

## تأثیر کیفیت (درجه پوسیدگی) خشکه‌دار افتاده راش بر تنوع گونه‌ای ماکروفون در جنگل مدیریت شده

هاشم حبشی<sup>۱\*</sup>، پرویز فیضی<sup>۲</sup>، احمد ندیمی<sup>۳</sup> و علی اکبر محمدعلی پورملکشاه<sup>۴</sup>

- ۱- دانشیار، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۲- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۳- استادیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۴- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۲

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین تنوع گونه‌ای ماکروفون با کیفیت یا درجه پوسیدگی خشکه‌دار راش و تعدادی از عوامل محیطی در جنگل‌های شرق هیرکانی است. به این منظور ۱۰۸ خشکه‌دار افتاده راش به روش مونه‌بندی انتخاب شد، به نحوی که دارای فراوانی مناسب در چهار درجه پوسیدگی، سه طبقه قطری خشکه‌دار از ده تا ۱۰۰ سانتی‌متری و سه طبقه ارتفاع بین ۲۵۰ تا ۹۰۰ متر بودند. از هر خشکه‌دار نمونه‌های ماکروفون زیرپوست و درون‌چوب جمع‌آوری شد. ماکروفون‌های یافت‌شده روی خشکه‌دارهای راش متعلق به هفت رده، ده راسته و ۲۷ خانواده در طول دوره تحقیق بود. نتایج نشان داد که دو راسته Coleoptera و Geophilomorpha، دو خانواده Lumbricidae و Arionidae و دو جنس *Julus* و *Octotemnus* به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی را داشتند. با افزایش ارتفاع غنا و تنوع ماکروفون کاهش یافت. با افزایش کیفیت خشکه‌دار (درجه پوسیدگی) شاخص‌های غلبه ماکروفون کاهش یافت، ولی بر غنا و تنوع ماکروفون افزوده شد. متغیرهای شیب دامنه و ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین عوامل محیطی کنترل‌کننده تنوع گونه‌ای ماکروفون خشکه‌دار افتاده راش در این منطقه معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: تنوع گونه‌ای، ماکروفون، خشکه‌دار، راش.

جانوران نیازمند انواع مختلف و کیفیت‌های متفاوتی از خشک‌دارها هستند. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب آنها عبارت‌اند از: گونه خشک‌دار، موقعیت خشک‌دار شامل سرپا یا افتاده، اندازه خشک‌دار، مدت‌زمانی که از مرگ درخت می‌گذرد و مرحله پوسیدگی خشک‌دار (Stevenson, 2002). یکی از اهداف نگهداری خشک‌دارها، حفظ تنوع زیستی در اکوسیستم جنگل است (Stokland *et al.*, 2012). بسیاری از قارچ‌ها و حیوانات بی‌مهره جزء ارگانیسم‌های تجزیه‌کننده در جنگل می‌باشند که بر روی خشک‌دارهای افتاده زندگی می‌کنند (Aghajani *et al.*, 2016).

مشخص‌شده جنگلی که دارای حجم بیشتری از خشک‌دار باشد دارای گونه‌های عمومی بیشتری از سوسک‌های چوب‌خوار است (Siitonen, 1994). Schiegg (2001) به بررسی تنوع حشرات ساپروکسیلیک (Saproxylic) موجود بر روی تنه‌ها و شاخه‌های افتاده و خشکیده راش در جنگل‌های اروپای مرکزی پرداخت. نتایج نشان داد که شاخه‌های خشکیده میزبان گونه‌های بیشتری از دوبالان و قاب‌بالان چوب‌خوار بوده و تنوع گونه‌ای بالاتری را نیز نسبت به تنه‌ها به خود اختصاص می‌دهند. همچنین گونه‌های بیشتری از قاب‌بالان چوب‌خوار در معرض تهدید در شاخه‌های خشکیده نسبت به تنه‌ها مشاهده شد. وی پیشنهاد کرد که بهتر است شاخه‌های بریده‌شده درختان در جنگل باقی بماند تا زیستگاه مناسبی را برای حشرات چوب‌خوار فراهم آورده و تنوع زیستی در جنگل را افزایش دهند. در بررسی سایت در ۷ کشور اروپایی مشخص شد که فراوانی سوسک چوب‌خوار در جنگل‌هایی با مقدار بیشتر خشک‌دار و رویشگاه‌های گرم‌تر همیشه بیشتر است و نگهداری مقدار بیشتری خشک‌دار در

اکوسیستم‌های جنگلی مانند دیگر اجتماع‌های زنده در اثر تولد، رشد و مرگ درختان و دیگر ارگانیسم‌ها به‌طور دائم در حال تغییر و تحول هستند (Lindenmayer and Franklin, 2002). بر اساس نظریه پویایی روشن‌ها، بازشدگی تاج‌پوشش جنگل جزو اختلالات طبیعی است که پس از طی مدت‌زمان کافی به‌طور قطع رخ می‌دهد و درختان با رسیدن به سن دیرزیستی از اشکوب تاج‌پوشش جداشده که مرحله شروع توالی روشن‌هاست (Yamamoto, 2000). با پایان سن دیرزیستی و خشک شدن درختان سرشاخه‌های آنها ریخته و شاخه‌ها و تنه شروع به پوسیدن می‌کند. این درختان پوسیده خشک‌دار نامیده می‌شوند و بخشی از چوب مرده جنگل هستند (Hagan and Brove, 2001). خشک‌دارها در اثر پایان سن دیرزیستی درختان و همچنین قبل از سن دیر-زیستی در اثر نارسایی ژنتیکی و یا در اثر تنش‌های محیطی مانند گرما، سرما، خشکی یا در اثر آفات و بیماری‌ها ایجاد می‌شوند (Ganey, 1999; Habashi *et al.*, 2004; Santiago and Roclewaldo, 2005). خشک‌دارهای سرپا زیستگاهی را برای جانوران برخی گیاهان در جنگل فراهم می‌کنند. خشک‌دارهای افتاده ضمن تأثیر گذاشتن در زادآوری، آشیان اکولوژیکی جدیدی را برای بسیاری از گیاهان و جانوران فراهم کرده و نقش اصلی و مهم را در چرخه‌ی مواد غذایی ایفا می‌کنند (Habashi and Mahmoudi, 2005; Santiago and Roclewaldo, 2005). خشک‌دار تازه، قارچ‌ها و باکتری‌ها را به خود جذب می‌کند، چراکه قادرند لایه محکم لیگنین را که از درخت محافظت می‌کنند، تخریب کنند. پس از آن نوبت به دیگر جانوران می‌رسد که از مواد آلی تحول یافته یا دگرگون‌شده تغذیه کنند. گونه‌های مختلف

گونه‌های ساپروکسیلیک در جنگل‌های هیرکانی را بررسی کرده و نشان دادند که ۱۳۴ گونه سوسک چوب‌خوار که حداقل ۲۳ گونه آن بومی و ۱۲ گونه آن شاخص جنگل‌های دیرزیست (Old-Growth) هستند روی خشکه‌دارها زندگی می‌کنند. آنها حجم خشکه‌دار را مهم‌ترین عامل تفسیرکننده تغییرات حشرات ساپروکسیلیک در مقایسه با دیگر عوامل محیطی معرفی کردند و تغییر قانون اخیر مصوب دی‌ماه ۱۳۹۲ در مورد برداشت خشکه‌دار از جنگل را خواستار شدند.

جوامع جانوران به‌طور قابل‌توجهی در تنوع زیستی جنگل‌ها نقش دارند و از نظر عملکردی نیز از موجودات مهم اکوسیستم‌های جنگلی هستند (Behan-Pelletier and Newton, 1999). ماکروفون و به‌ویژه سوسک‌های چوب‌خوار از بارزترین مؤلفه‌های تنوع زیستی در بیشتر اکوسیستم‌ها است (Ayuke et al., 2009; Villa-Castillo and Wagner, 2002). با توجه به ناشناخته بودن اثر خشکه‌دار راش و کیفیت پوسیدگی آن بر تنوع ماکروفون در جنگل‌های هیرکانی، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کیفیت پوسیدگی خشکه‌دار افتاده راش در جنگل‌های شرق هیرکانی بر تغییرات تنوع گونه‌ای ماکروفون است.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام‌نیا که جزو جنگل‌های شرق هیرکانی محسوب می‌شود، انجام شد. این سری در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی قرار گرفته و مساحت آن ۱۶۹۹ هکتار است. این جنگل در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی گرگان قرار دارد، ارتفاع آن بین ۲۴۰ تا

رویشگاه‌های سرد و کوهستانی کشورهای اروپایی توصیه شد (Lachat et al., 2012). Haghverdi و همکاران (2013) تنوع حشرات قاب‌بال جنگل روی خشکه‌دارهای راش (در چهار درجه پوسیدگی) در استان مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در حدود نیمی از حشرات قاب‌بال جمع‌آوری شده (۴/۴ درصد) به خشکه‌دارهای با درجه پوسیدگی دو تعلق دارد. پایین‌ترین درصد فراوانی حشرات قاب‌بال (۴/۱۲ درصد) به خشکه‌دارهای با درجه پوسیدگی چهار اختصاص داشت. مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی حشرات قاب‌بال نمونه‌برداری شده در درجه‌های مختلف پوسیدگی خشکه‌دارهای راش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان نداد. بالاترین مقدار شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی نیز به خشکه‌دارهای با درجه پوسیدگی چهار اختصاص داشت. روند پوسیدگی خشکه‌دارهای راش در جنگل آمیخته راش جنگل‌های هیرکانی بررسی شده و مشخص شد که زمان لازم برای پوسیدگی ۹۵ درصد از جرم خشکه‌دار در طبیعت ۳۰ سال (Alidadi et al., 2014) و در بررسی دیگر ۴۹ سال (Sefidi et al., 2015) است. مجموع زمان موردنیاز برای پوسیدگی تمام مراحل پوسیدگی بر اساس چهار درجه پوسیدگی خشکه‌دار راش در دو تحقیق فوق به ترتیب ۲۷ و ۳۶ سال گزارش شده است. (Sefidi and Etemad, 2015) تنوع قارچ‌های ماکروسکوپی را روی خشکه‌دارهای جنگل طبیعی راش خیرودکنار بررسی کردند و مشخص شد غنای قارچ‌ها بین خشکه‌دارهای دارای ابعاد و درجات پوسیدگی مختلف تفاوت معنی‌داری دارد. Muller و همکاران (2013)، در پژوهشی نقش خشکه‌دار در مقایسه با دیگر عوامل محیطی، در حمایت از تنوع

مناسب برای نمونه برداری از ماکروفون در منابع مختلف متفاوت قید شده است (Rahmani and Miyvan, 2004; Ruiz et al., 2008). تغییرات فصلی از طریق تفاوت های اقلیمی موجب تغییر خصوصیات پوشش گیاهی و تنوع ماکروفون می شود (Wardle, 2006). برای حصول اطمینان از محاسبه دقت تنوع گونه ای، نمونه برداری ماکروفون در سه فصل بهار تا تابستان انجام شد (Ruiz et al., 2008). برای جداسازی ماکروفون فعال روی خشکه دار افتاده دارای پوست، ابتدا پوست با دقت توسط چاقوی تیز برداشته شد و کلیه ماکروفون زیرپوست جمع آوری شد. در خشکه دارهای پوسیده فاقد پوست یا خشکه دارهای دارای پوست پس از برداشت نمونه های زیرپوست، برشی از چوب خشکه دار افتاده توسط اره - موتوری قطع و از طریق تکان دادن قطاع، جداسازی ماکروفون به روش دستی (Siitonen, 2001; Coleman et al., 2004; Ruiz et al., 2008) انجام شد. پس از نمونه برداری، ماکروفون در کیسه های مخصوص برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای حفظ و نگهداری نمونه ها تا زمان شناسایی از ظروف پلاستیکی درب دار حاوی اتانول ۹۰-۷۵ درصد (Yang and Chen, 2009) استفاده شد. ماکروفون با استفاده از کلید شناسایی موجود (Borrer et al., 1989; Ruiz et al., 2008) تا سطح جنس در آزمایشگاه گیاه پزشکی و اکولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان شناسایی شدند.

شاخص های تنوع شانون وینر، سیمپسون و فیشر، یکنواختی سیمپسون، غنای مارگالف و منهنیک، غلبه برگر-پارکر و چیرگی سیمپسون با استفاده از نرم افزار Past محاسبه شدند. در تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار آماری SPSS 21 استفاده شد. داده ها پس از مرتب کردن و استخراج از برگه های آمار برداری وارد

۲۱۶۸ متر از سطح دریا متغیر است. جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام نیا دارای اقلیم خزری است و بر اساس آمار اقلیم شناسی دریافتی از ایستگاه هواشناسی هاشم آباد گرگان در فاصله ۸ کیلومتری شمال حوزه، مقدار بارندگی متوسط سالانه ۶۴۹ میلی متر است که بین ۵۲۸ الی ۸۱۷ میلی متر در سال تغییر می کند. به منظور دستیابی به اطلاعات کمی و کیفی خشکه دارهای موجود ابتدا با انجام جنگل گردشی مقدماتی خشکه دارها شناسایی و مشخص شدند. خشکه دارهای افتاده شامل تنه های افتاده و بدون تاج بودند که به چهار درجه پوسیدگی به شرح زیر تقسیم شدند (Sefidi and Etemad, 2015). درجه یک پوسیدگی که شامل درخت تازه افتاده، تمام پوست جامد و شاخه ها موجود است. درجه دو پوسیدگی که وزن کماکان حفظ شده، برون چوب پوسیده اما هنوز وجود دارد، پوست جامد است اما شاخه ها غایب هستند. درجه سه پوسیدگی که وزن چوب کم شده، پوست ترک ترک شده و در بخش هایی موجود نیست، برون چوب از بین رفته و درون چوب ساختار جامد ندارد و درجه چهار پوسیدگی که درون چوب به طور عمده تکه تکه شده و به شکل برآمدگی در کف جنگل بوده و حتی گاهی اوقات هم تراز سطح خاک است.

#### - روش جمع آوری داده ها

به منظور جمع آوری اطلاعات مورد نیاز در جنگل، به روش مونه بندی، منطقه نمونه برداری به سه رده ارتفاعی ۲۰۱-۴۵۰، ۴۵۱-۷۰۰ و ۷۰۱-۹۵۰ متر تقسیم و در هر رده ارتفاعی سه تکرار برای درجه های پوسیدگی مختلف از خشکه دار افتاده و سه تکرار از قطر میانه ۴۰-۱۱، ۷۰-۴۱ و ۱۰۰-۷۱ سانتی متر نمونه برداری شد. به این ترتیب، در مجموع از ۱۰۸ خشکه دار نمونه برداری صورت گرفت (سه طبقه ارتفاعی، چهار درجه پوسیدگی، سه کلاسه قطری و سه تکرار). زمان

این نرم‌افزار شد. ابتدا با استفاده از دستور نمودار جعبه‌ای اقدام به شناسایی و حذف داده‌های پرت شده، سپس آزمون نرمال بودن پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت. از آنالیز تجزیه واریانس برای تحلیل تأثیر ارتفاع از سطح دریا، درجه پوسیدگی و قطر خشکه‌دار بر تنوع گونه‌ای ماکروفون در سطح خانواده استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد. رابطه بین حجم خشکه‌دار با فراوانی خانواده‌های ماکروفون روی خشکه‌دار با استفاده از رگرسیون خطی تعیین شد.

### نتایج

در مجموع ۴۳۱ نمونه ماکروفون متعلق به هفت رده (Class)، ده راسته (Order) و ۲۷ خانواده (Family) در طول دوره پژوهش جمع‌آوری شد. به‌طور کلی ماکروفون‌های جمع‌آوری شده روی خشکه‌دار راش مربوط به هفت رده زیر بودند: حشرات (Insecta)، عنکبوتیان (Arachnida)، صدپایان (Chilopoda)، هزارپایان (Diplopoda)، شکم‌پایان (Gastropoda)، کمربنده‌تنان (Clitellata)، نرم‌زهریان (Malacostraca). هم‌چنین در این هفت رده، تعداد ده

راسته زیر به همراه ۲۷ خانواده شناسایی شدند که در جدول یک گزارش شده است:  
قالب‌بالان یا سخت‌بالپوشان (Coleoptera)، نازک‌بالان یا بال‌غشاییان (Hymenoptera)، جورپایان یا موریانه‌ها (Isopoda)، عنکبوت (Araneae)، شبه‌عقرب‌ها (Pseudoscorpionida)، صدپاها (Geophilomorpha)، ستون‌چشم‌داران (Stylommatophora)، هزارپاها (Julida)، سوسریان (Blattodea)، کرم‌های حلقوی (Haplotaaxida).

از بین نمونه‌های جمع‌آوری شده راسته قالب‌بالان Coleoptera با ۱۶ خانواده فراوان‌ترین و راسته صدپاها Geophilomorpha کمترین فراوانی ماکروفون روی خشکه‌دار راش را داشتند. بر اساس پراکنش خانواده نیز چنین می‌توان بیان داشت که خانواده Curculionidae و Arionidae کمترین فراوانی و خانواده Julidae و Lumbricidae بیشترین فراوانی ماکروفون روی خشکه‌دار راش را داشتند. جنس - *Julus* بیشترین تعداد مشاهده را داشت، درحالی‌که *Arion* و *Octotemnus* کمترین فراوانی ماکروفون را در خشکه‌دار راش به خود اختصاص داد. در شکل ۱ فراوانی خانواده‌های ماکروفون مشاهده شده روی خشکه‌دار نشان داده شده است.

جدول ۱- لیست ماکروفون موجود روی خشکه‌دار راش بر اساس طبقه‌بندی علمی

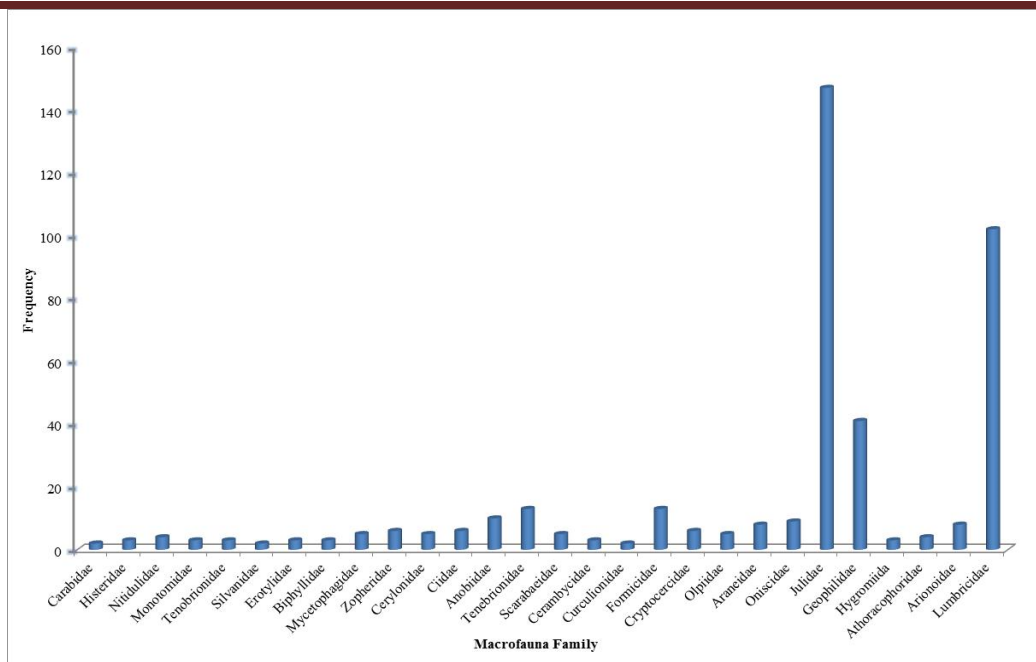
Table 1. Macrofauna list on the beech dead wood based on the scientific classification

Class	Order	Family	Genus
Insecta	Coleoptera	Carabidae	<i>Tachyta</i>
Insecta	Coleoptera	Carabidae	<i>Clinidium</i>
Insecta	Coleoptera	Histeridae	<i>Paromalus</i>
Insecta	Coleoptera	Nitidulidae	<i>Omosita</i>
Insecta	Coleoptera	Monotomidae	<i>Rhizophagus</i>
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tenebroides</i>
Insecta	Coleoptera	Silvanidae	<i>Uleiota</i>
Insecta	Coleoptera	Erotylidae	<i>Dacne</i>

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

Class	Order	Family	Genus
Insecta	Coleoptera	Biphyllidae	<i>Diplocoelus</i>
Insecta	Coleoptera	Mycetophagidae	<i>Mycetophagus</i>
Insecta	Coleoptera	Zopheridae	<i>Bitoma</i>
Insecta	Coleoptera	Cerylonidae	<i>Cerylon</i>
Insecta	Coleoptera	Zopheridae	<i>Pycnomerus</i>
Insecta	Coleoptera	Ciidae	<i>Cis</i>
Insecta	Coleoptera	Ciidae	<i>Octotemnus</i>
Insecta	Coleoptera	Ciidae	<i>Orthocis</i>
Insecta	Coleoptera	Anobiidae	<i>Hemicoelus</i>
Insecta	Coleoptera	Anobiidae	<i>Oligomerus</i>
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Bolitophagus</i>
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Helops</i>
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tenebrio</i>
Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Uloma</i>
Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Oryctes</i>
Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Megopis</i>
Insecta	Coleoptera	Cerambycidae	<i>Morimus</i>
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	<i>Stereocorynes</i>
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Formica</i>
Insecta	Blattodea	Cryptocercidae	<i>Cryptocercus</i>
Arachnida	Pseudoscorpionida	Olpiidae	<i>Horus</i>
Arachnida	Araneae	Araneidae	<i>Leviellus</i>
Malacostraca	Isopoda	Oniscidae	<i>Oniscus</i>
Diplopoda	Julida	Julidae	<i>Julus</i>
Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Pachymerium</i>
Gastropoda	Stylommatophora	Hygromiidae	<i>Helicella</i>
Gastropoda	Stylommatophora	Athoracophoridae	<i>Triboniophorus</i>
Gastropoda	Stylommatophora	Arionidae	<i>Arion</i>
Gastropoda	Stylommatophora	Arionoidea	<i>Letourneuxia</i>
Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Eisenia</i>



شکل ۱- فراوانی خانواده‌های ماکروفون مشاهده شده روی خشکه‌دار راش

Figure 1. Frequency of observed macro fauna families on the beech dead wood

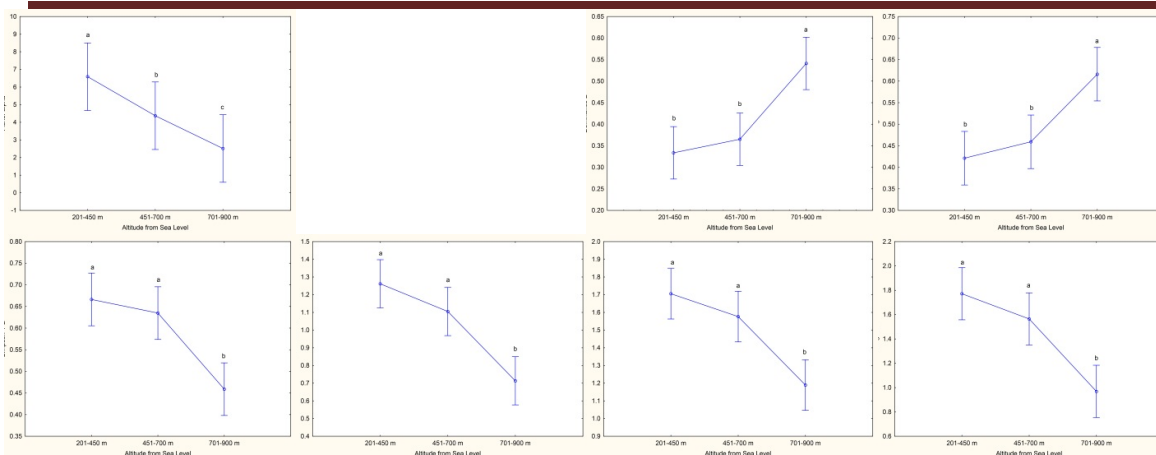
یکنواختی سیمپسون و تنوع شانون و فیشر، شاخص‌های غنا منهنیک، مارگالف کاهش یافت. در شکل دو خلاصه مقایسات میانگین شاخص‌های تنوع ماکروفون روی خشکه‌دار راش در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا نشان داده شده است.

طبق جدول دو، تنها شاخص یکنواختی بین سه طبقه ارتفاع از سطح دریا دارای اختلاف آماری معنی داری نیست و دیگر شاخص‌های تنوع گونه‌ای ماکروفون در سطح خانواده دارای اختلاف آماری معنی داری بین سه طبقه ارتفاع از سطح دریا است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا شاخص‌های غلبه برگر و چیرگی سیمپسون افزایش یافت و شاخص‌های

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ارتفاع از سطح دریا (سه طبقه) بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای ماکروفون خشکه‌دار راش

Table 2. Effect (Analysis of variances) of altitude above sea level (three-level) on macro fauna biodiversity indices of beech dead wood

Sig.	F	میانگین مربعات MS	درجه آزادی DF	مجموع مربعات SS	شاخص‌های تنوع زیستی Biodiversity Indices
0.000004	14.51164	0.1795	2	0.3591	Dominance D
0.000001	15.91018	1.6015	2	3.2031	Shannon H
0.000004	14.51164	0.1795	2	0.3591	Simpson 1-D
0.239505	1.45438	0.0031	2	0.0062	Evenness e <sup>H/S</sup>
0.000047	11.28276	1.5211	2	3.0423	Menhinick
0.000015	12.78205	3.5506	2	7.1011	Margalef
0.024977	3.86094	111.7499	2	223.4998	Fisher alpha
0.000279	9.05634	0.1688	2	0.3376	Berger-Parker



شکل ۲- روند تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌ای با افزایش ارتفاع از سطح دریا

Figure 2. Trend of biodiversity indices variability with increasing altitude above sea level

در نهایت تأثیر کیفیت خشکه‌دار (درجه پوسیدگی) بر تنوع گونه‌ای خشکه‌دار ارزیابی و مشخص شد میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای غلبه برگر، تنوع شانون و یکنواختی سیمپسون دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند. نتایج در جدول سه نشان داده شده است.

تأثیر قطر میانه خشکه‌دار افتاده بر تنوع گونه‌ای ماکروفون ارزیابی شد و مشخص شد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بین میانگین تنوع گونه‌ای ماکروفون در سه طبقه قطر میانه خشکه‌دار وجود ندارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کیفیت خشکه‌دار راش (چهار درجه پوسیدگی) بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای ماکروفون

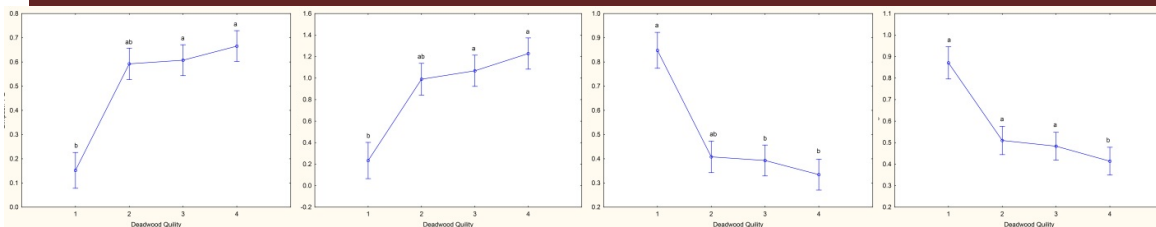
Table 3. Effect (Analysis of variances) of beech dead wood decay grade (four-level) on macro fauna biodiversity indices

سطح معنی‌داری	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	شاخص‌های تنوع زیستی
Sig		MS	DF	SS	Biodiversity Indices
0.020460	3.445619	0.05182	3	0.15546	Dominance D
0.015592	3.668006	0.45678	3	1.37034	Shannon H
0.020460	3.445619	0.05182	3	0.15546	Simpson 1-D
0.840982	0.278192	0.00061	3	0.00184	Evenness e <sup>H/S</sup>
0.074943	2.387927	0.38184	3	1.14551	Menhinick
0.061421	2.549936	0.85944	3	2.57832	Margalef
0.388712	1.018951	31.47982	3	94.43945	Fisher alpha
0.035027	3.007039	0.06234	3	0.18701	Berger-Parker

افزایش داشتند. در شکل سه خلاصه مقایسات میانگین شاخص‌های تنوع ماکروفون روی خشکه‌دار راش در کیفیت‌های متفاوت خشکه‌دار نشان داده شده است.

با افزایش کیفیت خشکه‌دار (درجه پوسیدگی) شاخص غلبه برگر و چیرگی سیمپسون کاهش یافت و شاخص‌های یکنواختی سیمپسون و تنوع شانون





شکل ۳- روند تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌ای با افزایش درجه پوسیدگی خشکه‌دار راش

Figure 3. Trend of biodiversity indices variability with increasing beech dead wood decay grade

۰/۱۶) و ارتفاع از سطح دریا با شاخص‌های غنای منهنیک و مارگالف (به ترتیب ضریب تبیین ۰/۲۲ و ۰/۲۳) و تنوع شانون (ضریب تبیین ۰/۱۵) رابطه کاهنده داشت که روابط آنها در ادامه ذکر شده است.

$$\text{Menhinick} = 1.8751 - 0.0098 \times \text{slope}; r^2 = 0.16$$

$$\text{Margalef} = 2.0052 - 0.0145 \times \text{slope}; r^2 = 0.16$$

$$\text{Shannon H} = 1.5716 - 0.0011 \times \text{Altitude above sea level}; r^2 = 0.15$$

$$\text{Menhinick} = 2.163 - 0.0011 \times \text{Altitude above sea level}; r^2 = 0.22$$

$$\text{Margalef} = 2.4819 - 0.0018 \times \text{Altitude above sea level}; r^2 = 0.23$$

در نهایت از بین متغیرهای شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا، قطر میانه خشکه‌دار، طول خشکه‌دار و حجم خشکه‌دار تنها متغیر شیب دامنه با شاخص‌های غنای منهنیک و مارگالف رابطه کاهنده (ضریب تبیین

رابطه (۱)

رابطه (۲)

رابطه (۳)

رابطه (۴)

رابطه (۵)

(Bear *et al.*, 1992; Hedde *et al.*, 2007) و تحت

تأثیر عوامل مختلفی از قبیل سن توده (Hedde *et al.*,

2007)، مقدار نور ورودی به کف جنگل (Potegnie

et al., 2005)، اقلیم و شیمی لاشبرگ (Coleman et

al., 2004) قرار دارد. ثابت شده است که ورود نور

بیشتر به داخل توده سبب افزایش فعالیت خرده‌ریزه-

خوارانی مانند کرم‌های خاکی و هزارپایان می‌شود

(Potegnie *et al.*, 2005). در جنگل‌های مرطوب

هزارپایان بعد از کرم خاکی مهم‌ترین خرده‌ریزه‌خواران

درشت محسوب می‌شوند (Crawford, 1990) و حتی

در برخی از پژوهش‌ها نقش آنها در تجزیه مواد آلی از

کرم‌های خاکی مهم‌تر قید شده است (Tian *et al.*,

1995). به دلیل عدم وجود لایه‌ی محافظتی در پوست

این جانوران، خشکی محیط موجب ازدست دادن آب

بدن آنها می‌شود، به همین دلیل این جانوران به کمبود

رطوبت محیط حساس هستند (Coleman *et al.*,

## بحث

در این تحقیق ۲۷ خانواده از ده راسته ماکروفون روی خشکه‌دار راش در چهار درجه پوسیدگی در جنگل آموزشی دکتر بهرام‌نیا جمع‌آوری شد که این غنای گونه‌ای به دلیل ترکیب محیط پیرامونی و کیفیت خشکه‌دارها است. Haghverdi و همکاران (2013) در بررسی خود ۱۶ خانواده مختلف ماکروفون را روی خشکه‌دار راش در چهار درجه پوسیدگی در جنگل‌های نور و کلاردشت جمع‌آوری کردند.

از بین راسته‌های ماکروفون بیشترین فراوانی ماکروفون مربوط به خانواده هزارپایان بود و کمترین فراوانی به خانواده حلزون‌های بدون صدف اختصاص داشت. افزایش هزارپا به علت وجود عناصر غذایی مانند نیتروژن و رطوبت کافی است. جمعیت خرده-ریزه‌خواران نقش مهمی در تجزیه خشکه‌دار و لاشبرگ‌ها ایفا می‌نمایند (Coleman *et al.*, 2004;

وزن مخصوص چوب و ایجاد سوراخ در چوب شرایط را برای حضور کرم خاکی فراهم کرده که مدفوع آنها به نوبه خود می تواند فعالیت میکروارگانیسم های تجزیه کننده چوب را به شدت تقویت نماید (Potegniet al., 2005).

کمترین تنوع مربوط به درجه پوسیدگی یک و بیشترین مربوط به درجه پوسیدگی چهار و بعد سه اختصاص داشت. با افزایش اندازه پوسیدگی توان نگهداری آب بالاتر رفته و می تواند در فصول خشک رویشگاه مناسب تری به ویژه برای گونه های حساس به خشکی مانند کرم خاکی و هزارپا باشد. در بررسی Vanderwel و همکاران (2006) روی فون حشرات تنه های در حال فساد در جنگل های سوزنی برگ شرق کانادا بیشترین حشرات روی خشکه دارهای با بالاترین درجه پوسیدگی حضور داشتند. همچنین Varasteh (2015) Moradi رابطه مثبت و معنی داری بین پوسیدگی درجه چهار خشکه دار با تنوع پرنندگان آشیانه خفه ای گزارش کرد.

بین ۱۵ تا ۲۳ درصد از تغییرات غنا و تنوع ماکروفون این جنگل را متغیرهای شیب دامنه و ارتفاع از سطح دریا کنترل می کرد و بیشترین تنوع و غنای ماکروفون در جلگه ها و ارتفاع کم از سطح دریا مشاهده شد (شکل دو). رابطه تراکم خشکه دارهای با درجه پوسیدگی چهار با جهت دامنه (Sefidi et al., 2015)، تنوع خشکه دار با حجم درختان زنده، حجم کلی خشکه دار، تنوع گونه های خشکه دار و حجم خشکه دارهای درجه سه ثابت شده است (Simila et al., 2003) و همبستگی معنی داری بین فراوانی سوسک های پوست زری با مقدار خشکه دارها یافت شده است (Martikainen et al., 1999). در نهایت در بیشتر منابع قبلی بیان شده است که در رویشگاه های گرم تر با مقدار بیشتر خشکه دار، تنوع سوسک های

هزارپایان از مواد حاوی مقادیر بالای پلی فنول اجتناب می نمایند و در مقابل به مواد دارای مقدار بالای کلسیم علاقه دارند (Neuhauser and Hartensstein, 1978). همچنین از لاشبرگ های تازه نیز پرهیز می کنند (David and Gillon, 2002). در بررسی Hassall و همکاران (1987) و David and Handa (2010) در جنگل های معتدله، بیان کردند که هزارپا فراوان ترین ماکروفون است و نقش قابل توجهی در تجزیه و آزاد شدن نیتروژن دارد.

کرم های خاکی از مهم ترین گروه های خرده ریزه - خواران محسوب می شوند و نقش مهمی در تجزیه بقایای گیاهی دارند (Coleman et al., 2004) به ویژه اینکه دستگاه گوارش آنها حاوی آنزیم هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، ساکاراز، لیپاز، کیتیناز و سلولاز است (lakziyan, 2009). در این تحقیق سوسک های پوست زری (Bark Beetle) و چوب خوار (Wood-Borers beetle) جزو غنای ماکروفون خشکه دار راش بودند. ثابت شده است وزن مخصوص چوب با افزایش فعالیت سوسک های چوب خوار کاهش معنی داری می یابد (Angers et al., 2011). در منابع ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش وزن خشکه دار طی فرایند تجزیه به فعالیت بی مهرگان خاکزری نسبت داده شده است. هرچند برخی راسته ها مانند پادمان و مورپانه ها نقش بسیار برجسته و بیشتری در تجزیه خشکه دار دارند. همچنین مصرف ۰/۲ درصد حجم برون چوب خشکه دار طی سال اول توسط سوسک ها (Zhong and Schowalter, 1989)؛ هضم حدود ۴۰ درصد سلولز چوب کاج اسکاتلندی توسط لارو سوسک *Anobium punctatum* (Baker et al., 1970) و ایجاد سوراخ و تونل بعد از چهار هفته مجاورت خشکه دار افتاده بلوط با سوسک خانواده Passalidae گزارش شده است (Preiss and Catts, 1968). کاهش

درختان در اطراف نهرها و دریاچه‌ها و ایجاد خشکه-دارهای سرپای شکسته است (Larsson and Danell, 2001). همچنین پیشنهاد شده است که برای حفاظت از تنوع زیستی در جنگل‌های بهره‌بردار شده، کنده‌های قطور از گونه‌های مختلف در مناطقی که تاج پوشش باز است، نگهداری شود (Lindhe and Lindelow, 2004).

در کل نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که حضور خشکه‌دار افتاده جنگل، موجب تنوع طیف گسترده‌ای از ماکروفون می‌شود که اغلب جزو حشرات مفید اکوسیستم جنگلی محسوب شده و درصد بالایی از کل فون بی‌مهرگان جنگل را شامل می‌گردند، بنابراین لازم است در جنگل‌های مدیریت شده به حفظ خشکه‌دار از قطرهای مختلف توجه زیادی شود تا تنوع زیستی در جنگل افزایش یابد.

چوب‌خوار بیشتر است (Lachat et al., 2012). در خصوص متغیر ارتفاع از سطح دریا گرچه انتظار می‌رود تغییرات ارتفاعی در مقیاس حوزه آبخیز عامل اصلی کنترل‌کننده تغییرات نباشد، لیکن مرز برف‌گیر حوزه که در ارتفاع ۷۵۰ متری است عاملی برای تغییرات معنی‌دار طبقه ارتفاعی بالاتر از ۷۰۰ متر با دوطبقه ارتفاعی پایین‌تر شده است.

تنوع گونه‌ای در جنگل‌های مدیریت شده می‌تواند کاهش یابد. یکی از دلایل احتمالی کاهش تنوع زیستی بسیاری از جنگل‌های اسکاندیناوی را مقدار کم چوب‌های مرده (درختان مرده) می‌دانند (Fridman and Walheim, 2000). بنابراین یکی از موارد توصیه‌شده در عملیات جنگلداری، نگهداری و تولید آگاهانه درختان (چوب) مرده است و در این راستا جنگلداری سوئد دستورالعمل‌هایی را معرفی نموده که شامل رها کردن درختان خشک سرپا و افتاده، حفظ

## References

- Aghajani, H., M. R. Marvi Mohadjer, M. R. Asef & A. Shirvany, 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)
- Alidadi, F., M. R. Marvie Mohadjer, V. Etamad & K. Sefidi, 2014. Decay dynamics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) deadwood in mixed beech stands, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4): 624-635. (In Persian)
- Angers, V. A., P. Drapeau & Y. Bergeron, 2011. Mineralization rates and factors influencing snag decay in four North American boreal tree species, *Canadian Journal of Forest Research*, 42(1): 157-166.
- Ayuke, F. O., N. K. Karanja, E. M. Muya, B. K. Musombi, J. Mungatu & G. H. N. Nyamasyo, 2009. Macrofauna diversity and abundance across different land use systems in EMBU, Kenya, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11(2): 371-384.
- Baker, J. M., R. A. Laidlaw & G. A. Smith, 1970. Wood breakdown and nitrogen utilization by *Anobium punctatum* Deg. feeding on scot pine sapwood, *Holzforchung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, 24(2): 45-54.
- Bear, M. H., R.W. Parmelee, P. F. Hendrix, W. Cheng, D. C. Coleman & D. A. Crossley, 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems, *Ecological Monographs*, 62(4): 569-591.
- Behan-Pelletier, V. & G. Newton, 1999. Computers in Biology: Linking soil biodiversity and ecosystem function-the taxonomic dilemma, *Bioscience journal*, 49(2): 149-152.
- Borror, D. J., N. F. Johnson & C. A. Triplehorn, 1989. An introduction to study of insect. Saunders Collage Press, Philadelphia, 864 p.
- Coleman, D. C., D. A. Crossley & P. F. Hendrix, 2004. Fundamentals of soil ecology. The Maole-Vail Book Manufacturing Group, Academic press, 38 p.

- Crawford, C. S., 1990. Scorpions, Solfugae and associated desert taxa. In: Dindal, D. L., (Ed.), Soil Biology Guide, Willey, New York, pp. 421-475.
- David, J. F. & D. Gillon, 2002. Annual feeding rate of the millipede *Glomeris marginata* on holm oak (*Quercus ilex*) leaf litter under Mediterranean conditions, *Pedobiologia*, 46(1): 42-52.
- David, J. F. & I. T. Handa, 2010. The ecology of saprophagous macroarthropods (millipedes, woodlice) in the context of global change, *Biological reviews*, 85(4): 881-895.
- Fridman, J. & M. Walheim, 2000. Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden, *Forest Ecology and Management*, 131(1): 23-36.
- Ganey, J. L., 1999. Snag density and composition of snag populations on two national forest in northern Arizona, *Forest Ecology and management*, 117(1): 169-178.
- Habashi, H. & J. Mahmoudi, 2005. The ecological importance of dead trees in virgin oriental beech forest (Mazandaran, Iran). Proceedings of 10th European ecological studies, Turkey. Pp.135-137.
- Habashi, H., S. M. Hosseini & M. R. Marvie Mohajer, 2004. The importance of necromass in virgin oriental beech forest (Mazandaran, Iran). Proceedings of 7th IUFRO international beech symposium, Tehran, Iran. pp. 85-86.
- Hagan, J. M. & S. L. Grove, 1999. Coarse Woody Debris: Humans and Nature Competing for Trees. *Journal of Forestry*, 97(1): 6-11.
- Haghverdi, K., H. Kiadaliri, S. M. Hoseini, F. Kazemnezad & V. Bayramzadeh, 2013. Comparison of frequency and diversity of insects in different beech deadwood decay grade (Case study: district 5 and 7, compartement3 watershed management region 46 Kojoor), *Iranian natural ecosystems*, 3(1): 39-47. (In Persian)
- Hassall, M., J. G. Turner & M. R. W. Rands, 1987. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter, *Oecologia*, 72(4): 597-604.
- Hedde, M., M. Aubert, F. Bureau, P. Margerie & T. Decaens, 2007. Soil detritivors macro-invertebrate assemblages throughout a managed beech rotation, *Annals of Forest Science*, 64(2): 219-228.
- Lachat, T., B. Wermelinger, M. M. Gossner, H. Bussler, G. Isacsson & J. Müller, 2012. Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests, *Ecological Indicators*, 23:323-331.
- Lakziyan, A., 2009. Soil microbiology, Ferdowsi University press, 135 p. (In Persian)
- Larsson, S. & K. Danell, 2001. Science and the management of boreal forest biodiversity, *Scandinavian Journal Forest Research*, 16(S3): 5-9.
- Lindenmayer, D. B. & J. F. Franklin, 2002. Conserving forest biodiversity: A comprehensive multiscaled approach, Island press, 351 p.
- Lindhe, A. & Å. Lindelöw, 2004. Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrates for saproxylic beetles, *Forest Ecology and Management*, 203(1):1-20.
- Martikainen, P., J. Siitonen, L. Kailac, P. Punttila & J. Rauh, 1999. Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland, *Forest Ecology and Management*, 116(1): 233-245.
- Muller, J., T. Simon, B. Roland, Kh. sagheb-Talebi, H. V. Barimani, S. Seibold, M. D. Ulyshen & M. M. Gossner, 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.
- Neuhauser, E. F. & R. Hartenstein, 1978. Phenolic content and palatability of leaves and wood to Soil isopods and diplopods, *Pedobiologia*, 18: 99-109.
- Potegnne, M., G. D. B. de Warnaffe & P. Lebrun, 2005. Impacts of silvicultural practices on the structure of hemi-edaphic macrofauna community, *Pedobiologia*, 49(3): 199-210.
- Preiss, F. J. & E. P. Catts, 1968. The mechanical breakdown of hardwood in the laboratory by *Popilius disjunctus* (Coleoptera: Passalidae), *Journal of the Kansas Entomological Society*, 41:240-242.
- Rahmani, R. & H. Z. Miyvan, 2004. Diversity and assemblage structure of soil invertebrates in beech, hornbeam and oak-hornbeam forest types, *Iranian journal of*

- natural resources*, 56(4): 425-436. (In Persian)
- Ruiz, N., P. Lavelle & J. Jiménez, 2008. Soil macrofauna field manual, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 113 p.
  - Santiago, J. M. & A. D. Roclewald, 2005. Dead Tree as resources for forest wildlife, extension fact sheet, Ohio State University Express, 5 p.
  - Schiegg, K., 2001. Saproxyllic insect diversity of beech: limbs are richer than trunks. *Forest Ecology and Management*, 149(1): 295-304.
  - Sefidi, K. & V. Etemad, 2015. Dead wood characteristics influencing macrofungi species abundance and diversity in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests, *Forest Systems*, 24(2):1-9.
  - Sefidi, K., F. Esfandiary Darabad & M. Azaryan, 2015. Effect of topography on tree species composition and volume of coarse woody debris in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) old growth forests, northern Iran, *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(4): 658-665.
  - Sefidi, K., F. Esfandiary Darabad, & M. Sharari, 2016. The decay time and rate determination in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) dead trees in Asalem forests. *Journal of Environmental Studies*, 24(3): 551-563. (In Persian)
  - Siitonen, J., 1994. Decaying wood and saproxyllic coleopteran in two old spruce forests: a comparison base on two sampling methods, *Annals zoologici Fennici*, 31:89-95.
  - Siitonen, J., 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxyllic organisms: Fenoocandian boreal forest as an example, *Ecological Bulletin*, 49: 11-39.
  - Simila, M., J. Kouki & P. Martikainen, 2003. Saproxyllic beetles in managed and seminatural scot pine forests: quality of dead wood matters, *Forest Ecology and Management*, 174(1): 365-381.
  - Stevenson, F. J., 2002. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction*, John Wiley & Sons press, New York, 24 p.
  - Stokland, J. N., J. Siitonen & B. G. Jonsson, 2012. *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press, Cambridge, 512 p.
  - Tian, G., L. Brussaard & B. T. Kang, 1995. Breakdown of plant residues with contrasting chemical: effects of earthworms and millipedes, *Soil Biology & Biochemistry*, 27(3): 277-280.
  - Vanderwel, M.C., J. R. Malcolm, S. M. Smith & N. Islam, 2006. Insect community composition and trophic guild structure in decaying logs from eastern Canadian pine-dominated forest, *Forest Ecology and management*, 225(1-3): 190-199.
  - Varasteh Moradi, H., 2015. Density and diversity of cavity nesting bird community in Golestan national park, Iran. *Environmental Research*, 5(9): 157-166. (In Persian)
  - Villa-Castillo, J. & M. R. Wagner, 2002. Ground beetle (Coleoptera, Carabidae) species assemblage as indicator of forest condition in northern Arizona ponderosa pine forests, *Environmental Entomology*, 31(2): 242-252.
  - Wardle, D. A., 2006. The influence of biotic interactions on soil biodiversity, *Ecology Letters*, 9(7): 870-886.
  - Yamamoto, S. I., 2000. Forest gap dynamics and tree regeneration, *Journal of Forest Research*, 5(4): 223-229.
  - Yang, X. & J. Chen, 2009. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forest, Southwestern China, *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5): 910-918.
  - Zhong, H. & T. D. Schowalter, 1989. Conifer bole utilization by wood-boring beetles in western Oregon, *Canadian Journal of Forest Research*, 19(8): 943-947.

## Effect of beech logs deadwood quality (decay stage class) on the macro fauna diversity in managed forest

H. Habashi<sup>\*1</sup>, P. Feizi<sup>2</sup>, A. Nadimi<sup>3</sup>, A. A. Mohamadali Pourmalekshah<sup>4</sup>

1- Associate Professor, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

2- M.Sc. of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

3- Assistant Professor, Department Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

4- Ph.D. student of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

Received: 02.03.2017

Accepted: 04.06.2017

### Abstract

The aim was to investigate the relationship between macro fauna biodiversity with quality or decay grade of beech logs deadwood and some environmental factors in the East Hyrcanian forests. 108 fallen beech deadwoods have been selected for this purpose that have appropriate frequency in four decay classes, three diameter classes from 10 to 100 cm and three classes of altitude above sea level from 250 to 900 m. The macro fauna samples were collected in the field under dead wood skin and inside wood with a knife and hand sorting. The total macro fauna observed belonging to 7 classes, 10 orders and 27 families. The results showed that two orders Coleoptera and Geophilomorpha, two families Lumbricidae and Arionidae and two genus *Julus* and *Octotemnus* had the highest and lowest macro fauna frequency respectively. Richness and diversity of macro fauna have decreased with increasing altitude above sea level. Dominance indices were decreased with increasing the dead wood quality (decay stage class) while richness and diversity were increased. Slope and elevation, were introduced as the most important environmental factors that controlled macro fauna biodiversity of fallen beech dead wood.

**Keywords:** Beech, Biodiversity, Dead wood, Macro fauna.

---

\* Corresponding author:

Email: habashi@gau.ac.ir