



بررسی تنوع راسته‌های ماکروفون خاک روی خشک‌دارهای افتاده ممرز با درجات مختلف پوسیدگی در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان

حافظ رضایی الونی^{۱*}، هاشم حبشی^۲، خسرو ثاقب طالبی^۳ و علی‌اکبر محمدعلی پورملکشاه^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ استاد تمام، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

^۴ دکتری مدیریت جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸)

چکیده

مقدمه: خشک‌دارها در شرایط مختلف پوسیدگی محیط زیست متفاوتی برای گونه‌های مختلف محسوب می‌شوند. این تحقیق با هدف مقایسه تنوع راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دارهای افتاده ممرز با درجات مختلف پوسیدگی (چهار درجه پوسیدگی) در سری یک جنگل شصت کلاته گرگان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: ۱۰۸ خشک‌دار در سه طبقه ارتفاعی (۴۵۰-۲۰۰، ۷۰۰-۴۵۰ و ۹۵۰-۷۰۰ متر از سطح دریا) با سه تکرار برای درجات پوسیدگی مختلف از خشک‌دار افتاده و سه تکرار از سه طبقه قطری کمتر از ۴۰، ۴۰-۸۰ و بیشتر از ۸۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. جداسازی ماکروفون از خشک‌دارها به روش دستی انجام گرفت و ماکروفون براساس کلیدهای شناسایی با دقت هزارم گرم توزین شد. تنوع راسته‌های ماکروفون براساس شاخص‌های تنوع، یکنواختی و غنا (به ترتیب شانون-وینر، سیمپسون و مارگالف) محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین میانگین شاخص‌های غنا و تنوع زی‌وزن و فراوانی ماکروفون در درجات پوسیدگی مختلف خشک‌دار ممرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به طوری که با افزایش شدت پوسیدگی، غنا و تنوع ماکروفون افزایش یافت. بیشترین تعداد ماکروفون در درجه پوسیدگی چهار و در قطرهای ۷۰-۱۰۰ و ۴۰-۷۰ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی راسته‌های ماکروفون در طبقه ارتفاعی ۴۵۰-۲۰۰ و کمترین مقدار فراوانی در طبقه ارتفاعی ۹۵۰-۷۰۰ مشاهده شد. همچنین بین طبقه ارتفاعی یک و طبقه ارتفاعی دو اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. رابطه کاهنده معنی‌داری بین طول خشک‌دار و فراوانی راسته‌های ماکروفون مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق با افزایش ارتفاع از سطح دریا یکنواختی زی‌توده، افزایش و غنای زی‌توده کاهش یافت بنابراین می‌توان گفت که اثر یکدیگر بر تنوع زی‌توده راسته‌های ماکروفون را خنثی کرد و در نتیجه برای تنوع زی‌توده راسته‌های ماکروفون در طبقات ارتفاعی مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، خشک‌دار، شدت پوسیدگی، غنا.

اکولوژیکی درخت در اکوسیستم ادامه می‌یابد (Sefidi &

Marvi Mohajer, 2010). خشک‌دارهای سرپا زیستگاه‌هایی برای حیات وحش در جنگل فراهم می‌کنند، درختان افتاده نیز ضمن تأثیر در زادآوری، آشیان

مقدمه

در اکوسیستم‌های جنگلی، درختان بعد از رسیدن به سن کهولت و پایان زندگی به تدریج می‌پوسند و تجزیه می‌شوند. با پایان عمر فیزیولوژیکی درخت، وظایف

با محیط اطراف را تضمین می‌کند و حفاظت از آنها موجب مدیریت پایدار جنگل می‌شود (Ardestani et al., 2010). در تحقیقی در زمینه اثر مراحل مختلف پوسیدگی خشک‌دار راش بر تنوع حشرات قاب‌بال جنگل، Haghverdi et al. (2012) خشک‌دارهای راش را در چهار درجه پوسیدگی در پارسل‌های پنج و هفت سری سه حوضه آبخیز شماره ۴۶ کجور استان مازندران بررسی کردند. نتایج نشان داد که در حدود نیمی از حشرات قاب‌بال جمع‌آوری شده (۴۸/۴ درصد) به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی دو تعلق دارند. کمترین درصد فراوانی حشرات قاب‌بال (۱۲/۴ درصد) به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی چهار اختصاص داشت. در پژوهشی Zuo et al. (2014) تأثیر گونه درختی و مرحله پوسیدگی و محیط زیست خشک‌دار را بر تنوع خرده‌ریزه‌خواران بزرگ بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که بین شدت پوسیدگی چوب و فراوانی هزارپایان و خرماکی‌ها رابطه غیرخطی وجود دارد. در پژوهشی Muller et al. (2016) نقش حجم خشک‌دار در مقایسه با دیگر ویژگی‌های زیست‌محیطی در حمایت از تنوع گونه‌های ساپروکسیلیک در جنگل‌های هیرکانی را بررسی کردند و نشان دادند که حجم خشک‌دار مهم‌ترین عامل تفسیرکننده تغییرات حشرات ساپروکسیلیک در مقایسه با عوامل محیطی دیگر است. Odor & Van Hess (2006) در پژوهشی در هجده رویشگاه از پنج کشور مختلف در اروپا به بررسی تنوع قارچ و پوشش خزهای مستقر بر روی خشک‌دارها پرداختند و بیان کردند که تنوع موجودات زنده در جنگل به شدت تحت تأثیر خشک‌دارهای جنگل است. در پژوهشی Vanderwel (2006) فون حشرات در تنه‌های در حال فساد در جنگل‌های سوزنی‌برگ شرق کانادا را بررسی کردند. نتیجه نشان داد که ترکیب جامعه حشرات در سطح چهار کلاس فروپاشی خشک‌دار متفاوت است. چوبخوارها و شکارگران به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی کم تمایل دارند و گندخوارها و حشرات انگل در خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی زیاد حضور دارند. در پژوهشی دیگر

اکولوژیک جدیدی را برای بسیاری از گیاهان و جانداران فراهم می‌آورد و کارکردی اساسی در چرخه مواد غذایی دارند (Santiago & Amanda, 2005). خشک‌دارها در جنگل نه تنها مضر نیستند، بلکه سبب افزایش حیات وحش و پرندگان در جنگل می‌شوند. وجود خشک‌دار برای سلامت و حاصلخیزی جنگل اهمیت زیادی دارد (Russell et al., 2012). خشک‌دارهای افتاده ضمن تأثیر گذاشتن در زادآوری، آشیان اکولوژیکی جدیدی را برای بسیاری از گیاهان و جانوران فراهم می‌کنند و اهمیت زیادی در چرخه مواد غذایی دارند (Habashi et al., 2017). یکی از موضوعات مطرح در حفظ سلامت اکوسیستم و تنوع زیستی در جنگل‌ها، نگهداری تعدادی از درختان تا رسیدن به مرحله پوسیدگی است (Sefidi & Marvi Mohajer, 2010). خشک‌دارها در داخل سیستم‌های طبیعی یک خردزیستگاه (Microhabitat) به‌شمار می‌روند که بسیاری از جانداران (ماکروفون) و گیاهان روی آن مستقر می‌شوند (Sefidi & Marvi, 2010). ماکروفون جانورانی‌اند که قطر بدنشان بیش از ۱۰ میلی‌متر است و به راحتی با چشم غیرمسلح هم دیده می‌شوند (Fahrenholz, 2009). این موجودات به اندازه‌های بزرگ هستند که بتوانند برهم‌خوردگی خاک را انجام دهند. پستانداران کوچک، کرم خاکی، جوندگان، انواع موربانه و مورچه در این دسته قرار دارند (Binkley et al., 2004). این جانداران اثر مستقیم و غیرمستقیم بر تولید و بهره‌وری زمین دارند. ماکروکروفون‌ها شبکه غذایی بسیار پیچیده خاک را تشکیل می‌دهند (Barrios, 2007). بهبود ساختمان خاک، تبادل گازها، نفوذپذیری و ماندگاری آب خاک، تجزیه اولیه و توزیع مجدد بقایای آلی در پروفیل خاک، چرخش عناصر غذایی، کنترل آفات و علف‌های هرز، بهبود رشد و عملکرد گیاه، تجزیه آلاینده‌ها و پراکنش بذر گیاهان توسط جامعه ماکروفون خاک سبب شده است که ماکروفون در تنوع زیستی خاک توجه زیادی را به خود معطوف کند (Lavelle et al., 2002; Bardgett, 2002). ماکروفون تنوع زیستی، انعطاف‌پذیری و ظرفیت سازگاری اکوسیستم‌های جنگلی

جنگل‌های شمال کشور است (Alidadi, 2014) و حجم خشک‌دار آن چشمگیر است برای شناخت و بررسی ویژگی‌های مختلف و استفاده بهینه از این گونه باید تحقیقات گسترده‌ای انجام گیرد؛ از این‌رو هدف این تحقیق بررسی تأثیر خشک‌دار ممرز با درجات مختلف پوسیدگی بر تنوع راسته‌های ماکروفون خاک است.

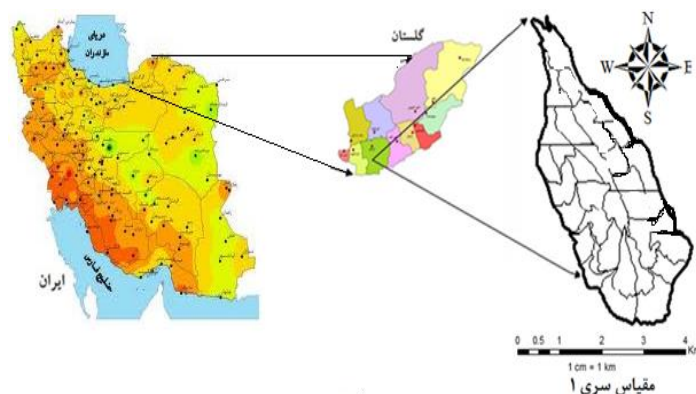
مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته گرگان (طرح دکتر بهرام نیا) در شیب‌های شمالی رشته‌کوه البرز واقع شده است و در پنج کیلومتری جنوب غربی شهرستان گرگان قرار دارد. مساحت این جنگل بالغ بر ۳۷۱۶ هکتار است. منطقه به دو سری تقسیم می‌شود. سری یک با ۱۷۱۳ هکتار مساحت بین ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این جنگل دارای هفده گونه درختی و شش گونه درختچه‌ای است. کمینه ارتفاع منطقه پژوهش ۲۱۰ و بیشینه آن ۱۲۰۰ متر است. مقدار بارندگی متوسط سالانه منطقه ۶۴۹ میلی‌متر است. سنگ مادری این ناحیه از نوع ماسه‌ای و دارای خاک قهوه‌ای و قهوه‌ای خاکستری است که خاصیت اسیدی دارد (Habashi et al., 2007).

Gossner et al. (2013) تأثیر مدیریت جنگل نزدیک به طبیعت بر ترکیب صفات کاربردی سوسک‌های پوسیده‌خوار در آلمان را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش خشک‌دارها، ترکیب جامعه به سمت گونه‌های بزرگ‌تر و گونه‌هایی که چوب‌های پوسیده‌تر را ترجیح می‌دهند تغییر کرد.

ممرز گونه‌ای چوبی است و فراوان‌ترین درخت در جنگل‌های شمال ایران است که نرخ تجزیه لاشبرگ آن نسبت به اغلب گونه‌ها بیشتر و در توده ممرز خالص بیشترین است (Kianmehr et al., 2022). درخت ممرز از اروپا تا قفقاز و در ایران در نقاط مختلف جنگل‌های شمال البرز از آستارا تا گلیداغی انتشار دارد (Sabeti, 2008). در میان گونه‌های مختلف پهن‌برگان جنگل‌های شمال ایران، ممرز از اولین و مهم‌ترین گونه‌های جنگلی است که دامنه انتشار وسیعی دارد و درصد زیادی از سطح جنگل‌های شمال را می‌پوشاند. رویشگاه ممرز از ارتفاعات جلگه‌ای ۳۰۰ متری تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا در شمال کشور از منطقه غرب گیلان آغاز و تا حوالی جنوب شرقی مازندران کشیده می‌شود (Moslehi et al., 2011). عمر گونه ممرز در مقایسه با دیگر درختان جنگل‌های شمال کشور کمتر است (Sabeti, 2008). این گونه ۳۳ درصد از حجم کل درختان جنگل‌های شمال را به خود اختصاص داده است (Saeed, 2006) و بیشترین پراکنش سطح را از لحاظ تعداد در جنگل‌های شمال البرز دارد (Sabeti, 2008). با توجه به اینکه ممرز دارای بیشترین سهم در



شکل ۱- سری یک جنگل شصت کلاته گرگان

Figure 1. District one Shast Kalate Forest in Gorgan

شیوه اجرای پژوهش

به منظور دستیابی به اطلاعات کمی و کیفی از خشک‌دارهای ممرز موجود در رویشگاه، ابتدا با جنگل‌گردشی‌های مقدماتی خشک‌دارها شناسایی و مشخص شدند. کیفیت پوسیدگی در چهار مرحله به لحاظ پیشرفت پوسیدگی و براساس ویژگی‌های ظاهری تعیین شد: درخت تازه خشک‌شده که رنگ پوست و ظاهر درخت هنوز به‌طور فاحش تغییر نکرده است (درجه پوسیدگی یک)، رنگ چوب تغییر کرده و قهوه‌ای شده است و سفیدک دیده می‌شود، ولی هنوز چوب سفت است و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن عوض نشده است (درجه پوسیدگی دو)؛ پوسیدگی پیشرفته‌تر است، رنگ آن کاملاً تغییر یافته و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب کاملاً عوض شده است (درجه پوسیدگی سه)، چوب کاملاً پوسیده و به اصطلاح ذوب شده است و به راحتی در مقابل ضربه خرد و ریز می‌شود (درجه پوسیدگی چهار) (Sefidi & Etemad, 2015). زمان مناسب برای نمونه‌برداری از ماکروفون در منابع مختلف متفاوت قید شده که در هر منطقه با مناطق دیگر متفاوت است (Rahmani & Ponge et al., 1997; Saleh Rastin, 2000). بنابراین نمونه‌برداری‌های این پژوهش در سه فصل بهار، تابستان و پاییز ۱۳۹۴ انجام گرفت. منطقه نمونه‌برداری به سه طبقه ارتفاعی ۴۵۰-۷۰۰، ۷۰۰-۹۵۰ و ۹۵۰-۱۲۰۰ متر تقسیم شد و در هر طبقه ارتفاعی سه تکرار برای درجات پوسیدگی مختلف از خشک‌دار افتاده ممرز و سه تکرار از سه کلاسه قطری کمتر از ۴۰، ۴۰-۷۰ و ۷۰-۱۰۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد (Habashi et al., 2017). به این ترتیب، در مجموع از ۱۰۸ خشک‌دار ممرز نمونه‌برداری صورت گرفت (سه کلاسه ارتفاعی × چهار درجه پوسیدگی × سه کلاسه قطری × سه تکرار). برای تعیین ماکروفون فعال روی خشک‌دار افتاده ممرز، برشی از چوب خشک‌دار توسط اره موتوری قطع و جداسازی ماکروفون به روش دستی (Coleman et

al., 2004) انجام گرفت و نمونه‌ها تا زمان شناسایی در قوطی حاوی اتانول ۷۵-۹۰ درصد (Yang & Chen, 2009) نگهداری شدند. راسته‌های ماکروفون با استفاده از کلید شناسایی موجود (Ruiz et al., 2008) تعیین شدند که پس از شناسایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد درون آن خشک شده و با ترازوی دیجیتال دقت هزارم گرم توزین و زی‌وزن آنها تعیین شد. به منظور ارزیابی تنوع زیستی جانداران بزرگ خاک‌زی سه شاخص تنوع (شانون-وینر)، غنا (مارگالف) و یکنواختی (سیمسون) در نرم‌افزار BioDiversity Professional محاسبه شد (روابط ۱ تا ۳).

رابطه ۱ تنوع شانون-وینر

$$H = -\sum (p_i \cdot \ln p_i)$$

رابطه ۲ یکنواختی سیمپسون

$$E = 1 / (\sum p_i^2 \cdot S)$$

رابطه ۳ غنای مارگالف

$$D_{mz} = S - 1 / \ln(N)$$

S تعداد راسته‌های ماکروفون p_i فراوانی نسبی هر یک از راسته‌های ماکروفون L_n لگاریتم طبیعی

حجم خشک‌دار با استفاده از فرمول اسمالیان (رابطه ۴) تعیین شد (Zubairi, 2009).

رابطه ۴

$$V = (G_1 + G_2) / 2 \times H$$

V = حجم (m^3)، G_1 = سطح مقطع ابتدای قطعه (m^2)، G_2 = سطح مقطع انتهایی قطعه (m^2)، H = طول قطعه (m)

بررسی ارتباط بین طول و حجم خشک‌دارها با فراوانی راسته‌های ماکروفون با استفاده از رگرسیون انجام گرفت.

روش تحلیل

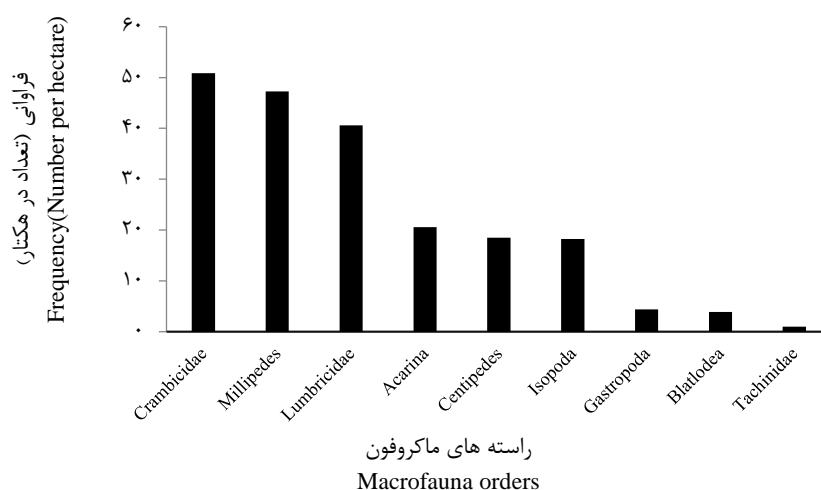
ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تعیین شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت و به منظور مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی تعداد و زی‌توده راسته‌های ماکروفون بین

خشک‌دارها گونه‌هایی از راسته‌های Cerambicidae، Centipedes، Acarina، Lumbricidae، Millipedes و Isopoda مشاهده شد و در خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی چهار علاوه بر راسته‌های ذکر شده، راسته‌های Blattodea، Tachinidae و Gastropoda نیز مشاهده شدند. فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون روی خشک‌دارهای افتاده متفاوت بود و راسته‌های Cerambicidae، Millipedes و Lumbricidae فراوان‌ترین راسته‌های ماکروفون موجود در خشک‌دارها بودند (شکل ۲).

چهار درجه پوسیدگی خشک‌دار از آنالیز واریانس و آزمون‌های دانکن و LSD استفاده شد. رابطه بین حجم خشک‌دار با فراوانی و زی‌توده راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار با استفاده از رگرسیون تعیین شد. عمل تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام گرفت. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL 2013 استفاده شد (Mesdaghi, 2004).

نتایج

در طول دوره نمونه‌برداری نه راسته ماکروفون مشاهده و ثبت شد. در پوسیدگی درجه یک این



شکل ۲- فراوانی راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دارهای با درجات مختلف پوسیدگی ممرز
Figure 2. Frequency of macrofauna orders on hornbeam deadwood with different decay classes

پوسیدگی چهار و در قطرهای ۷۰-۱۰۰ و ۴۰-۷۰ سانتی‌متر مشاهده می‌شود (شکل ۳). مقایسه میانگین فراوانی ماکروفون در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی راسته‌های ماکروفون در طبقه ارتفاعی یک (۲۰۰-۴۵۰ متر از سطح دریا) و کمترین مقدار فراوانی در طبقه ارتفاعی سه (۷۰۰-۹۵۰ متر از سطح دریا) وجود دارد. همچنین بین طبقه ارتفاعی یک و طبقه ارتفاعی دو (۴۵۰-۷۰۰ متر از سطح دریا) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴).

تأثیر تیمارهای مختلف بر فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین میانگین فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون در تیمارهای درجه پوسیدگی، قطر و ارتفاع از سطح دریا و اثر متقابل درجه پوسیدگی با قطر در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین فراوانی راسته‌های ماکروفون نشان می‌دهد که بیشترین تعداد ماکروفون در درجه

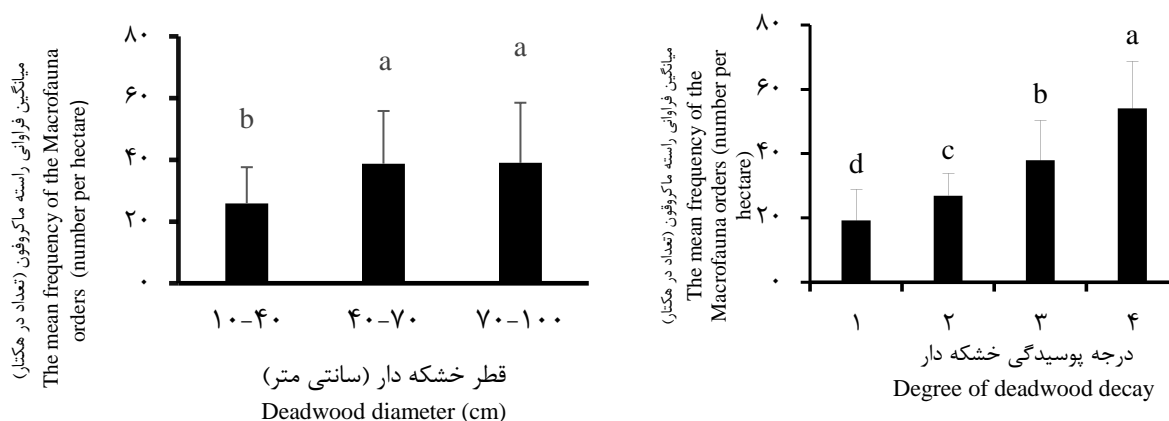
جدول ۱- تجزیه واریانس فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون در درجه پوسیدگی، قطر و ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

Table 1. Analysis of variance for the frequency of different macrofauna orders in different decay classes, diameters, and altitudes

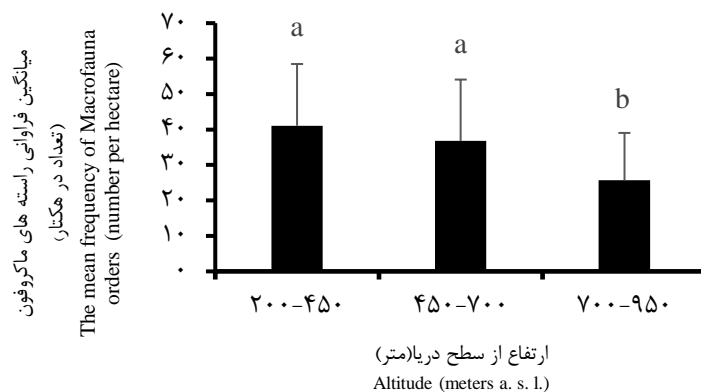
F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degrees of Freedom	مجموع مربعات Sum of Squares	منبع تغییرات Source of variation
87.47*	4952.314	3	14856.942	درجه پوسیدگی خشک‌دار
18.70*	1059.07	2	2118.155	قطر خشک‌دار
37.79*	2139.585	2	4279.170	ارتفاع از سطح دریا (meters a. s. l.)
2.559*	144.865	6	869.19	درجه پوسیدگی × قطر
1.619 ^{ns}	91.676	6	550.05	درجه پوسیدگی × ارتفاع از سطح دریا
2.412 ^{ns}	136.56	4	546.264	ارتفاع از سطح دریا (meters a. s. l.) × قطر
1.116 ^{ns}	63.208	11	695.29	درجه پوسیدگی × قطر × ارتفاع از سطح دریا
-	56.616	73	4122.983	خطای آزمایش
-	-	108	160654.1	کل

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد؛ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

*Significant difference at 95% probability level; ns No significant difference at 95% level



شکل ۳- مقایسه میانگین فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی و طبقات مختلف قطری خشک‌دار
Figure 3. Comparison of mean frequency of different macrofungal orders in various decay classes and diameter classes of deadwood



شکل ۴- مقایسه میانگین فراوانی راسته‌های مختلف ماکروفون در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا
Figure 4. Comparison of mean frequency of different macrofungal orders at different altitudinal classes above sea level

راسته‌های ماکروفون است. با افزایش درجه پوسیدگی خشک‌دار، مقدار زی‌توده نیز افزایش یافت و در درجه پوسیدگی چهار به بیشترین مقدار خود رسید. همچنین مقایسه میانگین زی‌توده راسته‌های ماکروفون در طبقات قطری مختلف نشان داد که در سطح احتمال ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار است، به طوری که بیشترین و کمترین مقدار زی‌توده راسته‌های ماکروفون به ترتیب در طبقه قطری ۱۰۰-۷۰ و ۷۰-۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۵).

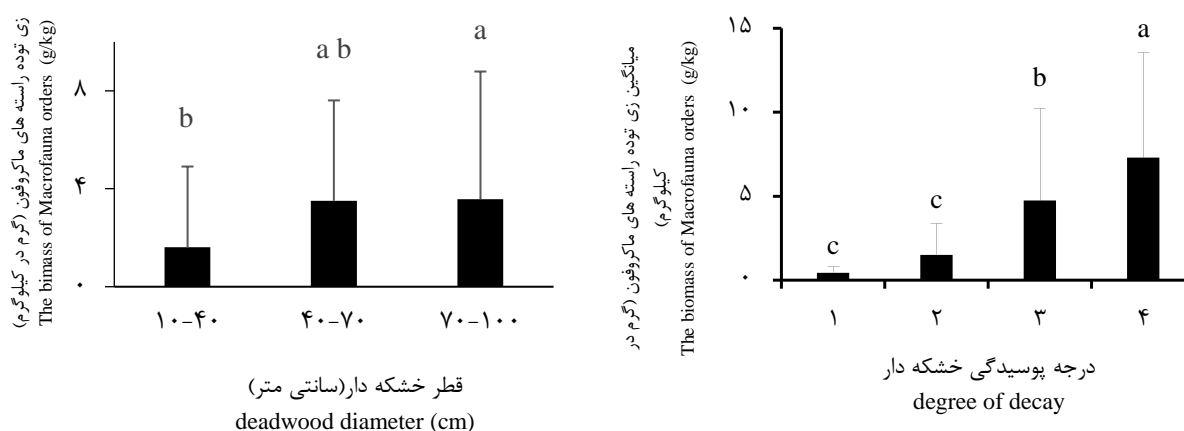
تأثیر تیمارهای مختلف بر زی‌توده راسته‌های ماکروفون
تجزیه آنالیز واریانس نشان داد که بین میانگین زی‌توده راسته‌های ماکروفون در تیمارهای درجه پوسیدگی و طبقات قطری مختلف خشک‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).
نتیجه مقایسه میانگین زی‌توده ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی نشان داد که درجه پوسیدگی یک دارای کمترین مقدار زی‌توده

جدول ۲- تجزیه واریانس زی‌توده راسته‌های مختلف ماکروفون در درجه پوسیدگی، قطر و ارتفاع از سطح دریا
Table 2. Analysis of variance for the biomass of different macrofauna orders in decay class, diameter, and altitude above sea level

F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree Of Freedom	مجموع مربعات Sum Of Squares	منبع تغییرات Source of Variation
17.58*	248.95	3	746.86	درجه پوسیدگی Degree of decay
9.63*	141.01	2	282.03	طبقه قطری Diameter Class
2.005 ns	28.37	2	56.75	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)
2.07 ns	29.37	6	176.26	درجه پوسیدگی × طبقه قطری Degree of decay × Diameter Class
0.375 ns	5.30	6	22.827	درجه پوسیدگی × ارتفاع از سطح دریا Degree of decay × Altitude (meters a. s. l.)
0.259 ns	3.66	4	14.64	طبقه قطری × ارتفاع از سطح دریا Diameter Class × Altitude (meters a. s. l.)
1.02 ns	14.50	11	195.55	درجه پوسیدگی × طبقه قطری × ارتفاع از سطح دریا Degree of decay × Diameter Class × Altitude (meters a. s. l.)
-	-	108	1033.27	خطای آزمایش Error
-	-	107	3999.63	کل Total

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد؛ ns نبود اختلاف معنی‌دار

* significant difference at the 95% level; ns, no significant difference



شکل ۵- مقایسه میانگین زی‌توده راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دار، مقایسه میانگین زی‌توده راسته‌های ماکروفون در طبقات قطری مختلف خشک‌دار

Figure 5. Comparison of mean biomass of macrofauna orders in different decay classes of deadwood, Comparison of mean biomass of macrofauna orders in different diameter classes of deadwood

بررسی تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی براساس فراوانی

نتایج نشان داد که مقدار شاخص تنوع زیستی مارگالف و شانون-وینر راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است. همچنین در شاخص سیمپسون اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین مقدار شاخص غنا (مارگالف) در خشک‌دار ممرز با درجات مختلف پوسیدگی در شکل ۶، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد را تأیید کرد. به طوری که بیشترین مقدار غنا متعلق به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی چهار و کمترین غنا

مربوط به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی یک بود، در صورتی که بین خشک‌دار با درجه پوسیدگی دو و سه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتیجه آنالیز واریانس میانگین عددی شاخص تنوع شانون-وینر راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار افتاده ممرز را نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین درجات مختلف پوسیدگی وجود دارد. به طوری که کمترین مقدار تنوع روی خشک‌دار درجه یک و بیشترین مقدار تنوع روی خشک‌دار درجه چهار مشاهده شد. همچنین بین خشک‌دار درجه دو و سه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶).

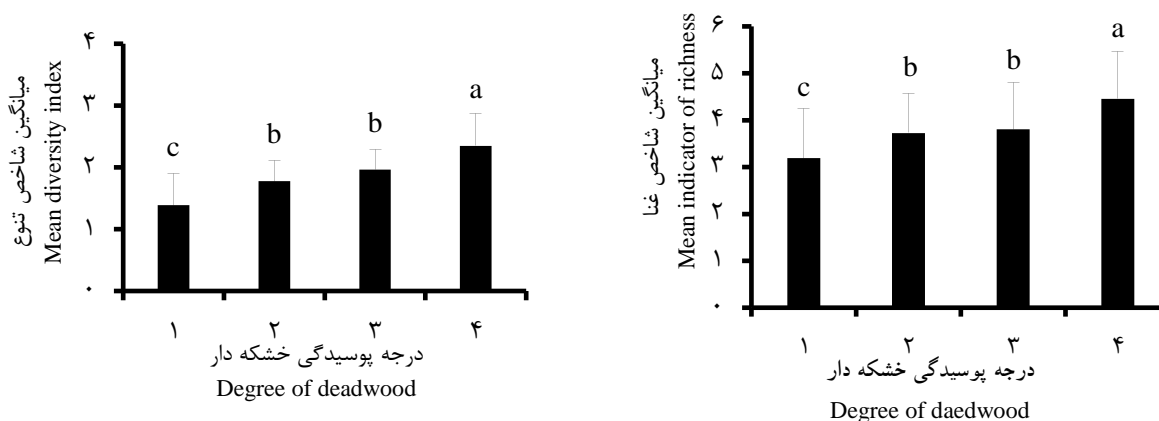
جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی

Table 3. Analysis of variance for biodiversity indices of macrofauna orders in different decay classes

F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree Of Freedom	مجموع مربعات Sum Of Squares	منبع تغییرات Source of Variation	شاخص Indicator
7.413*	8.22	24.66	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	مارگالف Margalf
0.836 ^{ns}	0.01	0.033	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	سیمپسون Simpson
26.13*	4.61	13.83	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	شانون-وینر Shannon-Wiener

*وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد؛ ns معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۹۵ درصد

*Significant difference at 95% probability level; ns Not significant at 95% probability level



شکل ۶- مقایسه میانگین شاخص غنا مارگالف، براساس فراوانی ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دار، مقایسه میانگین شاخص تنوع شانون-وینر براساس فراوانی ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی

Figure 6. Comparison of mean Margalef richness index based on macrofauna frequency in different decay classes of deadwood, Comparison of mean Shannon-Wiener diversity index based on macrofauna frequency in different decay classes

سطح دریا مقدار غنا نیز کاهش یافت و کمترین غنا در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۷۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد. نتیجه آنالیز واریانس شاخص تنوع شانون-وینر راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار افتاده ممرز در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا نشان می‌دهد که بین میانگین‌های شاخص تنوع شانون-وینر در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که در ارتفاعات کمتر از ۴۵۰ متر از سطح دریا بیشترین غنا مشاهده شد و کمترین غنا نیز در ارتفاعات بیشتر از ۷۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد. همچنین بین طبقه ارتفاعی ۲۰۰-۴۵۰ و ۷۰۰-۴۵۰ متر از سطح دریا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۷).

بررسی تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا براساس فراوانی

نتایج نشان داد که مقدار شاخص‌های تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۴).

شکل ۷، مقایسه میانگین شاخص غنای (مارگالف) راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار افتاده ممرز در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا را نشان می‌دهد که بین میانگین‌های شاخص غنای مارگالف در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که در ارتفاع کمتر از ۴۵۰ متر از سطح دریا بیشترین غنای راسته‌های ماکروفون مشاهده شد. با افزایش ارتفاع از

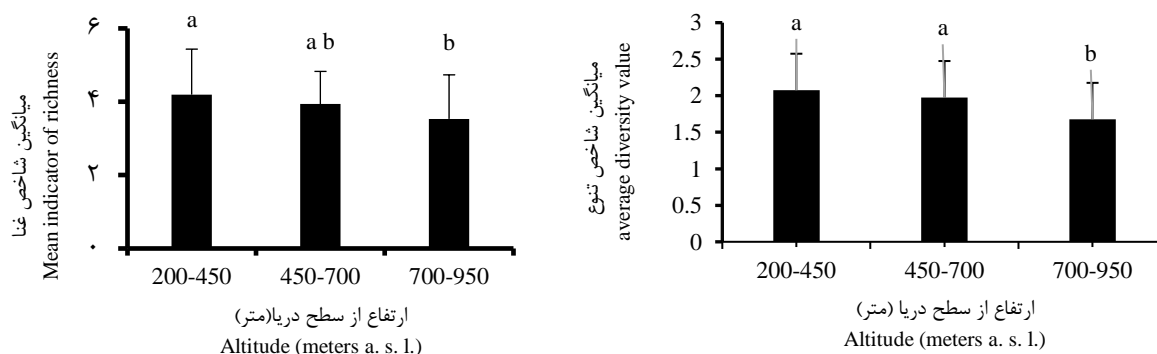
جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

Table 4. Analysis of variance for biodiversity indices of macrofauna orders at different altitudes above sea level

F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree Of Freedom	مجموع مربعات Sum Of Squares	منبع تغییرات Source of Variation	شاخص Indicator
3.196*	4.01	8.03	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	مارگالف Margalf
1.195 ^{ns}	0.015	0.031	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	سیمپسون Simpson
5.58*	1.54	3.09	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	شانون-وینر

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد، ns معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۹۵ درصد

*Significant difference at 95% probability level, ns Not significant at 95% probability level



شکل ۷- مقایسه میانگین شاخص تنوع، براساس فراوانی ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا، مقایسه میانگین شاخص غنا، براساس فراوانی ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

Figure 7. Comparison of mean diversity index based on macrofauna frequency at different altitudes above sea level, Comparison of mean richness index, based on macrofauna frequency at different altitudes above sea level

بررسی تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون براساس زی‌توده در درجات مختلف پوسیدگی

نتایج نشان داد که مقدار شاخص‌های تنوع زیستی زی‌توده راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین مقادیر شاخص غنای مارگالف زی‌توده ماکروفون در خشک‌دار ممرز نشان داد که بین درجات مختلف پوسیدگی در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد، به طوری که کمترین مقدار غنای زی‌توده مربوط به خشک‌دار درجه یک است. با افزایش درجه پوسیدگی مقدار غنای زی‌توده نیز افزایش یافت و بیشترین مقدار آن غنای زی‌وزن در درجه پوسیدگی چهار خشک‌دار

مشاهده شد. مقایسه میانگین مقدار شاخص یکنواختی سیمپسون زی‌توده ماکروفون در خشک‌دار ممرز نشان می‌دهد که بین درجات مختلف پوسیدگی در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به طوری که خشک‌دار با درجه پوسیدگی یک بیشترین یکنواختی زی‌توده و خشک‌دار درجه چهار کمترین یکنواختی زی‌توده را داشتند. مقایسه میانگین عددی شاخص تنوع شانون-وینر زی‌توده ماکروفون در خشک‌دار ممرز نشان می‌دهد که بین چهار درجه پوسیدگی خشک‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین تنوع زی‌توده متعلق به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی سه و چهار و کمترین آن مربوط به خشک‌دار با درجه پوسیدگی یک است (شکل ۸).

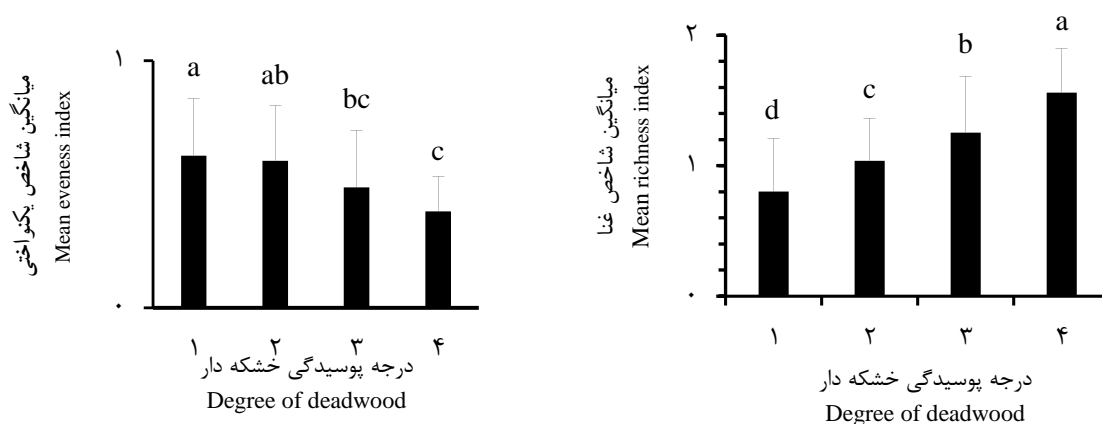
جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی زی‌توده راسته‌های ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی

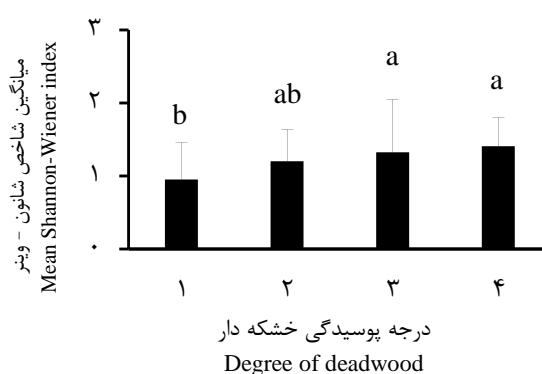
Table 5. Analysis of variance for biodiversity indices of macrofauna order biomass in different decay classes

F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree Of Freedom	مجموع مربعات Sum Of Squares	منبع تغییرات Source of Variation	شاخص Indicator
19.53*	2.81	8.43	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	مارگالف Margalf
7.66*	0.33	1.01	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	سیمپسون Simpson
4.38*	1.26	3.79	3	درجات مختلف پوسیدگی Different degrees of decay	شانون-وینر Shannon- Wiener

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد؛ ns معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۹۵ درصد

* significant difference at the 95% probability level; ns not significant at 95% probability level





شکل ۸- مقایسه میانگین شاخص غنا، براساس زی‌توده ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دار، مقایسه میانگین شاخص یکنواختی، براساس زی‌توده ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی، مقایسه میانگین شاخص تنوع، براساس زی‌توده ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی

Figure 8. Comparison of mean richness index based on macrofauna biomass in different decay classes of deadwood, Comparison of mean evenness index, based on macrofauna biomass in different decay classes, Comparison of mean diversity index, based on macrofauna biomass in different decay classes

متر از سطح دریا مشاهده شد و با افزایش ارتفاع، مقدار غنا کاهش یافت و کمترین غنای زی‌توده در طبقه ارتفاعی ۷۰۰-۹۵۰ متر از سطح دریا مشاهده شد. مقایسه میانگین مقدار شاخص یکنواختی سیمپسون زی‌توده راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار افتاده ممرز در طبقات ارتفاعی مختلف نشان می‌دهد که بین میانگین‌های شاخص یکنواختی سیمپسون زی‌توده در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین یکنواختی در طبقه ارتفاعی ۷۰۰-۹۵۰ متر از سطح دریا مشاهده شد و بین طبقات ارتفاعی ۴۵۰-۲۰۰ و ۷۵۰-۴۰۰ متر از سطح دریا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹).

بررسی تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون براساس زی‌توده در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

نتایج نشان داد که مقدار شاخص‌های تنوع زیستی مارگالف و سیمپسون زی‌توده راسته‌های ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۶). مقایسه میانگین مقدار شاخص غنای مارگالف زی‌توده راسته‌های ماکروفون روی خشک‌دار افتاده ممرز در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا نشان می‌دهد که بین میانگین‌های شاخص غنای مارگالف در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین غنای زی‌توده در طبقه ارتفاعی ۴۵۰-۲۰۰

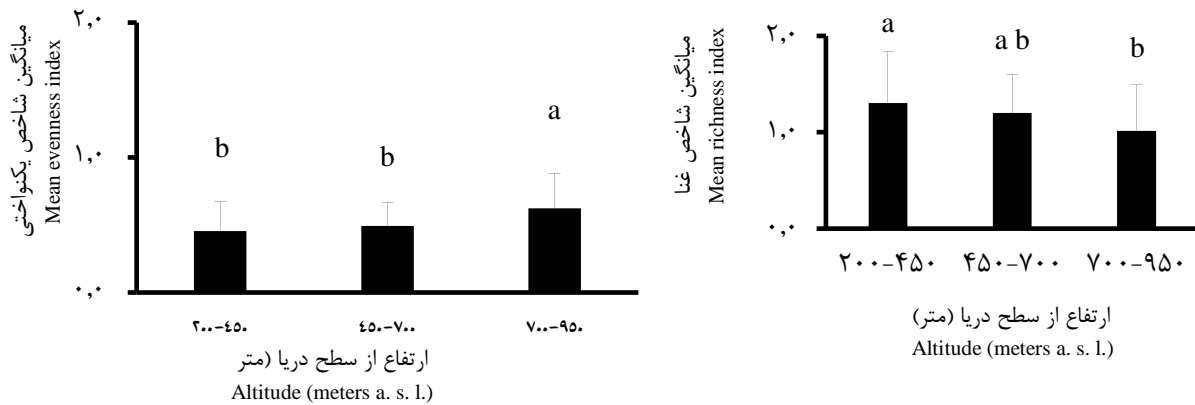
جدول ۶- تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی زی‌توده راسته‌های ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

Table 6. Analysis of variance for biodiversity indices of macrofauna order biomass at different altitudes above sea level

F	میانگین مربعات Mean Squares	درجه آزادی Degree Of Freedom	مجموع مربعات Sum Of Squares	منبع تغییرات Source of Variation	شاخص indicator
3.141*	0.66	1.32	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	مارگالف Margalf
5.78*	0.27	0.55	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	سیمپسون Simpson
0.237 ^{ns}	0.76	0.15	2	ارتفاع از سطح دریا Altitude (meters a. s. l.)	شانون-وینر Shannon-Wiener

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد؛ ns معنی‌دار نبودن در سطح احتمال ۹۵ درصد

*Significant difference at 95% probability level; ns Not significant at 95% probability level



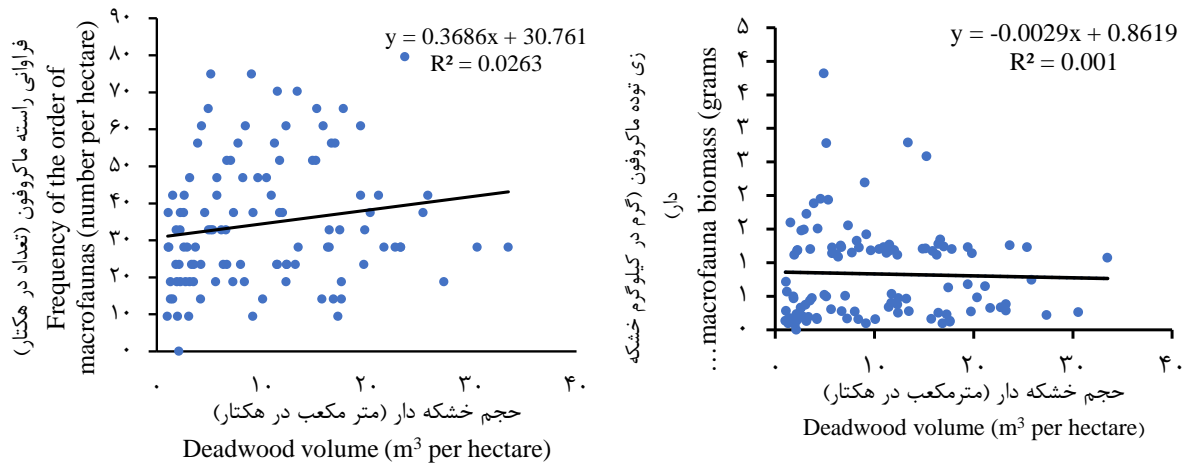
شکل ۹- مقایسه میانگین شاخص غنا، براساس زی توده ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا، مقایسه میانگین شاخص یکنواختی، براساس زی توده ماکروفون در ارتفاع‌های مختلف از سطح دریا

Figure 9. Comparison of mean richness index, based on macrofauna biomass at different altitudes above sea level, Comparison of mean evenness index, based on macrofauna biomass at different altitudes above sea level

بین طول خشک‌دار و فراوانی راسته‌های ماکروفون رابطه منفی معنی‌دار ($Sig=0/028$) وجود داشت، ولی رابطه معنی‌داری بین طول خشک‌دار با زی‌وزن راسته‌های ماکروفون وجود نداشت (شکل ۱۱).

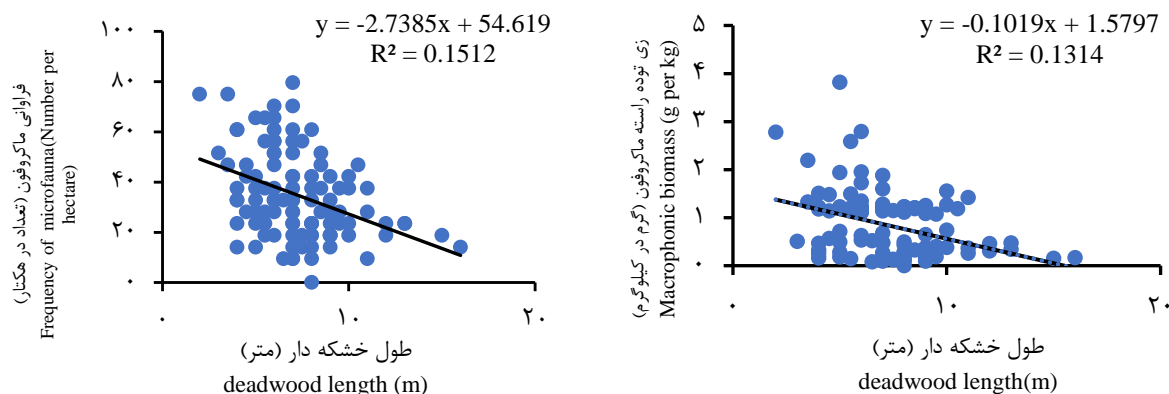
ارتباط بین فراوانی و زی توده گروه‌های ماکروفون با طول و حجم خشک‌دار

بررسی ارتباط بین حجم خشک‌دار با فراوانی و زی توده راسته‌های ماکروفون نشان داد که بین حجم خشک‌دار و فراوانی و زی توده راسته‌های ماکروفون رابطه معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- ارتباط بین حجم خشک‌دار ممرز با فراوانی و زی توده راسته‌های ماکروفون

Figure 10. Relationship between hornbeam deadwood volume and frequency and biomass of macrofauna orders



شکل ۱۱- ارتباط بین طول خشک‌دار ممرز با فراوانی و زی‌توده راسته‌های ماکروفون

Figure 11. Relationship between hornbeam deadwood length and frequency and biomass of macrofauna orders

همچنین بین طول و حجم خشک‌دار با شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی محاسبه‌شده براساس زی‌توده راسته‌های ماکروفون نیز ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

بررسی ارتباط بین تنوع زیستی راسته‌های ماکروفون با طول و حجم خشک‌دار افتاده بین شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع راسته‌های ماکروفون محاسبه‌شده براساس فراوانی با طول و حجم خشک‌دار رابطه معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۷- ارتباط بین شاخص‌های زیستی راسته‌های ماکروفون براساس فراوانی و زی‌توده با طول و حجم خشک‌دار

Table 7. Relationship between biological indices of macrofauna orders based on frequency and biomass with length and volume of deadwood

تنوع شانون - وینر Shannon-Wiener diversity	یکنواختی سیمپسون Simpson's evenness	غنا مارگالف Margalef richness index	منابع تغییرات Source of Variation
-0.0127 ^{ns}	0.047 ^{ns}	-0.91 ^{ns}	طول خشک‌دار dead wood length فراوانی
0.051 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.04 ^{ns}	حجم خشک‌دار dead wood volume Frequency
0.007 ^{ns}	0.089 ^{ns}	-0.0124 ^{ns}	طول خشک‌دار dead wood length زی‌توده
0.051 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.026 ^{ns}	حجم خشک‌دار dead wood volume Bomass

ns No significant relationship at 95% probability level

ns نبود ارتباط معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد

افتاده ممرز جمع‌آوری شد. حضور راسته‌های مختلف ماکروفون در درجات مختلف پوسیدگی متفاوت بود، به طوری که با افزایش شدت پوسیدگی حضور و تراکم راسته‌های ماکروفون افزایش یافت. در پژوهشی که Vanderwel (2006) روی فون حشرات تنه‌های در حال پوسیده شدن در جنگل سوزنی‌برگ انجام داد ترکیب جامعه در درجات پوسیدگی مختلف متفاوت بود، به طوری که چوبخوارها و صیادها بیشتر در تنه‌های با درجات پوسیدگی کم و گندخوارها و حشرات پارازیت در

بحث

خردزیستگاه‌ها یکی از عناصر اساسی توده‌های طبیعی محسوب می‌شوند (Muller et al., 2016). خشک‌دارها در سیستم‌های طبیعی یک خردزیستگاه محسوب می‌شوند که بسیاری از جانداران و گیاهان روی آن مستقر می‌شوند (Sefidi et al., 2008) و مهم‌ترین زیستگاه قابل مدیریت به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی به‌شمار می‌روند (Huston, 1996). به‌طور کلی در این مطالعه ده راسته ماکروفون از بندپایان، نرم‌تنان و کرم‌ها روی خشک‌دار

ساپروکسیلیک تأیید شده است (Lachat et al., 2006;) در تحقیق (Faizi (2016 درباره تنوع ماکروفون روی خشکدار افتاده راش، فراوان ترین ماکروفون، راسته هزارپایان و کرم های خاکی و کمترین فراوانی مربوط به راسته رطیل ها بود. در بررسی هایی که (Habashi (1997 در جنگل واز، (Zolfaghari (2004 در بخش چلیر و (Sefidi et al. (2008 در بخش های پاتم و نم خانه جنگل خیرود نوشهر روی خشکدارها انجام دادند، بیشترین فراوانی به سوسک های خانواده Cerambycidae اختصاص داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که از بین گروه های ماکروفون مشاهده شده، فراوان ترین گروه از نظر زی توده سخت بالپوشان و هزارپایان و کمترین فراوانی از نظر زی توده مربوط به راسته دوبالان بوده است. (Waez (2014) در تحقیق خود در جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام نیا واقع در گرگان نشان دادند که مهم ترین راسته های ماکروفون براساس زی توده، راسته های سخت بالپوشان، هزارپایان، حلزون ها و کرم های خاکی و کمترین زی توده مربوط به راسته سن ها بود. تا همین اواخر خشکدار عنصری منفی در اکوسیستم جنگل محسوب می شد که نشان دهنده سوء مدیریت و بی توجهی مدیریت جنگل بود (Stachura et al., 2007). ولی در دهه های گذشته با پژوهش های علمی متعدد، استنباط افراد از خشکدارها و عملکردشان در اکوسیستم جنگل به تدریج تغییر کرد و در حال حاضر محققان متعددی (Kimmey & Furnis, 1943; Thomas, 2002) خشکدار را زیستگاهی مهم برای حیات وحش معرفی کردند. خشکدارها به عنوان پناهگاه حیات وحش در جنگل و زیستگاه جانوران، پرندگان، قارچ ها و حشرات مختلف، اهمیت فراوانی برای محیط جنگلی دارند. همزمان با افتادن درختان و ریشه کن شدن آنها، آشفته گی ایجاد شده که گاهی به شکل میکروتوپوگرافی پیت و ماند ظهور می یابد سبب افزایش تنوع گیاهان و جانوران در اکوسیستم های جنگلی است (Shabani et al., 2022). برای جنگل راش اروپا حضور خشکدار بارها برای حفاظت تنوع زیستی و برای حفظ تنوع عملکردی جوامع

ساپروکسیلیک تأیید شده است (Lachat et al., 2006;) در تحقیق (Faizi (2016 درباره تنوع ماکروفون روی خشکدار افتاده راش، فراوان ترین ماکروفون، راسته هزارپایان و کرم های خاکی و کمترین فراوانی مربوط به راسته رطیل ها بود. در بررسی هایی که (Habashi (1997 در جنگل واز، (Zolfaghari (2004 در بخش چلیر و (Sefidi et al. (2008 در بخش های پاتم و نم خانه جنگل خیرود نوشهر روی خشکدارها انجام دادند، بیشترین فراوانی به سوسک های خانواده Cerambycidae اختصاص داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که از بین گروه های ماکروفون مشاهده شده، فراوان ترین گروه از نظر زی توده سخت بالپوشان و هزارپایان و کمترین فراوانی از نظر زی توده مربوط به راسته دوبالان بوده است. (Waez (2014) در تحقیق خود در جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام نیا واقع در گرگان نشان دادند که مهم ترین راسته های ماکروفون براساس زی توده، راسته های سخت بالپوشان، هزارپایان، حلزون ها و کرم های خاکی و کمترین زی توده مربوط به راسته سن ها بود. تا همین اواخر خشکدار عنصری منفی در اکوسیستم جنگل محسوب می شد که نشان دهنده سوء مدیریت و بی توجهی مدیریت جنگل بود (Stachura et al., 2007). ولی در دهه های گذشته با پژوهش های علمی متعدد، استنباط افراد از خشکدارها و عملکردشان در اکوسیستم جنگل به تدریج تغییر کرد و در حال حاضر محققان متعددی (Kimmey & Furnis, 1943; Thomas, 2002) خشکدار را زیستگاهی مهم برای حیات وحش معرفی کردند. خشکدارها به عنوان پناهگاه حیات وحش در جنگل و زیستگاه جانوران، پرندگان، قارچ ها و حشرات مختلف، اهمیت فراوانی برای محیط جنگلی دارند. همزمان با افتادن درختان و ریشه کن شدن آنها، آشفته گی ایجاد شده که گاهی به شکل میکروتوپوگرافی پیت و ماند ظهور می یابد سبب افزایش تنوع گیاهان و جانوران در اکوسیستم های جنگلی است (Shabani et al., 2022). برای جنگل راش اروپا حضور خشکدار بارها برای حفاظت تنوع زیستی و برای حفظ تنوع عملکردی جوامع

بیشترین تعداد ماکروفون در قطرهای ۷۰-۱۰۰ و ۷۰-۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در پژوهشی Sefidi et al. (2008) نیز به این نتیجه رسیدند که ۷۰ درصد خشک‌دارها در طبقه قطری بالای ۴۰ سانتی‌متری قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده کهنسال بودن جنگل و در عین حال وجود شرایط مساعد برای استقرار پرندگان حفار و حشرات روی این درختان است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نتایج پژوهش در سری گرازبن جنگل خیرودکنار نشان داد که فراوان‌ترین واریزه‌های درشت چوبی CWD مربوط به کلاسه‌های D4 تا D6 است که نشان‌دهنده پوسیده بودن این واریزه‌های آلی است (khalili et al., 2022). همچنین نتایج پژوهش Khalili et al. (2020) نشان داد که خشک‌دارهای قطور در جنگل از نظر اکولوژیکی اهمیت بیشتری دارند و حذف خشک‌دارها سبب از بین رفتن زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بیشترین مقدار فراوانی ماکروفون در ارتفاع‌های پایین مشاهده شد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا فراوانی ماکروفون کاهش یافت و کمترین فراوانی در طبقات ارتفاعی بالا دیده شد که با یافته‌های (Faizi 2016) مطابقت دارد. درک درست از توزیع طبیعی و تنوع در طول تغییرات دمایی در ارتفاعات مختلف برای حفاظت و مدیریت آفات و پیش‌بینی آینده مجموعه گونه‌ها با گرم شدن کره زمین مهم است. Chatzaki et al. (2005) گزارش مشروحی درباره یکنواختی گونه‌های عنکبوت در امتداد یک شیب ارتفاعی ارائه کرد و نشان داد که توزیع گونه‌ها با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد. یافته‌های ما نشان داد که یکنواختی راسته‌ها در امتداد شیب ارتفاعی تغییر نکرد، همان‌طور که (Fauth et al. 1989) در بررسی روی خزندگانی که در لاشبرگ زندگی می‌کنند نشان دادند که یکنواختی گونه‌ها مستقل از تغییرات ارتفاعی است. (Roder et al. 2010) با بررسی غنای گونه‌های بندپایان روی نوئل نروژی نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، غنای گونه‌های کاهش می‌یابد. در این تحقیق نیز با افزایش ارتفاع غنای

ماکروفونی خاک به مواد آلی و همچنین شرایط پدیدآمده در اثر تجزیه خشک‌دارها سبب افزایش غنا و تنوع راسته‌های ماکروفون در خشک‌دار با درجه پوسیدگی بیشتر شده است. (Faizi 2016) نشان دادند که کمترین مقدار شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع مربوط به خشک‌دارهای با درجه پوسیدگی یک بود و بیشترین مقدار این شاخص‌ها در درجه پوسیدگی چهار مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. از سوی دیگر نتایج شاخص غنا و تنوع زی توده ماکروفون نشان داد که با افزایش درجه پوسیدگی خشک‌دار، مقدار غنا و تنوع زی توده ماکروفون افزایش می‌یابد که ممکن است به دلیل نقش متفاوت خشک‌دار پوسیده‌تر در اکوسیستم باشد، به نحوی که خشک‌دار پوسیده هم نقش لانه و هم نقش غذا را برای ماکروفون خواهد داشت. (Vanderwel 2006) نشان دادند که ارتباطی بین حجم خشک‌دار و فراوانی کلی حشرات وجود ندارد. نتایج تحقیق حاضر نیز رابطه معنی‌داری بین حجم خشک‌دار با فراوان ماکروفون نشان نداد. همچنین ارتباط معنی‌داری بین حجم خشک‌دار با تنوع فراوانی راسته‌های ماکروفون و غنا و یکنواختی فراوانی و زی توده راسته‌های ماکروفون مشاهده نشد. در صورتی که (Muller et al. 2016) نشان دادند که در جنگل‌های هیرکانی حجم خشک‌دار، محرک اصلی تنوع گونه‌های ساپروکسیلیک است. Lassauce et al. (2011) در بررسی روی حشرات ساپروکسیلیک نشان دادند که ارتباط بین حجم خشک‌دار و غنای گونه‌های ساپروکسیلیک در حد متوسط است و غنای گونه‌ها تنها در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دار و در انواع مختلف خشک‌دار (افتاده و سرپا) متفاوت است. نتایجی که از تحقیقات در اروپا به‌دست آمده، ولی مناسب برای جنگل در همه‌جا است این است که بخش بزرگی از موجودات و تنوع زیستی قارچ (شاید ۲۰ تا ۳۰ درصد) در بخشی از چرخه زندگی خود متکی به چوب‌های در حال مرگ یا چوب‌های مرده‌اند (Stokland et al., 2012).

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش قطر تعداد ماکروفون روی خشک‌دار افزایش یافت، به طوری که

تنوع زی توده‌های ماکروفون در طبقات ارتفاعی مختلف، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

در کل نتایج این پژوهش نشان داد که وجود خشک‌دار در جنگل موجب حضور دامنه‌گسترده‌ای از ماکروفون می‌گردد که همگی نیز حشرات مفید اکوسیستم جنگلی محسوب می‌شوند و درصد زیادی از کل فون بی‌مهرگان جنگل را شامل می‌شوند. با افزایش شدت پوسیدگی تنوع ماکروفون نیز افزایش یافت، بنابراین باید به حفظ درختان قطور و پوسیده توجه زیادی شود تا پتانسیل خشک‌دارها حفظ شود و تنوع زیستی در جنگل افزایش یابد. با توجه به اینکه هدف کلی جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، ایجاد و پرورش جنگل‌های پایدار با حفظ سلامت کامل و حفظ توان مقابله جنگل با شرایط نامساعد محیطی است، بهره‌گیری از توالی طبیعی و حفظ شماری از خردزیستگاه‌ها به‌عنوان زیستگاه جانوران در چارچوب توسعه پایدار جنگل به‌جای دخالت‌های شدید در آن ضروری است. راهبرد جدید برای جنگل‌های هیرکانی، توسط قانون جدید که از درختان سالم حفاظت شود و اجازه حذف درختان در حال مرگ و درختان افتاده را می‌دهد، شرح داده شده است. حتی اگر هدف حذف درختان بزرگ و قدیمی نباشد، اجازه می‌دهد که درختان آسیب‌دیده برداشت شوند که سبب کاهش مقدار چوب مرده و مانع ایجاد خشک‌دار جدید می‌شود. با محدود کردن بهره‌برداری تنها از درختان آسیب‌دیده، ممکن است تخریب محیط زیست در جنگل‌های هیرکانی حتی زودتر از جنگل‌های اروپا اتفاق بیفتد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب قدردانی از مدیریت و جنگل‌بانان طرح جنگلداری شصت کلاته گرگان جهت همکاری در انجام این پژوهش اعلام می‌گردد.

راسته‌های ماکروفون کاهش یافت که مشابه نتایج پژوهش‌ها در اروپاست. (Claridge & Singhrao (1978) برای ملخ، (Fleishman et al. (1998) برای پروانه، (Chatzaki et al. (2002) Sanders برای مورچه‌ها و (2005) برای عنکبوت نشان دادند که با افزایش ارتفاع غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد. (Fauth et al. (1989) همچنین نشان دادند که با افزایش ارتفاع تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد، نتایج تحقیق ما با یافته‌های این تحقیق نیز همسو است. علت اصلی کاهش غنا و تنوع راسته‌های ماکروفون با افزایش ارتفاع از سطح دریا را می‌توان کاهش دما و رطوبت بیان کرد (Fauth et al., 1989). ارتباط بین غنای گونه‌ها و ارتفاع از سطح دریا و در نتیجه درجه حرارت، نشان می‌دهد که با گرم شدن کره زمین، می‌توانیم افزایش ترکیبات تعدادی از گونه‌های گیاهخوار و چوبخوار را در تمام مناطق پیش‌بینی کنیم (Jonsson et al., 2007). در این تحقیق نشان دادیم که با افزایش ارتفاع از سطح دریا یکنواختی زی توده افزایش و غنای زی توده‌های ماکروفون کاهش می‌یابد. دلیل کاهش غنا را می‌توان محدودیت‌های دمایی و رطوبتی در ارتفاعات بالا دانست و کاهش تعداد گونه‌ها را می‌توان دلیل افزایش یکنواختی زی توده گونه‌ها با افزایش ارتفاع ذکر کرد. همچنین مشاهده شد که تنوع زی توده‌های ماکروفون در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا تفاوت معنی‌داری ندارد. این مسئله را می‌توان چنین توجیه کرد که با توجه به اینکه تنوع زیستی شامل غنا و یکنواختی است (Ejtehadi et al., 2013)، برای محاسبه تنوع باید هر دو عامل (غنا و یکنواختی) به‌صورت توأم در نظر گرفته شود. در این تحقیق با افزایش ارتفاع از سطح دریا یکنواختی زی توده، افزایش و غنای زی توده کاهش یافت، بنابراین می‌توان گفت که آنها اثر یکدیگر بر تنوع زی توده‌های ماکروفون را خنثی کردند و در نتیجه برای

References

- Alidadi, F., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V., & Sefidi, K. (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)
- Ardestani, A., Basiri, M., Tarkesh, M.V., & Borhani, M. (2010). Accurate H-index to assess species variety in four pastures, regions Isfahan province. *Research and scientific Journal of Pasture*, 4(1), 33-46. (In persian)
- Bardgett, R.D. (2002). Causes and Consequences of animal diversity in soil. *Zoology*, 105, 367-375. <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00072>
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 62(2), 269-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>
- Binkley, D., Kaye, J., Barry, M., & Ryan, M.G. (2004). First rotation changes in soil carbon and nitrogen in a Eucalyptus plantation in Hawaii. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1713-1719. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1713>
- Chatzaki, M., Lymberakis, P., Markakis, G., & Mylonas, M. (2005). The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: species richness, activity and altitudinal range. *Journal of Biogeography*, 32, 813-831. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01189.x>
- Claridge, M.F., & Singhrao, J.S. (1978). Diversity and altitudinal distribution of grasshoppers (Acridoidea) on a Mediterranean mountain. *Journal of Biogeography*, 5, 239-250.
- Coleman, D., Corrossley, Tr, D.A., & Henderix, P. (2004). *Fundamentals of soil ecology*. The maple-Vaild Book Manufacturing group, 376p.
- Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Akafi, H. (2013). *Methods of measuring biodiversity*. Mashhad Ferdowsi University, 230 p. (In persian)
- Fahrenholz, N., Cesarz, S., & Mandel, L. (2009). Soil macrofauna communities respond differently to increasing tree species diversity in a temperate deciduous forest. *Biodiversity and conservation*, 18, 405-463.
- Faizi, P. (2016). Frequency and variety of deadwood beech macrofauna in Series 1 of Dr. Bahramnia forestry plan. Master Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 78 p. (In persian)
- Fauth, J.E., Crother, B.I., & Slowinski, J.B. (1989). Elevational patterns of species richness, evenness, and abundance of the costa Rican Leaf-litter herpetofauna. *Biotropica*, 21(2), 178-185.
- Fleishman, E., Austin, G.T., & Weiss, A.D. (1998). An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology*, 79, 2482-2493.
- Gossner, M.M., Lachat, T., Brunet, J., Isacsson, G., Bouget, C., Brustel, H., Brandl, R., Weisser, W., & Muller, J. (2013). Current Near-to-Nature Forest Management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation biology*, 27(3), 605-614.
- Habashi, H. (1997). Investigation of the importance of arid forestry in the virgin beech forest of "Vaz" region. Master Thesis. Tarbiat Modares University, 127 p. (In persian)
- Habashi, H., Faizi, P., Nadimi, A., & Pourmalekshah, A. (2017). The effect of beech logs deadwood quality (decay stage class) of the macrofauna diversity in managed forest. *Journal of Forest Research and Development*, 3(1), 14-1. (In persian)
- Habashi, H., Hosseini, S., & Mohammadi, J., & Rahmani, R. (2007). Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forests of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(27), 55-64. (In persian)

- Haghverdi, K., Kiadaliri, H., Hosseini, S.M., Kazemnejad, F., & Bairamzadeh, V. (2012). Comparison of frequency and diversity of Coleoptera insects of different decay stage of Beech deadwood. *Journal of Natural Ecosystem of Iran*, 3(1), 39-47. (In Persian)
- Huston, M.A. (1996). Models and management implications of coarse woody debris impacts on biodiversity. In: Mcminn, J.W. and Crossley, D.A. (eds), Proceedings of the Workshop on Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on Biodiversity. Asheville, USDA. *Forest Service*, 139-143.
- Jonsson, A.M., Harding, S., Barring, L., & Ravn, H.P. (2007). Impact of climate Change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agriculture and Forest Meteorology*, 146, 70-81.
- Khalili, A., Mataji, A., Sagheb Talebi, Kh., & Hodjati, S.M. (2022). Spatial distribution pattern of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) coarse woody debris in managed and unmanaged stands of Caspian forests, Iran. *Iranian Journal of Forest*, 13(5), 43-55. (In Persian)
- Khalili, A., Metaji, A., Sagheb Talebi, Kh., & Hodjati, S.M. (2019). Changes in wood density, biomass, and carbon and nitrogen storage of Beech and Hornbeam CWD based on different decay grade in Khairud forest of Nowshahr. *Iranian Journal of Forest*, 12(4), 557-575. (In Persian)
- Kianmehr, A., Hijjati, S.M., Kooch, Y., & Ghasemi Aghbash, F. (2022). Investigation of litter nutrient dynamics in pure and mixed stands of beech and hornbeam (Darabkola of Mazandaran). *Iranian Journal of Forest*, 14(1), 89-103. (In Persian)
- Kimmey, J.W., & Furniss, R.L. (1943). Deterioration of fire-killed Douglas-fir. USDA For. Sew. Tech. Bull, 851, 61 p.
- Lachat, T., Nagel, P., Cakpo, Y., Attignon, S., Goergen, G., Sinsin, B., & Peveling, R. (2006). Dead wood and Saproxyllic beetle assemblages in semi-deciduous forest in Southern Benin. *Forest Ecology and Management*, 225, 27-38.
- Laiho, R., & Prescott, C.E., (2004). Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 763-777.
- Lassauce, A., Paillet, Y., Jactel, H., & Bouget, C.H. (2011). Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxyllic organisms. *Ecological Indicator*, 11, 1027-1039.
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barota, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., & Rossic, J.P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, 3-15.
- Mesdaghi, M. (2004). Regression Methods in Agricultural and Natural Resources Research. Imam Reza University, 290 p. (In Persian)
- Moslehi, M., Habashi, H., & Khormali, F. (2011). Effect of throughfall and forest floor leachate of beech on base cation dynamics in mixed stand. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19, 83-93. (In Persian)
- Muller, J., Thorn, S., Baier, R., Sagheb Talebi, Kh., Barimani, H.V., Seibold, S., Ulyshen, M., & Gossner, M.M. (2016). Protecting the forests while allowing removal of damaged trees may imperil saproxyllic insect biodiversity in the Hyrcanian beech forests of Iran. *Conservation Letters*, 9(2), 106-113. <https://doi.org/10.1111/conl.12187>
- Odor, P., & Van Hess, F.M. (2006). Presence of dead wood inhabiting bryophytes to decay phase, log size and habitat type in Hungarian beech forests. *Journal of Bryology*, 26, 79-95.
- Ponge, J.F., Arpin, P., Sondag, F., & Delegour, F. (1997). Soil fauna and site assessment in beech stands of the Begian Ardennes. *Canadian Journal of forest Research*, 27(12), 2053-2064.

- Rahmani, R., & Saleh Rastin, N. (2000). Frequency, depth distribution and seasonal changes of earthworm population in oak-hornbeam, hornbeam and beech in Neka, Caspian Forest, Iran. *Iranian Journal of Natural Resources*, 53(1), 37-53. (In persian)
- Roder, J., Bassler, C., Brandl, R., Dvorak, L., Floren, A., Gruppe, A., Muller, J.A., Vojtech, O., Wagner, C., & Muller, J. (2010). Arthropod species richness in the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) canopy along an elevation gradient. *Forest Ecology and Management*, 259, 1513-1521.
- Ruiz, N., Lavelle, P., & Jimenez, J. (2008). Soil macro fauna field manual, Technical level. FAO, Rome, 101p.
- Russell, M.B., Kenefic, L.S., Weiskittel, A.R., Puhlick, J.J., & Brissette, J.C. (2012). Assessing and modeling standing deadwood attributes under alternative silvicultural regimes in the Acadian forest region of Maine, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 42, 1873-1883.
- Sabeti, H. (2008). Forests, trees and shrubs of Iran. Yazd University. 886 p. (In persian)
- Saeed, A. (2006). Economic-practical principles of forest management. University of Tehran Press, 341 p. (In persian)
- Sanders, N.J. (2002). Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25, 25-32.
- Santiago, J.M., & Amanda, D.R. (2005). Dead trees resources for forest Wildlife, extension fact sheet. Ohio State University Press, 252 p.
- Sefidi, K., & Etemad, V. (2015). Dead wood characteristics influencing macrofungi species abundance and diversity in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. *Forest Systems*, 24(2), 1-9. (In persian)
- Sefidi, K., & Marvie Mohadjer, M. (2010). Snag dynamic in a mixed Beech forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4), 526-517. (In persian)
- Sefidi, K., Marvi Mohajer, M., Zobeiry, M., & Etemad, V. (2008). Standing deadwood in forest science along with nature in forests with beech and bornbeam. *Pajouhesh & Sazandegi*, 81, 54-56.
- Shabani, S., Varamesh, S., Sefidi, K., & Haghghi, A.A. (2022). Studying the plants species diversity under microtopography in mixed beech forests, case study: Deldareh forests, Nowshahr. *Iranian Journal of Forest*, 14(1), 1-13. (In pesion)
- Stachura, K., Bobiec, A., Obidziński, A., Oklejewicz, K., & Wolkowycki, D. (2007). Old trees and decaying wood in forest ecosystems of Poland Old Wood. *Forest Ecology and Management*, 218, 1418-1427.
- Stokland, J.N., Siitonen, J., & Jonsson, B.G., (2012). *Biodiversity in deadwood*. University Press, Cambridge, 220 p.
- Thomas, J. W. (2002). *Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boon!*. In *Proceedings of the Symposium on the Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests: November 2-4, 1999, Reno, Nevada* (Vol. 181, p. 3). Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture.
- Vanderwel, M. (2006). Insect community composition and trophic guild structure in decaying logs from eastern Canadian pine-dominated forests. *Forest Ecology and management*, 225(1-3), 190-199.
- Waez Mousavi, S.M. (2014). The effect of single-selection forestry method on mixed beech ecosystem using biomass and soil biomarkers. PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 115 p.
- Yang, X., & Chen, J. (2009). Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forest, South Western China. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 910-918.

Zolfaghari, A. (2004). Ecological and forestry study of arid land in northern Iran. Master Thesis. University of Tehran, 80 p. (In persian)

Zubairi, M. (2009). *Forest Survey (Tree and Forest Measurement)*. Institute of Printing and Publishing, University of Tehran, 424 p. (In persian)

Zuo, J., Fonck, M., Van Hal, J.C., Cornelissen, C.C., & Berg, M. (2014). Diversity of macro-detritivores in dead wood is influenced by tree species, decay stage and environment. *Soil Biology & Biochemistry*, 78, 288-297.



Research Article

Investigation of Biodiversity of Soil Macrofauna Orders of Hornbeam Fallen Deadwood with Different Decay Rates in District 1 of Shast Kalateh Forest, Gorgan

H. Rezaee Aloomi^{1*}, H. Habashi², Kh. Sagheb Talebi³, and A.A. MohammadAli Pour Melekshah⁴

¹ Master Sciences, Dept. of Forestry and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

² Associate Prof., Dept. of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

³ Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

⁴ Ph.D. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

(Received: 20 June 2020; Accepted: 19 July 2022)

Abstract

Introduction: Deadwood, at various stages of decay, serves as a diverse habitat for a wide range of species. This study investigates the diversity of macrofauna orders on fallen hornbeam deadwood with different decay classes (four classes) in district one of the Shast Kalateh forest in Gorgan, Iran.

Materials and Methods: Samples were collected from 108 deadwood logs across three altitudinal ranges (200-450, 450-700, and 700-950 m a.s.l.) with three replicates for each decay class and diameter class (less than 40, 40-80, and more than 80 cm). Macrofauna were manually extracted from the deadwood and weighed to the nearest 0.001 g after identification using systematic keys. The diversity of macrofauna orders was assessed using diversity (Shannon-Wiener), evenness (Simpson), and richness (Margalef) indices.

Results: The results revealed significant differences in mean richness, biomass diversity, and abundance of macrofauna among the different decay classes of fallen hornbeam deadwood, with higher decay intensity associated with increased macrofauna richness and diversity. The highest number of macrofauna was found in decay class four and in the 70-100 and 40-70 cm diameter classes. Macrofauna order frequency was highest in the 200-450 m altitudinal range and lowest in the 700-950 m range, with no significant difference between the first two altitudinal classes. A significant negative relationship was observed between deadwood length and macrofauna order frequency.

Conclusion: As altitude increased, biomass evenness increased while biomass richness decreased, suggesting that these factors counteracted each other, resulting in no significant difference in macrofauna order biomass diversity across the different altitudinal ranges.

Keywords: Altitude, Deadwood, Decay intensity, Richness.