوی قارچ)	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درجهٔ واکنش خاک	۵/۴	۷/۴	۵/۷	۷/۱	۶/۷	۷/۲
کربن (درصد)	۱/۶۵	۳/۸۸	۲/۲۴	۳/۴۴	۲/۶۵	۳/۶۵
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۷	۰/۴۰	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲۷
نسبت کربن به نیتروژن	۴/۲۳	۱۹/۴۰	۱۰/۸۳	۱۸/۹۴	۱۲/۰۵	۱۸/۲۶
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۱	۱۷	۱۰	۱۸	۱۲	۱۸
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱۵	۲۳۵	۲۰۲	۲۳۴	۲۱۵	۲۳۵
کلسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۱۹	۷۹۵	۵۹۵	۷۶۸	۵۸۱	۷۹۴
نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۰/۵	۲۸/۸	۱۸/۷	۲۲/۸	۱۸/۰	۲۳/۰
آمونیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۸/۸	۳۳/۸	۱۸/۵	۲۵/۴	۱۹/۴	۲۵/۵
درصد شن	۱۴/۸	۲۶/۲	۱۳/۶	۲۸/۸	۲۱/۲	۲۸/۸
درصد سیلت	۵۰	۵۸	۳۶	۶۲	۳۸	۴۵
درصد رس	۲۱/۲	۳۳/۲	۲۱/۲	۳۹/۲	۲۹/۲	۳۹/۲
عمق لاشبرگ (میلی‌متر)	۷/۶	۵۳/۰	۴/۸	۱۴/۸	۶/۲	۱۹/۰
رطوبت خاک (درصد)	۲۹/۲	۴۷/۶	۳۱/۴	۴۶/۲	۲۹/۴	۴۱/۴

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس یکطرفه مشخصه‌های خاکی در گروه‌های اکولوژیک منطقه

صفـــات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	معنی‌داری (F)
درجهٔ واکنش خاک	۰/۸۷	۲	۰/۴۴	۲/۳۷ns
کربن (درصد)	۷/۶	۲	۳/۸	۱۲/۸۳**
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۸	۲	۰/۰۴	۱۳/۴۶**
نسبت کربن به نیتروژن	۳۷۳/۱	۲	۱۸۶/۶	۱۳/۰۳**
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳/۷۲	۲	۱/۸۶	۰/۴۰ns
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۰۲/۹	۲	۲۰۱/۵	۳/۰۹ns
کلسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۵۶۷/۲	۲	۲۸۸۳/۶	۰/۶۵ns
نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۴۸/۵	۲	۱۲۴/۳	۲۷/۹۶**
آمونیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۱۴/۸	۲	۱۵۷/۴	۱۴/۴۱**
درصد شن	۲۸۴/۴	۲	۱۴۲/۲	۱۱/۶۹**
درصد سیلت	۹۷۲/۷	۲	۴۸۶/۴	۲۱/۱۵**
درصد رس	۲۰۵/۸	۲	۱۰۲/۹	۵/۷۳**
عمق لاشبرگ (میلی‌متر)	۷۵۸/۱	۲	۳۷۹/۰	۴/۷۸**
رطوبت خاک (درصد)	۱۲۰/۴	۲	۶۰/۲	۲/۹۹ns

**: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱؛ *: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ ns: نبود تفاوت معنی‌دار.

غلظت کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خـاک در قطعات حاوی قارچ نسبت به قطعات فاقد قارچ بـه‌ترتیـب ۴۳-۳۰ درصد و ۷۶-۶۶ درصد افـزایش و مقـدار غلظـت نیتروژن حدود ۳۰ درصد کاهش داشـت. ایـن در حـالی است که در بین گروه‌های مختلف، درجهٔ واکنش خـاک، مقدار فسفر و پتاسیم متفاوت نبود (شکل ۳).



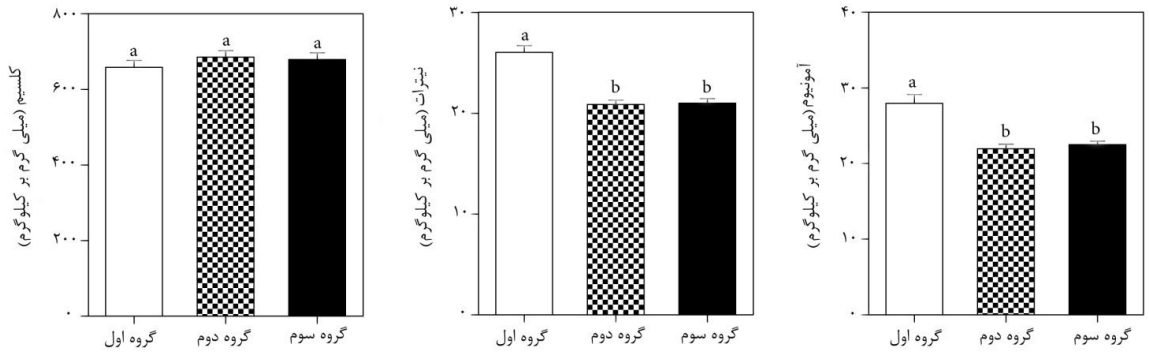
شکل ۳- میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های خاکی در گروه‌های اکولوژیک منطقه
(گروه اول فاقد قارچ، گروه‌های دوم و سوم، حاوی قارچ)

غلظت نیترات و آمونیوم خاک در گروه‌های حاوی قارچ نسبت به گروه فاقد قارچ به‌ترتیب حدود ۱۹ و ۲۰ درصد کاهش داشت، درحالی که مقدار کلسیم بین گروه‌های مختلف متفاوت نبود (شکل ۴). درصد ذرات شن و رس در گروه سوم نسبت به گروه اول به‌ترتیب ۳۰ و ۱۸ درصد بیشتر بود، همچنین درصد سیلت در گروه فاقد قارچ (گروه اول) نسبت به گروه‌های حاوی قارچ افزایش معنی‌دار نشان داد (شکل ۵). عمق لاشبرگ‌ها در گروه‌های حاوی قارچ (گروه‌های دوم و سوم) نسبت به گروه فاقد قارچ (گروه اول) به‌ترتیب ۵۱ و ۴۴ درصد کاهش یافت. این در حالی است که محتوای رطوبت خاک بین گروه‌های مختلف فرقی نکرد (شکل ۶).

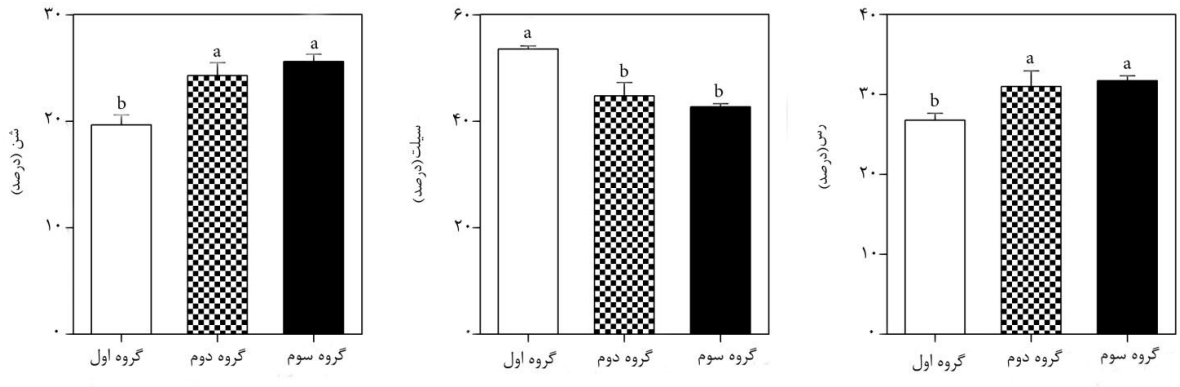
تعیین متغیرهای مؤثر بر حضور قارچ (با استفاده از تحلیل PCA)

نتایج بررسی توزیع گروه‌های اکولوژیک براساس خصوصیات محیطی با استفاده از تحلیل PCA نشان داد که سه گروه اکولوژیک طبقه‌بندی‌شده برمبنای خصوصیات ترکیب پوشش گیاهی قطعات نمونه (در نتیجهٔ روش TWINSPAN) در امتداد دو مؤلفهٔ اصلی اول و دوم نیز تفکیک‌پذیر است (شکل ۷).

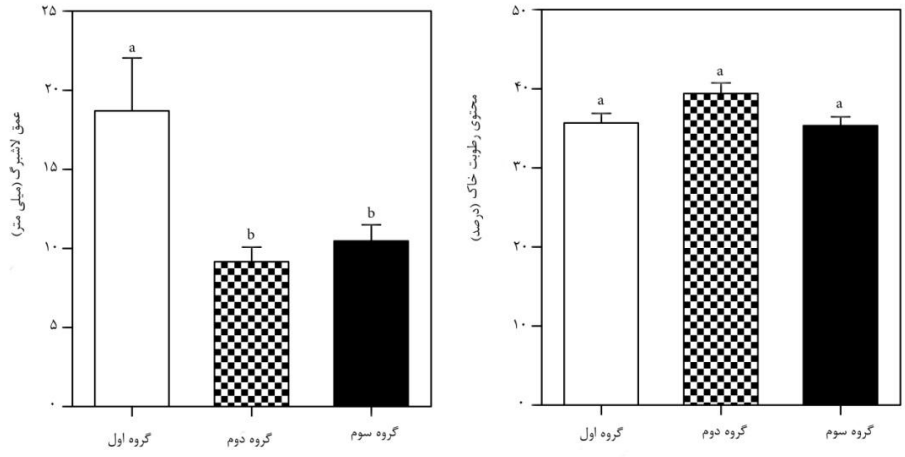
دو مؤلفهٔ اول PCA به‌ترتیب با مقادیر ویژهٔ ۶/۳۸ و ۳/۴۶ تقریباً ۶۵/۶ درصد از تغییرات خصوصیات محیطی رویشگاه را توجیه می‌کنند (جدول ۳).



شکل ۴- میانگین (± اشتباه معیار) کلسیم، نیترات و آمونیوم خاک در گروه‌های اکولوژیک (گروه اول فاقد قارچ، گروه‌های دوم و سوم، حاوی قارچ)



شکل ۵- میانگین (± اشتباه معیار) درصد شن، سیلت و رس خاک در گروه‌های اکولوژیک منطقه (گروه اول فاقد قارچ، گروه‌های دوم و سوم، حاوی قارچ)



شکل ۶- میانگین (± اشتباه معیار) عمق لاشبرگ و محتوای رطوبت خاک در گروه‌های اکولوژیک منطقه (گروه اول فاقد قارچ، گروه‌های دوم و سوم، حاوی قارچ)

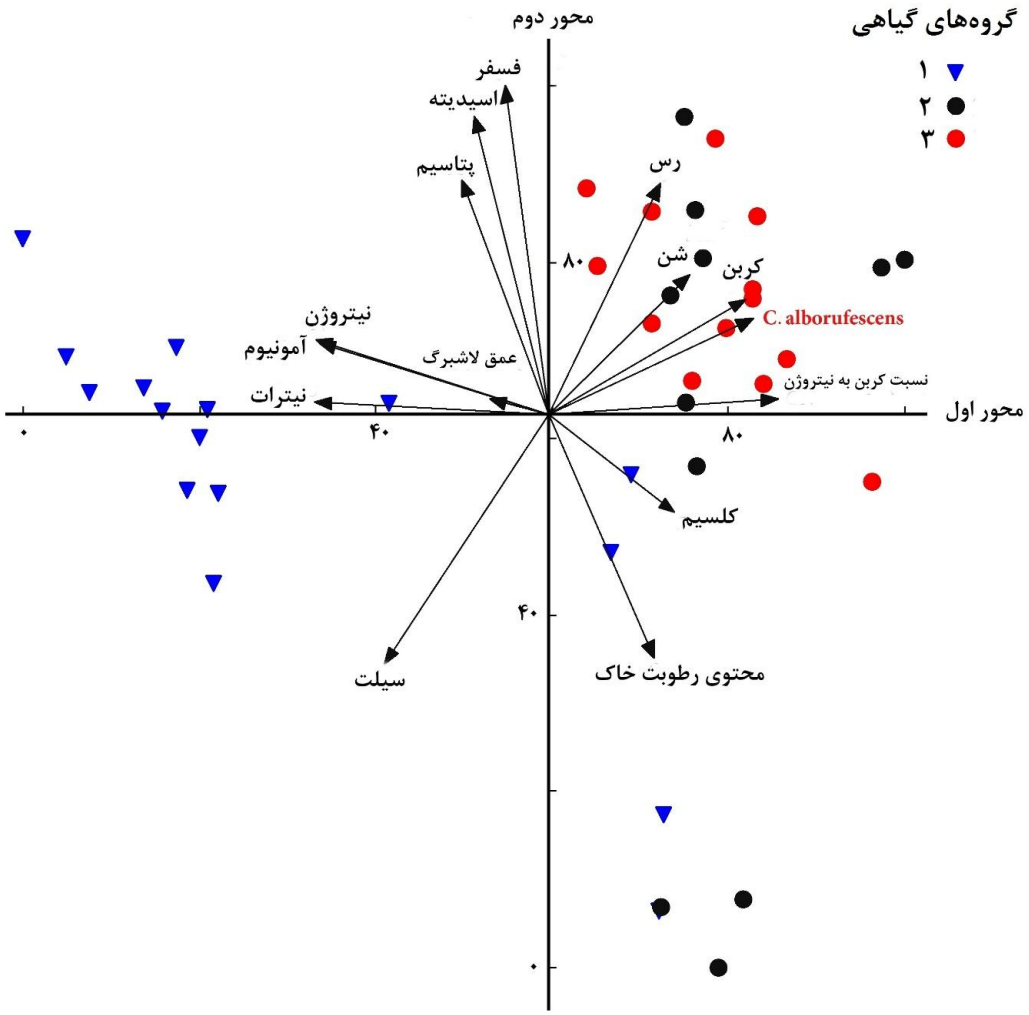
جدول ۳- همبستگی بین محورهای PCA و متغیرهای محیطی

متغیرهای محیطی	محور۱	محور۲	محور۳	محور۴
درجهٔ واکنش خاک	۰/۲۹۹ ns	۰/۷۹۳**	۰/۱۸۴ ns	۰/۱۵۰ ns
کربن (درصد)	-۰/۷۸۷**	-۰/۳۰۶ ns	۰/۴۲۰**	-۰/۰۶۸ ns
نیتروژن کل (درصد)	۰/۹۳۲**	-۰/۱۹۸ ns	-۰/۱۴۳ ns	۰/۰۱۲ ns
نسبت کربن به نیتروژن	-۰/۹۱۵**	-۰/۰۴۵ ns	۰/۳۳۶*	-۰/۰۴۹ ns
فسفر	۰/۱۷۵ ns	-۰/۸۷۴**	-۰/۰۱۲ ns	-۰/۱۲۹ ns
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۳۴۸ *	-۰/۶۲۴**	۰/۲۹۵ ns	۰/۱۸۰ ns
کلسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	-۰/۵۰۱ **	۰/۱۰۹ ns	۰/۳۵۴ *	۰/۴۲۳**
نیترات	۰/۹۳۶**	-۰/۰۳۷ ns	۰/۰۴۷ ns	-۰/۰۱۰ ns
آمونیوم	۰/۹۲۱**	-۰/۱۹۰ ns	۰/۰۸۰ ns	-۰/۰۱۵ ns
درصد شن	-۰/۵۶۱ **	-۰/۳۷۴ *	-۰/۲۸۳ ns	۰/۵۶۰**
درصد سیلت	۰/۶۶۱ **	۰/۶۶۲**	۰/۲۲۲ ns	۰/۰۲۸ ns
درصد رس	-۰/۴۴۱ **	-۰/۶۱۵ **	-۰/۰۶۱ ns	-۰/۵۵۵**
عمق لاشبرگ	۰/۲۴۰ ns	-۰/۰۴۲ ns	۰/۸۸۳**	-۰/۰۸۲ ns
رطوبت خاک	-۰/۴۱۸ ns	۰/۶۴۵*	-۰/۰۱۴ ns	-۰/۲۶۰ ns
مقادیر ویژه	۶/۳۸	۳/۴۶	۱/۵۹	۰/۹۵
درصد تبیین واریانس	۴۲/۵۶	۲۳/۰۵	۱۰/۶۰	۶/۳۶
درصد تجمعی تبیین واریانس	۴۲/۵۶	۶۵/۶۱	۷۶/۲۱	۸۲/۵۷

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱؛ ns نبود تفاوت معنی‌دار.

بر این اساس، دو گروه دوم و سوم که حاوی قارچ زردِ کیجا هستند، به‌دلیل همبستگی مثبتی که متغیرهای درصد ذرات رس و شن، درصد کربن آلی، نسبت کربن به نیتروژن، کلسیم و محتوای رطوبت خاک دارد از گروه

اول که فاقد قارچ است کاملاً متمایز است. همچنین مقدار نیتروژن، آمونیوم، نیترات، سیلت و عمق لاشبرگ در سمت چپ محور اول PCA که شامل قطعات نمونهٔ فاقد قارچ است، بیشتر است که نشان‌دهندهٔ ارتباط منفی مشخصه‌های مذکور با حضور قارچ است.



شکل ۷- رسته‌بندی قطعات نمونه گروه‌های اکولوژیک و بردارهای همبستگی براساس متغیرهای محیطی با دو محور اول تحلیل PCA

بحث

هر یک از گونه‌های قارچ اکتومایکوریز، نیازهای اکولوژیکی، بردباری و توانایی‌های فیزیولوژیکی منحصربه‌فردی دارند. با وجود این، بسته به متغیرهای مختلف (فراوانی قارچ، تراکم، زیتوده یا حضور و نبود قارچ)، تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد قارچ‌های مختلف متفاوت است (Rochon et al., 2009; Mirzaei & Heydari, 2014; Feizi Kamareh et al., 2011). در واقع، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پیدایش قارچ‌های اکتومایکوریز مختلف، مشخصه‌های خاک است (Rochon et al., 2009). پژوهش حاضر به‌منظور درک بهتر ارتباط بین حضور قارچ *C. alborufescens* با مشخصه‌های خاک در یک جنگل جلگه‌ای بلوط-ممرز در شهرستان نور انجام گرفت. نتایج نشان داد که

اسیدیته، فسفر و پتاسیم، کلسیم و محتوای رطوبت خاک در گروه‌های سه‌گانه تغییری نکرد، درحالی که در گروه‌های واجد قارچ *C. alborufescens*، مقدار نیتروژن، آمونیوم و نیترات خاک کاهش، و مقدار کربن خاک و نسبت کربن به نیتروژن خاک افزایش یافت. برعکس، نتایج پژوهش Rochon et al. (2011) نشان داد که اسیدیتهٔ خاک تأثیر مهمی بر پراکنش، فراوانی و حضور قارچ *Cantharellus cibarius* var. *roseocanus* دارد و مناسب‌ترین دامنهٔ حضور آن بین ۴ تا ۵/۵ است، ولی با افزایش اسیدیته تا ۵/۸، تراکم آن افزایش می‌یابد. این در حالی است که قارچ *C. alborufescens* اغلب روی خاک‌هایی که حالت اسیدی ضعیف[1] تا کمی قلیایی دارند رشد می‌کند (Parad et al., 2018).

نتایج حاصل از همبستگی متغیرهای محیطی و حضور قارچ *C. alborufescens* نشان داد که حضور این قارچ با نسبت کربن به نیتروژن، درصد کربن و درصد ذرات شن همبستگی مثبت داشته و با درصد نیتروژن، آمونیوم، نیترات و درصد ذرات سیلت همبستگی منفی دارد. ذخیرهٔ کربن در اکوسیستم‌های جنگلی به‌وسیلهٔ کربن ورودی از طریق تولید اولیهٔ خالص و همچنین کربن خروجی از آن به‌واسطهٔ تجزیه و تنفس توسط تجزیه‌کنندگان میکروبی تنظیم می‌شود (Schlesinger & Bernhardt, 2012). در این مناطق، نیتروژن یکی از عوامل محدودکننده تلقی می‌شود که می‌تواند جریان کربن را هم از طریق تولیدکنندگان اولیه و هم از طریق تجزیه‌کنندگان میکروبی، محدود کند (Averill & Hawkes, 2016).

گیاهان با اجتماعات ریشه‌ای اکتومایکوریزی در اکوسیستم‌های مناطق معتدله، سردسیری، کوهستانی و برخی جنگل‌های گرمسیری به‌صورت غالب یافت می‌شوند (Averill & Hawkes, 2016). این قارچ‌ها آنزیم‌هایی تولید می‌کنند که نیتروژن آلی خاک را که به‌تنهایی توسط گیاهان قابل جذب نیست، از خاک آزاد می‌کنند و برای سوخت‌وساز و تولیدات اولیه در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Shah et al., 2016).

قارچ‌های اکتومایکوریزی، با آزادسازی و در دسترس قرار دادن نیتروژن آلی خاک برای گیاهان، سبب محدود کردن نیتروژن مورد نیاز برای تجزیه‌کنندگان میکروبی خاک می‌شوند. رقابت بین قارچ‌های اکتومایکوریزی و تجزیه‌کنندگان آزاد برای جذب نیتروژن، سبب کند شدن چرخهٔ کربن خاک می‌شود و ذخیرهٔ کربن خاک را افزایش می‌دهد (Orwin et al., 2011; Zhu et al., 2018) که در پی این فرایند و آزادسازی نیتروژن، مقدار نیتروژن خاک کاهش بیشتری در مقایسه با افزایش ذخیرهٔ کربن نشان می‌دهد (Zhu et al., 2018). در این زمینه، ممکن است استنباط شود که در گروه‌هایی که قارچ *C. alborufescens* حضور داشته است نسبت کربن به نیتروژن افزایش یابد. در یافته‌های Cox et al. (2010) و Lilleskov et al. (2001) معلوم شد که اوتریفیکاسیون[2] یا غنی شدن خاک از عناصر تغذیه‌ای به همراه اسیدی شدن خاک، سبب کاهش حضور گونه‌های قارچی اکتومایکوریز در اکوسیستم‌های جنگلی می‌شود. همانند نتایج تحقیق حاضر، پژوهش‌های Wallenda & Kottke (1998) نشان دادند که گونه‌های اکتومایکوریزی حساسیت بیشتری به اوتریفیکاسیون خاک در مقایسه با اسیدی شدن خاک دارند و ازآنجا که گونه‌های جنس *Cantharellus* از گونه‌های نیتروفوبیک[3] (گونه‌های حساس به نیتروژن خاک) به حساب می‌آیند (van Strien et al., 2018)، به افزایش نیتروژن خاک (آمونیوم و نیترات) حساس‌اند.

پدیدهٔ اوتریفیکاسیون در پی انباشت نیتروژن (آمونیوم و نیترات) به وجود می‌آید و اغلب در خاک تجمع می‌یابد و موجب افزایش ضخامت لاشبرگ می‌شود (Morrison et al., 2016). با افزایش ضخامت لاشبرگ و هوموس و افزایش مقدار نیتروژن در

1. Slightly Acidic
2. Eutrophication
3. Nitrophobic

دسترس، در اثر فرایندهای مختلف، شرایط برای گونه‌های اکتومایکوریزی دشوار می‌شود. افزایش نیتروژن معدنی در دسترس، سبب کاهش رشد میسلیوم‌های قارچ‌های اکتومایکوریز، کاهش کارایی عملکرد ریشهٔ گیاهان و مایکوریزها، تغییر تعادل رقابتی گونه‌های اکتومایکوریزی با گونه‌های دیگر و تولید ترکیبات سمی در ترکیب با مواد آلیِ تجزیه‌شده می‌شود (Morrison et al., 2016). همسو با نتایج van Dobben & Jansen (1987) روی *Cantharellus cibarius*، نتایج پیش رو نشان داد که ارتباط مثبت معنی‌داری بین حضور قارچ *C. alborufescens* و ذرات شن وجود دارد. در واقع، بیشتر بودن درصد شن خاک در قطعاتی که این قارچ حضور دارد، نشان‌دهندهٔ کمتر بودن مقدار نیتروژن، آمونیوم و نیترات خاک است که شرایط را برای حضور فراوان قارچ مهیا می‌کند (van Strien et al, 2018).

در کل، این پژوهش به‌دلیل نبود اطلاعات کافی و نیاز به کسب اطلاعات اولیهٔ علمی در زمینهٔ اهمیت قارچ‌ها در پایداری اکوسیستم‌های جنگلی شمال کشور و نقش آنها در حفاظت و حمایت از عرصه‌های جنگلی انجام گرفت. به همین دلیل، برخی مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی خاکِ مناطق پراکنش *C. alborufescens* به‌عنوان یکی از گونه‌های اکتومایکوریز خوراکی باارزش، در جنگل جلگه‌ای شهرستان نور برای اولین بار مطالعه شد. نتایج آشکار کرد که در مناطقی که این قارچ یافت می‌شود، بافت خاک لومی-رسی است و نسبت به مناطق فاقد قارچ، درصد کربن، درصد ذرات شن و رس و نسبت کربن به نیتروژن بیشتر و برعکس، درصد نیتروژن کل، مقدار آمونیوم، نیترات و اندازهٔ عمق لاشبرگ کمتر است. به‌عبارت دیگر، حضور اندام بارده قارچ با درصد کربن خاک، نسبت کربن به نیتروژن، درصد ذرات شن و رس ارتباط مثبت معنی‌دار و با درصد نیتروژن کل، مقدار آمونیوم، نیترات و عمق لاشبرگ ارتباط منفی معنی‌دار دارد. در کل، نتایج این تحقیق می‌تواند تا حدود زیادی اطلاعات اولیه در زمینهٔ نیازهای اکولوژیک قارچ *C. alborufescens* در این قسمت از اکوسیستم‌های هیرکانی به‌منظور حفاظت و توسعهٔ این گونه و نیز تحقیقات آینده در زمینه‌های مرتبط با اکولوژی جنگل را در اختیار محققان و مدیران جنگل قرار دهد.

References

Aghajani, H., Hojjati, S.M., Tajick-Ghanbari, M.A., Pourmajidian, M.R., & Borhani, A. (2017). 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*, *11*(4),1-8.

Anslan, S., Bahram, M., & Tedersoo, L. (2018). Seasonal and annual variation in fungal communities associated with epigeic springtails (*Collembola* spp.) in boreal forests. *Soil Biology and Biochemistry*, *116*, 245-252.

Averill, C., & Hawkes, C.V. (2016). Ectomycorrhizal fungi slow soil carbon cycling. *Ecology letters*, *19*(8), 937-947.

Cox, F., Barsoum, N., Lilleskov, E.A., & Bidartondo, M.I. (2010). Nitrogen availability is a primary determinant of conifer mycorrhizas across complex environmental gradients. *Ecology letters*, *13*(9), 1103-1113.

Feizi Kamareh, T., Matinizade, M., Shirvany, A., Etemad, V., & 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.

Feizi Kamareh, T., Rahmani, R., Soltanloo, H., & Matinizade, M. (2017). Effect of water stress on the growth and antioxidant enzymes activities of pistachio mycorrhiza seedlings (*Pistacia vera* L.). *Iranian Journal of Forest*, *8*(4), 507-518.

Ghobad-Nejhad, M., & Hallenberg, N. (2012). Checklist of Iranian non-gilled/non-gasteroid hymenomycetes (Agaricomycotina). *Mycotaxon*, *119*, 493-494.

Grebenc, T., Christensen, M., Vilhar, U., Cater, M., Martin, M.P., Simoncic, P., & Kraigher, H. (2009). Response of ectomycorrhizal community structure to gap opening in natural and managed temperate beech-dominated forests. *Canadian Journal of Forest Research*, *39*(7), 1375-1386.

Jafari-Haghighi, M. (2003). *Soil analysis, sampling and important physical and chemical analysis method with emphasis on theory and application basics*. Sari: Nedaye Zoha Publishing.

Jansen, E., & van Dobben, H.F. (1987). Is decline of *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to air pollution? *Ambio*, *16*(4), 211-213.

Lilleskov, E., Fahey, T., & Lovett, G. (2001). Ectomycorrhizal fungal aboveground community change over an atmospheric nitrogen deposition gradient. *Ecological Applications*, *11*(2), 397-410.

Marimon-Junior, B.H., & Hay, J.D. (2008). A new instrument for measurement and collection of quantitative samples of the litter layer in forests. *Forest ecology and management*, *255*(7), 2244-2250.

Marvi Mohadjer, M.R. (2012). *Silviculture*. Tehran: University of Tehran Publishing.

Mirzaei, J., & Heydari, M. (2014). Relationship between environmental factors, colonization and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Amygdalus scoparia* in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest*, *6*(4), 445-456.

Morrison, E.W., Frey, S.D., Sadowsky, J.J., van Diepen, L.T., Thomas, W.K., & Pringle, A. (2016). Chronic nitrogen additions fundamentally restructure the soil fungal community in a temperate forest. *Fungal Ecology*, *23*, 48-57.

Orwin, K.H., Kirschbaum, M.U., St John, M.G., & Dickie, I.A. (2011). Organic nutrient uptake by mycorrhizal fungi enhances ecosystem carbon storage: a model-based assessment. *Ecology letters*, *14*(5), 493-502.

Ouzouni, P.K., Petridis, D., Koller, W.-D., & Riganakos, K.A. (2009). Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry*, *115*(4), 1575-1580.

Parad, G.A., Ghobad-Nejhad, M., Tabari, M., Yousefzadeh, H., Esmaeilzadeh, O., Tedersoo, L., & Buyck, B. (2018). *Cantharellus alborufescens* and *C. ferruginascens* (Cantharellaceae, Basidiomycota) new to Iran. *Cryptogamie, Mycologie*, *39*(3), 299-310.

Pilz, D., Molina, R., & Mayo, J. (2006). Effects of thinning young forests on chanterelle mushroom production. *Journal of Forestry*, *104*(1), 9-14.

Rochon, C., Pare, D., Khasa, D.P., & Fortin, J.A. (2009). Ecology and management of the lobster mushroom in an eastern Canadian jack pine stand. *Canadian journal of forest research*, *39*(11), 2080-2091.

Rochon, C., Paré, D., Pélardy, N., Khasa, D.P., & Fortin, J.A. (2011). Ecology and productivity of *Cantharellus cibarius* var. *roseocanus* in two eastern Canadian jack pine stands. *Botany*, *89*(10), 663-675.

Schlesinger, W.H. & Bernhardt, E.S. (2012). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. New York: Elsevier Publishing.

Shah, F., Nicolás, C., Bentzer, J., Ellström, M., Smits, M., Rineau, F., & Lackner, G. (2016). Ectomycorrhizal fungi decompose soil organic matter using oxidative mechanisms adapted from saprotrophic ancestors. *New Phytologist*, *209*(4), 1705-1719.

Smith, S.E., & Read D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. California: Elsevier Publishing.

Tedersoo, L., Suvi, T., Jairus, T., Ostonen, I., & Põlme, S. (2009). Revisiting ectomycorrhizal fungi of the genus *Alnus*: differential host specificity, diversity and determinants of the fungal community. *New Phytologist*, *182*(3), 727-735.

van Strien, A.J., Boomsluiter, M., Noordeloos, M.E., Verweij, R.J., & Kuyper, T.W. (2018). Woodland ectomycorrhizal fungi benefit from large-scale reduction in nitrogen deposition in the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, *55*(1), 290-298.

Wallenda, T., & Kottke, I. (1998). Nitrogen deposition and ectomycorrhizas. *The New Phytologist*, *139*(1), 169-187.

Zhu, K., McCormack, M.L., Lankau, R.A., Egan, J.F., & Wurzburger, N. (2018). Association of ectomycorrhizal trees with high carbon-to-nitrogen ratio soils across temperate forests is driven by smaller nitrogen not larger carbon stocks. *Journal of Ecology*, *106*(2), 524-535.

Iranian Journal of Forest
Vol. 12, No. 1, Spring 2020
pp. 1-15

Research Article

Environmental factors affecting the presence of Edible Zarde-Kija mushroom (*Cantharellus alborufescens*) in plain forest of Noor (Mazandaran)

Gh.A. Parad[1], M. Tabari Kouchaksaraei[2*], M. Ghobad-Nejhad[3], O. Esmailzadeh[4], and H. Yousefzadeh[5]

[1] Ph.D. Student of Forestry, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marin Science, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran
[2] Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran
[3]Assistant Prof., Dept. of Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), P.O. Box 15815-3538, Tehran 15819, I. R. Iran
[4]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran
[5]Assistant Prof., Dept. Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran

(Received: 16 October 2018, Accepted: 22 January 2019)

Abstract

Zarde-Kija mushroom (*Cantharellus alborufescens*) is one of the edible mushrooms belong to the Cantharellaceae family. It is widely distributed in the northern forests of Iran and is desirable for local residents in these areas. Despite the economic importance of this genus, litthe is known about their habitat requirements. This study was conducted to identify the environmental factors affecting the distribution of this mushroom in a plain forest of Noor city (Mazandaran province, northern Iran) with 120 ha area. For this purpose, 20 pair plots (20 m × 20 m) with at least 100 m distance were established (20 plots with *Cantharellus* and 20 non-*Cantarellus* plots). To analyze the species-environment relationship (soil characteristics), three groups of plant species were identified by the TWINSPAN method. The results showed this mushroom presents in oak-hornbeam stands with following conditions: clay-loam soils, pH value 5.7-7.2, soil C content 2.2-3.7%, total N 0.16-0.27%, C:N ratio 10.8-18.9, water content 29.4-46.2% and litter thickness 4.8-19 mm. In this regard, soil C content, C/N ratio, amount of sand and clay in plots with *Cantharellus* was 36, 71, 30 and 18 percent greater than those in plots without *Cantharellus*. Also, Nitrogen concentration (N), ammonium ($NH4^{+}$), nitrate ($NO3^{-}$), litter thickness and amount of silt in non-*Cantarellus* plots were respectively 30, 20, 19, 48 and 28 percent lesser than those in plots containing *Cantharellus*. Overall, our findings showed that C content, C:N ratio, sand (%) and clay (%) were the most important factors influencing the presence of *C. alborufescens*.

Key words: C:N ratio; Ectomycorrhizal fungi; Litter thickness, pH, Soil texture

∗Corresponding author Tel: +989112246250 Email: mtabari@modares.ac.ir