

The relationship between the volume of fallen beech logs and the abundance and species diversity of wood-inhabiting fungi in the managed Flord forest, Pol Sefid

Hamed Aghajani^{1*} , Hamid Jalilvand² , Salman Ahmady-asbchin³ , Ehsan Bari⁴  and Ali Hassanpoor Tichi⁵ 

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forest Sciences and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, E-mail: h.aghajani@sanru.ac.ir

2- Prof., Department of Forest Sciences and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Associate Prof., Department of Microbiology, Faculty of Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

4- Instructor, Department of Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

5- Assistant Prof., Department of Applied Industries Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Received: 14.09.2025

Revised: 05.12.2025

Accepted: 07.12.2025

Abstract

Background and Objective: The Flord District represents a managed forest stand under the supervision of the Farim Wood and Paper Company, where three marking cycles have been conducted to date. Within a forest ecosystem, fallen deadwood functions as a microhabitat that plays a crucial role in shaping the species diversity and abundance of wood-inhabiting fungi. macro wood-inhabiting fungi occurring on fallen logs are among the primary and most effective decomposers within forest ecosystems. Owing to their distinct climatic characteristics, parts of the Hyrcanian forests of the northern Alborz region harbor not only a rich vegetation cover but also a highly diverse fungal flora. Identifying the wood-inhabiting fungal flora in each region provides valuable insights into the complexity of forest ecosystem biodiversity. The present study aims to investigate the abundance and species diversity of wood-inhabiting fungi on fallen beech logs and to examine their relationship with the volume of deadwood.

Methodology: Following preliminary forest surveys, sampling was conducted in the beech stands of the Flord District, Farim Forest (Pol Sefid, Mazandaran Province), located within an altitudinal range of 1200–1800 m a.s.l. A total of 15 fallen beech logs, randomly selected at intervals of more than 200 m apart, were examined. For the collection of macro wood-inhabiting fungi, whenever a fruiting body was observed, the specimen was carefully harvested in an intact, complete, and suitable form for morphological identification. All collected fungi were numbered, labeled, and transferred to the mycology laboratory for taxonomic determination based on macroscopic and microscopic features. The obtained data on species diversity were entered into SPSS v.16, where normality was assessed using the Kolmogorov–Smirnov test. Species diversity and clustering analyses were performed using individual-based and sample-based rarefaction curves in PAST software. To further evaluate species segregation, Principal Component Analysis (PCA) was applied. Rarefaction, as a statistical approach, estimates the expected number of species in a randomly drawn subsample of n individuals (where $n < N$), thereby providing an answer to the fundamental question of how many species are likely to occur in a given subsample. In addition, multivariate relationships among samples were visualized using the Convex Hulls method, which constructs a set of polygons enclosing the points within a dataset. Furthermore, ternary plots were

employed to display the relative distribution of three variables, where each variable is represented on one side of a triangular diagram, and their proportions determine the position of sample points.

Results: In total, 15 fallen beech logs were examined, yielding 26 species of macro fungi belonging to 22 genera and 16 families. Among these, *Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta*, *Bjerkandera adusta*, *Galerina autumnalis*, *Ganoderma lucidum*, and *Stereum hirsutum* were the most frequently encountered taxa, whereas *Crepidotus mollis*, *Ganoderma applanatum*, *Pluteus cervinus*, *Trametes gibbosa*, and *Tremella mesenterica* exhibited the lowest occurrence. Within this assemblage, the family Polyporaceae showed the strongest association with fallen beech logs, with deadwood volume estimated at 1.46 m³ per hectare in the managed beech stands of the Flord forest. Among the 26 identified wood-inhabiting fungal species, the families Polyporaceae, Phanerochaetaceae, Ganodermataceae, and Hymenochaetaceae were the most abundant, whereas Crepidotaceae, Pluteaceae, and Tremellaceae represented the least frequent taxa. Results of the PCA revealed that species diversity resulted in the segregation of fungi into two main groups, with only *Trametes versicolor* being distinctly separated from all other taxa, while the remaining species clustered within similar groups. Furthermore, the rarefaction analysis indicated that *T. versicolor* exhibited a different pattern compared with other fungi, and the response pattern of each species varied across different elevation.

Conclusion: One of the fundamental principles of close-to-nature silviculture is the retention of fallen deadwood within forest ecosystems. These elements contribute to the formation of diverse microclimates within habitats and influence the responses of living organisms to forest management practices and silvicultural systems. An assessment of the Flord managed forest revealed that, due to timber harvesting over the past three decades, the volume of fallen deadwood in this district is considerably lower compared with natural beech stands of the Hyrcanian forests in other regions. Fallen deadwood represents one of the most important habitat substrates for wood-inhabiting fungal flora, underscoring the increasing necessity of retaining them within managed forests. Therefore, it is recommended that sustainable forest management and conservation strategies pay special attention to the ecological role of fallen deadwood as a key habitat substrate for wood-inhabiting fungi. A purely economic perspective toward fallen deadwood may threaten natural regeneration processes and subsequent regeneration within the forest ecosystem cycle.

Keywords: Forest protection, forest management, conservation, Hyrcanian forests.

رابطه حجم خشک‌دار افتاده راش با فراوانی و تنوع گونه‌ای قارچ‌های چوب‌زی در جنگل مدیریت‌شده فلورد پل سفید

حامد آقاجانی^{۱*}، حمید جلیوند^۲، سلمان احمدی اسب‌چین^۳، احسان باری^۴ و علی حسن‌پور تیچی^۵

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیک: h.aghajani@sanru.ac.ir

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- دانشیار، گروه میکروبیولوژی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۴- مربی، گروه علوم مهندسی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

۵- استادیار، گروه صنایع کاربردی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: سری فلورد از جنگل‌های مدیریت‌شده شرکت چوب و کاغذ فریم می‌باشد که تاکنون سه دوره نشانه‌گذاری در آن انجام شده است. در یک بوم‌سازگان جنگل، خشک‌دارهای افتاده به‌عنوان یک خردزیستگاه شناخته می‌شوند که حضور آنها نقش مهمی در تنوع گونه‌ای و فراوانی قارچ‌های چوب‌زی دارند. قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی موجود بر روی خشک‌دار افتاده، ازجمله تجزیه‌کنندگان اصلی و مؤثر در بوم‌سازگان جنگل محسوب می‌شوند. بخش‌هایی از جنگل‌های شمال البرز به‌دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی متفاوت، افزون‌بر پوشش گیاهی غنی، از فلور قارچی متنوعی نیز برخوردار می‌باشد. شناسایی فلور قارچ‌های تجزیه‌کننده چوب در هر منطقه می‌تواند ما را در درک بهتر تنوع بوم‌سازگان پیچیده جنگل یاری کند. هدف این پژوهش، بررسی فراوانی و تنوع گونه‌ای قارچ‌های چوب‌زی بر روی خشک‌دارهای افتاده راش و ارتباط آن با حجم خشک‌دار افتاده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق در رویشگاه مورد مطالعه بعد از انجام جنگل‌گردشی‌های مقدماتی در راشستان‌های جنگل سری فلورد جنگل فریم شهرستان پل سفید، در دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، به‌طور تصادفی از ۱۵ خشک‌دار افتاده به فاصله بیشتر از ۲۰۰ متر از یکدیگر نمونه‌برداری به‌عمل آمد. به‌منظور جمع‌آوری نمونه قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی در هر مورد به‌دنبال مشاهده نمونه قارچی، هر نمونه به شکل سالم، کامل و مناسب برای شناسایی براساس خصوصیات ریخت‌شناسی برداشت شد. تمامی قارچ‌های چوب‌زی شماره‌گذاری و جمع‌آوری شدند و برای شناسایی ریخت‌شناسی به آزمایشگاه قارچ‌شناسی منتقل گردیدند. داده‌های به‌دست‌آمده مربوط به تنوع گونه‌ای وارد نرم‌افزار Spss16 شدند و نرمال‌بودن آن‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگروف- اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفتند. برای تحلیل تنوع گونه‌ای و خوشه‌بندی قارچ‌ها، از روش منحنی ریرفکشن (فردی و جمعی) با نرم‌افزار Past استفاده شد و به‌منظور تفکیک‌پذیری گونه‌ها، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز بهره گرفته شد. ریرفکشن، روشی آماری برای برآورد تعداد گونه‌های موردانتظار از یک مجموعه افراد انتخاب‌شده به‌طور تصادفی در یک نمونه است. این روش به پرسش اساسی پاسخ می‌دهد که اگر یک نمونه شامل n فرد باشد ($n < N$)، چه تعداد گونه احتمالاً در آن وجود دارد. افزون‌براین، با استفاده از روش Convex Hulls یا بدنه‌های محدب؛ یعنی بسته‌ای از اضلاع که نقاط مشترک درون آن قرار می‌گیرند، می‌توان روابط سه‌متغیره را برحسب نمونه‌ها استخراج کرد. نمودار مثلثی Ternary Plot نیز با قراردادن یک متغیر بر روی هر ضلع و نمایش آن‌ها برحسب درصد و نسبت به یکدیگر، پراکنش نقاط را در قالب یک سه‌ضلعی آشکار می‌کند.

نتایج و یافته‌ها: درمجموع، ۱۵ خشک‌دار افتاده بررسی شد و ۲۶ گونه قارچ ماکروسکوپی از ۲۲ جنس و ۱۶ خانواده تشکیل شده

است که قارچ‌های *Ganoderma lucidum*, *Galerina autumnalis*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes hirsuta*, *Trametes versicolor*

و *Stereum hirsutum* به ترتیب بیشترین فراوانی و گونه‌های *Pluteus cervinus*, *Ganoderma applanatum*, *Crepidotus mollis* و *Trametes gibbosa* کمترین فراوانی را داشتند. در میان آنها، خانواده Polyporaceae بیشترین ارتباط را با خشک‌دار افتاده راش نشان داد و حجم خشک‌دار در راشستان‌های جنگل‌های مدیریت‌شده فلورد برابر با ۱/۴۶ مترمکعب در هکتار برآورد شد. از میان ۲۶ گونه قارچ چوب‌زی شناسایی‌شده، نتایج نشان داد که خانواده‌های Polyporaceae, Phanerochaetaceae, Hymenochaetaceae و Ganodermataceae دارای بیشترین فراوانی بوده‌اند، درحالی‌که خانواده‌های Crepidotaceae, Pluteaceae و Tremellaceae کمترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که تنوع گونه‌ای موجب تفکیک قارچ‌ها به دو گروه اصلی گردید و تنها گونه قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) از سایر گونه‌ها متمایز بود، درحالی‌که بقیه گونه‌ها در گروه‌های مشابه قرار گرفتند. افزون‌براین، نتایج حاصل از روش ریرفکشن نشان داد که قارچ رنگین‌کمان رفتاری متفاوت نسبت به سایر قارچ‌ها داشته و الگوی پاسخ هریک از این گونه‌ها در ارتفاعات مختلف نیز متفاوت بوده است.

نتیجه‌گیری: یکی از اصول جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، باقی‌گذاشتن خشک‌دارها در جنگل است؛ زیرا این عناصر موجب ایجاد ریزاقليم‌های متنوع در زیستگاه شده و پاسخ موجودات زنده به مدیریت جنگل و شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بررسی مدیریت جنگل فلورد نشان داد که با برداشت درختان در سه دهه گذشته، حجم خشک‌دارهای افتاده در این سری نسبت به راشستان‌های طبیعی جنگل‌های هیرکانی در سایر مناطق کمتر است. خشک‌دارهای افتاده به‌عنوان یکی از مهمترین بسترهای زیستگاهی فلور قارچ‌های چوب‌زی شناخته می‌شوند و ضرورت توجه به نگهداشت آنها بیش‌ازپیش احساس می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود، در مدیریت پایدار و حفاظت جنگل، به نقش خشک‌دارهای افتاده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بسترهای زیستگاهی فلور قارچ‌های چوب‌زی توجه ویژه شود. نگاه فقط اقتصادی به خشک‌دارها می‌تواند موجب آسیب به روند تجدید حیات طبیعی و زادآوری‌های بعدی در چرخه بوم‌سازگان جنگل گردد.

واژه‌های کلیدی: حمایت جنگل، مدیریت جنگل، حفاظت، جنگل هیرکانی.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی بر روی دامنه‌های شمالی البرز قرار گرفته‌اند و دارای نظام‌های متنوع زمین‌ریختی هستند که ساختار و ترکیب توده‌های جنگلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از سوی دیگر، با توجه به رویکردهای حفاظتی مدیریت جنگل‌ها و نیز نقش خشک‌دارها در حفظ تنوع زیستی، آگاهی از عوامل اثرگذار بر پوسیدگی و تجزیه خشک‌دار در جنگل می‌تواند مدیران بخش جنگل را در تدوین برنامه‌های مدیریت جنگل یاری دهد (Sefidi, 2019). میزان خشک‌دار در یک جنگل بستگی به رویشگاه، مرحله تکاملی (توالی)، حجم سرپا و تنوع گونه‌های درختی دارد (Marvie, 2011; Mohadjer, 2011) و شیوه‌های مدیریت جنگل بر فلور جوامع قارچ تأثیر می‌گذارند و ممکن است باعث کاهش فراوانی و تنوع قارچ‌های چوب‌زی شوند (Aghajani et al., 2016; Stokland & Larson, 2011). در بین شکل‌های مختلف خشک‌دارها، خشک‌دارهای افتاده بیشترین غنای

گونه‌های قارچ‌های چوب‌زی را به خود اختصاص می‌دهند که علت آن داشتن سطح وسیع برای کلونیزه‌کردن [سکونت تجمعی] قارچ‌ها و حجم زیاد درختان در حال پوسیدن و ناهمگنی پوسیدگی در بخش‌های مختلف است که میزبان گونه‌های متفاوتی از قارچ‌ها می‌شود (Heilmann-Clausen, 2003; Christensen, 2003).

قارچ‌ها مؤثرترین و فراوان‌ترین تجزیه‌کنندگان چوب هستند (Embacher et al., 2023). قارچ‌های کلاهک‌دار یا به‌عبارتی قارچ‌های ماکروسکوپی با اندام‌های بارده (اسپوروکارپ) مشخص تعریف می‌شوند که به اندازه کافی بزرگ هستند که با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند و می‌توان آن‌ها را با دست برداشت کرد (Mandic et al., 2018). قارچ‌های خشک‌دار یکی از ارکان‌های اصلی چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جهانی، ازجمله چرخه کربن هستند (Lustenhauer et al., 2020; Maki et al., 2021). در مقیاس محلی، عواملی مانند گونه میزبان (Leonhardt et

در بوم‌سازگان جنگل پیشنهاد دادند. خشک‌دارها خردزیستگاهی هستند که فراوانی آن‌ها در بین جنگل‌ها بسیار متفاوت است. برخی از انواع درختان زیستگاهی مانند درختان قطور توخالی یا درختان دارای غده‌های متورم در دوره زمانی بلندمدت ایجاد می‌شوند، به‌طوری‌که لازم است در حفظ و نگهداری آن‌ها (Sefidi, 2018) و حفاظت از تنوع زیستی جنگل مورد توجه قرار گیرند (Sefidi & Sadeghi, 2020).

جامعه قارچی در خشک‌دارها بسیار متنوع هستند و توسط عوامل متعددی شکل می‌گیرند. به‌طورکلی، مجموعه گونه‌های منطقه‌ای توسط اقلیم و تغییر چشم‌انداز طبیعت تعیین می‌شود، که هم به فرایندهای پراکندگی پس از یخبندان و هم به تاریخچه اخیر، از دست دادن و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها که توسط استفاده انسان تعیین می‌شود، مربوط می‌شود (Ordynets et al., 2018; Runnel et al., 2021). این قارچ‌ها به تجزیه چوب‌ها کمک می‌کنند تا چرخه مواد گیاهان مرده در بوم‌سازگان‌های جنگلی را تسریع کنند (Yerisetouw et al., 2023). قارچ‌ها عموماً با تبدیل چوب‌های مرده به مواد آلی خاک در حفظ حاصلخیزی خاک بوم‌سازگان‌های جنگلی، تنظیم چرخه کربن و حمایت از تنوع زیستی با تبدیل خشک‌دار به مواد آلی خاک نقش دارند (Edman et al., 2021; Lepinay et al., 2021). قارچ‌های ساکن چوب بر روی بسترهای مختلف، خشک‌دار، تنه‌های افتاده، کنده‌ها، شاخه‌ها و شاخه‌های کوچک رشد می‌کنند. برخی از آن‌ها در تجزیه انواع خاصی از خشک‌دارها تخصص بیشتری دارند و گونه‌های قارچی مختلف ممکن است در مراحل مختلف پوسیدگی چوب ظاهر شوند و اندام بارده برخی از آنها، غذای برخی از موجودات زنده را فراهم می‌کنند (Zhao et al., 2024). بنابراین هدف از این پژوهش، شناسایی قارچ‌های چوب‌زی موجود بر روی خشک‌دار افتاده راش در سری فلورد و بررسی حجم خشک‌دار افتاده و ارتباط آن با تنوع گونه‌ای و فراوانی قارچ‌های چوب‌زی بود.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

(Moll et al., 2021; al., 2019)، حجم خشک‌دار (Holec, 2020) (Aghajani et al., 2020)، عامل مرگ و نوع بستر (Uhl et al., 2022; Kučera, 2020) (&)، شرایط ریزاقليمی (Krah et al., 2018; Aghajani et al., 2014)، مدیریت جنگل (Aghajani et al., 2016) در پالایه کردن (فیلترکردن) و به‌وجود آمدن جوامع منطقه‌ای قارچ نقش دارند. بدون وجود آن‌ها، چرخه مواد و جریان‌های انرژی محقق نمی‌شود و کل چرخه بوم‌سازگان آسیب می‌بیند (Alshammari et al., 2021). قارچ‌های پوساننده چوب، از طریق ترشح آنزیم‌های اختصاصی منجر به شکست پیوندهای پلیمرهای تشکیل‌دهنده شیمیایی در دیواره سلولی چوب شده (Bari et al., 2020) و یا با تغذیه از دیگر مواد کربوهیدراتی موجود در سلول‌های چوبی مانند نشاسته و پروتئین‌ها منجر به بروز آسیب‌های متعددی در ساختار چوب می‌شوند که به شکل‌های مختلف خود را نشان می‌دهند (Schwarze, 2007; Bari et al., 2015). فاکتور درجه پوسیدگی خشک‌دار و اندازه آن بر تنوع قارچ‌های ماکروسکوپی مؤثر است و به تبع حضور این قارچ‌ها در حفظ سلامت و تنوع زیستی در اکوسیستم جنگل نقش دارند (Sefidi & Mohammadi, 2008). با وجود اهمیت اقتصادی و بوم‌شناختی زیاد، قارچ‌های خشک‌دار به‌طور فزاینده‌ای توسط فعالیت‌های انسانی و تغییرات شدید محیطی تهدید می‌شوند (Adeniyi et al., 2018). Borhani و همکاران (۲۰۱۴) به شناسایی قارچ‌های ماکروسکوپی توده‌های راش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ۵۷ گونه بر روی چوب زیست می‌کردند که بیشتر آن‌ها بر روی کنده و تنه‌های افتاده خشک بوده‌اند. Habashi و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر خشک‌دار راش و تنوع ماکروفون در جنگل مدیریت‌شده دکتر بهرام‌نیا گرگان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزون‌بر عامل شیب دامنه و ارتفاع از سطح دریا، خشک‌دار نیز نقش مهمی در پراکنش تنوع ماکروفون‌ها دارد. Muller و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تنوع گونه‌ها در جنگل‌های هیرکانی پرداختند و نشان دادند که ۱۳۴ گونه سوسک چوب‌خوار بر روی خشک‌دار افتاده زندگی می‌کنند که نشان از اهمیت وجود خشک‌دار افتاده دارد و حفظ آن را

و مرطوب دارد. جهت عمومی شیب در جنگل‌های سری فلورد، شمالی و شمال غربی و متوسط شیب حدود ۱۵ درصد است. عمده درختان غالب در منطقه راش هستند و گونه‌های همراه آن را توسکا بیلاقی، ممرز، گیلاس جنگلی و پلت تشکیل می‌دهند ([Anonymous, 2010](#)).



این پژوهش در سری فلورد جنگل‌های چوب و کاغذ فریم استان مازندران، در قسمت جنوب شرقی شهر پل سفید با مختصات طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵ دقیقه انجام شد. ارتفاع از سطح دریا این سری بین ۱۲۰۰ تا ۱۹۰۰ متر است (شکل ۱). براساس روش آمبرژه، اقلیم سرد



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در سری فلورد جنگل فریم شهرستان پل سفید

Fig. 1. Location of the study area in the flord district of the Farim forest, Pol Sefid county

به آزمایشگاه به منظور حذف آلودگی‌های قارچی، حشره‌ای و کنه‌ای به مدت حداقل دو هفته در فریزر ۲۰- نگهداری شدند. کلیه نمونه‌های جمع‌آوری شده در آزمایشگاه قارچ‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مورد مطالعات میکروسکوپی و ماکروسکوپی قرار گرفتند. به منظور اندازه‌گیری اندام‌های میکروسکوپی از هریک از این اندام‌ها، ۲۰ عدد با استفاده از میکروسکوپ دارای عدسی مدرج اندازه‌گیری شد. در نهایت به منظور تشخیص آرایه‌های مختلف قارچی، با در نظر گرفتن هر دو ویژگی ماکروسکوپی و میکروسکوپی و با استفاده از منابع مختلف ([Ryvarden](#) ۱۹۹۱)، ([Gilbertson](#) ۱۹۹۳)، ([Gilbertson](#) و [Ryvarden](#) ۱۹۹۶)، ([Kirk](#) و همکاران ۲۰۰۱) و ([Ryvarden](#) و [Eriksson](#) ۱۹۷۵) شناسایی انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای مقایسه تعیین تنوع گونه‌ای قارچ‌ها از نرم‌افزار

روش نمونه برداری

در رویشگاه مورد مطالعه بعد از انجام جنگل‌گردشی‌های مقدماتی در راشستان‌های جنگل سری فلورد جنگل فریم شهرستان پل سفید، در دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، به طور تصادفی از ۱۵ خشک‌دار افتاده به فاصله بیشتر از ۲۰۰ متر از یکدیگر نمونه برداری به عمل آمد ([Aghajani et al., 2023](#)). به منظور جمع‌آوری نمونه قارچ‌های ماکروسکوپی چوب‌زی در هر مورد به دنبال مشاهده نمونه قارچی، هر نمونه به شکل سالم، کامل و مناسب برای شناسایی براساس خصوصیات ریخت‌شناسی برداشت شد.

مشخصات آزمایشگاهی قارچ‌های چوب‌زی

برخی مشخصات قارچ‌ها که فاقد ثبات لازم بود و با گذشت زمان به تدریج تغییر می‌کنند شامل ویژگی‌های رنگ، شکل، اندازه و تزئینات سطحی کلاهک، پایه و تیغه‌ها یادداشت شد. نمونه‌های قارچی جمع‌آوری شده پس از انتقال

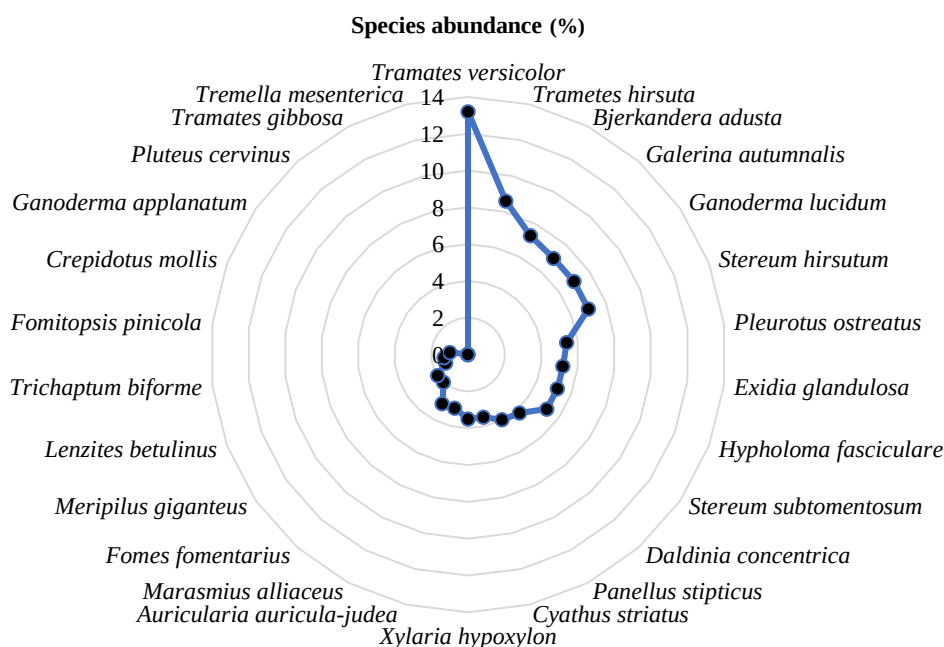
مقایسه‌های غنی‌سازی مبتنی بر پوشش بدون سوگیری کمتری بین جوامع ارائه می‌دهد و این کار را با تلاش نمونه‌گیری کلی کمتری مدیریت می‌کند. هنگامی که این رویکرد با یک قانون توقف مبتنی بر پوشش تطبیقی در طول نمونه‌گیری ادغام می‌شود، نمونه‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم بدون رقیق‌سازی مقایسه شوند، بنابراین هیچ داده اضافی گرفته نمی‌شود و هیچ داده‌ای دور ریخته نمی‌شود. حتی اگر این قانون توقف در طول جمع‌آوری داده‌ها استفاده نشود، رقیق‌سازی مبتنی بر پوشش داده‌های کمتری را نسبت به رقیق‌سازی مبتنی بر اندازه سنتی دور می‌ریزد و رتبه‌بندی صحیح جوامع را براساس غنای واقعی آنها به‌طور کارآمدتری پیدا می‌کند. چندین نمونه فرضی و واقعی این مزایا را نشان می‌دهند (Chao & Jost, 2012). روش ریرفکشن این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان با تعداد نمونه‌های کم هم مقایسه را در جوامع مختلف میکروبی و تنوع قارچی در مطالعات به کار برد (Schloss, 2024). ریرفکشن، یک روش آماری برای تخمین تعداد گونه‌های موردانتظار از یک مجموعه افراد انتخاب‌شده به‌طور تصادفی در یک نمونه است. این روش به این پرسش پاسخ می‌دهد که اگر یک نمونه شامل n فرد باشد ($n < N$)، چه تعداد گونه (s) احتمالاً در آن وجود دارد. همچنین با روش کونوکس هولز (بدنه‌های محدود) یا بسته‌شدن اضلاعی که نقاط مشترک در آن جای می‌گیرند می‌توان روابط سه‌متغیره را برحسب نمونه‌ها به‌دست آورد. شکل مثلثی (Ternary Plot) که در هر ضلع یک متغیر نوشته شده و برحسب درصد و نسبت هریک به دیگری در روی اضلاع ابر نقاط سه‌ضلعی را آشکار می‌سازد (Howarth, 1996).

نتایج

نتایج به‌دست آمده نشان داد، ۲۶ گونه قارچ ماکروسکوپی از ۲۲ جنس و ۱۶ خانواده تشکیل شده است که قارچ‌های *Trametes versicolor*، *Trametes hirsuta*، *Galerina autumnalis*، *Bjerkandera adusta* و *Ganoderma lucidum* به ترتیب بیش‌ترین فراوانی و گونه‌های *Crepidotus mollis*،

PAST استفاده شد (Hammer & Harper, 2001). داده‌های مربوط به تنوع گونه‌ای وارد نرم‌افزار Spss16 شد و نرمال‌بودن کلیه داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف بررسی گردید. در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش منحنی ریرفکشن استفاده شده است. مفهوم ریرفکشن (رقیق‌سازی = کم کردن با کم بودن نمونه‌ها) روشی است که تغییرات در اندازه کتابخانه کلون‌های متاژنومیک در نمونه‌ها را تنظیم می‌کند تا به مقایسه تنوع آلفا کمک کند. رقیق‌سازی شامل انتخاب تعداد مشخصی از نمونه‌هاست که برابر یا کمتر از تعداد نمونه‌های موجود در کوچک‌ترین نمونه هستند و بعد حذف تصادفی خوانش‌ها از نمونه‌های بزرگ‌تر تا زمانی که تعداد نمونه‌های باقی‌مانده به آستانه برسد. با استفاده از زیرنمونه‌های با اندازه برابر، می‌توان معیارهای تنوع را برای مغایرت با اکوسیستم‌ها را محاسبه کرد که مستقل از اختلاف در اندازه نمونه‌هاست. رقیق‌سازی محاسبه‌شده توسط نمودار خطی نشان داده می‌شود. منحنی رقیق‌سازی نه تنها به پوشش نمونه می‌پردازد، بلکه نشان می‌دهد که آیا عمق نمونه‌برداری برای تخمین تنوع کافی بوده است یا خیر. یک منحنی نشان می‌دهد که عمق نمونه‌برداری کافی به اشباع می‌رسد، درحالی‌که یک نمودار صعودی نشان‌دهنده عمق نمونه‌برداری ناکافی است. از بسته‌های Past، Mothur و R برای تولید منحنی رقیق‌سازی استفاده می‌شود. در این تحقیق ما یک روش نمونه‌گیری، کمبود و برون‌یابی یکپارچه را برای مقایسه غنای گونه‌ای مجموعه‌ای از جوامع براساس نمونه‌هایی با کامل بودن برابر (که با پوشش نمونه اندازه‌گیری می‌شود) به جای اندازه برابر انجام شده است. رقیق‌سازی سنتی یا برون‌یابی به نمونه‌های با اندازه مساوی می‌تواند روابط بین غنای جوامع مورد مقایسه را نادرست نشان دهد، زیرا یک نمونه با اندازه معین ممکن است برای توصیف کامل جامعه با تنوع کمتر کافی باشد، اما برای توصیف جامعه غنی‌تر کافی نباشد. بنابراین، روش سنتی به‌طور سیستماتیک درجه تفاوت بین غنای جوامع را سوگیری می‌کند. یک روش تحلیلی جدید برای رقیق‌سازی و برون‌یابی مبتنی بر پوشش یکپارچه استخراج شده است و نشان می‌دهد که این روش

فراوانی را داشتند (شکل ۲). *Pluteus cervinus*, *Ganoderma applanatum*, *Tremella mesenterica* و *Trametes gibbosa* کم‌ترین

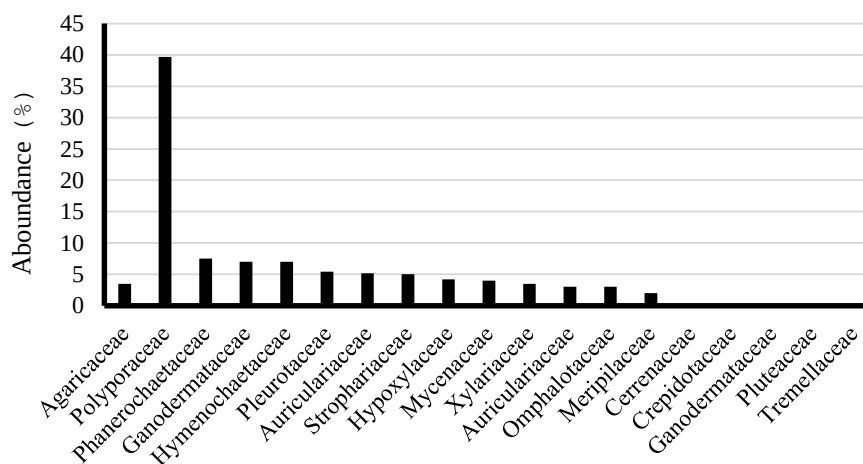


شکل ۲- گونه‌های قارچی شناسایی شده بر روی خشک‌دار افتاده راش

Fig. 2. Fungal species identified on fallen beech logs

ارتباط حجم خشک‌دار افتاده با فراوانی قارچ‌ها
نتایج نشان داد، میانگین حجم خشک‌دار افتاده در منطقه
موردبررسی، ۱/۴۶ مترمکعب در هکتار بوده است. توزیع
فراوانی برحسب هر خشک‌دار (۱۵ نمونه برداشتی) برحسب
ارتفاع از سطح دریا از ۱۲۰۰ متر تا ۱۸۰۰ متر در جدول ۱
نشان داده شده است.

بررسی ۲۶ گونه قارچ چوب‌زی شناسایی شده نتایج
نشان داد، خانواده Polyporaceae، Phanerochaetaceae،
Ganodermataceae و Hymenochaetaceae بیش‌ترین فراوانی و خانواده
Crepidotaceae، Pluteaceae و Tremellaceae کم‌ترین
فراوانی را داشته‌اند (شکل ۳).



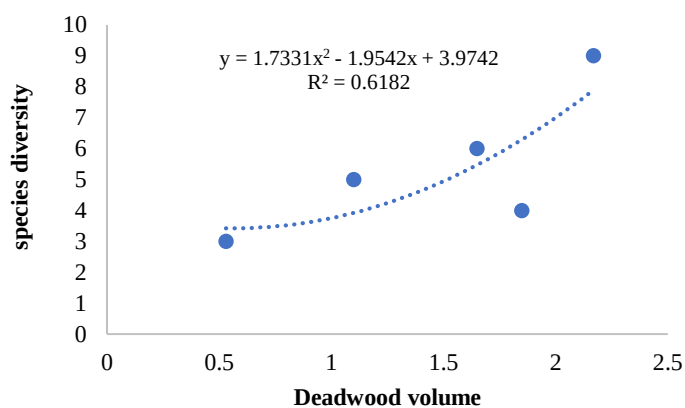
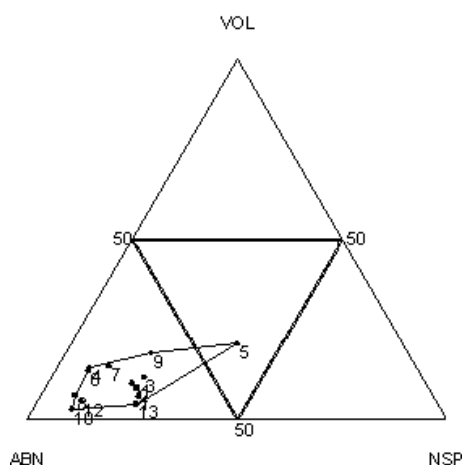
شکل ۳- خانواده قارچ‌های شناسایی شده بر روی خشک‌دار افتاده راش

Fig. 3. Fungal families identified on fallen beech logs

جدول ۱- مشخصات حجم خشک‌دار افتاده (مترمکعب در هکتار)

Table 1. Characteristics of log volume (m^3/ha)

Plot	Altitude (m)	Abundance of fungi	deadwood Volum (m^3/ha)
1	1200	24	2.2
2	1240	16	2
3	1250	3	0.53
4	1290	10	1.85
5	1330	1	0.53
6	1410	10	1.7
7	1495	6	1.2
8	1515	0	0.9
9	1565	21	1.65
10	1570	6	1.81
11	1610	66	1.2
12	1680	14	2
13	1720	0	1.1
14	1740	32	1.9
15	1800	9	0.53

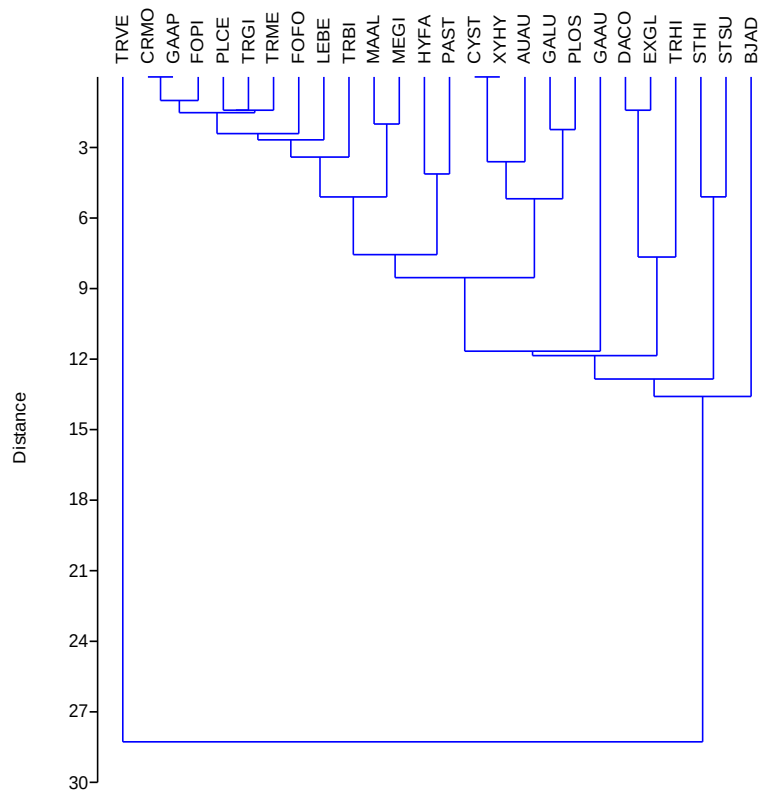


شکل ۴- ارتباط حجم خشک‌دار افتاده با فراوانی قارچ‌ها و تنوع گونه‌ای

Fig. 4. Relationship between fallen deadwood volume and fungal abundance and species diversity

شده است. همچنین، تجزیه با مؤلفه‌ها تفاوت حضور قارچ‌ها، برای ارتفاعات مختلف ارتفاع از سطح دریا در ۱۵ خشک‌دار با حجم متفاوت را نشان داد. این نتایج نشان داد، فقط قارچ رنگین‌کمان *Trametes versicolor* از سایر گونه‌ها متفاوت بود و بقیه جزو گروه‌های مشابه بوده‌اند و اختلاف آن‌ها در شکل ۵ مشخص شده است.

نتیجه مطالعه شکل ۴ نشان داده است، با افزایش حجم خشک‌دار، تنوع گونه‌ای و فراوانی افزایش پیدا می‌کند. همچنین، نتیجه پژوهش اثر فراوانی قارچ‌ها با حجم خشک‌دار افتاده در شکل ۵ مشخص شده است که تفاوت‌ها و شباهت‌های قارچ را نشان می‌دهد. تجزیه در نرم‌افزار PAST به روش وارد و با استفاده از کمترین فاصله اقلیدسی انجام

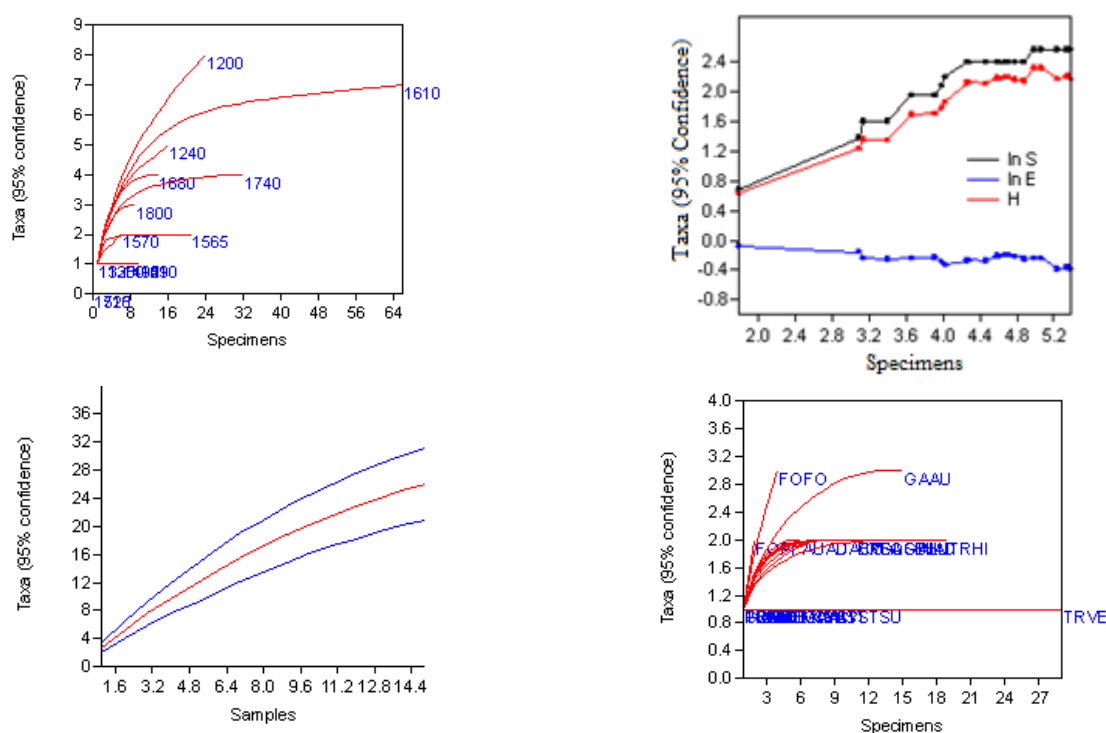


شکل ۵- تجزیه خوشه و تشخیص پراکنش قارچ‌های چوب‌زی در دو عامل گروه گونه‌های قارچ

Fig. 5. Cluster analysis and distribution of wood-inhabiting fungi based on two fungal species group factors

چپ). شکل ریرفکشن (پایین سمت چپ) حدود اعتماد در طرفین منحنی نمونه (رنگ قرمز)، تعداد گونه‌های قارچ شناسایی شده در ارتفاعات مختلف جنگل را نشان می‌دهد.

همچنین نتایج ریرفکشن شکل ۶ (پایین سمت راست) گونه‌های قارچ با توجه به گونه‌های شناسایی شده در ارتفاعات مختلف جنگل به صورت انفرادی نشان می‌دهد، قارچ رنگین کمان رفتاری متفاوت با بقیه قارچ‌ها دارد و پاسخ هریک از آن‌ها در ارتفاعات مختلف متفاوت است (بالا سمت



شکل ۶- نتایج ریرفکشن قارچ‌های چوب‌زی از جنبه فراوانی با توجه به انتخاب تصادفی نمونه‌های خشک‌دار در ارتفاع از سطح دریا (بالا سمت چپ)، سهم نسبی غنا (Ln S)، یکنواختی (Ln E) و تنوع (H) (بالا سمت راست)، سهم نسبی کلی گونه‌ها در اجتماع قارچ‌ها (پایین سمت چپ) و نسبت‌های قارچ چوب‌زی به آرایه‌ها (پایین سمت راست)

Fig. 6. Rarefaction results of wood-inhabiting fungi based on abundance (top left), species sample size (top right), sample-to-taxa ratio (bottom left), and wood-inhabiting fungi-to-taxa ratios (bottom right).

بحث

Fomes و *Trichaptum* بیش‌ترین فراوانی را داشتند که نتایج این پژوهش با بیشترین فراوانی قارچ *Trametes* همخوانی دارد. [Bari](#) و همکاران (۲۰۲۱) در جنگل علمدارده ساری به این نتیجه رسیدند که فراوانی *Fomes* و *Trametes* بیشتر از بقیه قارچ‌ها بود. در پژوهش [Buba](#) و همکاران (۲۰۲۴) در منطقه حفاظت‌شده یانکاری نیجریه، قارچ *Trametes pubescens* فراوان‌ترین قارچ منطقه مورد مطالعه بوده است که نشان‌دهنده فراوان بودن جنس *Trametes* می‌باشد و با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. [Borhani](#) و همکاران (۲۰۱۴) در توده‌های راش به این نتیجه رسیدند که از ۵۷ گونه چوب‌زی، قارچ رنگین‌کمان *Trametes versicolor* بیش‌ترین فراوانی را داشته است.

نتایج به‌دست آمده نشان داد، ۲۶ گونه قارچ ماکروسکوپی از ۲۲ جنس و ۱۶ خانواده تشکیل شده است که قارچ‌های *Trametes hirsuta*, *Trametes versicolor*, *Galerina autumnalis*, *Bjerkandera adusta*, *Stereum hirsutum* و *Ganoderma lucidum* بیش‌ترین فراوانی و گونه‌های *Crepidotus mollis*, *Pluteus cervinus*, *Ganoderma applanatum* و *Tremella mesenterica* کم‌ترین فراوانی را داشتند (شکل ۲). [Abyavi](#) و همکاران (۲۰۱۷) قارچ ماکروسکوپی را در راشستان‌های جنگل نوشهر شناسایی کردند و نشان دادند که قارچ‌های *Trametes*

نتایج شناسایی ۲۶ گونه قارچ چوبزی نشان داد، خانواده Polyporaceae، Phanerochaetaceae، Ganodermataceae و Hymenochaetaceae بیشترین فراوانی و خانواده Crepidotaceae، Pluteaceae و Tremellaceae کمترین فراوانی را داشته‌اند (شکل ۳). در پژوهش [Armadhan](#) و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی تنوع زیستی قارچ‌های ماکروسکوپی جنگل اندونزی ۳۴ گونه از ۲۲ جنس و ۱۸ خانواده شناسایی شد که خانواده Polyporaceae جزو بیشترین فراوانی بوده است و با نتایج ما همخوانی دارد. [Ranjbar](#) و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش در جنگل گیلان به بررسی تنوع و فراوانی قارچ‌های ماکروسکوپی جنگل اسالم گیلان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که خانواده Polyporaceae بیشترین فراوانی را داشت که با نتایج این بررسی همخوانی دارد.

نتایج نشان داد، میانگین حجم خشک‌دار افتاده در سری فلورد که یکی از بخش‌های مدیریت شده بوده، ۱/۴۶ مترمکعب در هکتار است که نشان‌دهنده پایین بودن حجم خشک‌دار افتاده و به تبع آن، کمتر بودن فراوانی قارچ و تنوع گونه‌ای در این بخش است. درحالی‌که حجم خشک‌دارها معمولاً در جنگل‌های مدیریت شده که بیشتر چوب آنها برداشت می‌شود، کم است ولی در جنگل‌های طبیعی می‌تواند بسیار زیاد باشد ([Kral et al., 2010](#); [Stokland et al., 2012](#); [Baldrian et al., 2016](#)). خشک‌دارهای افتاده بیشترین غنای گونه‌های قارچ‌های چوبزی را به خود اختصاص می‌دهند که علت آن داشتن سطح وسیع برای کلونیزه کردن قارچ‌ها و حجم زیاد درختان در حال پوسیدن و ناهمگنی پوسیدگی در بخش‌های مختلف است که میزبان گونه‌های متفاوتی از قارچ‌ها می‌شود ([Heilmann-Clausen & Christensen, 2003](#); [Holec & Kučera, 2020](#); [Holec et al., 2020](#)). البته اهمیت خشک‌دارها برای تنوع زیستی و عملکرد بوم‌سامانه (یعنی ذخیره طولانی مدت کربن و چرخه مواد مغذی) به تازگی توسط مدیران جنگل به رسمیت شناخته شده است ([Yang et al., 2021](#)). درحالی‌که خشک‌دارها اغلب قبل از دهه ۱۹۸۰ برای کاهش شیوع

حشرات و آفات از جنگل‌ها حذف می‌شدند، از دهه ۲۰۰۰ بیشتر در جنگل باقی گذاشته شده‌اند، که در جنگل‌های اروپا منجر به افزایش میانگین حجم خشک‌دارها از حدود ۸ (۱۹۹۰) به حدود ۱۰ مترمکعب (۲۰۱۵) در هکتار شده است ([Forest Europe, 2020](#)). بااین حال، تاکنون بیشترین تأکید بر کمیت به جای کیفیت خشک‌دارها بوده است ([Lindenmayer & Laurance 2017](#); [Vítková et al., 2018](#)). در جدیدترین پژوهش‌ها، شرایط محیطی و حضور خشک‌دار نقش مهمی در تنوع زیستی قارچ‌های چوبزی دارد ([Pietras et al., 2025](#)). این یافته با یافته‌های بسیاری از مطالعات قبلی مطابقت داشت که گزارش می‌دادند توزیع گونه‌های قارچ‌های پوسیدگی چوب به خشک‌دار، گونه درخت، سن درخت و تیپ جنگل بستگی دارد ([Suominen et al., 2019](#); [Ding et al., 2020](#); [Zhao et al., 2024](#); [Buba et al., 2024](#)). بنابراین حجم خشک‌دار می‌تواند بر فراوانی و تنوع قارچ‌ها تأثیر بگذارد. تنه بزرگ‌تر حاوی مقدار بیشتری مواد مغذی موردنیاز برای رشد قارچ و برای مدت زمان طولانی‌تری است. بنابراین، تنه‌های بزرگ‌تر (حجم بیشتر) به دلیل توانایی طولانی مدت در تأمین منابع برای رشد قارچ‌ها، می‌توانند تنوع زیستی و فراوانی قارچی بیشتری نسبت به تنه‌های کوچک‌تر داشته باشند ([Lepinay et al., 2021](#); [Yang et al., 2021](#)). مدیران جنگل، به‌ویژه در منطقه حفاظت‌شده، باید حفاظت از انواع مختلف پوشش گیاهی، بقایای خشک‌دار و گونه‌های درختی را در نظر بگیرند تا از حفاظت موفقیت‌آمیز از تنوع قارچ‌های موجود بر روی خشک‌دار اطمینان حاصل شود ([Buba et al., 2024](#)).

نتیجه پژوهش اثر فراوانی قارچ‌ها با حجم خشک‌دار افتاده در شکل ۵ مشخص شده است که تفاوت‌ها و شباهت‌های قارچ را نشان می‌دهد. تجزیه در نرم‌افزار PAST به روش وارد و با استفاده از کمترین فاصله اقلیدسی انجام شده است. نتایج نشان داد که تجزیه با مؤلفه‌ها تفاوت حضور قارچ‌ها برای ارتفاعات مختلف ارتفاع از سطح دریا را در ۱۵ خشک‌دار با حجم متفاوت نشان داد. این نتایج نشان داد، فقط قارچ رنگین‌کمان *Trametes versicolor* از سایر گونه‌ها

خشک‌دارهای افتاده موجود در سری فلورد به نسبت راشستان‌های طبیعی جنگل‌های هیرکانی مناطق دیگر شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، در مدیریت حفاظت و پایدار جنگل، خشک‌دارهای افتاده که یکی از مهم‌ترین بسترهای زیستگاهی فلور قارچ‌های چوب‌زی هستند، بیش‌ازپیش موردتوجه شرایط اکولوژیکی قرار گیرد، زیرا نگاه اقتصادی به خشک‌دارها، باعث آسیب به تجدید حیات و زادآوری‌های بعدی چرخه بوم‌سازگان جنگل می‌شود.

References

- Abyavi, N., Marvi Mohajer, M.R., Etemad, V., and Asef, M., 2017. The relationship between abundance of wood macrofungi on beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and physiographic factors (Case study: Kheyroud forest, Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 14(2): 77-85 (In Persian). [10.22092/IJFRPR.2017.109522](https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2017.109522)
- Adeniyi, M., Odeyemi, Y., and Odeyemi, O., 2018. Ecology, diversity and seasonal distribution of wild mushrooms in a Nigerian tropical forest reserve. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(1): 285-295. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190139>.
- Ali MosaZadeh, S., Yousefian, M., Zamani, S.M., and AliMosaZadeh, P., 2024. Investigation of the polypores Fungi abundance and physiographic factors (Case study: Neka forests-Mazandaran province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 21(2): 253-266. <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2023.361710.1576>
- Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A., and Azarian, M., 2014. Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network (case study: Kheyroud forest, Noshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4): 617-628 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2014.5135>
- Aghajani, H., M.R. Marvi Mohadjer, M.R. Asef and Shirvany, A., 2016. Abundance of wood decay macrofungi in forest ecosystems with different management histories in the Kheyroud forest, Nowshahr, northern Iran, *Forest Research and Development*, 1(4): 295-305 (In Persian). https://jfrd.urmia.ac.ir/article_20160.html
- 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).

متفاوت بود و بقیه جزو گروه‌های مشابه بوده‌اند و اختلاف آنها در شکل ۵ مشخص شده است. در جنگل‌های هیرکانی ایران مطالعه [Ranjbar](#) و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد قارچ *Trametes* بیشترین فراوانی را در جنگل اسالم گیلان داشته است. در مطالعات مختلف در جنگل‌های هیرکانی ([Borhani et al., 2014](#); [Ranjbar et al., 2022](#); [Aghajani et al., 2023](#); [Aghajani et al., 2024](#)) جنس *Trametes* جزو قارچ‌های فراوان در منطقه بوده است. با توجه به مطالعات، جنس *Trametes* عموماً پراکندگی جهانی دارد و در تمام مناطق اصلی آب‌وهوایی یافت می‌شود ([Olou et al., 2020](#)). در پژوهش [Ali Mosazadeh](#) و همکاران (۲۰۲۴) قارچ *Trametes versicolor* بیشترین فراوانی را در بین قارچ‌های ماکروسکوپی پلی‌پور در جنگل نکا را داشته است. یکی از اثرهای شیوه‌های مدیریت جنگل، باقی‌ماندن مقادیر متغیری از خشک‌دار است که موجب ریزاقلم‌های متفاوت در زیستگاه می‌شود و پاسخ قارچ‌های چوب‌زی به انواع مدیریت جنگل و شیوه‌های جنگل‌شناسی متفاوت است ([Kwaśna et al., 2017](#)). تغییر در میزان و کیفیت خشک‌دار با گذشت زمان می‌تواند راهنمایی برای تدوین برنامه‌های جنگل‌شناسی و مدیریتی جنگل باشد. البته تصمیم در مورد میزان خشک‌دار قابل‌توصیه در هکتار از جنگل بدون در نظر گرفتن پویایی خشک‌دارها و تغییراتی که با گذشت زمان رخ می‌دهد چندان منطقی به نظر نمی‌رسد ([Sefidi, 2019](#)). در پژوهش دیگر در جنگل‌های هیرکانی و منطقه کلاردشت، مدیریت جنگل، سبب کاهش حجم خشک‌دارها شده است و توزیع خشک‌دارها را در طبقات و درجات پوسیدگی تحت تأثیر قرار داده است ([Soleymanpoor & Tabari, 2025](#)). بنابراین با کم‌شدن حجم خشک‌دار که بستر مناسب برای حضور قارچ‌ها می‌باشد، فراوانی قارچ‌های چوب‌زی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و باعث کاهش فراوانی و تنوع گونه‌ای قارچ‌ها می‌شود. یکی از شرایط جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، باقی‌گذاشتن خشک‌دارها در جنگل است که سبب افزایش تنوع زیستی انواع موجودات زنده، ازجمله قارچ‌های چوب‌زی می‌شود. مدیریت جنگل هم سبب کاهش حجم

2014. Introducing macro fungi at beech stands in Mazandaran province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 20(3): 23-40. <https://doi.org/20.1001.1.23222077.1392.20.3.2.4>
- Buba, T., Deba, F. A., Muhammad, N. Z., and Adamu, S., 2024. Diversity and ecology of deadwood-inhabiting mushrooms in Yankari Game Reserve, North-East Nigeria. *The Microbe*, 4: 100140. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100140>
- Chao, A., and Jost, L., 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12): 2533-2547.
- Ding, S., Hu, H., and Gu, J., 2020. Diversity, abundance, and distribution of Wood-Decay fungi in major parks of Hong Kong. *Forests*, 11(10): 1030. <https://doi.org/10.3390/f11101030>
- Edman, M., Hagos, S., and Carlsson, F., 2021. Warming effects on wood decomposition depend on fungal assembly history. *Journal of Ecology*, 109(4): 1919-1930. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13617>
- Embacher, J., Zeilinger, S., Kirchmair, M., Rodriguez-r, L. M., and Neuhauser, S., 2023. Wood decay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment—A systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber. *Fungal Biology Reviews*, 45: 100305. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.100305>
- Eriksson J., and Ryvarden L., 1975. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 1-6. *Fungiflora*, Oslo, Norway.
- Forest Europe., 2020. State of Europe's Forests 2020. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf
- Gilbertson, R.L., and Ryvarden L., 1986. North American polypores. Oslo: *Fungiflora*. 885p.
- Habashi, H., Feizi, P., Nadimi, A., and Mohamadali Pourmalekshah, A., 2017. Effect of beech logs deadwood quality (decay stage class) on the macro fauna diversity in managed forest. *Forest Research and Development*, 3(1): 1-14 (In Persian).
- Hammer, Ø., and Harper, D. A., 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data anlysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1): 1p.
- Heilmann-Clausen, J., and Christensen, M., 2003. Fungal diversity on decaying beech logs—implications for sustainable forestry, *Biodiversity and Conservation*, 12: 953-973. <https://doi.org/10.1023/A:1022825809503>
- Holec, J., and Kučera, T., 2020. Richness and composition of macrofungi on large decaying trees in a Central European old-growth forest: a case study on silver fir (*Abies alba*) -supl. *Mycological* <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2020.127576.1393>
- Aghajani, H., Tajick Ghanbari, M.A., and Jalilvand, H., 2023. Biodiversity of Deadwood Beech Macrofungi in the Darabkola Educational Research Forest of Sari. *ifej*. 11(22): 121-129 (In Persian). <https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.121>
- Aghajani, H., Tajick, M.A., and Jalilvand, H., 2024. The ecological effect of altitude gradient on the abundance of wood fungi in Darabkola educational research forest, Sari. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 22(1): 16-29 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2024.364715.1612>
- Alshammari, N., Ameen, F., AlKahtani, M.D., and Stephenson, S., 2021. Characterizing the assemblage of wood-decay fungi in the forests of northwest Arkansas. *Journal of Fungi*, 7(4): 309. <https://doi.org/10.3390/jof7040309>
- Anonymous., 2010. Management Plan of District Flord. Forest, Range and Watershed Management Organization, Sari, 210p. (In Persian).
- Armadhan, W.S., Sari, S. P., Aji, M.Y.M.B., Permatasari, D.P., Amalia, B.W., Berlin, G.E Aszar, A.S., Indrawan, M., Pradhan, P. and Setyawan, A.D., 2023. The macrofungal diversity and its potential from the karst forest of Kalipoh Village, Kebumen District, Indonesia. *Asian Journal of Forestry*, 7(2): 99-106. <https://doi.org/10.13057/asianjfor/r070204>
- Baldrian, P., Zrůstová, P., Tláškal, V., Davidová, A., Merhautová, V., and Vřška, T., 2016. Fungi associated with decomposing deadwood in a natural beech-dominated forest. *Fungal Ecology*, 23: 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.07.001>
- Bari, E., Nazarnezhad, N., Kazemi, S.M., Ghanbary, M.A.T., Mohebbi, B., Schmidt, O., and Clausen, C.A., 2015. Comparison between degradation capabilities of the white rot fungi *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* in beech wood. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 104: 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.03.033>
- Bari, E., Pizzi, A., Schmidt, O., Amirou, S., Tajick-Ghanbary, M.A., and Humar, M., 2020. Differentiation of fungal destructive behaviour of wood by the white-Rot fungus *Fomes fomentarius* by MALDI-TOF Mass Spectrometry. *Journal of Renewable Materials*, 9(3): 381-397. <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.015288>
- 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 investigations in an iranian alamdardeh forest. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 23(33): 1-24. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100433>
- Borhani, A., Ali Mosazadeh, S., and Badalyan, S.,

<https://doi.org/10.3897/natureconservation.25.21919>
 – Maki, M., Mali, T., Hell'en, H., Heinonsalo, J., Lundell, T., and B'ack, J., 2021. Deadwood substrate and species-species interactions determine the release of volatile organic compounds by wood-decaying fungi. *Fungal Ecology*, 54: 101106. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2021.101106>
 – Moll, J., Heintz-Buschart, A., Bässler, C., Hofrichter, M., Kellner, H., Buscot, F., and Hoppe, B., 2021. Amplicon sequencing-based bipartite network analysis confirms a high degree of specialization and modularity for fungi and prokaryotes in deadwood. *Msphere*, 6(1): 10-1128. <https://doi.org/10.1128/msphere.00856-20>
 – Muller, J., Simon, T., Roland, B., Sagheb-Talebi, Kh., Barimani, H., Seibold, S., Ulyshen M.D., and Gossner, M.M., 2016. Protecting the forests while allowing removal of damaged trees may imperil saproxylic insect biodiversity in the Hyrcanian beech forests of Iran, *Conservation Letters*, 9(2): 106-113. <https://doi.org/10.1111/conl.12187>
 – Olou, B.A., Krah, F.S., Piepenbring, M., Yorou, N.S., and Langer, E., 2020. Diversity of *Trametes* (Polyporales, Basidiomycota) in tropical Benin and description of new species *Trametes parvispora*. *MycKeys*, 65: 25.
 – Ordynets, A., Heilmann-Clausen, J., Savchenko, A., Bässler, C., Volobuev, S., Akulov, O., and Abrego, N., 2018. Do plant-based biogeographical regions shape aphyllophoroid fungal communities in Europe?. *Journal of Biogeography*, 45(5): 1182-1195. <https://doi.org/10.1111/jbi.13203>
 – Ranjbar, Z., Mohammadi Goltapeh, E., Zamani, S.M., Pedram, M., and Farashiani, E., 2022. 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. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 20(1): 181-198 (In Persian). 10.22092/IJFRPR.2022.357525.1533
 – Runnel, K., Drenkhan, R., Adamson, K., Lohmus, P., Rosenvald, K., Rosenvald, R., and Tedersoo, L., 2021. The factors and scales shaping fungal assemblages in fallen spruce trunks: a DNA metabarcoding study. *Forest Ecology and Management*, 495: 119381. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119381>
 – Pietras, M., Dyderski, M.K., Horodecki, P., Kałucka, I.L., Rawlik, M., and Jagodziński, A.M., 2025. Impact of past management practices on fungal diversity in submontane temperate forests of Stołowe Mountains National Park, Poland. *Forest Ecology and Management*, 593: 122882. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122882>
 – Ryvarden, L., 1991. Genera of Polypores.

Progress, 19(12): 1429-1443. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01637-w>
 – Holec, J., Kučera, T., Běťák, J., and Hort, L., 2020. Macrofungi on large decaying spruce trunks in a Central European old-growth forest: what factors affect their species richness and composition?. *Mycological Progress*, 19(1): 53-66. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01541-y>
 – Howarth, R.J., 1996. Sources for a history of the ternary diagram. *The British Journal for the History of Science*, 29(3): 337-356. <https://doi.org/10.1017/S000708740003449X>
 – Krah, F.S., Seibold, S., Brandl, R., Baldrian, P., Müller, J., and Bässler, C., 2018. Independent effects of host and environment on the diversity of wood-inhabiting fungi. *Journal of Ecology*, 106(4): 1428-1442. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12939>
 – Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., and Stalpers, J.A., 2001. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th Edn, UK, Wallingford, CAB International. 655 p.
 – Kwaśna, H., Mazur, A., Kuźmiński, R., Jaszczak, R., Turski, M., Behnke-Borowczyk, J., and Łakomy, P., 2017. Abundance and diversity of wood-decay fungi in managed and unmanaged stands in a Scots pine forest in Western Poland. *Forest Ecology and Management*, 400: 438-446. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.023>
 – Lepinay, C., Jir'aska, L., Tlaskal, V., Brabcov'a, V., Vr'ska, T., and Baldrian, P., 2021. Successional development of fungal communities associated with decomposing deadwood in a natural mixed temperate forest. *Journal of Fungi*, 7: 412. <https://doi.org/10.3390/jof7060412>
 – Leonhardt, S., Hoppe, B., Stengel, E., Noll, L., Moll, J., Bässler, C., and Kellner, H., 2019. Molecular fungal community and its decomposition activity in sapwood and heartwood of 13 temperate European tree species. *PloS one*, 14(2): e0212120. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212120>
 – Lindenmayer, D.B., and Laurance, W.F., 2017. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews*, 92(3): 1434-1458. <https://doi.org/10.1111/brv.12290>
 – Lustenhouwer, N., Maynard, D.S., Bradford, M.A., Lindner, D.L., Oberle, B., Zanne, A.E., and Crowther, T.W., 2020. A trait-based understanding of wood decomposition by fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(21): 11551-11558. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909166117>
 – Marvie Mohadjer, M.R., 2011. *Silviculture*. University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).
 – Mandic, R., Mesud, A., and Marjanovic, Z. 2018. Conservation and trade of wild edible mushrooms of Serbia-history, state of the art and perspectives. *Nature Conservation-Bulgaria*, 25: 31-53.

23

- Schwarze, F.W., 2007. Wood decay under the microscope. *Fungal Biology Reviews*, 21(4): 133-170. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.09.001>
- Suominen, M., Junninen, K., and Kouki, J., 2019. Diversity of fungi in harvested forests 10 years after logging and burning: Polypore assemblages on different woody substrates. *Forest Ecology and Management*, 446: 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.030>
- Uhl, B., Krah, F. S., Baldrian, P., Brandl, R., Hagge, J., Müller, J., and Bässler, C., 2022. Snags, logs, stumps, and microclimate as tools optimizing deadwood enrichment for forest biodiversity. *Biological Conservation*, 270: 109569. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109569>
- Vítková, L., Bače, R., Kjučukov, P., and Svoboda, M., 2018. Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. *Forest ecology and management*, 429: 394-405. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.034>
- Yang, S., Limpens, J., Sterck, F.J., Sass-Klaassen, U., Cornelissen, J.H.C., Hefting, M., van Logtestijn, R.S.P., Goudzwaard, L., Dam, N., Dam, M., Veerkamp, M.T., van den Berg, B., Brouwer, E., Chang, C., and Poorter, L., 2021. Dead wood diversity promotes fungal diversity. *Oikos*, 130: 2202–2216. <https://doi.org/10.1111/oik.08388>
- Yerisetouw, Y., Sufaati, S., Raunsay, E.K., and Runtuboi, D.Y.P., 2023. Diversity of mushrooms in Areas Sago, Secondary, and Swamp Forest in Village Khameyaka, Ebungfau District, Jayapura Regency. *Asian Journal of Natural Sciences*, 2(2): 109-126. <https://doi.org/10.55927/ajns.v2i2.4200>
- Zhao, H., Wu, Y., Yang, Z., Liu, H., Wu, F., Dai, Y., and Yuan, Y., 2024. Polypore fungi and species diversity in tropical forest ecosystems of Africa, America and Asia, and a comparison with temperate and boreal regions of the Northern Hemisphere. *Forest Ecosystems*, 11: 100200. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100200>
- Nomenclature and Taxonomy. *Synopsis Fungorum* 5, Fungoflora, Oslo, Norway, 363p.
- Ryvarden, L., and Gilbertson R.L., 1993. *European polypores*. Oslo: Fungiflora, 387p.
- Soleymannpoor, M., and Tabari, M., 2025. Deadwood characteristics in intact and managed beech-hornbeam forests (Kelardasht region). *Iranian Journal of Forest*, 16(4): 513-529. <https://doi.org/10.22034/ijf.2024.440686.1972>
- Sefidi, K., and Mohammadi, M., 2008. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in mixed beech forests (North of Iran). *Pajouhesh Va Sazandgi*, 78: 122-128.
- Sefidi, K., 2018. Quantitative evaluation of habitat and dead tree abundance in the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, case study from the Siahkal Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 26(3): 331-343. <https://doi.org/10.22092/ijfpr.2018.117737>
- Sefidi, K., 2019. The influence of geomorphological characteristics of forest sites on the decay dynamics of dead trees in Asalem Forests, Western Hyrcanian Region. *Ecology of Iranian Forest*, 7(14): 70-79. <https://doi.org/10.29252/ifej.7.14.70>
- Sefidi, K., and Sadeghi, S.M.M., 2020. The diversity of microhabitats and the ecological value of habitat trees in oriental beech stands. *Iranian Journal of Forest*, 12(2): 147-160.
- Stokland, J.N., and Larsson, K.H., 2011. Legacies from natural forest dynamics: Different effects of forest management on wood-inhabiting fungi in pine and spruce forests. *Forest Ecology and Management*, 261(11): 1707-1721. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.003>
- Stokland, J.N., Siitonen, J., and Jonsson, B.G., 2012. *Biodiversity in dead wood*. Cambridge university press, 495p.
- Schloss, P. D., 2024. Rarefaction is currently the best approach to control for uneven sequencing effort in amplicon sequence analyses. *Mosphere*, 9(2): e00354-23. [https://doi.org/10.1128/msphere.00354-](https://doi.org/10.1128/msphere.00354-23)