دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

تحول میراث ساختاری خشک‌دار در فرآیند پویایی توده‌های خالص راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) (پژوهش موردی: جنگل خیرود نوشهر)

محسن جوانمیری‌پور[۱] و وحید اعتماد[۲]

۱- دکترای علوم جنگل، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: mjavanmiri@live.com)
۲- دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۱
صفحه: ۷۳ تا ۸۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: خشک‌دارها از مولفه‌های میراث‌های ساختاری توده‌های جنگلی طبیعی هستند که در شناخت مراحل تحولی نقش مهمی دارند. توجه مطالعه حاضر بر روی کمی‌سازی وضعیت خشک‌دارها در توده‌های راش شرقی به‌عنوان یکی از مولفه‌های مهم ساختاری در فرآیندهای پویایی و تحولی در جنگل‌های شمال ایران است.

مواد و روش‌ها: برای انجام بررسی وضعیت خشک‌دارها به عنوان یکی از اجزای ساختاری در تعیین مراحل پویایی این پژوهش در قطعه ۳۲۶ بخش گرازبن که به‌عنوان پارسل شاهد است مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۲۵ قطعه نمونه یک هکتاری انتخاب شد و خشک‌دارهای موجود در آنها به روش آماربرداری صد در صد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در این بررسی خشک‌دارهای سرپا با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر که به صورت سر پا خشک شده یا تنه‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۳ متر داشتند، بررسی شدند. بررسی معنی‌داری پس از نرمال‌سازی با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، با استفاده از آزمون ANOVA برای صفاتی از قبیل ارتفاع خشک‌دارها، ارتفاع خشک‌دارهای سرپا، طول خشک‌دارهای افتاده، تعداد خشک‌دار در طبقات قطری و شکل ظاهری انجام شد.

یافته‌ها: فراوانی خشک‌دارهای گونه راش در مراحل تحولی آشفتگی و ایجاد میراث، پیش جنگل، بسته شدن تاج پوشش، جنگل بالغ و جنگل کهن‌سال به‌ترتیب ۲۳٪/۲، ۱۶٪/۸۵، ۷٪/۶، ۱۶٪/۶ و ۳۵/۸ ٪ است. بیشترین حجم خشک‌دارها مربوط به مرحله آشفتگی و ایجاد میراث و کمترین آن مربوط به بسته شدن تاج پوشش می‌باشد (به‌ترتیب ۱۶۲/۷۵ و ۷/۴۵ مترمکعب). همچنین، بیشترین میانگین حجم خشک‌دارها در درجه‌های پوسیدگی یک، دو، سه و چهار به‌ترتیب ۶۹/۳۵، ۶۰/۰۸، ۲۵ و ۱۷/۹ مترمکعب مربوط به مراحل تحولی آشفتگی و ایجاد میراث، آشفتگی و ایجاد میراث، کهن‌سال و کهن‌سال می‌باشد. نتایج آزمون‌های معنی‌داری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در عوامل حجم خشک‌دارها، حجم سرپا و افتاده‌ی آن‌ها و شکل خشک‌دارها از نظر ظاهری است.

نتیجه‌گیری: از نظر کاربردی با آگاهی از مقدار خشک‌دارها در هر مرحله تحولی و موارد مربوط به آن دیدگاه‌هایی به‌منظور مدیریت بهینه بوم‌سازگان‌های جنگلی و دخالت‌های مدیریتی از قبیل نحوه عملیات جنگل‌شناسی، بهره‌برداری و بازرویی جنگل فراهم می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: جنگل هیرکانی، حجم خشک‌دار، ساختار توده، مراحل تحولی، میراث ساختاری

مقدمه

چرخه‌های تحولی در جنگل‌ها برای اولین بار جنگل‌های اروپای مرکزی و توسط وات در سال ۱۹۴۰ معرفی شد و در ادامه کورپل (۱۶) سه مرحله تحولی اولیه، اوج و تخریب برای جنگل‌های آمیخته راش و نراد معرفی کرد. ساختار و ترکیب گیاهی موجود در جنگل‌های شمال نشان می‌دهد این توده‌های جنگلی در مرحله پایانی توالی قرار دارند (۱۴). ساختار و ترکیب یک بوم‌سازگان پویا تحت‌تأثیر شرایط محیطی به طور پیوسته در حال تغییر است (۲۶). پویایی به معنای تغییر در ساختار توده‌های جنگلی با گذشت زمان است و پویایی مرحله اوج توالی به معنای تغییر در ساختار توده‌های جنگلی با گذشت زمان در این توده‌ها است (۳۵). در جنگل‌های طبیعی توده‌های جنگلی حتی در مرحله اوج توالی در وضع ثابتی قرار نداشته و همواره در حال تغییر و تحول هستند که از آن‌ها به عنوان مراحل تحولی یاد می‌شود. مفهوم آن تفاوت ویژگی‌های ساختاری از جمله درختان زنده، خشک‌دارها، روشنه‌ها، زادآوری طبیعی در هر مرحله نسبت به مراحل دیگر است (۳۱).

با گذشت زمان درختان موجود در یک توده با افزایش سن و رسیدن به دیرزیستی به‌تدریج خشک شده و می‌افتند (۶). با خشک شدن درختان مسن، در تاج پوشش توده فضاهای خالی یا روشنه ایجاد می‌شود که محیط مناسبی را برای زادآوری درختان توده ایجاد می‌نمایند. نسل جوان در این روشنه‌ها مستقر شده و باعث نوسازی توده می‌شود. این گروه جوان با مسن‌تر شدن به تدریج به آشکوب بالا راه یافته و خود به صورت درخت بالغ وظایف دیگری را عهده‌دار می‌شوند و در نهایت باز با مسن شدن و پایان دیرزیستی ادامه می‌یابد (۳۴). در جنگل‌های طبیعی در مرحله اوج توالی مراحل تحولی مختلف به تدریج در طی زمان طولانی جایگزین هم می‌شوند (۲۸،۳۵،۳۴). خشک‌دارها از مهم‌ترین اجزای ساختاری توده‌های طبیعی هستند که با توجه به گونه‌های مختلف و سرشت بوم‌شناختی آن‌ها اندازه‌های مختلفی دارند (۲۶،۱۲، ۳۵،۲۷). همچنین خشک‌دار یک مشخصه مهم ساختاری جنگل‌های طبیعی و کهن‌سال می‌باشد که دامنه وسیعی از کارکردهای بوم‌شناختی و بیوشیمیایی را ایفاء می‌کند (۲۲،۱۱).

ویژگی مهم جنگل‌های قدیمی این است که این جنگل‌ها مقادیر زیادی خشک‌دار در مراحل مختلف پوسیدگی و همچنین تعداد بالایی درختان زنده، کهن‌سال با اجزای خشکیده دارند (۳۵،۲۳). به‌طور کلی فراوانی و حجم خشک‌دار به وجود آمده در جنگل‌های طبیعی به نوع جنگل، مقدار تولید، مراحل توالی، الگوی پراکنش طبیعی، نوع و فراوانی حوادث و آشفتگی‌های طبیعی و انسانی منطقه، سابقه بهره‌برداری، نوع مدیریت و ویژگی‌های اقلیمی و خاکی رویشگاه بستگی دارد (۱۹).

گونه راش شرقی جزو گونه‌های اوج توالی در جنگل‌های شمال ایران بوده که از نظر تجاری نیز فوق‌العاده حایز اهمیت

است (۴) بنابراین تاکنون پژوهش‌های زیادی بر روی پویایی اجزای ساختاری آن از قبیل خشک‌دارها انجام شده است (۳۰،۲۴،۱۲،۹،۳،۲).

نتایج حاصل از بررسی متاجی و ثاقب‌طالبی (۲۰) در منطقه خیرود نشان داد که کلیه مراحل تحولی (اولیه، اپتیمال و تخریب) در جامعه Rusco – Fagetum قابل تشخیص بوده ولی مرحله اپتیمال در جامعه Carpineto-Fagetum به مفهوم واقعی تحقق نیافته است.

نتایج پویایی خشک‌دارها در مراحل تحولی جنگل‌های آمیخته راش نشان داد که نمودار تغییرات حجم خشک‌دارها در مراحل تکاملی مشابه حرف لاتین "U" است و بیشترین مقدار در مرحله افزایش حجم توده (۴۲/۲ مترمکعب)، کمترین در مرحله انباشت حجم توده (۱۲/۸ مترمکعب) مشاهده می‌شود. گونه راش بیشترین حجم از خشک‌دار را در هر سه نوع خشک‌دار افتاده، سرپا و کنده در هر سه مرحله تکاملی نشان می‌دهد. حجم خشک‌دارهای گونه راش، خشک‌دار افتاده، خشک‌دارهای قطورتر از ۵۰ سانتی‌متر و خشک‌دارهای واقع در طبقه پوسیدگی یک و چهار در مراحل تکاملی مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند (۳۷).

کاکاوند و همکاران (۱۴) ویژگی‌های کمی و کیفی خشک‌دارها در مرحله میانی توالی در توده‌های کمتردست خورده آمیخته راش را بررسی کردند. حجم خشک‌دار در قطعات مورد بررسی به‌طور متوسط ۳۷/۸ متر مکعب در هکتار اندازه گیری شد. ممرز با ۶۴ درصد خشک‌دار، بیشترین فراوانی را در بین خشک‌دارها به خود اختصاص داد. بیشترین درصد فراوانی و حجم خشک‌دارهای اندازه‌گیری شده به ترتیب ۷۴/۷ درصد و ۶۹/۳ درصد مربوط به خشک‌دارهای افتاده بود. همچنین ۵۲/۱ درصد خشک‌دارهای اندازه‌گیری شده، در درجات پیشرفته پوسیدگی قرار داشتند. در نهایت بیشترین فراوانی خشک‌دارها در طبقه قطور (۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر) مشاهده شد.

اعتماد و همکاران (۹) کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری توده‌های طبیعی آمیخته راش شرقی در مرحله تحولی بلوغ را مطالعه کردند نتایج نشان داد که ممرز و راش به ترتیب با متوسط ۵۲/۸ و ۳۷/۷ درصد، بیشترین فراوانی را نسبت به گونه های دیگر داشتند. متوسط حجم سرپا و خشک‌دار به ترتیب ۶۲۹/۲ و ۱۳/۴ تر مکعب در هکتار محاسبه شد.

ایجاد خشک‌دار و ساختار جنگل به عنوان شاخص‌های شرایط جنگل‌های کهن‌سال در بوم‌سازگان‌های کوهستانی مدیترانه توسط لومباردی و همکاران (۱۷) مطالعه گردید. حجم درختان زنده و مقادیر خشک‌دار تنوع زیادی را در میان توده‌های جنگلی مورد بررسی نشان می‌دهد که از ۳۶۳ تا ۷۰۲ مترمکعب در هکتار برای درختان زنده و از ۱۷ تا ۱۴۳ میلی‌متر مکعب در هکتار برای خشک‌دارها متغیر است. نسبت خشک‌دار به درختان زنده کمتر از ۱۰ درصد نمی‌باشد، خشک‌دار افتاده بسیار بیشتر از خشک‌دار سرپا است، و طیف وسیعی از ابعاد خشک‌دار و درجات پوسیدگی خشک‌دارها ویژگی‌های مفیدی برای شناسایی مراحل کهن‌سالی در این جنگل‌های مدیترانه‌ای هستند.

مقایسه کمیت و ساختار خشک‌دار در جنگل‌های مدیریت شده و کهن‌سال در جنوب شرق اروپا توسط کرن و دیاچی (۱۵) مورد بررسی قرار گرفت. در هر دو مرحله جنگل کهن‌سال و جنگل‌های مدیریت شده، بیشترین خشک‌دار سرپا در درجه سوم پوسیدگی یافت شد، در حالی‌که حجم کنده‌ها و خشک‌دارهای افتاده از پوسیدگی درجه اول تا پنجم افزایش یافت. توزیع قطر انواع تک درختان خشک (سرپا، کنده، افتاده) نیز بین جنگل‌های مدیریت‌شده و جنگل‌های کهن‌سال در همه جفت‌های آزمایش‌شده تفاوت معنی‌داری داشت.

اودر و همکاران (۲۹) الگوها و محرک‌های کمیت و تنوع خشک‌دار در جنگل‌های خزان کننده در عرض جغرافیایی میانی را بررسی کردند. میانگین حجم خشک‌دار در جنگل‌های مدیریت‌شده ۴۷ مترمکعب در هکتار را نشان می‌دهند که بیش از ۷۰ درصد آن را خشک‌دارهای افتاده تشکیل می‌دهند. حدود ۴۰ درصد از خشک‌دارها در مرحله اولیه تا میانی پوسیدگی رخ داده‌اند. حجم خشک‌دارها در انواع جنگل‌های مدیریت‌نشده دو تا سه برابر بیشتر از جنگل‌های مدیریت‌شده است، اگرچه مقادیر خشک‌دارهای مشاهده‌شده در جنگل‌های مدیریت‌شده مشابه جنگل‌های کمتر دست‌خورده یا جنگل‌های اخیراً رها شده بودند.

پالیک و همکاران (۳۱) مراحل تحولی در جنگل را با توجه به ویژگی‌های ساختاری از قبیل خشک‌دارها به مراحل آشفتگی و رویداد ایجاد میراث،[1] مرحله پیش جنگل[2]، بسته شدن تاج پوشش[3]، مرحله جوان[4]، مرحله بالغ[5] و مرحله کهن‌سال[6] طبقه‌بندی کرده‌اند که مهم‌ترین ویژگی‌های هر مرحله به شرح ذیل می‌باشد.

در مرحله آشفتگی و رویداد ایجاد میراث روشنه‌هایی را به صورت گروه (لکه) در سطح توده ایجاد می‌کند که توالی جدیدی را ایجاد می‌کند. چنین آشفتگی‌هایی میراث‌های زیستی مهمی از جنگل‌های پیشین را باقی می‌گذارند. این موارد از اجزای مهم ساختاری در بوم‌سازگان بعد از آشفتگی هستند و شامل خشک‌دارهای سرپا و افتاده و درختان زنده که از نظر مکانی یا پراکنده‌اند یا اینکه به صورت متمرکز می‌باشند. مقدار و نوع میراث‌ها به نوع و شدت آشفتگی بستگی دارد.

مهم‌ترین جزء ساختاری در مرحله پیش جنگل فقدان درختان غالب در زندگی گیاهی است. با فقدان درختان غالب در آشکوب برتر در این مرحله سایر شکل‌های زندگی گیاهی رشد کرده و گروه‌های جدید درختان شامل گونه‌های نورپسند استقرار می‌یابند. نام‌گذاری این مرحله به پیش جنگل آن را به عنوان بوم‌سازگان بدون درختان غالب مشخص می‌کند اما گونه‌ای که در حال اشغال رویشگاه است در نهایت آن را به جنگل تبدیل می‌کند. بعد از آشفتگی، پوشش گیاهی زنده از رشد رویشی گیاهی و یا اندام‌های گیاه زنده مانده به وجود می‌آید (ریزوم‌ها، ریشه‌ها و کنده‌ها) و به استقرار گیاهان جدید از منابع بذر از داخل و خارج رویشگاه منجر می‌شود. در بسیاری از رویشگاه‌ها گونه‌های علفی پایا و یکساله گونه‌های غالب مهم هستند اما بیشتر آنها ناپایدار بوده و در طی چند

1- Disturbance and legacy creation event
2- Pre-forest stage
3- Canopy closure
4- Young stage
5- Mature stage
6- Old-growth stage

سال به‌وسیله بوته‌ها (از نظر فراوانی) جایگزین می‌شوند. گونه‌های درختی به‌عنوان تک میراث‌ها یا افرادی جدید استقرار می‌یابند که از قسمت‌های رویشی میراث‌ها یا از بذر به وجود آمده‌اند.

مرحله بسته شدن تاج پوشش منجر به تغییرات قابل توجهی در شرایط محیطی و تنوع زیستی می‌شود. با بسته شدن تاج پوشش، چیرگی شدید درختان بر رویشگاه آغاز می‌شود و منابع موجود برای سایر فرم‌های گیاهی تا حد زیادی کاهش می‌یابد. درجه غالبیت تا حد زیادی از نزدیک به انحصاری شدید نسبت به سایر فرم‌های گیاهی به سوی تنوع گونه‌ای گیاهان زیرآشکوب و تاج پوشش در جنگل‌های با انبوهی کمتر کشیده می‌شود.

مرحله جنگل جوان دوره چیرگی شدید یا انحصاری درختانی است که به دنبال جنگل یا گروه‌های درختی با تاج پوشش بسته استقرار می‌یابند. چنین جنگل‌هایی غالباً ساختارهای ساده‌ای از درختان زنده دارند که از درختان با اندازه نسبتاً یکسان تشکیل شده‌اند. با این‌حال در بیشتر توالی‌ها میراث‌های ساختاری از مرحله پیش از آشفتگی به شکل بعضی درختان زنده بازمانده، خشک‌دارهای سرپا و افتاده و یا سایر مواد چوبی درشت وجود دارد.

در مرحله بالغ غالبیت درختان در مرحله جنگل جوان سرانجام متوقف می‌شود، زیرا تراکم درختان کاهش می‌یابد، تراکم ناشی از مرگ و میر بر اثر رقابت همچنان ادامه می‌یابد و جنگل یا گروه‌ها به مرحله جنگل بالغ وارد می‌شوند. در جنگل هنوز گروه اولیه درختان غالب هستند؛ با این‌حال نور و رطوبت برای استقرار یا تحول زیرآشکوب شامل ازدیاد و رشد بیشتر درختان سایه‌پسند وجود دارد.

مرحله جنگل کهن‌سال معمولاً کاربردی‌ترین و از نظر ساختاری پیچیده‌ترین مرحله تحولی است. پیچیدگی ساختاری معمولاً شامل آمیختگی تنوع شرایط و اندازه‌های درختان زنده و خشک، درختان کهن‌سال از یک یا چند گونه و میزان بالای ناهمگنی ساختاری در پراکنش تنه‌ها و تاج پوشش است. در حقیقت، درختان کهن‌سال بزرگ به‌طور ویژه اجزای بارز مرحله جنگل کهن‌سال هستند که مجموعه‌ای از آشیان‌های منحصر به‌فرد را در این مرحله فراهم می‌سازند. با وجود درختان دارای اندازه متوسط و زادآوری درختان، توزیع درختان در طبقات قطری که غالباً منحنی J شکل معکوس کلاسیک یا شکل‌های سیگموید را نشان می‌دهند، شرایط حضور را برای یک یا دو گونه سایه‌پسند را فراهم می‌سازد.

با توجه به موارد مطرح شده این سوال به ذهن متبادر می‌گردد که ویژگی‌های خشک‌دارها در مراحل مختلف تحولی چه تغییراتی نسبت به همدیگر دارند و تغییر این ویژگی‌ها از نظر کمی و کیفی نشان‌دهنده کدام مرحله تحولی در روند پویایی توده‌های راش شرقی می‌باشد.

بنابراین تمرکز مطالعه حاضر بر روی کمی‌سازی وضعیت خشک‌دارها در توده‌های راش شرقی به عنوان یکی از مولفه‌های مهم ساختاری در فرآیندهای پویایی و تحولی در جنگل‌های شمال ایران به‌عنوان جزیی از جنگل‌های معتدله موجود در کره زمین است. پژوهش‌گران مختلف به روش‌های مختلفی بر اساس ویژگی‌های ساختاری اقدام به تعیین مراحل تحولی در جنگل‌های معتدله نموده‌اند. مطالعه حاضر تلاش دارد به کمی‌سازی مولفه ساختاری خشک‌دار در توده خالص راش در یک طبقه‌بندی تحولی نوآورانه، جدید و متمایز از طبقه‌بندی‌های پیشین در جنگل‌های شمال ایران بپردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنگل آموزشی پژوهشی خیرود نوشهر واقع در هفت کیلومتری شرق نوشهر و در استان مازندران بین ′۲۷ °۳۶ تا ′۴۰ °۳۶ عرض شمالی ′۳۲ °۵۱ تا ′۴۳ °۵۱ طول شرقی است. بخش گرازبن سومین بخش از مجموعه جنگل‌های تحت مدیریت دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران است که در ارتفاع ۱۳۵۰–۵۴۰ متری از سطح دریا گسترده شده است. بخش گرازبن دارای ۲۷ پارسل و مساحت آن ۹۳۴/۲۴ هکتار است. این بخش از شمال به یال جنوبی جنگل‌های چلندر (حوضه ۴۶) و از شرق به جنگل‌های بخش چلیر، از جنوب به رودخانه خیرود و از غرب به جنگل‌های بخش نم‌خانه محدود شده است. در این مطالعه پارسل ۳۲۶ مد نظر قرار گرفت که یکی از پارسل‌های شاهد جنگل خیرود می‌باشد (شکل ۱). پارسل‌های ۳۲۶ و ۳۲۷ این بخش به عنوان قطعات شاهد در نظر گرفته شده که هیچ‌گونه بهره‌برداری در آنها انجام نشد است و به همین دلیل برای فعالیت‌های پژوهشی دراز مدت مناسب می‌باشند. بر اساس مطالعات تیپولوژی انجام گرفته تیپ راش خالص قسمت عمده این دو پارسل را در بر گرفته است (۹).

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

روش انجام مطالعه

روش تحقیق

بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده و با توجه به دستورالعمل (۳۱)، جدول (۱) وجود توده‌های راش در مراحل مختلف و موقعیت مکانی هر یک از آنها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. در این منطقه شش مرحله اصلی شناسایی شد که بیشترین سطح از جنگل (۵۶٪) در مراحل تحولی آشفتگی و ایجاد میراث و کهن‌سالی قرار دارد.

جدول ۱- مراحل تحولی موجود در قطعه نمونه (نقطه‌چین نشان‌دهنده پیوستگی مراحل تحولی در توده‌های طبیعی است)
Table 1. Developmental stages in the sample plot (dotted line indicates the continuity of evolutionary stages in natural stands)

۵: آشفتگی و ایجاد میراث	۴: جنگل جوان	۳: جنگل جوان	۲:آشفتگی و ایجاد میراث	۱: بسته شدن تاج پوشش
۱۰: جنگل جوان	۹: کهن‌سال	۸: کهن‌سال	۷: بسته شدن تاج پوشش	۶: آشفتگی و ایجاد میراث
۱۵: آشفتگی و ایجاد میراث	۱۴: جنگل جوان	۱۳: کهن‌سال	۱۲: کهن‌سال	۱۱: پیش جنگل
۲۰: آشفتگی و ایجاد میراث	۱۹: آشفتگی و ایجاد میراث	۱۸: پیش جنگل	۱۷: بالغ	۱۶: کهن‌سال
۲۵: کهن‌سال	۲۴: کهن‌سال	۲۳: بالغ	۲۲: آشفتگی و ایجاد میراث	۲۱: بسته شدن تاج پوشش

روش اندازه‌گیری خشک‌دارهای سرپا و افتاده

در این بررسی خشک‌دارهای سرپا با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر که به صورت سر پا خشک شده یا تنه‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۳ متر داشتند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. همچنین خشک‌دارهای افتاده شامل درختان (قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) و قسمت‌های افتاده از تنه یا شاخه‌های بزرگ با قطر ۷/۵ $\geq$ سانتی‌متر در قسمت بزرگتر تنه و حداقل طول ۱/۳ متر را داشتند اندازه‌گیری و یادداشت گردید (۱۷،۳). برای برآورد حجم، ارتفاع و قطر خشک‌دارهای سرپا و طول و قطر تنه‌های افتاده اندازه‌گیری شد. برای بخش‌های افتاده تنه‌ها و شاخه‌ها طول، قطر سر نازک، میانه و سر قطور اندازه‌گیری شد. همچنین با توجه به اهمیت تجزیه و پوسیدگی خشک‌دارها و نقش آن‌ها در محیط جنگل، درجه پوسیدگی خشک‌دارهای سرپا و افتاده نیز مورد بررسی قرار گرفت. درجه پوسیدگی خشک‌دارها در چهار طبقه تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۲)؛ (۲۴):

جدول ۲- درجه پوسیدگی خشک‌دار و ویژگی‌های مربوط به هر درجه پوسیدگی
Table 2. Decay degree and characteristics related to each category

درجه پوسیدگی	ویژگی‌ها
۱	درخت تازه خشک شده، بالا و تاج درخت سالم، اغلب شاخه‌های نازک هنوز وجود دارند، پوست درخت سالم و چوب آن سخت می‌باشد
۲	بالا و تاج خشک‌دار سالم است، بیشتر شاخه‌های نازک خشک و افتاده‌اند، پوست درخت در شروع جدا شدن از تنه رو به کاهش می‌باشد و چوب سخت است
۳	تاج درخت شکسته، بدون پوست و شاخه، چوب آن سخت می‌باشد.
۴	قسمت بالای خشک‌دار مرتباً شکسته، پوست و شاخه‌ی بزرگی وجود ندارد، چوب سخت در حال تبدیل به چوب نرم می‌باشد که بیش از ۷۰ درصد آن به چوب نرم تبدیل شده است.

برای محاسبه حجم خشک‌دارها به خاطر اینکه شکل طولی تنه شبیه پارابلوییدناقص است از رابطه اسمالیان (۱) استفاده گردید.

$$V = \frac{g_1 + g_2}{2} \times h$$ (رابطه ۱)

که در آن g_1 وg_2 به‌ترتیب سطح مقطع پایینی و بالایی میانی و l طول پارابلوییدناقص است. جهت برآورد حجم خشکه دارهای افتاده از فرمول نیوتن استفاده شد که از رابطه (رابطه ۲) به دست می‌آید.

$$v = \frac{h}{6}(g_1 + 4g_m + g_2)$$ (رابطه ۲)

در این فرمول h ارتفاع نلوییدناقص، g_1 سطح مقطع پایین، g_2 سطح مقطع بالا و g_m سطح مقطع در میانه است.برای محاسبه خشک‌دارهای سرپا که سرشکسته شده‌اند به دلیل سرشکشتگی امکان استفاده از هیچ یک از فرمول‌های تعیین شده ممکن نبود بنابراین از رابطه‌های زیر استفاده شد (۳۹). با توجه به اینکه قطر برابر سینه اندازه‌گیری شده و گونه مورد نظر تعیین شده بود. با استفاده از منحنی ارتفاع جنگل مذکور، ارتفاع کل استخراج شده و سپس ضریب کاهش قطری برای هر متر از تنه از فرمول (۳) محاسبه گردید.

$$d_{fg} = \frac{d_{1.3}}{h - 1.3}$$ (رابطه ۳)

در این رابطه d_{fg} ضریب کاهش قطری، $d_{1.3}$ قطر در ارتفاع برابر سینه، h ارتفاع کل است.
فرمول محاسبه قطر میانه:

$$d_m = d_{1.3} - \left(d_{fg} \times \frac{l}{2}\right)$$ (رابطه ۴)

در این فرمول d_m قطر در ارتفاع میانه درخت، d_{fg} ضریب کاهش قطری، $d_{1.3}$ قطر در ارتفاع برابر سینه و l نیز ارتفاع تنه شکسته است. سپس با استفاده از قطر میانه به دست آمده از رابطه قبل، از فرمول هوبر برای محاسبه حجم استفاده گردید.

$$V = g_m \times h$$ (رابطه ۵)

که در آن g_m سطح مقطع میانی و h ارتفاع پارابلوییدناقص است.

به‌منظور مشخص شدن منشأ پیدایش خشک‌دار پراکنش خشک‌دارها را در طبقه‌های قطری ۲۵>، ۵۰- ۲۵ و ۵۰ < سانتی‌متر بررسی گردید و از نظر شکل ظاهری به کنده، سرپا و افتاده تقسیم شدند (۱۲، ۲۴). محاسبات آماری در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای نرمال‌سازی و پیروی داده‌ها از توزیع نرمال از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده گردید. برای بررسی معنی‌داری واریانس با استفاده از آزمون ANOVA بین گروه‌ها برای صفاتی از قبیل ارتفاع خشک‌دارها، ارتفاع خشک‌دارهای سرپا، طول خشک‌دارهای افتاده، تعداد خشک‌دار در طبقات قطری و شکل ظاهری انجام شد.

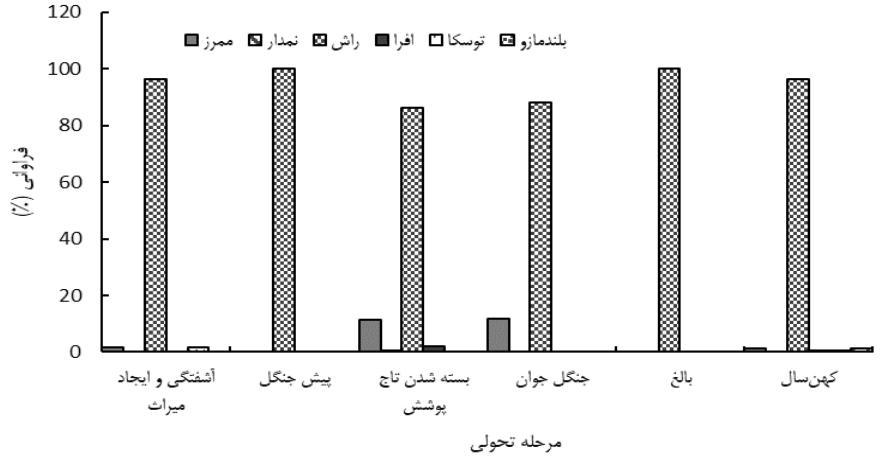
نتایج و بحث

فراوانی گونه‌های درختی موجود در توده به‌ترتیب فراوانی شامل راش (۹۳/۳٪)، ممرز (۷/۳٪)، توسکا (۱/۳٪)، افرا (۰/۸٪)، بلندمازو (۰/۸٪) و نمدار (۰/۱٪) است. وضعیت خشک‌دارهای گونه‌های موجود در مراحل مختلف تحولی در جدول ۲ ارائه شده است. گونه راش به عنوان گونه غالب دارای ۲۳/۲٪، ۱۶/۸۵٪، ۳/۲۶٪، ۴/۳۴٪، ۱۶/۶٪ و ۳۵/۸٪ فراوانی به‌ترتیب در مراحل آشفتگی و ایجاد میراث، پیش جنگل، بسته شدن تاج پوشش، جنگل جوان، بالغ و کهن‌سال است.

جدول ۳- درصد انواع گونه‌های خشک‌دار موجود در مراحل مختلف تحولی در منطقه مورد مطالعه
Table 3. Percentage of dead species in different stages of development in the study area

نوع گونه	آشفتگی و ایجاد میراث (٪)	پیش جنگل (٪)	بسته شدن تاج پوشش (٪)	جنگل جوان (٪)	بالغ (٪)	کهن‌سال (٪)
ممرز	۲۱/۳	۱۶	۲۳/۴۵	۳۱/۳۴	–	۲۴
نمدار	–	–	۱۰۰	–	–	–
راش	۲۳/۲	۱۶/۸۵	۳/۲۶	۴/۳۴	۱۶/۶	۳۵/۸
افرا	–	–	۱۰۰	–	–	۰/۷۵
توسکا	۷۵	–	–	–	–	۲۵
بلندمازو	–	–	–	–	–	۱۰۰

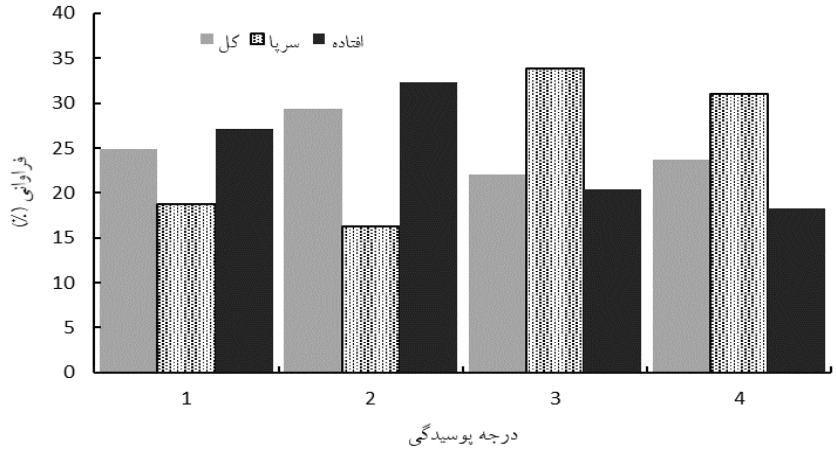
فراوانی خشک‌دارهای گونه راش در مراحل آشفتگی و ایجاد میراث، پیش جنگل، بسته شدن تاج پوشش، جنگل جوان، بالغ و کهن‌سال به‌ترتیب ۹۶/۵٪، ۱۰۰٪، ۸۶/۱ ٪، ۸۸/۲ ٪ ، ۱۰۰٪ و ۹۶/۴٪ است. همچنین، فراوانی گونه‌های خشک‌دار ممرز در مراحل آشفتگی و ایجاد میراث، بسته شدن تاج پوشش، جنگل جوان و کهن‌سال ۱/۶، ۱۱/۵، ۱۱/۸ و ۱/۲ است (شکل ۲).



شکل ۲- فراوانی خشک‌دارهای موجود در مراحل مختلف تحولی از نظر تنوع گونه‌ای
Figure 2. Abundance of dead trees in different stages of evolution in terms of species diversity

به‌طور کلی نتایج مطالعه جاری نشان داد بیشترین فراوانی خشک‌دارها مربوط گونه راش (۹۶/۷۴٪) است. سایر گونه‌ها از قبیل ممرز، بلوط، افراپلت و توسکا تنها ۳/۲۶٪ فراوانی گونه‌های ایجادکننده خشک‌دار را تشکیل می‌دهند که به نظر می‌رسد دلایل اصلی فراوانی خشک‌دار راش غالبیت گونه راش در منطقه مورد مطالعه، شرایط زمین و فیزیوگرافی رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا، جهت دامنه، تیپ منطقه، عدم بهره‌برداری تجاری در آن به خاطر شاهد بودن پارسل مورد مطالعه و نیز تجزیه با سرعت کمتر خشک‌دار راش نسبت به سایر گونه‌ها می‌باشد (۲۶). در بین خشک‌دارهای افتاده فراوانی گونه راش نسبت به سایر گونه‌ها بیشتر است. در مطالعه مروی مهاجر و همکاران (۱۸) بیشترین فراوانی مربوط به گونه‌های ممرز، راش و سایر گونه‌ها گزارش شده است. در مطالعه مذکور علت فراوانی بیشتر خشک‌دارهای سرپای ممرز نسبت به راش دیرزیستی کمتر ممرز نسبت به راش، صدمات حاصل از سرشاخه‌زنی توسط روستاییان، عدم بهره‌برداری خشک‌دارهای ممرز و طغیان آفت برگ‌خوار از خانواده Geometridae عنوان شده است. همچنین، علت بیشتر بودن خشک‌دارهای افتاده راش نسبت به ممرز سرعت تجزیه بیشتر ممرز نسبت به راش می‌باشد. زیاد بودن سرعت پوسیدگی در ممرز را می‌توان به مناسب‌تر بودن شرایط برای استقرار تجزیه‌کنندگان و ویژگی شیمیایی چوب آن دانست (۱). بیشترین فراوانی کل خشک‌دار در درجات پوسیدگی مربوط به درجه پوسیدگی ۲ است (۲۹/۵٪)، کمترین فراوانی پوسیدگی کل خشک‌دار نیز مربوط به درجه ۳ است (۲۲٪)؛ (شکل ۴).

بیشترین فراوانی خشک‌دار افتاده در درجات پوسیدگی مربوط به درجه پوسیدگی ۲ (۳۲/۳٪) و کمترین آن مربوط به درجه ۴ است (۱۸/۳٪)؛ (شکل ۳).



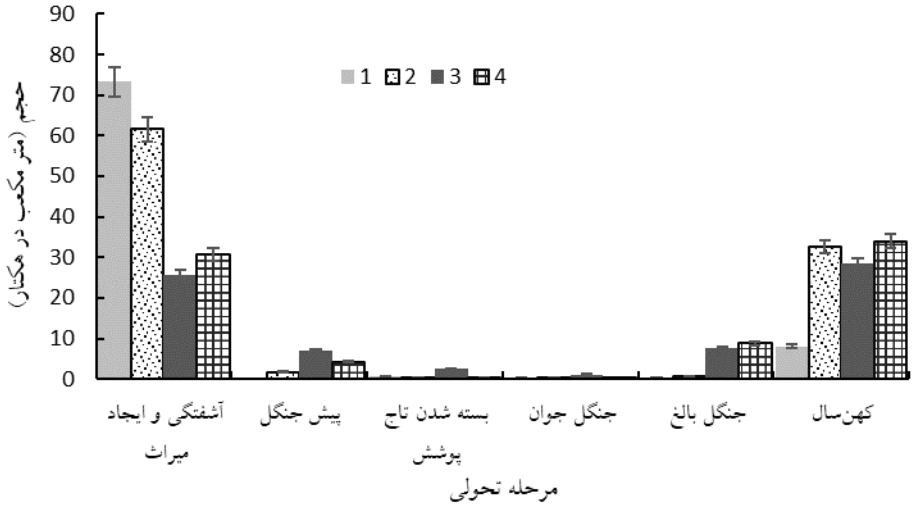
شکل ۳- فراوانی کل خشک‌دار، سرپا و افتاده در رویشگاه مورد مطالعه
Figure 3. Frequency of dead, standing and fallen in the studied habitat

مرحله آشفتگی و ایجاد میراث دارای بالاترین فراوانی (۲۲٪ و ۳۹/۳٪) در میزان کل خشک‌دارها و خشک‌دارهای سرپا بوده و بیشترین میزان خشک‌دار افتاده مربوط به مرحله بسته شدن تاج پوشش (۲۳/۲٪) است (جدول ۳). مراحل بالغ، بالغ و پیش‌جنگل دارای کمترین مقدار فراوانی مربوط به کل خشک‌دارها، خشک‌دار سرپا و خشک‌دار افتاده (به‌ترتیب ۱۷/۵٪، ۴/۶٪ و ۱۷/۱٪) هستند (جدول ۴).

جدول ۴- درصد فراوانی درجه‌های مختلف پوسیدگی خشک‌دارهای سرپا و افتاده در مراحل تحولی
Table 4. Percentage of frequency of different degrees of decay of standing and fallen trees in the developmental stages

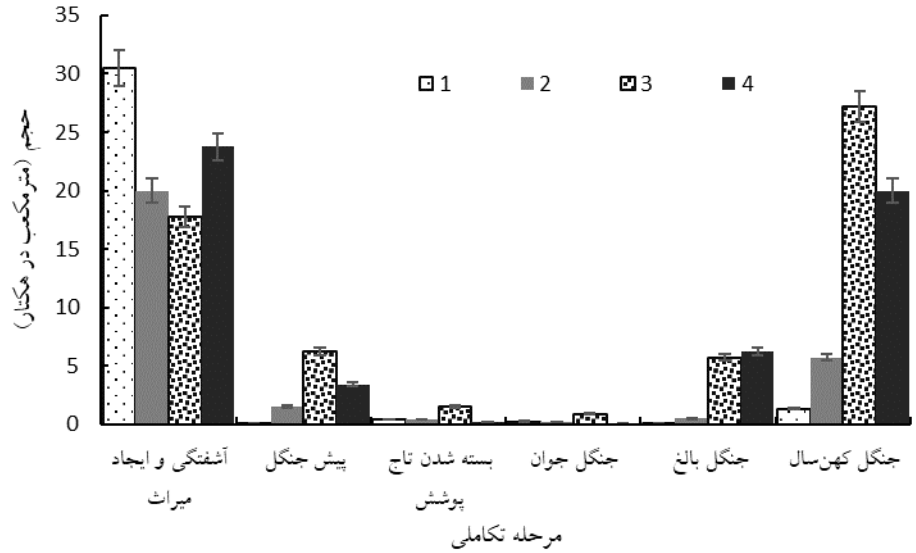
نوع خشک‌دار	درجه پوسیدگی	آشفتگی و ایجاد میراث (٪)	پیش جنگل (٪)	بسته شدن تاج پوشش (٪)	جنگل جوان (٪)	بالغ (٪)	کهن‌سال (٪)
کل خشک‌دار	درجه ۱	۲۷	۷/۵	۱۴/۱۵	۱۸/۸۵	۷/۵	۲۴/۸
	درجه ۲	۲۳/۷	۲۱/۸	۸/۱۵	۱۰/۸۵	۱۳/۶	۲۱/۸
	درجه ۳	۲۱	۲۰/۳	۱۰/۳	۱۳/۸	۱۶/۹	۱۷/۷
	درجه ۴	۱۸/۳۵	۱۴/۵	۹/۷۵	۱۳	۱۹/۹	۲۴/۶۵
	کل	۲۲	۱۷/۸	۹/۹	۱۳/۱	۱۷/۸	۱۹/۵
خشک‌دار سرپا	درجه ۱	۱۲/۷	۰	۲۵/۳	۳۳/۷	۰	۲۷/۳
	درجه ۲	۳۶/۴	۲۲/۷	۹/۷	۱۳	۱۱/۴	۶/۸
	درجه ۳	۳۳/۲۵	۳۲/۲۵	۵/۵	۷/۴	۰	۲۲/۶
	درجه ۴	۸۲/۳۵	۰	۳/۳	۵	۰	۸/۸
	کل	۳۹/۳	۱۸/۳	۱۱/۱۵	۱۴/۸۵	۴/۶	۱۱/۹
خشک‌دار افتاده	درجه ۱	۳۳/۲	۱۰	۱۳/۶۵	۱۸	۵	۲۰
	درجه ۲	۲۱/۷	۲۱/۳	۷/۸۵	۱۰/۴۵	۱۵/۲	۲۳/۵
	درجه ۳	۲۰/۴	۱۹/۶	۱۰/۸۵	۱۴/۴۵	۱۷/۳	۱۷/۵
	درجه ۴	۱۶/۸	۱۴/۷	۱۰	۱۳	۲۰/۳	۲۵/۲
	کل	۲۰	۱۷/۱	۹/۹۵	۱۳/۲۵	۱۷/۸	۲۱/۹

به طور کلی مجموع میانگین حجم خشک‌دارهای سرپا و افتاده ۴۱/۵ مترمکعب در هکتار می‌باشد. بیشترین حجم کل خشک‌دارها مربوط به مرحله آشفتگی و ایجاد میراث است که در درجات پوسیدگی یک تا چهار به‌ترتیب شامل ۷۳/۲۵، ۶۱/۵، ۲۵/۷ و ۳۰/۸ مترمکعب در هکتار می‌باشد. در حالی‌که، کمترین حجم درجات پوسیدگی کل خشک‌دار مربوط به مرحله جنگل جوان است که به‌ترتیب شامل ۰/۲۷، ۰/۳، ۱/۱ و ۰/۲ مترمکعب در هکتار است (شکل ۴).



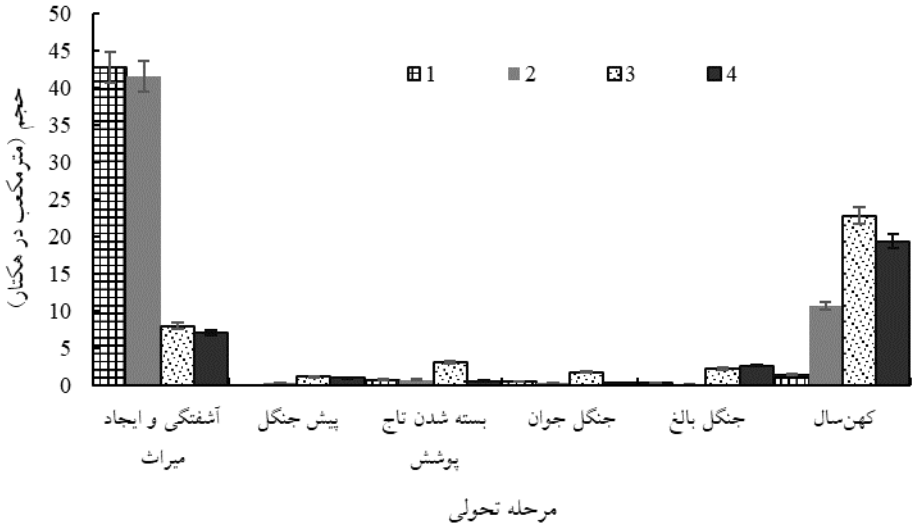
شکل ۴- موجودی حجمی کل خشک‌دارها از نظر پراکنش در درجه‌های پوسیدگی در مراحل تکاملی
Figure 4. Stock of dead trees in terms of distribution in degrees of decay in the evolutionary stages

به طور کلی، میانگین حجم خشک‌دارهای سرپا در مرحله آشفتگی و ایجاد میراث ۲۲/۹۸، پیش جنگل ۲/۷۸، بسته شدن تاج پوشش ۰/۶۳، بالغ ۳/۱۱ و در کهن‌سال ۱۳/۵۴ مترمکعب در هکتار است. بیشترین موجودی حجمی خشک‌دارهای سرپا در درجات پوسیدگی ۱، ۲، ۳ و ۴ مربوط به مرحله تحولی آشفتگی و ایجاد میراث می‌باشد که به‌ترتیب ۳۰/۵، ۲۰، ۱۷/۷۵ و ۲۳/۷۵ متر مکعب در هکتار است (شکل ۵).



شکل ۵- موجودی حجمی خشک‌دارهای سرپا از نظر پراکنش در درجه‌های پوسیدگی در مراحل تکاملی
Figure 5. Stock of standing dead trees in terms of distribution in degrees of decay in the evolutionary stages

به‌طور کلی، بیشترین موجودی حجمی خشک‌دارهای افتاده در درجات پوسیدگی ۱، ۲، ۳ و ۴ مربوط به مرحله تحولی آشفتگی و ایجاد میراث می‌باشد که به‌ترتیب ۴۲/۷۵، ۴۱/۵، ۷/۹۵ و ۷ مترمکعب در هکتار است. میانگین حجم خشک‌دارهای افتاده در مرحله در آشفتگی و ایجاد میراث ۲۴/۷، پیش جنگل ۰/۵۵، بسته شدن تاج پوشش ۱/۲۳، مرحله بالغ ۱/۲۹ و در کهن‌سال ۱۳/۵ مترمکعب در هکتار است (شکل ۶).



شکل ۶- موجودی حجمی خشکه‌دارهای افتاده از نظر پراکنش در درجه‌های پوسیدگی در مراحل تکاملی
Figure 6. Stock of fallen dead trees in terms of distribution in degree of decay in evolutionary stages

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خشک‌دارها به عنوان یک مولفه ساختاری بررسی موجودی آنها در توده‌های جنگلی است. در مطالعه حاضر میانگین حجم خشک‌دارها ۴۱/۵ مترمکعب در هکتار به دست آمد که نسبت به بعضی مطالعات انجام شده در شمال ایران بیشتر (۳۷،۹،۴۱) و نسبت به برخی دیگر کمتر است (۲۳،۲۰). علت اصلی این مسئله عدم بهره‌برداری‌های سنتی و بهره‌برداری‌های صنعتی و تجاری و خارج نشدن زی‌وزن از منطقه مورد بررسی به عنوان پارسل شاهد طرح جنگل‌داری به علت دور بودن فاصله از دام‌سراها و جاده و دسترسی اهالی است. همچنین علاوه بر مسائل مدیریتی ویژگی‌های رویشگاه از قبیل خصوصیات فیزیوگرافیک و جامعه غالب در آن می‌باشد. در ارتباط با حجم خشک‌دارها در مراحل تحولی نکات جالبی وجود دارد که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد. نتایج بررسی حاضر نشان داد

بیشترین موجودی خشک‌دارها مربوط به مرحله آشفتگی و ایجاد میراث (۱۹۱/۳۵ مترمکعب) است زیرا در این مرحله به دلیل ایجاد آشفتگی خشک‌دارهای قطوری به ویژه در مراحل ابتدایی پوسیدگی یعنی درجه‌های ۱ و ۲ (به‌ترتیب ۶۹/۳۵ و ۶۰/۰۸ مترمکعب) دیده می‌شوند در حالی‌که موجودی خشک‌دارها در مراحل پایانی پوسیدگی کمتر است. همچنین، در این مرحله وجود موجودی بالای خشک‌دار به منظور آغاز فرآیند پویایی توده‌های راش با توجه به سرشت و مکانیسم زادآوری گونه راش ضروری است (۸). بدیهی است با ادامه فرآیند پویایی خشک‌دارهای قطور، پوسیده شده و مواد غذایی مورد نیاز را برای استقرار گونه‌های زادآوری طبیعی فراهم می‌آورند. از دیگر مراحلی که در آنها میزان خشک‌دارها در مراحل ابتدایی پوسیدگی بیشتر هستند می‌توان از مرحله جنگل کهن‌سال نام برد با این تفاوت که در مرحله مذکور موجودی آنها کمتر (۸/۰۳ مترمکعب در هکتار) بوده و ابعادشان قابل مقایسه با ابعاد خشک‌دارهای موجود در مرحله آشفتگی و ایجاد میراث نیست. نتیجه به دست آمده با سفیدی و مروی مهاجر (۳۷)، پالیک و همکاران (۳۱) همسو است. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد کمترین موجودی خشک‌دارها در مرحله بسته شدن تاج پوشش (۱/۸۶ مترمکعب) وجود دارد. از ویژگی‌های بارز این مرحله وجود تعداد زیاد خشک‌دارهای کم قطر است که به سرعت پوسیده شده و حذف می‌شوند؛ لذا حجم زیادی ندارند (۳۹). همچنین، بیشترین میزان رقابت تاجی نیز در این مرحله رخ می‌دهد (۳۱)، جنگل اغلب تک آشکوبه بوده و تاج پوشش کاملا بسته است و با توجه به ابعاد درختان و کوچک بودن تاج به محض حذف درختان (تبدیل شدن به خشک‌دار) در تاج درختان کناری به سرعت فضای خالی را پر می‌کنند.

نتایج به دست آمده با نتایج مطالعه ون اهیمب و همکاران (۴۰)، سفیدی و مروی مهاجر (۳۷)، پالیک و همکاران (۳۱) تایید می‌شود.

در سایر مراحل موجودی حجمی خشک‌دارها هم با یکدیگر متفاوت بوده و مقدار آن در مراحل پایانی پوسیدگی از مراحل آغازین آن بیشتر است از مراحل پیش جنگل و جنگل بالغ. به عنوان مثال در مرحله جنگل بالغ، حجم و تعداد خشک‌دارها کم و اغلب در مراحل پیشرفته‌تری از پوسیدگی قرار دارند. همچنین در مرحله جنگل کهن‌سال برخی از درختان با رسیدن به سن دیرزیستی تبدیل به خشک‌دار می‌شوند به همین دلیل حجم خشک‌دارها در این مرحله نسبت به سایر مراحل به استثنای مرحله آشفتگی و ایجاد میراث بیشتر (۱۲/۰۲ مترمکعب در هکتار) است. نتایج به دست آمده با نتایج مطالعه سفیدی و مروی مهاجر (۳۶) مبنی بر U شکل بودن پراکنش خشک‌دارها در مراحل تحولی همسو است. به این معنی که در مرحله افزایش حجم مقدار خشک‌دار در توده‌های راش بسیار بالا است و در ادامه روند کاهشی به خود می‌گیرد و در نهایت در مرحله کهن‌سال دوباره افزایش حجم خشک‌دار در توده‌های جنگلی مشاهده می‌شود.

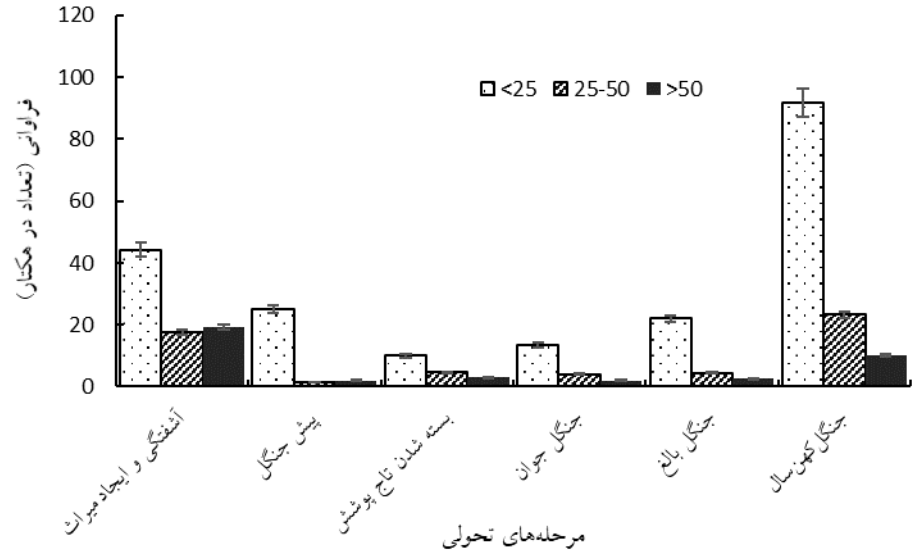
بیشترین فراوانی خشک‌دار در طبقه قطری ۲۵>، ۵۰-۲۵ و ۵۰ < سانتی‌متر حدود ۹۱/۷۵، ۲۳/۲۵ و ۱۹/۳ می‌باشد که به‌ترتیب مربوط به مراحل کهن‌سال، کهن‌سال و آشفتگی و ایجاد میراث است. میانگین تعداد خشک‌دارها در طبقه‌های قطری کمتر از ۲۵ سانتی‌متر ۲۵/۸، در طبقه قطری ۵۰-۲۵ سانتی‌متر، ۶/۹۵ و در طبقه قطری بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر ۴/۹ است (جدول ۵).

جدول ۵- فراوانی خشک‌دارها در طبقه‌های قطری کمتر از ۲۵، ۵۰-۲۵ و بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر در مراحل تحولی

Table 5. Frequency of dead trees in diameter classes less than 25, 25-50 and more than 50 cm in the evolutionary stages

طبقه قطری	آشفتگی و ایجاد میراث	پیش جنگل	بسته شدن تاج پوشش	جنگل جوان	بالغ	کهن‌سال
۲۵<	۴۴/۳	۲۵	۱۰	۱۳/۳	۲۲	۹۱/۷۵
۵۰-۲۵	۱۷/۵	۱/۵	۵/۷	۳/۷	۴/۵	۲۳/۲۵
۵۰>	۱۹/۳	۲	۵	۲/۱۵	۲/۵	۱۰/۲۵

میانگین پراکنش خشک‌دارها در طبقات قطری در مراحل تحولی آشفتگی و ایجاد میراث ۲۷، پیش جنگل ۹/۵، بسته شدن تاج پوشش ۵/۹، جنگل جوان ۶/۵، بالغ ۹/۷ و کهن‌سال ۴۱/۷۳ است (شکل ۷).



شکل ۷- فراوانی (تعداد) خشک‌دارها از نظر پراکنش در طبقه‌های قطری در مراحل تکاملی
Figure 7. Frequency (number) of dead trees in terms of distribution in diagonal classes in evolutionary stages

از دیگر ویژگی‌های مهم خشک‌دارها پراکنش آنها در طبقه‌های قطری است. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد بیشترین فراوانی خشک‌دارها در طبقات قطری الگویی مشابه با الگوی پراکنش درختان زنده در طبقات قطری دارد به عبارت دیگر تعداد خشک‌دارها در طبقات قطری پایین‌تر، بالا بوده و تعداد آنها در طبقات قطری بالا اندک بوده اما دارای ابعاد بزرگی هستند. بنابراین می‌توان انتظار داشت در بیشتر مراحل تحولی این الگو با مقداری تفاوت تکرار شود به استثنای مرحله آشفتگی و ایجاد میراث. مهم‌ترین دلایل عدم پیروی این مرحله از این الگو به بالا بودن موجودی خشک‌دارها از نظر فراوانی و حجم به ویژه خشک‌دارهای با ابعاد بزرگ در آنها مربوط است.

بیشترین فراوانی از نظر شکل‌های ظاهری کنده، سرپا و افتاده مربوط به مرحله آشفتگی و ایجاد میراث است که به‌ترتیب ۱۹/۱۵، ۴۸/۱۵ و ۱۲۴/۶ مترمکعب در هکتار است. میانگین کلی کنده‌ها ۴/۱۱ مترمکعب در هکتار، میانگین خشک‌دارهای سرپا ۱۰/۴ مترمکعب و میانگین درختان افتاده ۲۷ مترمکعب در هکتار است (جدول ۶).

جدول ۶- وضعیت خشک‌دارها از نظر شکل ظاهری و میانگین فراوانی آنها در مراحل تحولی
Table 6. Dead trees condition in terms of appearance and their average frequency in the evolutionary stages

فرم ظاهری	آشفتگی و ایجاد میراث	پیش جنگل	بسته شدن تاج پوشش	جنگل جوان	مرحله بالغ	کهن‌سال	میانگین
کنده	۱۹/۱۵	۱/۳	۰/۵	۰/۲۵	۱/۷	۱۰/۰۵	۴/۱۱
سرپا	۴۸/۱۵	۳/۳	۰/۸۵	۱	۴/۳	۲۵/۸۲	۱۰/۴
افتاده	۱۲۴/۶	۸/۶	۴/۵۵	۰/۳	۱۱/۲	۶۷/۱۳	۲۷

میانگین ارتفاع خشک‌دارهای سرپا (کنده و تنه) ۱۲/۴ متر و میانگین طول خشک‌دارهای افتاده ۱۰/۸ متر است. بیشترین ارتفاع خشک‌دار سرپا مربوط به مرحله آشفتگی و ایجاد میراث است که حدود ۲۴/۷۵ متر و بیشترین طول خشک‌دار افتاده مربوط به مرحله کهن‌سال است که حدود ۲۰/۵ متر است (جدول ۷).

جدول ۷- وضعیت خشک‌دارها از نظر ارتفاع و طول و میانگین فراوانی آنها در مراحل تکاملی
Table 7. Dead trees condition in terms of height, length, and their average frequency in evolutionary stages

	آشفتگی و ایجاد میراث	پیش جنگل	بسته شدن تاج پوشش	مرحله بالغ	بالغ	کهن‌سال	میانگین
ارتفاع سرپا (متر)	۲۴/۷۵	۱۴/۵	۴/۶۳	۵/۲	۶	۱۹/۵	۱۲/۴
طول افتاده (متر)	۱۴/۴	۵/۲	۶/۳	۵/۵	۶/۲	۲۰/۵	۱۰/۸

میانگین ارتفاع و طول خشک‌دارها در مرحله آشفتگی و ایجاد میراث ۱۹/۲۳، پیش جنگل ۹/۸۳، بسته شدن تاج پوشش ۵/۴۶، بالغ ۶/۱۰ و کهن‌سال ۱۳/۵۷ مترمکعب در هکتار است (شکل ۹). کمترین فراوانی خشک‌دار سرپا و افتاده مربوط به مراحل تحولی بسته شدن تاج پوشش و بالغ به‌ترتیب شامل ۴/۶ و ۶/۲ مترمکعب است.

شکل ۹- موجودی ارتفاعی و طولی انواع خشک‌دار به تعداد از نظر افتاده و سرپا بودن
Figure 9. Elevation and longitudinal inventory of dead species in the number of fallen and standing

در رابطه با ارتفاع خشک‌دارها نتایج این تحقیق نشان داد به‌طور کلی در خشک‌دارها بیشترین فراوانی از نظر ارتفاع مربوط به خشک‌دارهای موجود در مرحله آشفتگی و ایجاد میراث می‌باشد و در سایر مراحل گرچه وجود تفاوت‌ها غیرقابل اغماض است اما قابل مقایسه با ارتفاع خشک‌دارها در این مرحله نیست. مهم‌ترین دلیل این مسئله در خشک‌دارهای سرپا ممکن نبودن حالت ایستایی بر اثر پیشرفت درجه‌های پوسیدگی است، زیرا در این حالت در هنگام بارندگی و با جذب آب ناشی از بارش باران اجزای خشک‌دارها سنگین شده و در اثر نیروی وزن سقوط کرده و تکه تکه شده و تبدیل به خشک‌دار افتاده می‌شوند (۱). در بین خشک‌دارهای افتاده نیز با توجه به گرم‌تر بودن اقلیم منطقه شمال ایران نسبت به اروپا (۵)، می‌توان گفت خشک‌دارها در دوره زمانی کوتاه‌تر به دلیل پیدایش قارچ‌های عامل پوسیدگی، فعالیت‌های زیستی حشرات و پرندگان وابسته به این مولفه‌های ساختاری پوسیده می‌شوند. بنابراین حجم کمتری از خشک‌دارهای افتاده در مراحل ابتدایی پوسیدگی در این جنگل‌ها دیده می‌شوند و خشک‌دارها دارای طول کمتری هستند (۳۷).

نتایج آزمون‌های آنالیز واریانس با استفاده از آزمون ANOVA با احتمال ۹۵٪ نشان داد بین میانگین مجموع فراوانی حجم خشک‌دارها، خشک‌دارهای سرپا و خشک‌دارهای افتاده تفاوت معنی‌دار وجود دارد (به‌ترتیب ۰/۰۲۶، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۴۸)؛ (جدول ۸).

جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس برای فراوانی حجم کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای سرپا و خشک‌دارهای افتاده
Table 8. Analysis of variance for the frequency of total volume, standing and fallen dead trees

		مجموع مربع‌ها	درجه آزادی	میانگین مربع‌ها	مقدارF	معنی‌داری
خشک‌دارها	بین گروه‌ها	۳۳/۸۴	۱۸	۱/۸۸	۲/۰۰۷	۰/۰۲۶
	داخل گروه‌ها	۵۷/۸۲	۶	۹/۶۳		
	مجموع	۹۱/۶۶	۲۴			
سرپا	بین گروه‌ها	۳۲/۵۳	۱۸	۱/۸	۱/۹۱۶	۰/۰۱۱
	داخل گروه‌ها	۵۸/۲۲	۶	۹/۶۶		
	مجموع	۹۰/۷۵	۲۴			
افتاده	بین گروه‌ها	۲۷/۴۱	۱۸	۱/۵	۲/۲۴۵	۰/۰۴۸
	داخل گروه‌ها	۴۰/۱۳	۶	۶/۶۶		
	مجموع	۶۷/۵۴	۲۴			

*: معنی‌داری در سطح ۹۵٪ ***: معنی‌داری در سطح ۹۹٪ ns: عدم معنی‌داری

نتایج آزمون‌های آنالیز واریانس با استفاده از آزمون ANOVA با احتمال ۹۵٪ نشان داد بین انواع مراحل تحولی تفاوت معنی‌دار وجود دارد اما بین شکل ظاهری خشک‌دارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (۰/۰۳۸). آنالیز واریانس در مورد طبقات قطری دارای اختلاف معنی‌دار نبود (۰/۹۸)؛ (جدول ۹).

جدول ۹- آنالیز واریانس برای خشک‌دارها از نظر تعداد در طبقات قطری و شکل ظاهری
Table 9. Analysis of variance on dead-trees in terms of number in diameter classes and appearance

		مجموع مربع‌ها	درجه آزادی	میانگین مربع‌ها	مقدار F	معنی‌داری
طبقه قطری	بین گروه‌ها	۲۶۳/۵	۱۸	۱۴/۶۴	۰/۲۵۱	۰/۹۸
	داخل گروه‌ها	۲۸۰۴/۳۶	۶	۴۶۷/۴		
	مجموع	۳۰۶۷/۸۶	۲۴			
شکل ظاهری	بین گروه‌ها	۱۷/۹	۱۸	۷/۱۶	۲/۸۷	۰/۰۳۸
	داخل گروه‌ها	۱۴/۲۷	۶	۲/۳۷۹		
	مجموع	۳۲/۲	۲۴			

*: معنی‌داری در سطح ۹۵٪ ***: معنی‌داری در سطح ۹۹ ns: عدم معنی‌داری

نتایج آزمون‌های آنالیز واریانس با استفاده از آزمون ANOVA با احتمال ۹۵٪ نشان داد بین میانگین ارتفاع خشک‌دارهای سرپا و طول خشک‌دارهای افتاده در مراحل مختلف پویایی تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- نتایج آزمون آنالیز واریانس برای مقایسه ارتفاع خشک‌دارها
Table 10. Analysis of variance about the height of dead trees

ارتفاع	مجموع مربع‌ها	درجه آزادی	میانگین مربع‌ها	مقدارF	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۱۱۴/۲	۱۸	۶/۳	۱/۳	۰/۳۶۳
داخل گروه‌ها	۱۰۱/۴	۶	۷/۹۸		
مجموع	۲۱۵/۶	۲۴			

*: معنی‌داری در سطح ۹۵٪ ***: معنی‌داری در سطح ۹۹ ns: عدم معنی‌داری

با توجه مباحث مطرح شده می‌توان گفت به طور کلی میزان میراث ساختاری خشک‌دار در جنگل با توجه به رویشگاه، مرحله تحولی، حجم سرپا و تنوع گونه‌های درختی تفاوت دارد. بنابراین توجه به ویژگی‌های خشک‌دارها در طی مراحل تحولی ابزاری بسیار سودمند بوده و می‌تواند هم به منظور بررسی پویایی جنگل‌های شمال ایران طی مراحل توالی در طولانی مدت و همچنین به منظور کارآتر نمودن دخالت‌های مدیریتی در مدیریت توده‌های جنگلی باارزش هیرکانی مورد استفاده قرار گیرد. از نظر کاربردی با آگاهی از مقدار خشک‌دارها در هر مرحله تحولی و موارد مربوط به آن دیدگاه‌هایی به‌منظور مدیریت بهینه بوم‌سازگان‌های جنگلی و دخالت‌های مدیریتی از قبیل نحوه عملیات جنگل‌شناسی، بهره‌برداری و بازرویی جنگل فراهم می‌گردد.

منابع

1. Alidadi, F., M.R. Marvie Mohajer, V. Etemad and 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).
2. Amanzadeh, B., Kh. Sagheb-Talebi, B. Sotoudeh Foumani, F. Fadaie, J. Camarero and J.C. Linares. 2013. Spatial distribution and volume of dead wood in unmanaged Caspian beech (*Fagus orientalis*) forests from northern Iran. Forests, 4(4): 751-765 (In Persian).
3. Amiri, M., R. Rahamani, Kh. Sagheb Talebi and H. Habashi. 2015. Structural characteristics of dead wood in a natural untouched of *Fagus orientalis* Lipsky mixed stand forest (Case Study: Shastklateh Forest, Gorgan, Iran). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 22(1): 185-205 (In Persian).
4. Amolikondori, A., K. Abrari Vajari, M. Feizian, A. Diiorio. 2021. Interactions between structural properties beech tree and soil biology with competition index in canopy gaps in Beech stand. Ifej, 9(18): 74-80.
5. Atici, E., A. Colak and I. Rotherham. 2008. Coarse dead wood volume of managed Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Turkey. Investiga ción Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 17: 216-227.
6. Barnes, B., D. Zak and Sh. Denton. 1998. Forest ecology, Wiley. 800 p.
7. Christensen, M., K. Hahn, E. Mountford, S. Wijdeven, D. Manning, T. Standovar, P. Odor and D. Rozenbergar. 2003. Study on deadwood in European beech forest reserves. Work package 2 in the Nat-Man project (Nature-based Management of beech). European Community 5th Framework Programme.
8. Eslami, A., M.T. Hoseini and Kh. Sagheb-Talebi. 2016. Investigation stem number in the first diameter class for obtaining sustainable stands considering close to nature silviculture (case study: Shamushak forest, Golestan province). J. of Wood & Forest Science and Technology, 23(2): 111-124 (In Persian).
9. Etemad, V., M. Moridi, M. Delfan Azary and M. Kakavand. 2017. Quantitative and qualitative evaluation of deadwoods in mixed beech-hornbeam stands in the optimal stage (Case study: Kheyrood forest, Nowshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 386-397 (In Persian).

10. Habashi, H., S.M. Hosseini, J. Mohammadi and R. Rahmani. 2007. Determining the pattern of distribution and structure in the mixed beech forest of Shast Kalateh, Gorgan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(1): 64-55 (In Persian).
11. Harmon, M.E., J. Franklin, F. Swanson, P. Sollins, S. Gregory, J. Lattin, N. Anderson, N. Cline, S. Aumen, J. Sedell, G. Lienkaemper, K. Cromack and K.W. Cummins. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advance Ecology Research, 15: 133-302.
12. Javanmiri Pour, M., M.R. Marvie Mohajer, M. Zobeiri, V. Etemad and M. Jourgholami. 2018. Determining the structural diversity of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* L.) stands in Gorazbon district, Kheyrud forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(2): 143-155 (In Persian).
13. Kakavand, M., M.R. Marvi Mohajer, Sagheb, K. Talebi, K. Sefidi, M. Moridi and P. Abbasian, 2017. Quantity and quality of deadwood in the mid-successional stage in oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands (Case study: Kheyrood forest, Nowshahr), Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(4): 612-622 (In Persian).
14. Kakavand, M., Kh. Saqeb Talebi, M. Abdoli, M.R. Marvi Mohajer and M. Moridi. 2021. Predicting the ecological sequence trend of hornbeam-beech stands (Case study: Khairud forest, Nowshahr). Journal of Environmental Science and Technology, 23(3): 149-162 (In Persian).
15. Keren, S. and J. Diaci. 2018. Comparing the Quantity and Structure of Deadwood in Selection Managed and Old-Growth Forests in South-East Europe. Forests, 9(2): 76.
16. Korpel, S. 1995. Die Urwalder der westkarpaton. Gustav Fisher, Stuttgart, 310 pp.
17. Lombardi, F., B. Lasserre, G. Chirici, R. Tognetti and M. Marchetii. 2012. "Deadwood Occurrence and Forest Structure as Indicators of Old-Growth Forest Conditions in Mediterranean Mountainous Ecosystems." Écoscience, 19(4): 344-55.
18. Marvi Mohajer, M.R., M. Zobeiri, V. Etemad and M. Jourgholami. 2008. Performing the single selection method at compartment level and necessity for full inventory of tree species (Case study: Gorazbon district in Kheyroud Forest). Journal of Iranian Natural Resources, (4): 889-908 (In Persian).
19. Marvi Mohajer, M.R. 2019. Silviculture. University of Tehran Publication, 418 p (In Persian).
20. Mataji, A. and K. Sagheb -Talebi. 2007. Development stages and dynamic of two oriental beech (Fagus orientalis) communities at natural forests of Kheiroudkenar-Noshahr. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 416-398 (In Persian).
21. Mayer, P., S. winter and T. Vrska. 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. Forest Ecology and Management, 210: 267-282.
22. Mayer, P. and M. Schmidt. 2011. Accumulation of dead wood in abandoned beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in northwestern Germany. Forest Ecology and Management, 261(3): 342-352.
23. Mohammadnejad Kiasari, Sh., Kh. Saqeb Talebi, K. Espahbodi, M. Shahabian, Amini and Sh.H. Alavi Andrajmi. 2020. Comparison of Deadwood characteristics in managed Parcel by Single Selection with Control Parcel (Case Study: Neka-Mazandaran Weekly Forests). Conservation and exploitation of Hyrcanian forests, 2(1): 75-84 (In Persian).
24. Moridi, M., V. Etemad, M. Kakavand, Kh. Sagheb-Talebi, and E. Alibabaee Omran. 2016. Qualitative and quantitative characteristics of deadwood in the different development stages in mixed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands (Case study: Gorazbon district, Kheiroud forest of Nowshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 647-659 (In Persian).
25. Moridi, M., A. Fallah, M.R. Pourmajidian and K. Sefidi. 2021. Quantitative and qualitative evaluation of deadwood characteristics in the growing-up volume stage. Iranian Forest and Poplar Research, 29(2): 163-153 (In Persian).
26. Motta, R., R. Berretti, E. Lingua and P. Piussi. 2006. Course woody debris, forest structure and regeneration in the Valbona Forest Reserve, Italian Alps. Forest Ecology and Management, 235: 155-163.
27. Müller, S. and N. Bartsch. 2009. Decay dynamic of coarse and fine woody debris of a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest in Central Germany. European Journal of Forest Research, 128: 287-296.
28. Oliver, C.D. and B. Larson. 1996. Forest Stand Dynamics. Wiley, New York, 520 pp.
29. Öder, V., A.M. Petritanb, J. Schellenberga, E. Bergmeiera and H. Walentowskic. 2021. Patterns and drivers of deadwood quantity and variation in mid-latitude deciduous forests. Forest Ecology and Management, 487: 118-977.
30. Rahanjam, S., M.R. Marvie Mohajer, M. Zobeiri and K. Sefidi. 2018. Quantitative and qualitative assessment of deadwood in natural stands of Hyrcanian forests (Case study: Gorazbon district of Kheyrud, Nowshahr). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(4): 656-666 (In Persian).
31. Palik, B., A. D'Amato, J. Franklin and K. Johnson. 2020. Ecological Silviculture: Foundations and Applications. Waveland Press. 343 p.
32. Parhizkar, P., Kh. Sagheb-Talebi, E. Zenner, M. Hassani and M.H. Sadeghzadeh Hallaj. 2021. Gap and stand structural characteristics in a managed and an unmanaged old-growth oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest. Forestry, 94(5): 691-703.

33. Sagheb-Talebi, Kh., P. Parhizkar, M. Hassani, B. Amanzadeh, A. Hemmati, B. Khanjani-Shiraz, M. Amini, Sh. Mohammadnejad Kiasari, S.Z. Mirkazemi, A. Karimidoost, M.K. Maghsoudlou, M. Mortazavi, M. Karandeh, B. Delfan Abazari, D. Moghadasi, D. Dastangoo, V. Mashayekh and A. Sayadi Marzdashti. 2020. Preliminary results of survey on stand structure in permanent research plots of intact beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 28(2): 163-179 (In Persian).
34. Saniga, M. and J. Schutz. 2001. Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. Journal Forest Sciences, 47: 557-565.
35. Sefidi, K. and M.R. Marvie-Mohajer. 2010. Characteristics of coarse woody debris in successional stages of natural beech (*Fagus orientalis*) forests of Northern Iran. Journal of Forest Science, 56: 7-17.
36. Sefidi, K., Z. Pour-Gholi, Kh. Sagheb-Talebi and F. Keivan-Behjo. 2016. Structural Characteristics of Canopy Gaps in the Gap Making Phase in the Evolution of Beech Stands in the Asalem Forests- Guilan. Ecology of Iranian Forests, 4(7): 43-50 (In Persian).
37. Sefidi, K. and M.R. Marvi Mohajer. 2016. Dynamic of coarse woody debris among standdevelopmental stages of mixed beech (*Fagus orientalis*). Forest Research and Development, 2(1): 17-32 (In Persian).
38. 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 (In Persian).
39. Travaglini, D. and G. Chirici. 2006. Deadwood assessment. ForestBIOTA project Forest Biodiversity Test-phase Assessments. Accademia Italiana di Scienze Forestali, 20 p.
40. Von Oheimb, G., C. Westphal, H. Tempel and W. Härdtle. 2005. Structural pattern of a natural beech forest (*Fagus sylvatica*) (Serrahn, North-east Germany). Forest Ecology and Management, 212: 253-263.
41. Zolfaghari, E. 2004. Ecological investigation on dead trees in the Chelir forest. M.Sc. Thesis. University of Tehran, Tehran, 210 pp (In Persian).

Development of the Dead Trees Structural Legacy in the Dynamics Process of Pure Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands (Case study: Gorazbon District of Kheyrud Forest)

Mohsen Javanmiri Pour[1] and Vahid Etemad[2]

1- Graduated Ph.D., Forest Science, Natural Resources and Watershed Management Organization. Kermanshah-Iran, (Corresponding author: mjavanmiri@live.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
Received: 10 January 2022 Accepted: 1 May 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Deadwoods are the structural legacies components of natural stands that play a drastic function in understanding the developmental stages.

Material and Methods: Therefore, the attending study emphasizes quantifying the deadwood statues in determining various dynamic steps in the forests of northern Iran. Compartment 326 was considered the Gorazbon district in the Kheyrud forest for this point. The 25 one-hectare sample plots were selected and their deadwood by the 100% sampling method. Standing deadwood (snag) with a diameter of more than 7.5 cm, which dried as a stem or trunk with a height of more than 1.3 m, was measured. The significance was assessed after the Kolmogorov-Smirnov normalization test through the ANOVA test for traits such as dead trees ' height, standing deadwood size, length of fallen deadwood, their frequency in diameter classes, and appearance.

Results: The mean abundance of beeches deadwood per hectare in the disturbance and legacy creation, pre-forest, canopy closure, mature forest, and old forest developmental stages are 23.2%, 16.85%, 7.6%, 16.6%, and 35.8%, respectively. The highest deadwood volume is related to the disturbance and legacy creation stage, and the least includes the canopy closure (162.75 and 7.45 $m^3. ha^{-1}$, respectively). Furthermore, the maximum mean deadwood volume in decay classifications 1, 2, 3, and 4 includes 69.35 $m^3. ha^{-1}$ for disturbance and legacy creation, 60.08 $m^3. ha^{-1}$ on disturbance and legacy creation, 25 $m^3. ha^{-1}$ on the old-growth, and 17.9 $m^3. ha^{-1}$ for old-growth, respectively. The ANOVA results revealed that the mean differences are significant in factors such as deadwood, their standing type (snag), falling type volume, and their appearance.

Conclusion: The deadwood frequency understanding at each development stage and perspectives provided optimal management of forest ecosystems and appropriate management interventions such as silviculture treatment, forest harvesting, and forest restoration.

Keywords: Deadwood stocks, Developmental stages, Hyrcanian forest, Stand structure, Structural legacy