مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران
جلد ۲۰ شماره ۱، صفحه ۱۹۸-۱۸۱ (۱۴۰۱)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJFRPR.2022.357525.1533
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350859.1401.20.1.11.5

اهمیت قارچ‌های ساپروکسیلیک و عوامل مؤثر در تنوع و فراوانی آنها در اکوسیستم‌های جنگلی- با نگاهی بر مهمترین قارچ‌های ساپروکسیلیک جنگل اسالم استان گیلان

زهرا رنجبر[۱]، ابراهیم محمدی‌گل‌تپه[۲*]، سیده‌معصومه زمانی[۳]، مجید پدرام[۴] و محمدابراهیم فراشیانی[۵]

۱- دانشجوی دکترای قارچ‌شناسی، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پست‌الکترونیک: emgoltapeh@gmail.com

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۵- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷

چکیده

امروزه در جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، حفظ تنوع زیستی با تأکید بر حفاظت از جنگل‌ها به‌عنوان یک منبع با ذخایر ژنتیکی ارزشمند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. خشکه‌دار به‌عنوان یک زیستگاه، مهمترین عامل در تنوع و فراوانی قارچ‌های ساپروکسیلیک در اکوسیستم‌های جنگلی است. بهره‌برداری‌های بی‌رویه و برنامه‌های مدیریتی که در جنگل‌ها اعمال می‌شوند، حجم و تنوع خشکه‌دارها را با کاهش قابل توجهی مواجه کرده‌اند، این موضوع، تنوع و فراوانی قارچ‌های ساپروکسیلیک را در معرض خطرات جدی قرار داده است. در این مطالعه، ۲۹ گونه قارچ ساپروکسیلیک متعلق به ۱۵ خانواده از شاخه بازیدیومایکوتا از جنگل اسالم استان گیلان در شمال ایران جمع‌آوری شد. شناسایی گونه‌ها با بررسی خصوصیات میکروسکوپی و ماکروسکوپی آنها و با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر انجام شد. طبق نتایج این پژوهش، خانواده Polyporaceae و گونه *Trametes versicolor* به‌ترتیب با ۳۱ درصد و ۱۸/۴ درصد بیشترین فراوانی را در بین سایر خانواده‌ها و گونه‌های جمع‌آوری‌شده به خود اختصاص داد. همچنین در این مطالعه، به اهمیت قارچ‌های ساپروکسیلیک، معرفی خشکه‌دار به‌عنوان زیستگاه و عوامل کلیدی دخیل در تنوع این قارچ‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: بازیدیومایکوتا، تنوع زیستی، جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، خشکه‌دار، قارچ‌های ساپروکسیلیک، جنگل اسالم

مقدمه

جنگل‌ها دارای زیستگاه‌های متعددی ازجمله بستر جنگل و لایه‌های هوموس آن، پوست درختان زنده، خشکه‌دار، یا چوب‌های در حال پوسیدن هستند که با استفاده از این فاکتورها تنوع زیستی گونه‌های ساکن خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند. خشکه‌دار یک زیستگاه منحصربه‌فرد است که فراوانی آن بین جنگل‌های بکر و جنگل‌های تحت مدیریت بشر به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. جوامع غنی از موجودات ساپروکسیلیک یا چوب‌زی فقط در مکان‌هایی با میزان بسیار بالایی از

خشکه‌دار دیده می‌شوند (Christensen, 2004). پیری و قرار گرفتن در معرض عوامل مختلفی مانند آتش‌سوزی، باد، حشرات، بیمارگرهای قارچی، خشک‌سالی دوره‌ای و سیل از عوامل ایجاد خشکه‌دار در جنگل‌های طبیعی هستند. اهمیت نسبی هر یک از این عوامل به نوع جنگل بستگی دارد (Gromtsev, 2002). خشکه‌دارها شامل بخش بزرگی از زیست‌توده (بیومس) کل جنگل‌های بکر هستند که در اکوسیستم‌های جنگلی بالغ، این میزان به ۳۰-۲۰ درصد می‌رسد (Boddy & Watkinson, 1995). خشکه‌دارها منابع بزرگی از کربن و مواد غذایی هم محسوب می‌شوند (Allen *et al.*, 1997). جنگل‌های بکر دارای میزان بالایی از انواع خشکه‌دار ازجمله درختان و شاخه‌های افتاده و سرپا و کنده‌ها هستند که زیستگاه وسیعی برای موجوداتی از قبیل قارچ‌ها، باکتری‌ها و بی‌مهرگان محسوب می‌شوند (Cornelissen *et al.*, 2012).

تجمع خشکه‌دارها، یا درختان در حال مرگ در اکوسیستم‌های جنگلی، به‌صورت مستقیم، یا غیرمستقیم منابع مهمی را برای موجودات ساپروکسیلیک و غیرساپروکسیلیک فراهم می‌کند. موجودات ساپروکسیلیک شامل بخش قابل توجهی از تنوع زیستی جنگل‌ها هستند. براساس تعریف اسپیت (Speight, 1989)، گونه‌های چوب‌زی در بخشی از چرخه زندگی خود وابسته به خشکه‌دارها یا درختان در حال مرگ هستند. در بین موجودات ساپروکسیلیک، سوسک‌ها و قارچ‌ها بزرگ‌ترین گروه‌های تشکیل‌دهنده اجتماعات ساپروکسیلیک جنگلی هستند. قارچ‌های ساپروکسیلیک شامل گروه بسیار متنوعی هستند که از عوامل اولیه تجزیه‌کننده چوب محسوب می‌شوند و در کنار حشرات ساپروکسیلیک، نقش مهمی را در چرخه مواد غذایی و عملکرد بهینه اکوسیستم بر عهده دارند. قارچ‌های چوب‌زی بر خلاف تنوع بسیار بالا نسبت به سایر موجودات ساپروکسیلیک کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Stokland *et al.*, 2012; Boddy *et al.*, 2008). این قارچ‌ها در زیستگاه‌هایی با بستر چوبی مانند خشکه‌دار یافت می‌شوند که بیشتر این گونه‌های قارچی شناخته‌شده (حدود ۹۰ درصد) از شاخه دیکاریا (آسکومیکوتا و بازیدیومیکوتا) هستند (Saitta *et al.*, 2011). دو گروه اصلی بازیدیومایکوتاهای چوب‌زی را کورتیکوئیدها (Corticioids) و پوروئیدها (Poroids) تشکیل می‌دهند که به‌طور سنتی با عنوان قارچ‌های آفیلوفوروئید (Aphyllophoroid) شناخته می‌شوند (Ghobad-Nejhad, 2011).

ازاهمیت قارچ‌های چوب‌زی در پایداری اکوسیستم‌های جنگلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- نقش قارچ‌های چوب‌زی در زیست سایر موجودات ساکن جنگل: حضور این قارچ‌ها روی خشکه‌دارها به‌طور مستقیم موجب تسهیل کلونیزاسیون گونه‌هایی از حشرات یا پارازیتوئیدهای آنها، همچنین سایر گونه‌های قارچی می‌شود (Jonsell *et al.*, 2005). میسلیوم این قارچ‌ها نیز در ذخیره، انتقال و توزیع مواد غذایی در اکوسیستم‌های جنگلی نقش دارد (Watkinson *et al.*, 2005)، همچنین گیاهانی که در نزدیکی خشکه‌دارها رشد می‌کنند، از مواد غذایی بازیافتی و شرایط میکروکلیمای آن محیط نیز بهره‌مند می‌شوند (Szewczyk & Szwagrzyk, 1996). در جنگل‌ها، قارچ‌های تجزیه‌کننده چوب نقش مهمی را در چرخه کربن و مواد غذایی دارند و دسترسی به این منابع را برای گروه‌های متعددی از موجودات آسان می‌کنند (Lonsdale *et al.*, 2008).

۲- نقش قارچ‌های چوب‌زی در فرایندهای حیاتی اکوسیستم‌های جنگل: تجزیه خشکه‌دارها فرایندی مهم در چرخه کربن، نیتروژن و مواد غذایی در جنگل‌ها به‌شمار می‌رود (Yatskov *et al.*, 2003)، به‌نحوی‌که قارچ‌های چوب‌زی نقش مهمی را در این چرخه بر عهده دارند (Stokland *et al.*, 2012) و از اصلی‌ترین تجزیه‌کنندگان مواد آلی در اکوسیستم‌های جنگلی هستند که نقش حیاتی را در پایداری فرایندهای مهم اکوسیستم دارند (Bani *et al.*, 2018).

ترجیح بسیاری از گونه‌های قارچی چوب‌زی، مرحله خاصی از سن درختان است (Fukasawa, 2011). تنوع قارچی در مراحل اولیه تجزیه چوب بیشتر از مراحل پایانی تجزیه است (Pouska *et al*., 2011) اما گروهی دیگر از دانشمندان بر این عقیده هستند که تنوع قارچ‌ها در مراحل پایانی تجزیه بیشتر است (Rajala *et al*., 2011). قارچ‌های چوب‌زی با دارا بودن یک سیستم آنزیمی متنوع و درعین‌حال منحصربه‌فرد قادر به تبدیل چوب به اجزای سازنده آن هستند و از مهمترین عوامل ایجاد پوسیدگی سفید و قهوه‌ای در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شوند. همچنین، این قارچ‌ها با قدرت تجزیه‌کنندگی بالا از اصلی‌ترین عوامل تهدیدکننده درختان مناطق جنگلی و نیمه‌جنگلی نیز به‌شمار می‌روند (Paul, 2015). لیگنین در رده سخت‌ترین بیوپلیمرها قرار دارد، اگرچه دیگر موجودات نیز قابلیت تجزیه و استفاده از کربوهیدرات موجود در چوب را دارند، اما فقط قارچ‌های چوب‌زی هستند که توانایی چشمگیری را در تجزیه لیگنین موجود در چوب دارند (Abe, 1989). لیگنین از سلولز و همی‌سلولز محافظت می‌کند و به‌دلیل ماهیت آروماتیکی و ناهمگونی (heterogeneity) ساختاری در برابر تجزیه بسیار مقاوم است. این موضوع موجب می‌شود ترکیبات لیگنوسلولزی در خاک‌های جنگلی تجمع پیدا کنند. تجزیه و بازیافت این ترکیبات به‌وسیله قارچ‌های ساپروتورفیک یکی از فرایندهای کلیدی در چرخه جهانی کربن محسوب می‌شود (Watkinson *et al*., 2005). شواهد نشان می‌دهد که در مقیاس جهانی بیش از ۱۰ درصد از انتشار کل Co_2 (total Co_2 emissions) ناشی از چوب‌های در حال تجزیه است (Pan *et al*., 2011). به‌دلیل فراوانی و اهمیت قارچ‌های چوب‌زی در خشکه‌دارها، هر فاکتور یا فرایند مؤثر در میزان تجزیه قارچی، انتشار کربن کل را در یک مقیاس یا اکوسیستم بزرگ‌تر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Venugopal *et al*., 2016).

متابولیسم بسیاری از قارچ‌ها شامل طیف وسیعی از آنزیم‌ها و اسیدهاست که برای تخریب سلولز و همی‌سلولز و در برخی موارد هم برای تجزیه لیگنین ترشح می‌شوند. گروه ویژه‌ای از بازیدیومیست‌ها که قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید نامیده می‌شوند، کارآمدترین موجودات در زمینه تجزیه لیگنین به‌شمار می‌روند و یکی از مهمترین گروه‌های اکوفیزیولوژیکی مایکوبیوتای (Mycobiota) خاک اکوسیستم‌های جنگلی را تشکیل می‌دهند (Watkinson *et al*., 2005). چوب اصلی‌ترین منبع انرژی و کربن برای قارچ‌های چوب‌زی و غنی از کربن و فقیر از نیتروژن است (نسبت C/N بیش از ۱۲۵۱/۱). کربن و نیتروژن موجود در چوب به‌صورت نامحلول است که به‌شدت از تجزیه شدن محافظت می‌شوند (Watkinson *et al*., 2005). با توجه به اینکه تنفس قارچی سهم قابل ملاحظه‌ای را در چرخش کربن کره زمین دارد، شناخت چگونگی تنظیم متابولیسم قارچ‌ها در مواجهه با شرایط و اختلالات محیطی متفاوت بسیار مهم است (Carlson, 2017). نرخ تجزیه چوب به میزان بسیار زیادی تحت تأثیر پدیده‌های محیطی است. قارچ‌های ساپروتروفیک به همراه باکتری‌ها و حشرات به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین تجزیه‌کنندگان قطعات چوب خشکه‌دارها و درختان در حال خشک شدن مناطق جنگلی در نظر گرفته می‌شوند. این قارچ‌ها نقش مهمی را در چرخه کربن و نیتروژن در جنگل‌های شمالی به عهده دارند (Stokland *et al*., 2012). ترکیبات لیگنوسلولزی تجمع یافته در خاک‌های جنگلی بیشتر در خشکه‌دارها و برگ‌ها یافت می‌شوند. لیگنوسلولز، اصلی‌ترین بخش ترکیبات ساختمانی زیست‌توده درختان است که فراوان‌ترین منبع آلی تجدیدشدنی محیط‌زیست کره زمین به حساب می‌آید (Dashtban *et al*., 2009). این ترکیب شامل ماتریکس پیچیده‌ای از پلی‌ساکاریدها (سلولز و همی‌سلولز) و پلیمر آروماتیک لیگنین است که این پلیمر سخت‌ترین ماده در برابر تجزیه زیستی است. تجزیه

لیگنوسلولز فرایندی اساسی در چرخه بیوشیمیای کربن محسوب می‌شود. براساس نوع ترکیبات لیگنوسلولزی مورد تجزیه، ۲ گروه از بازیدیومیست‌های تجزیه‌کننده لیگنین شناسایی شدند: بازیدیومیست‌های عامل پوسیدگی سفید هوموس (white-rot humus) و پوسیدگی سفید چوب (white-rot wood) (Blanchette, 1995). قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید چوب بستر را به رنگ سفید در می‌آورند. عوامل پوسیدگی سفید هوموس باعث تجزیه لیگنین و پلی‌فنل برگ‌ها می‌شوند (Osono, 2007). بازیدیومیست‌های عامل پوسیدگی سفید برای تخریب و تجزیه مولکول‌های پیچیده لیگنین، دارای سیستم ligninolytic خارج سلولی هستند که ترکیب و اجزای آن بین گونه‌های مختلف متفاوت است (Ruiz-Duenas *et al*., 2013). به‌طورکلی این سیستم متابولیت‌هایی با جرم مولی پایین، اکسیدازها و آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین ازجمله لاکاز (Laccases) و به‌ویژه high redox-potential peroxidases تولید می‌کنند. این پروکسیدازها شامل منگنز پروکسیداز (manganese peroxidase (MnP))، لیگنین پروکسیداز ((lignin (LiP)) peroxidase و versatile peroxidase (VP) هستند که با هیدروژن پروکساید تولیدشده به‌وسیله اکسیدازها فعال می‌شود و ژن‌هایشان نیز از ژنوم قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید شناسایی شدند (Martnez *et al*., 2005).

در بین قارچ‌ها، بازیدیومایکوتا به‌ویژه گونه‌های Agaricomycetes با تولید آنزیم‌های اکسیداتیو (oxidative) و هیدرولایتیک (hydrolytic) خارج سلولی نقش مهمی را در تجزیه لیگنوسلولز در اکوسیستم‌های طبیعی بر عهده دارند (Sanchez, 2009). اصلی‌ترین گروه اکوفیزیولوژیکی تولیدکننده همه گروه‌های آنزیمی گفته‌شده، قارچ‌های چوب‌زی به‌ویژه بازیدیومایکوتای عامل پوسیدگی سفید هستند. همچنین، بعضی از قارچ‌های اکتومایکوریز نیز آنزیم‌های لیگنینولایتیک تولید می‌کنند (Casieri *et al*., 2010). برای نمونه، گونه *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. به دلیل آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنین در گروه قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید قرار می‌گیرد (Salmon *et al*., 2014). جنس گانودرما ۳ نوع آنزیم تجزیه‌کننده لیگنین تولید می‌کند: lignin peroxidases (LiP)، Mn-oxidizing peroxidases [Mn-dependent peroxidases] و Mn-independent peroxidases) (Stajic *et al*., 2010). آنزیم‌های قارچی عامل تجزیه لیگنوسلولز کاربردهای متنوعی در صنایعی مانند بیوتکنولوژی، کشاورزی، کاغذ، غذا، رنگ و نساجی و bioremediation دارند (Arora & Sharma, 2010). در دوره تجزیه و پوسیدگی چوب، بیشتر Co_2 به محیط اطراف آزاد می‌شود و بخشی از آن هم، زمانی که میسلیوم قارچی تحلیل رفت، یا تخریب شد برای سنتز بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hiscox *et al*., 2015).

اهمیت حفظ خشکه‌دار و افزایش تنوع زیستی قارچ‌های چوب‌زی در اکوسیستم‌های جنگلی: امروزه اهمیت خشکه‌دار برای تنوع زیستی به میزان زیادی پذیرفته شده است، اما راهبردهای حفاظت از خشکه‌دارها فقط در تعدادی از کشورها در حال پیگیری است (Similä & Junninen, 2012). طی ۳۰ -۲۰ سال گذشته مقالات بسیاری در رابطه با جوامع ساپروکسیلیک‌های مرتبط با محیط‌زیست منتشر و از زوایای مختلفی مورد بازنگری قرار گرفتند که نشان‌دهنده ارتباط بین فقدان خشکه‌دارها و از بین رفتن تنوع زیستی این موجودات است (Stokland *et al*., 2012). افزایش بهره‌برداری از جنگل‌ها و نابودی درختان قدیمی، به میزان قابل توجهی باعث کاهش میزان و تنوع خشکه‌دارها در طیف وسیعی از اراضی جنگلی در بسیاری از نقاط جهان شده است (Lindenmayer *et al*., 2012).

تنوع، فراوانی و پراکنش این قارچ‌ها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر عوامل زنده و غیرزنده‌ای مانند اقلیم، نوع خاک، نوع زیستگاه، تنوع گونه‌های گیاهی، میزان خشکه‌دار (حجم بستر)، مرحله پوسیدگی، موقعیت

قرارگیری خشکه‌دار نسبت به سطح زمین، نوع بافت چوب (سخت‌چوب یا نرم‌چوب) حوادث طبیعی مثل سیل و آتش‌سوزی در جنگل‌ها و برنامه‌های مدیریتی انسان در جنگل‌ها بستگی دارد (Müller *et al*., 2015). درنتیجه از بین رفتن این زیستگاه، گونه‌های اختصاصی همراه با خشکه‌دارهایی با قطر بزرگ نیز در معرض نابودی جدی قرار می‌گیرند (Siitonen, 2001).

در جنگل‌های بکر، قارچ‌های چوب‌زی دربرگیرنده گروهی از موجودات با فراوانی بالای گونه‌ای و اهمیت اکولوژیکی بسیار زیاد هستند. اما امروزه به‌دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از منابع جنگلی، بسیاری از موجودات چوب‌زی کاهش یافته، یا از بین رفته‌اند و بسیاری از گونه‌های اختصاصی نیز در مقیاس قاره‌ای در معرض خطر قرار گرفته‌اند. طی دهه گذشته بسیاری از کشورهای اروپایی برای حفاظت از تنوع زیستی، شروع به تعیین ذخایر جنگلی جدید کردند. زیستگاه، تنها فاکتور تعیین‌کننده میزان تنوع موجودات ساکن چوب نیست. اقلیم و موقعیت فضایی (مکانی) و زمانی نیز از عوامل مهمی هستند که بر خزانه گونه‌ای یک منطقه تأثیر می‌گذارد (Christensen, 2004). در بسیاری از موارد، اصلاح و احیای جنگل‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که کنده‌ها، قطعات و شاخه‌های افتاده در محل خود تجزیه شوند. شیوه‌های مدیریتی جنگل‌ها بر مایکوبیوم (Mycobiom) هم تأثیر می‌گذارد و موجب کاهش در فراوانی و تنوع قارچ‌های چوب‌زی می‌شود (Stokland & Larsson, 2011).

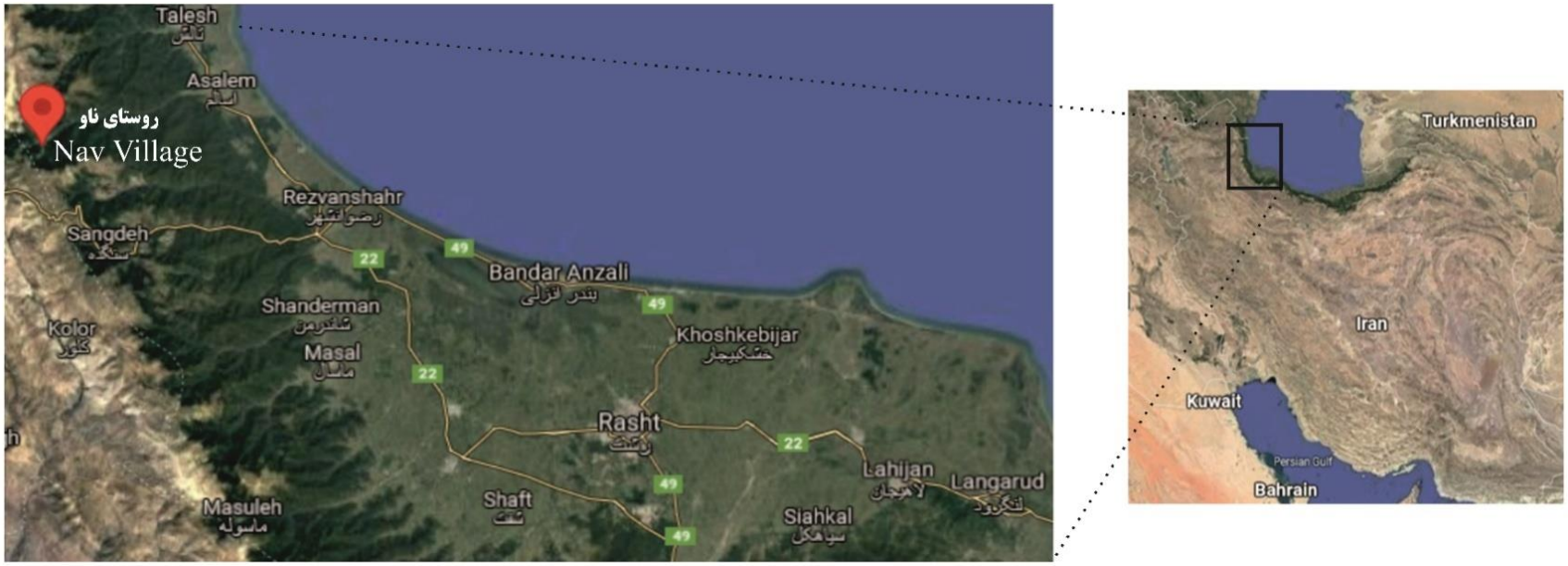
قدمت شناسایی قارچ‌های ماکروسکوپی در ایران به ۱۵۰ سال قبل برمی‌گردد، طی این سال‌ها قارچ‌های ماکروسکوپی متعددی از نقاط مختلف ایران به‌ویژه جنگل‌های هیرکانی گزارش شدند (Ershad, 2009). استان گیلان دارای اقلیمی مرطوب با میانگین دمای سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۱۳۹۵ میلی‌متر است. شناسایی و گزارش قارچ‌های ساپروکسیلیک استان گیلان توسط (Hallenberg, 1981; Saber, 1987; Ghobad-Nejhad, 2011; Amoopour *et al*., 2016) انجام شد.

این پژوهش با هدف شناسایی و معرفی قارچ‌های ساپروکسیلیک استان گیلان (جنگل‌های اسالم) و در رابطه با تکمیل داده‌های موجود برای فلور قارچی ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌برداری از جنگل‌های اسالم، پارسل‌های ۳۱۸ و ۳۲۰ سری سه حوزه آبخیز ناو انجام شد که یکی از سری‌های حوزه هفت ناو در استان گیلان و شهرستان تالش به‌شمار می‌رود (شکل‌های ۱ و ۲). این منطقه بین عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۱ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۳۷ درجه ۳۶ دقیقه و ۲۸ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴ ثانیه شرقی با مساحت ۳۷۷۰ هکتار واقع شده است. این سری از شمال به رودخانه ناو (کوه رود)، از جنوب به یال سیلین خونی و اولسه‌پشت، از شرق به جنگل‌های سری یک ناو و از غرب به رودخانه سوکله و مراتع محدود می‌شود. پارسل‌های ۳۱۸ و ۳۲۰ در ارتفاعی حدود ۱۱۱۰–۱۱۸۰ متر از سطح دریا واقع شده‌اند. متوسط بارش سالانه منطقه، حدود ۹۴۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد و نوع اقلیم منطقه از نوع مرطوب سرد است. پوشش گیاهی غالب این منطقه راش (*Fagus orientalis*) بوده و از عمده‌ترین گونه‌های موجود به همراه آن می‌توان به درختان ممرز (*Carpinus betulus*)، بلوط (*Quercus castaneifolia*)، توسکا (*Alnus subcordata*)، افرا (*Acer velutinum*)، شیردار (*Acer cappadocicum*)، ملج (*Ulmus glabra*)، ون (*Fraxinus excelsior*) و خرمندی (*Diospyros lotus*) اشاره کرد (Fallahchai *et al*., 2012).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری- جنگل اسالم

Figure 1. Geographical position of study area- Asalem forest

شکل ۲- تصاویری از منطقه مورد مطالعه در فصول مختلف نمونه‌برداری

Figure 2. Images of study area in all sampling seasons.

نمونه‌برداری

برای جمع‌آوری و شناسایی قارچ‌های ساپروکسیلیک در جنگل‌های اسالم استان گیلان، نمونه‌برداری‌ها در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۷ انجام شد. مشخصات اصلی ریخت‌شناسی، تاریخ جمع‌آوری، موقعیت دقیق مکان جمع‌آوری نمونه‌ها، فراوانی قارچ‌ها و تصویربرداری از نمونه‌ها در محل جمع‌آوری ثبت و یادداشت شد. نمونه‌ها را در پاکت‌های پلی‌اتیلن قرار داده و بعد به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای خشک کردن و نگهداری بلندمدت نمونه‌های جمع‌آوری‌شده، نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای اتاق، هوا خشک شدند و برای حذف آلودگی‌های سطحی احتمالی، نمونه‌های خشک‌شده به مدت ۱۰ روز به فریزر ۲۰- منتقل گردیدند و بعد در انکوباتور ۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. یک نمونه از هر گونه جمع‌آوری‌شده در هرباریوم قارچ‌شناسی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور- تهران نگهداری می‌شوند. شناسایی نمونه‌های قارچی با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر ازجمله (Singer, 1975)، (Moser, 1983)، (Núñez & Ryvarden, 1995 & 2001)، (Dai, 2010)، (Ryvarden & Melo, 2014) و با در نظر گرفتن ویژگی‌های میکرو- ماکروسکوپی نمونه‌ها انجام شد.

نتایج

درمجموع ۲۹ گونه قارچ چوب‌زی در قالب ۲۲ جنس و ۱۵ خانواده، از شاخه بازیدیومایکوتا در فصول مختلف سال از جنگل اسالم استان گیلان جمع‌آوری شد (شکل‌های ۳ و ۴). فهرست قارچ‌های چوب‌زی جمع‌آوری‌شده در جنگل اسالم استان گیلان، ماه‌های جمع‌آوری نمونه‌های قارچی و فراوانی گونه‌ای در جدول ۱ آورده شده است. عمده پوشش گیاهی منطقه نمونه‌برداری را درختان راش تشکیل می‌دادند و بیشتر خشکه‌دارهای این منطقه جنگلی به‌صورت درختان و شاخه‌های خشک افتاده در بستر جنگل بودند و بعد خشکه‌دار سرپا و کنده‌ها بیشترین حضور را داشتند، بر همین اساس بیشتر قارچ‌های شناسایی‌شده در این پژوهش نیز از روی خشکه‌دارهای افتاده جمع‌آوری شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که خانواده Polyporaceae با ۳۱ درصد بیشترین فراوانی را در بین سایر خانواده‌ها به خود اختصاص داده است (شکل ۶). بیشترین فراوانی گونه‌ای مربوط به *Trametes versicolor* با ۱۸/۴۸ درصد، *Stereum subtomentosum* و *Trametes hirsuta* با ۱۲/۱۸ درصد، *Stereum hirsutum* با ۹/۲۴ درصد و *Schizophyllum commune* با ۸/۸۲ درصد است. همچنین ماه‌های اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان دارای بیشترین تنوع و غنای گونه‌ای در بین سایر ماه‌های نمونه‌برداری بودند (جدول ۱، شکل ۵).

شکل ۳- تصاویر قارچ‌های ساپروکسیلیک جمع‌آوری‌شده در این مطالعه

(A) *Schizophyllum commune*، (B) *Ramaria stricta*، (C) *Trames gibosa*، (D) *Coprinellus micaceus*، (E) *Volvariella bombycina*، (F) *Trametes versicolor*.

Figure 3. Images of saproxylic fungi collected in this study. (A) *Schizophyllum commune*, (B) *Ramaria stricta*, (C) *Trames gibosa*, (D) *Coprinellus micaceus,* (E) *Volvariella bombycina,* (F) *Trametes versicolor*.

شکل ۴- تصاویر قارچ‌های ساپروکسیلیک جمع‌آوری‌شده در این مطالعه

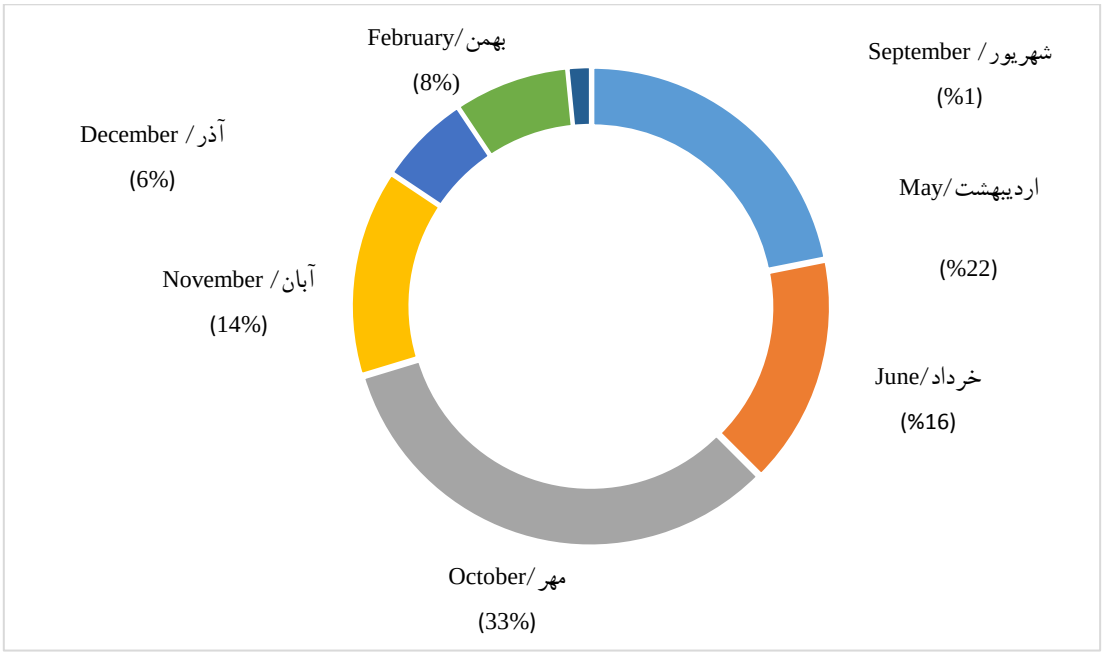
(E) *Ganoderma lucidum*، (F) *Hypholoma fasciculare*

Figure 4. Images of saproxylic fungi collected in this study. (A) *Lenzites betulina*, (B) *Polyporus tuberaster*, (C) *Panellus stipticus*, (D) *Fomes fomentarius*, (E) *Ganoderma lucidum*, (F) *Hypholoma fasciculare*.

جدول ۱- فهرست قارچ‌های ساپروکسیلیک، ماه‌های جمع‌آوری و فراوانی گونه‌های جمع‌آوری‌شده از جنگل اسالم، استان گیلان

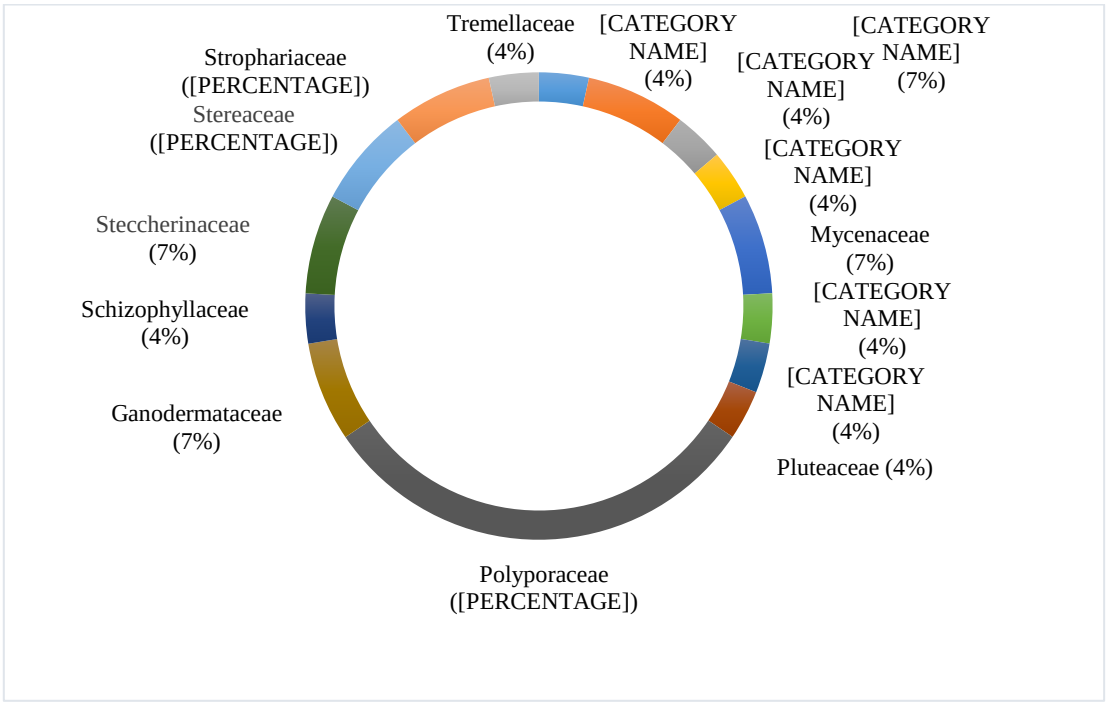
Table 1. List of saproxilic fungi, months of collection and frequency of species collected from Asalem forest, Gilan province

ردیف **Row**	گونه **Species**	خانواده **Family**	ماه جمع‌آوری **Months of collection**	فراوانی (درصد) **Frequency**
1	*Armillaria mellea* (Vahl) P.Kumm. (1871)	Physalacriaceae	7	**0.42**
2	*Bjerkandera adusta* (Willd.) P.Karst. (1880)	Phanerochaetaceae	2,7	**0.84**
3	*Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E.Lange (1938)	Psathyrellaceae	7	**1.26**
4	*Coprinellus micaceus* (Bull.:Fr.) Vilgalys, Hopple & Jacq.Johnson (2001)	Psathyrellaceae	7	**0.84**
5	*Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J.Schröt. (1888)	Polyporaceae	8	**0.42**
6	*Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev & Singer	Polyporaceae	2	**0.42**
7	(L.) Fr. 1849 *Fomes fomentarius*	Polyporaceae	3,7,11	**3.78**
8	*Fomitopsis pinicola* (Sw.) P.Karst. (1881)	Fomitopsidaceae	6	**0.42**
9	*Galerina marginata* (Batsch) Kühner (1935)	Strophariaceae	2,7	**0.42**
10	*Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.	Ganodermataceae	2,3	**2.94**
11	*Ganoderma lucidum* Karst (1881)	Ganodermataceae	2,7,8	**2.1**
12	*Hypholoma fasciculare* (Huds.:Fr.) P.Kumm. (1871)	Strophariaceae	2,7	**5.04**
13	*Lenzites betulinus* (L.) Fr. 1838)	Polyporaceae	2,7	**2.1**
14	*Mycena inclinata* (Fr.) Quél. (1872)	Mycenaceae	2,3,7	**3.78**
15	*Panellus stipticus* (Bull.) P.Karst. (1879)	Mycenaceae	3,7	**4.62**
16	*Phlebia tremellosa* (Schrad.) Nakasone & Burds. (1984)	Meruliaceae	7	**0.84**
17	*Cerioporus squamosus* (Huds.) Quélet (1886)	Polyporaceae	2	**0.42**
18	*Polyporus tuberaster* (Jacquin ex Persoon) Fries 1821	Polyporaceae	7	**2.1**
19	*Ramaria stricta* (Pers.) Quél. (1888)	Gomphaceae	3	**1.26**
20	*Schizophyllum commune* Fr. (1815)	Schizophyllaceae	2,3,7,11	**8.82**
21	*Steccherinum bourdotii* Saliba & A. David, 1988	Steccherinaceae	8	**0.42**
22	*Steccherinum ochraceum* Pers. ex J.F. Gmel., 1792	Steccherinaceae	7	**0.42**
23	*Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. (1800)	Stereaceae	3,7,8,9	**9.24**
24	*Stereum subtomentosum* Pouzar, 1964	Stereaceae	2,7,8,9,11	**12.18**
25	*Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd (1924)	Polyporaceae	2,3,7,8,9,11	**12.18**
26	*Trametes versicolor* (L.) Lloyd (1920)	Polyporaceae	2,3,7,8,9,11	**18.48**
27	*Trametes gibosa* (Pers.) Fr. (1836)	Polyporaceae	2,7,8	**3.36**
28	*Tremella mesenterica* Retz. (1769)	Tremellaceae	3,8	**0.42**
29	*Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer (1951)	Pluteaceae	7	**0.42**



شکل ۵- فراوانی گونه‌های جمع‌آوری‌شده بر حسب ماه‌های مختلف سال در جنگل اسالم، استان گیلان

Figure 5. Frequency of collected species according to different months of the year in Asalem forest, Gilan province



شکل ۶- مقایسه فراوانی خانواده‌ها براساس تعداد گونه‌های جمع‌آوری‌شده در هر خانواده در جنگل اسالم، استان گیلان

Figure 6. Comparison of the frequency of families based on the number of species collected in each family in Asalem forest, Gilan province.

بحث

در جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، خشکه‌دارها از ارزش و جایگاه بسیار ویژه‌ای برخوردار هستند (Marvie- Mohadjer, 2011). وجود خشکه‌دار در جنگل‌ها به‌عنوان یک آشیان اکولوژیک نقش اساسی را در تنوع و فراوانی موجودات ساپروکسیلیک ازجمله قارچ‌ها، حشرات، خزه‌ها و گلسنگ‌ها ایفا می‌کند. در بین این موجودات، قارچ‌های ساپروکسیلیک بیشترین فراوانی را روی خشکه‌دارها دارند. این قارچ‌ها به‌دلیل دارا بودن آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنوسلولز نقش حیاتی را در چرخه کربن- نیتروژن و بازیافت مواد آلی در اکوسیستم‌های جنگلی به عهده دارند (Boddy, 2001; Hoff *et al*., 2004). یکی از ارزش‌های مهم اکولوژیکی جنگل‌های کهن‌سال این است که دارای حجم بالایی از خشکه‌دار در مراحل مختلف پوسیدگی هستند (Harmon *et al*., 1986; Jenkins *et al*., 2004). اما امروزه برداشت بی‌رویه از جنگل‌ها و خروج خشکه‌دار از اکوسیستم‌های جنگلی، همچنین برنامه‌های مدیریتی که در جنگل‌ها اعمال می‌شود، تنوع و فراوانی این قارچ‌ها را با خطر جدی روبه‌رو کرده است (Christensen, 2004).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، خانواده Polyporaceae پرتکرارترین خانواده قارچ‌های ساپروکسیلیک در منطقه مورد مطالعه و دارای بیشترین میزان تنوع و فراوانی گونه‌ای (۳۱ درصد) نیز بوده است. همچنین با توجه به اینکه عمده خشکه‌دار در منطقه مورد مطالعه از نوع افتاده بود، بیشتر قارچ‌های شناسایی‌شده نیز از روی این نوع خشکه‌دار جمع‌آوری شدند. در جنگل‌های معتدله، خشکه‌دارهای افتاده زیستگاه بسیار مناسبی برای موجودات چوب‌زی به‌شمار می‌روند و همواره تنوع و فراوانی گونه‌های ساکن روی این نوع از خشکه‌دار بسیار بالاست (Harmon *et al*.,1986). در پژوهش Aghajani و همکاران (۲۰۲۰) در جنگل‌های استان مازندران هم مشخص شد، خانواده Polyporaceae بیشترین تنوع و فراوانی گونه‌ای را در بین سایر خانواده‌ها به خود اختصاص داده است. قارچ‌های پلی‌پور زیادی از گذشته تا به امروز از استان گیلان گزارش شدند (Saber, 1987; Hallenberg, 1981; Ghobad-Nejhad & Hallenberg, 2012; Amoopour *et al*., 2016). استان گیلان بعد از استان‌های گلستان و مازندران دارای بیشترین تنوع گونه‌ای قارچ‌های پلی‌پور در ایران است. Amoopour و همکاران (۲۰۱۶)، ۶۶ گونه قارچ پلی‌پور را از جنگل‌های استان گیلان جمع‌آوری و شناسایی کردند.

در این مطالعه مشخص شد، گونه *T. versicolor* (Polyporaceae) با ۱۸/۴۸ درصد دارای بیشترین فراوانی در منطقه مورد مطالعه است. طی پژوهش Aghajani و همکاران (۲۰۲۰) بر تنوع قارچ‌های چوب‌زی دارویی، خوراکی و سمی موجود روی خشکه‌دارهای افتاده راش در جنگل‌های استان مازندران، ۴۰ گونه قارچ ساپروکسیلیک جمع‌آوری شد که ۷۰ درصد از آنها دارویی، ۲۲ درصد خوراکی و ۸ درصد از آنها هم سمی بودند. از این میان، قارچ *T. versicolor* با ۱۰ درصد بیشترین فراوانی را داشت و بعد از آن گونه‌های *Daldinia concentrica*، *T. biforme*، *G. lucidum* و *F. fomentarius* بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده بودند. در پژوهشی که توسط Abrego و Salcedo (۲۰۱۳) در شمال اسپانیا انجام شد، خانواده Polyporaceae و گونه *T. versicolor* جزو پنج خانواده و پنج گونه پرتکرار با بیشترین فراوانی بودند. در مطالعه‌ای که توسط Jang و همکاران (۲۰۱۶) در کره جنوبی انجام شد، تعداد ۱۴۹ گونه قارچ پلی‌پور و کورتیکوید جمع‌آوری و شناسایی گردید که ۹۲ گونه متعلق به راسته Polyporales بود. همچنین گونه‌های *S. subtomentosum*، *T. versicolor*، *T. hirsuta*، *T. pubescens*، *Bjerkandera adusta* و *G. applanatum* بیشترین فراوانی را نسبت به سایر گونه‌ها داشتند.

طی پژوهشی که برای شناسایی قارچ‌های ماکروسکوپی از جنگل‌های خیرود نوشهر در استان مازندران انجام شد ۴۶ گونه قارچی از راسته Agaricales شناسایی و گزارش گردید (Asef & Etemad, 2016). Bari و همکاران (۲۰۲۱)، ۲۲ گونه قارچ ساپروکسیلیک را از جنگل علمدره استان مازندران گزارش کردند که ۱۸ گونه از آن متعلق به شاخه بازیدیومایکوتا بوده است و گونه‌های *T. gibbosa*، *S. commune* و *F. fomentarius* از فراوانی بسیار بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها برخوردار بودند.

تعداد ۴۰ گونه قارچ ساپروکسیلیک ازجمله *F. fomentarius*، *S. commune*، *G. applanatum*، *R. stricta* و *F. pinicola* از جنگل خیرود استان مازندران جمع‌آوری شد و فراوانی آنها، براساس مراحل مختلف پوسیدگی و اندازه (قطر) مختلف خشکه‌دار بررسی گردید. در این پژوهش مشخص شد، خشکه‌دارهایی که در مرحله سه پوسیدگی با قطر بیشتر از ۷۵ سانتی‌متر هستند، بیشترین فراوانی و تنوع قارچ‌های ساپروکسیلیک را دارند. همچنین براساس نتایج این پژوهش فراوانی و تنوع قارچ‌های ساپروکسیلیک روی خشکه‌دارهای افتاده بیشتر از ایستاده بود که با نتایج حاصل از این مطالعه در جنگل‌های اسالم نیز مطابقت دارد (Sefidi & Etemad, 2015).

در اکوسیستم‌های جنگلی، خشکه‌دار به‌عنوان یک زیستگاه بسیار منحصربه‌فرد شناخته می‌شود که وجود یا نبود آن تأثیر مستقیمی روی تنوع و فراوانی قارچ‌های ساپروکسیلیک دارد. این قارچ‌ها به دلیل دارا بودن آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیگنوسلولزی نقش کلیدی را در چرخه کربن- نیتروژن و بازیافت مواد غذایی از خشکه‌دار در جنگل‌ها بر عهده دارند. اما امروزه به‌دلیل برنامه‌های مدیریتی که در جنگل‌ها اعمال می‌شود، خشکه‌دارها از جنگل‌ها حذف شده، یا مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که همین موضوع تنوع زیستی قارچ‌های ساپروکسیلیک را در جنگل‌های تحت مدیریت در معرض خطرات جدی قرار می‌دهد. برای حفظ تنوع زیستی این گروه از قارچ‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی، پیشنهاد می‌شود بهره‌برداری و حذف خشکه‌دارها حتی‌الامکان متوقف شود، زیرا از بین رفتن زیستگاه در نهایت منجر به نابودی تنوع زیستی خواهد شد.

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت مالی مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین‌المللی وزارت علوم تحقیقات و فناوری انجام شده است.

منابع مورد استفاده

-Abe, Y., 1989. Effect of moisture on decay of wood by *xylariaceous* and *diatrypaceous* fungi and quantitative changes in the chemical components of decayed woods. Transactions of the Mycological Society of Japan, 30: 169–181.

-Abrego, N. and Salcedo, I., 2013. Variety of woody debris as the factor influencing wood-inhabiting fungal richness and assemblages: Is it a question of quantity or quality?. Forest Ecology and Management, 291: 377-385.

-Aghajani, H., Farashiani, M.E., Tajick, G. and Mosazadeh, S.A., 2020. Diversity of medicinal, edible, and poisonous fungi located on the deadwood of beech and their uses. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 18(1): 79-92 (In Persian).

-Allen, R.B., Clinton, P.W. and Davis, M.R., 1997. Cation storage and availability along a Nothofagus forest development sequence in New Zealand. Canadian Journal of Forest Research, 27: 323–330.

-Amoopour, M., Ghobad-Nejhad, M. and Khodaparast, S.A., 2016. New records of polypores from Iran, with a checklist of polypores for Gilan Province. Czech Mycology, 68(2): 139-148.

-Arora, D.S. and Sharma, R.K., 2010. Ligninolytic fungal laccases and their biotechnological applications. Appllied Biochemistry and Biotechnology, 160: 1760-1788.

-Asef, M.R. and Etemad, V., 2016. Identification of agaric fungi of Kheyroud Research Forest, Noshahr (Mazandaran province, N. Iran). Rostaniha, 17(1):19-27 (In Persian).

-Bani, A., Pioli, S., Ventura, M., Panzacchi, P., Borruso, L., Tognetti, R., Tonon, G. and Brusetti, L., 2018.

Protection, Tehran, Iran, 558p.
-Fallahchai, M., Kalantari, C.K. and Payam, H., 2012. Comparison of quantitative characteristic of forest stands in the two protected and non-protected area (case study in Nave Asalem forests). Journal of Biology Science, 4(1): 113-121 (In Persian).
-Fukasawa, Y., 2011. Wood decomposing abilities of diverse lignicolous fungi on nondecayed beech wood. Mycologia, 103: 474–482.
-Ghobad-Nejhad, M. and Hallenberg, N., 2012. Checklist of Iranian non-gilled/non-gasteroid *Hymenomycetes* (*Agaricomycotina*). Mycotaxon, 119(494): 1-41.
-Ghobad-Nejhad, M., 2011. Updated checklist of corticioid and poroid basidiomycetes of the Caucasus region. Mycotaxon, 117: 508p.
-Gromtsev, A., 2002. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia. A review. Silva Fennica, 36: 41–55.
-Hallenberg, N., 1981. Synopsis of wood-inhabiting *Aphyllophorales* (*basidiomycetes*) and *Heterobasidiomycetes* from N. Iran. Mycotaxon, 12: 473–502.
-Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory,S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, N.G., Aumen, J.R.,Sedell, G.W., Lienkaemper, K. and Cummins, K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research, 154: 133-302.
-Hiscox, J., Savoury, M., Vaughan, I.P., Müller, C.T. and Boddy, L., 2015. Antagonistic fungal interactions influence carbon dioxide evolution from decomposing wood. Fungal Ecology, 14: 24-32.
-Hoff, J.A., Klopfenstin, N., Tonn, R., Mcdonald, G.I., Zambio, P.J. and Cariis, l., 2004. Roles of woody – associated fungi in forest ecosystem process: recent advances in fungal identification. USDA forest servise, 47: 6p.
-Jang, Y., Jang, S., Lee, J., Lee, H., Lim, Y.W., Kim, C. and Kim, J.J., 2016. Diversity of wood-inhabiting polyporoid and corticioid fungi in Odaesan National Park, Korea. Mycobiology, 44(4): 217-236.
-Jenkins, M.A., Webster, C.R., Parker, G.R. and Spetich, M.A., 2004. Coarse woody debris in managed Central Hardwood Forests of Indiana, USA. Forest Science, 50(6): 781-792.
-Jonsell, M., Schroeder, M. and Weslien, J., 2005. Saproxylic beetles in high stumps of spruce: Fungal flora important for determining the species composition. Scandinavian Journal of Forest Research, 20: 54–62.
-Lindenmayer, D., Laurance, W. and Franklin, J., 2012. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and deadwood. Applied soil ecology, 126: 75-84.
-Bari, E., Karimi, K., Aghajani, H., Schmidt, O., Zaheri, S., Tajick-Ghanbary, M.A. and Juybari, H.Z., 2021. Characterizations of tree-decay fungi by molecular and morphological investigationsin aniranian alamdardeh forest. Maderas. Ciencia y tecnología, 23: 1-24.
-Blanchette, R.A., 1995. Degradation of the lignocellulose complex in wood. Canadian Journal of Botany, 73: 999–1010.
-Boddy, L. and Watkinson, S.C., 1995. Wood decomposition, higher fungi, and their role in nutrient redistribution. Canadian Journal of Botany, 73: 1377–1383.
-Boddy, L., 2001. Fungal community ecology and wood decomposing process in angiosperms from standing tree complete decay of coarse woody debris. Ecological Bulletins, 49: 43.
-Boddy, L., Frankland, J.C. and van West, P., 2008. Ecology of saprotrophic basidiomycetes. Elsevier Academic Press, London. 386p.
-Carlson, B.S., Koerner, S.E., Medjibe, V.P., White, L.J. and Poulsen, J.R., 2017. Deadwood stocks increase with selective logging and large tree frequency in Gabon. Global change biology, 23(4): 1648-1660.
-Casieri, L., Anastasi, A., Prigione, V. and Varese, G.C., 2010. Survey of ectomycorrhizal, litter-degrading, and wood-degrading *Basidiomycetes* for dye decolorization and ligninolytic enzyme activity. Ant. van Leeuwenhoek, International Journal of General Molecular Microbiology, 98: 483-504.
-Christensen, M., Heilmann-Clausen, J., Walleyn, R. and Adamcik, S., 2004. Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European beech forests. European Forest Institute, 526p.
-Cornelissen, J.H., Sass-Klaassen, U., Poorter, L., van Geffen, K., van Logtestijn, R.S., van Hal, Goudzwaard, L., Sterck, F.J., Klaassen, R.K., Freschet, G.T. and van der Wal, A., 2012. Controls on coarse wood decay in temperate tree species: birth of the LOGLIFE experiment. Ambio, 41(3): 231-245.
-Dai, Y.C., 2010. Hymenochaetaceae (Basidiomycota) in China. Fungal Diversity, 45: 131–343.
-Dashtban, M., Schraft, H. and Qin, W., 2009. Fungal bioconversion of lignocellulosic residues; opportunities & perspectives. International Journal of Biological Science, 5: 578–595.
-Ershad, D., 2009. Fungi of Iran. 3nd edition. Agricultural Research, Education & Extension Organization. Iranian Research Institute of Plant

L.G., Barrasa, J.M., Hibbett, D.S. and Martnez, A.T., 2013. Lignin-degrading peroxidases in *Polyporales*: an evolutionary survey based on ten sequenced genomes. Mycologia, 105: 1428–1444.

-Ryvarden L. and Melo I., 2014. Poroid fungi of Europe. Synopsis Fungorum 31. Oslo: Fungiflora. 455p.

-Saber, M., 1987. Contribution to the knowledge of *Aphyllophorales* collected in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology, 23: 63–101. [In Persian, with a summary in English on pp. 21–36]

-Saitta, A., Bernicchia, A., Gorjo, S.P., Altobelli, N.E., Granito, V.M., Losi, C., Lunghini, D., Maggi, O., Medardi, G., Padovan, F., Pecoraro, L., Vizzini, A. and Persiani, A.M., 2011. Biodiversity of wood-decay fungi in Italy. Plant Biosystems, 145(4): 958–968.

-Salmon, D.N.X., Spier, M.R., Soccol, C.R., Vandenberghe, L.P., Weingartner Montibeller, V., Bier, M.C.J. and Faraco, V., 2014. Analysis of inducers of xylanase and cellulase activities production by *Ganoderma applanatum* LPB MR-56. Fungal Biology, 118: 655-662.

-Sanchez, C., 2009. Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. Biotechnology Advances, 27: 185-194.

-Sefidi, K. and Etemad, V., 2015. Dead wood characteristics influencing macro fungi species abundance and diversity in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. Forest systems, 24(2): 15.

-Siitonen, J., 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. Ecological Bulletins, 49: 11–41.

-Similä, M. and Junninen, K., 2012. Ecological restoration and management in boreal forests–best practices from Finland. Metsähallitus Natural Heritage Services, Vantaa, 54p.

-Singer, R., 1975. The Agaricales in modern Taxonomy. 3rd edition. J. Cramer, Vaduz, 912p.

-Speight, M.C.D., 1989. Saproxylic invertebrates and their conservation. Council of Europe, Publications and Documents Division, Strasbourg, France, 42: 1-79.

-Stajic, M., Kukavica, B., Vukojevic, J., Simonic, J., Veljovic-Jovanovic, S. and Duletic- Lausevic, S., 2010. Wheat straw conversion by enzymatic system of *Ganoderma lucidum*. BioResources, 5(4): 2362–2373.

-Stokland, J.N. and Larsson, N., 2011. Legacies from natural forest dynamics: different effects of forest management on wood-inhabiting fungi in pine and spruce forests. Forest Ecology and Management, Global decline in large old trees. Science, 338: 1305.

-Lonsdale, D., Pautasso, M. and Holdenrieder, O., 2008. Wood-decaying fungi in the forest: conservation needs and management options. European Journal of Forest Research, 127(1): 1-22.

-Martnez, A.T., Speranza, M., Ruiz-Duenas, F.J., Ferreira, P., Camarero, S., Guillén, F., Martnez, M.J., Gutiérrez, A. and del Ro, J.C., 2005. Biodegradation of lignocellulosics: microbiological, chemical and enzymatic aspects of fungal attack to lignin. International journal of Microbiology, 8: 195–204.

-Marvie Mohadjer, M.R., 2011. Silviculture. Universityof Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).

-Moser, M., 1983. Keys to Agarics and Boleti, Roger Phillips, London, 535p.

-Müller, J., Wende, B., Strobl, C., Eugster, M., Gallenberger, I., Floren, A., Steffan-Dewenter, I., Linsenmair, K.E., Weisser, W.W. and Gossner, M.M., 2015. Forest management and regional tree composition drive the host preference of saproxylic beetle communities. Journal of Appllied Ecology, 52(3): 753-762.

-Núńez, M. and Ryvarden, L., 1995. *Polyporus* (*Basidiomycotina*) and related genera. Synopsis Fungorum, 10: 1-85.

-Núńez, M. and Ryvarden, L., 2001. East Asian Polypores. Vol. 2: *Polyporaceae* s. lato. Synopsis Fungorum, 14: 169-522.

-Osono, T., 2007. Ecology of ligninolytic fungi associated with leaf litter decomposition. Ecological Research, 22: 955-974.

-Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips,O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B.,Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. and Hayes, D., 2011. A large persistent carbon sink in the world's forests. Science, 333: 988–993.

-Paul, E.A., 2015. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry, 4th ed., Academic Press, Burlington, MA. 580p.

-Pouska, V., Leps, J., Svoboda, M. and Lepsova, A., 2011. How do log characteristics influence the occurrence of wood fungi in a mountain spruce forest?. Fungal Ecology, 4: 201–209.

-Rajala, T., Peltoniemi, M., Hantula, J., Mäkipää, R. and Pennanen, T., 2011. RNA reveals a succession of active fungi during the decay of Norway spruce logs. Fungal Ecology, 4: 437–448.

-Ruiz-Duenas, F.J., Lundell, T., Floudas, D., Nagy,

261: 1707–1721.

-Stokland, J., Siitonen, J. and Jonsson, B.G., 2012. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press, Cambridge. 509p.

-Szewczyk, J. and Szwagrzyk, J., 1996. Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. Vegetatio 122(1): 37-46.

-Venugopal, P., Junninen, K., Linnakoski, R., Edman, M. and Kouki, J., 2016. Climate and wood quality have decayer-specific effects on fungal wood decomposition. Forest Ecology and Management, 360: 341–351.

-Watkinson, S., Bebber, D., Darrah, P., Fricker, M. and Tlalka, M., 2005. The role of wood decay fungi in the carbon and nitrogen dynamics of the forest floor. Fungi in biogeochemical cycles, 24: 151.

-Yatskov, M., Harmon, M.E. and Krankina, O.N., 2003. A chronosequence of wood decomposition in the boreal forests of Russia. Canadian Journal of Forest Research, 33: 1211-1226.

The importance of saproxylic fungi and the affecting factors on their diversity and abundance in forest ecosystems - Referring to the most important saproxylic fungi in Asalem forest, Guilan province

Z. Ranjbar[1], E. Mohammadi Goltapeh[2]*, S.M. Zamani[3], M. Pedram[4] and M.E. Farashiani[5]

1- PhD student of Mycology, Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Prof., Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: emgoltapeh@gmail.com
3- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4- Associate Prof., Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
5- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 18.01.2022 Accepted: 16.04.2022

Abstract

Today, in near-to-nature forestry, biodiversity conservation, with emphasis on forests conservation, as a valuable genetic resource, has received much attention. Deadwood, as a habitat, plays a key role in diversity and abundance of saproxylic fungi in forest ecosystems. The uncontrolled exploitation, and the management programs applied in forests, have significantly reduced the deadwood volumes and diversity, jeopardizing diversity and abundance of saproxylic fungi. In this study, 29 saproxylic fungal species belonging to 15 families from the phylum Basidiomycota were collected from Asalem forest, Guilan province, northern Iran. The recovered species were identified based upon their morphological characters, using available identification keys. The results showed that the family Polyporaceae (31%) and the species *Trametes versicolor* (18.4%) have the highest abundance between other families and identified species, respectively. The importance of saproxylic fungi, introduction of deadwood, as a habitat and a key factor in biodiversity of saproxylic fungi in forest ecosystems, have also been discussed.

Key words: Basidiomycota, biodiversity, deadwood, near-to-nature forestry, saproxylic fungi, Asalem forests.