

انباشت خشکه‌دارهای خرد در فاز کاهش پایه‌ها در مراحل تکاملی توده‌های آمیخته راش

مرتضی مریدی^{*}، مهرداد ملکشاهی^۱، وحید اعتماد^۲ و کیومرث سفیدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- استادیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- استادیار، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱۸

چکیده

خشکه‌دار خرد یک جزء جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم‌های جنگل است و کمی کردن اندازه آن نقش مهمی در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی خواهد داشت. فاز کاهش پایه‌ها یکی از مهم‌ترین فازهای تحولی در روند تکامل توده‌ها است. این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی خشکه‌دارهای خرد در فاز کاهش پایه‌ها در پارسل ۳۱۹ بخش گرازین از جنگل‌های کمتر دست‌خورده خیرود نوشهر انجام شد. به این منظور سه قطعه‌نمونه یک هکتاری در این فاز انتخاب و تمامی خشکه‌دارهای بزرگ‌تر از ده سانتی‌متر به روش آماربرداری صد درصد اندازه‌گیری شد. در قطعات نمونه یک هکتاری پنج قطعه‌نمونه چهار مترمربعی انتخاب و سپس مشخصات تمامی خشکه‌دارهای کمتر از ۱۰ سانتی‌متر شامل قطر، ارتفاع یا طول، نوع گونه و مشخصات کیفی شامل شکل و درجه پوسیدگی ثبت شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده گونه راش بیشترین فراوانی (۵۴ درصد) را در بین خشکه‌دارها داشت و بعد از آن مرمرز و دیگر گونه‌ها به ترتیب ۴۲ و چهار درصد از فراوانی خشکه‌دارها را به خود اختصاص دادند. کلاسه قطری ۵-۱ سانتی‌متری و ۱۰-۵ سانتی‌متری به ترتیب ۶۲/۵ درصد و ۳۷/۵ درصد از فراوانی خشکه‌دارها را در برداشتند. حجم متوسط خشکه‌دارهای خرد در مجموع سه قطعه‌نمونه، ۴۵/۹ و به‌طور متوسط ۱۵/۳ مترمکعب در هکتار به دست آمد که ۴۲/۴ درصد از انباشت کل خشکه‌دارها (مجموع خشکه‌دار درشت و خرد) را در این فاز شامل شد. در این فاز هیچ خشکه‌داری با درجه پوسیدگی چهار مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: تکامل توده، خشکه‌دار خرد، راش، فاز کاهش پایه‌ها.

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 (Christensen, 1977).

خشکه‌دارهای خرد قطرشان کمتر از ده سانتی‌متر است (Woodall and Liknes, 2008). خشکه‌دارهای خرد از شاخه‌های خشک پیوسته یا جدا از پایه‌ها، ریشه‌های چوبی و پایه‌های چوبی کوچک تشکیل شده‌اند و کربن و مواد غذایی را ذخیره می‌کنند (Wei et al., 1997). همچنین یک منبع غذایی و زیستگاه را برای مهره‌داران، بی‌مهرگان و قارچ‌ها فراهم می‌کنند (Norde'n et al., 2004) و منبع مواد آلی خاک در اکوسیستم‌های جنگلی هستند (Chen et al., 2001). خشکه‌دار خرد همچنین بستری برای بسیاری از نهبازان است (Kruys and Jonsson, 1999). این مواد یک ماده قابل اشتعال برای آتش‌سوزی جنگل می‌باشند به طوری که احتمال آتش‌سوزی خشکه‌دارهای خرد نسبت به خشکه‌دارهای درشت به مراتب بیش‌تر است، همچنین مقدار خشکه‌دار خرد در یک جنگل به شدت توسط عواملی مانند باران، برف، حشرات، باد، بهره‌برداری و آتش‌سوزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Fasth et al., 2011). در کل تجزیه خشکه‌دار خرد سریع‌تر از تجزیه خشکه‌دار درشت است (Harmon et al., 1995) هرچند در رویشگاه‌های گرم و خشک ممکن است این امر درست نباشد (Erickson et al., 1985). نرخ پوسیدگی برآورد شده خشکه‌دار خرد دامنه‌ای از ۰/۵ تا ۹۹ درصد در سال دارد (Erickson et al., 1985) ظاهراً دامنه‌ای وسیع‌تر از لایه‌ی لاشبرگ برای آن مشاهده شده است. عامل‌هایی که علت این دامنه وسیع را توجیه می‌کنند شامل گونه، اندازه، موقعیت نسبی خشکه‌دار نسبت به سطح خاک و اقلیم می‌شوند.

جنگل‌های شمال ایران از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های کشور و منبع تولید چوب محسوب می‌شوند. این جنگل‌ها با داشتن حدود ۸۰ گونه درختی و ۵۰ گونه درختچه‌ای جزو جنگل‌های غنی دنیا بوده و شباهت‌های زیادی با جنگل‌های پهن‌برگ آمیخته اروپای مرکزی دارد؛ ولی از نظر تعداد و تنوع گونه‌ای بسیار غنی‌تر است (Marvie-Mohadjer, 2013). بنابراین، به دلیل اهمیت این جنگل‌ها و به‌منظور مدیریت صحیح آن نیاز است که اطلاعات کافی در رابطه با مشخصه‌های ساختاری این جنگل‌ها جمع‌آوری و در اختیار مدیران جنگل قرار گیرد. یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ساختاری در توده‌های طبیعی خشکه‌دارها می‌باشند که آگاهی از ویژگی‌های خشکه‌دارها ما را در شناخت هرچه بهتر ساختار مراحل و فازهای تکاملی یاری می‌کند.

نگهداری خشکه‌دار به سبب اهمیت آن در مدیریت پایدار جنگل به‌طور گسترده‌ای تصدیق شده است. خشکه‌دار یک عنصر ساختاری کلیدی است که در بسیاری از خدمات جنگل مانند ترسیب کربن، بازچرخ عناصر غذایی و تأمین زیستگاه شرکت می‌کند (Harmon et al., 1986). خشکه‌دار بر روی شیمی خاک و فرآیندهایی مانند چرخه عناصر غذایی، جوانه‌زنی و زنده‌مانی نهال تأثیر می‌گذارد. همچنین خشکه‌دار ارتباط نزدیکی با تاریخچه زندگی فون و فلور جنگل مانند قارچ‌ها، خزها، بی‌مهرگان و پرندگان دارد.

خشکه‌دارها، به دو گروه خشکه‌دار خرد (Fine Woody Debris) و خشکه‌دار درشت (Coarse Woody Debris) تقسیم می‌شوند (Lipan et al., 2008). به‌طور کلی مقدار و حجم خشکه‌دار به وجود آمده در جنگل‌های طبیعی به نوع جنگل، مقدار تولید،

محدودیت‌های ایجاد شده خواهند مرد. توده در این فاز تکاملی اغلب یک آشکوبه و شبیه به جنگل همسال است (Moridi *et al.*, 2015).

باوجود اهمیت زیادی که خشکه‌دار خرد در عملکرد اکوسیستم‌های جنگل دارد بررسی‌های به نسبت کمی روی پویایی آن انجام شده است. خشکه‌دار خرد یک جز جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم‌های جنگلی است و کمی کردن آن به‌منظور آگاهی از تصمیمات مدیریتی بسیار با اهمیت است. تا زمان این بررسی، در نشریات داخل کشور در ارتباط با خصوصیات کمی و کیفی خشکه‌دارهای خرد در جنگل‌های هیرکانی پژوهش کمی صورت گرفته است (Sefidi *et al.*, 2014). پژوهش حاضر با توجه به اهمیت بررسی خشکه‌دار خرد در جنگل به‌ویژه در جنگل‌های راش هیرکانی و با هدف برآورد کمی و کیفی مقدار خشکه‌دار خرد در ساختار این توده‌ها در فاز کاهش پایه‌ها انجام گرفت.

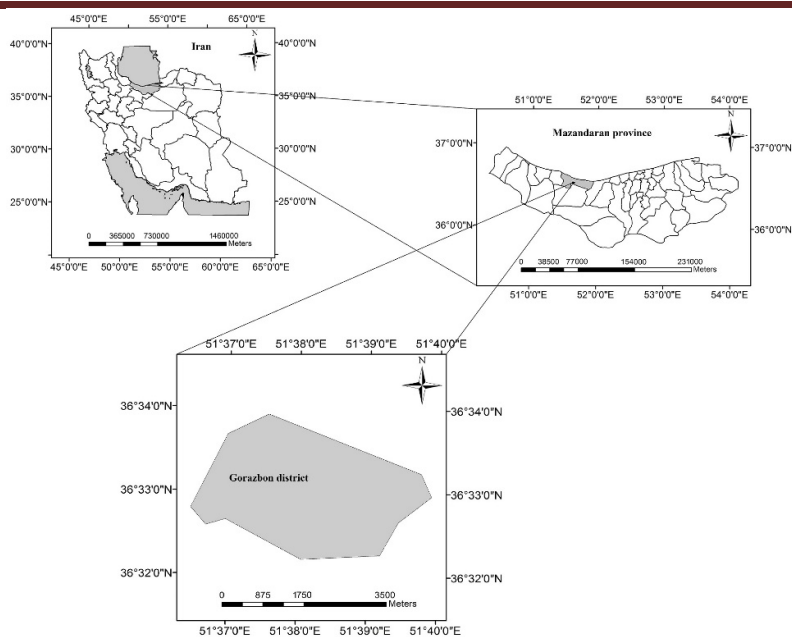
مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

رویشگاه‌های مورد بررسی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود واقع در هفت کیلومتری شرق نوشهر و در غرب استان مازندران بین $36^{\circ} 27'$ و $36^{\circ} 40'$ عرض شمالی و بین $51^{\circ} 32'$ و $51^{\circ} 43'$ طول شرقی واقع شده‌اند. این جنگل از شمال به نوار ساحلی و روستای خیرودکنار و از جنوب به ییلاقات و روستای کلیک محدود می‌شود. مساحت کل منطقه حدود ۸۰۰۰ هکتار است. رویشگاه‌های مورد بررسی با توجه به سابقه مدیریتی و عدم انجام نشانه‌گذاری و بهره‌برداری صنعتی، تشابه تیپ و شرایط رویشگاهی (Anonymous, 2003) در پارسل ۳۱۹ از بخش گرازین (شکل ۱) انتخاب شدند.

بر اساس اندازه‌گیری‌هایی که Laiho and Prescott (1999) در ارتباط با تجمع مواد آلی در جنگل انجام دادند خشکه‌دارهای خرد در ۲۷ تا ۴۴ درصد از تجمع مواد آلی در کف جنگل شرکت می‌کنند. Harmon و همکاران (2004) نشان دادند که خشکه‌دارهای خرد از همه شکل‌ها از شاخه‌های خشک (مرده) تا ریشه‌ها، ۴/۱ درصد از کل ذخیره کربن را در یک جنگل کهن‌رست تشکیل می‌دهند. همچنین بر اساس مطالعات صورت گرفته در جنگل‌های اروپا کاهش مقدار خشکه‌دارهای خرد، یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش تنوع زیستی گزارش شده است (Assmann *et al.*, 2007).

Norde'n و همکاران (2004) در جنگل‌های بلوط در جنوب سوئد به این نتیجه دست یافتند که ۷۵ درصد از آسکومیسیت‌ها منحصراً روی خشکه‌دار خرد زندگی می‌کنند. باوجود اینکه خشکه‌دار خرد ممکن است به غنای نهانزادان آوندی چوب زی، تنوع حشرات ساپروکسیلیک (حشراتی که بر روی چوب درختان مرده یا درختان در حال خشک شدن فعالیت دارند)، یا زنده‌مانی نهال‌ها کمک کند، در مقایسه با خشکه‌دارهای درشت، احتمالاً به دلیل تجزیه سریع آن، از ارزش اکولوژیکی کمتری برخوردار است. مرحله انتهایی توالی توده‌های آمیخته راش، فاز کاهش پایه‌هاست که با انباشت حجم توده همراه است. از ویژگی‌های بارز این مرحله تکاملی، خودتنکی، به دلیل رقابت شدید بین گونه‌ای (Oliver and Larson, 1996)، است که منجر به پیدایش تعداد زیادی خشکه‌دار در طبقات کم قطر می‌شود که با توجه به قطر کم‌شان، به سرعت پوسیده شده و از ساختار توده حذف می‌شوند و حجم زیادی ندارند. در طول این فاز تکاملی، درختان در حال رقابت شدیدی با هم هستند، در نتیجه درختان به تدریج رشدشان کم شده و در اثر



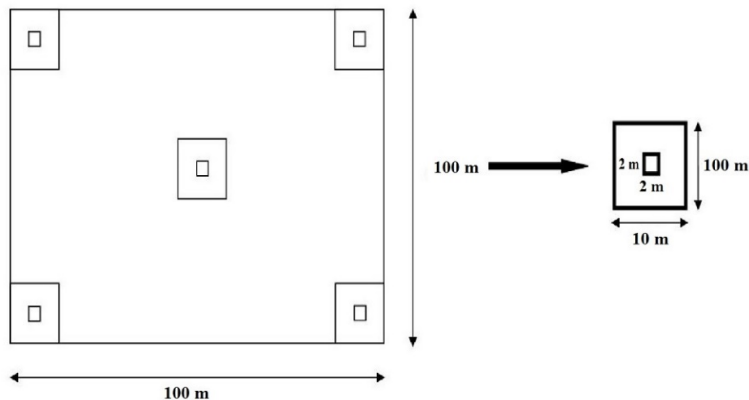
شکل ۱- منطقه مورد بررسی واقع در جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود نوشهر

Figure 1. Study area within Kheyroud research forest, Nowshahr

در قطعات انتخابی تا زمان این پژوهش عملیات نشانه‌گذاری و برداشت درختان صورت نگرفته و ساختار جنگل بدون دخالت‌های مدیریتی شکل گرفته است. سپس به منظور اندازه‌گیری خشکه‌دارهای خرد، پنج قطعه نمونه چهار مترمربعی در مرکز و چهار گوشه قطعات نمونه یک هکتاری به شکل زیر انتخاب شد (Sefidi et al., 2014) (شکل ۲).

روش پژوهش

به منظور بررسی اندازه و کیفیت خشکه‌دارهای خرد در فاز کاهش پایه‌ها در روند تکامل توده‌های راش، با انجام جنگل گردشی‌های متعدد، سه قطعه نمونه یک هکتاری در توده‌های کمتر دست‌خورده راش- ممرزستان خیرود نوشهر در پارسل ۳۱۹ بخش گرازبن، به شکل مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ متر) که دارای ویژگی‌های ساختاری فاز کاهش پایه‌ها بودند، انتخاب شد. لازم به ذکر است که



شکل ۲- موقعیت قطعات نمونه چهار مترمربعی در قطعه نمونه‌های یک هکتاری

Figure 2. The location of quadrat sample plots within one hectare sample plots

پوست درخت یا شاخه به‌طور کامل پوسیده شده است و به‌آسانی با ضربه به حالت پودری در می‌آید و پوسیدگی درجه چهار، درون‌چوب و پوست به‌کلی پوسیده شده و در برخی موارد درخت یا شاخه به‌کلی به خاک تبدیل شده و پوشش علفی به‌طور کامل مستقر شده است (Sefidi and Marvie-Mohadjer, 2010).

تجزیه و تحلیل و آنالیز آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف بین حجم خشکه‌دارها و نیز تغییرات اندازه، درجه پوسیدگی و نوع خشکه‌دار در قطعات نمونه یک هکتاری مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه داده‌ها و برای مقایسه بین گروه‌های مختلف از آزمون توکی در محیط نرم‌افزاری SPSS استفاده شد. پیش از آن آزمون کولموگراف - اسمیرنوف برای آزمون نرمال بودن داده‌ها به‌کار گرفته شد.

نتایج

مقدار متوسط برخی از مشخصه‌های کمی قطعات نمونه مورد بررسی در فاز کاهش پایه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در کل در بین خشکه‌دارهای خرد، گونه راش بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد (۵۴ درصد) و بعد از آن، ممرز و دیگر گونه‌ها به ترتیب ۴۲ و چهار درصد از فراوانی خشکه‌دارها را به خود اختصاص دادند. کلاسه قطری ۱-۵ سانتی‌متری و ۵-۱۰ سانتی‌متری به ترتیب ۶۲/۵ درصد و ۳۷/۵ درصد از فراوانی خشکه‌دارها به خود اختصاص دادند. همچنین بر اساس نتایج این پژوهش ۱۲/۵ درصد از خشکه‌دارها، به شکل خشکه‌دار سرپا و ۸۷/۵ درصد دیگر به‌صورت خشکه‌دار افتاده بودند.

در قطعات نمونه یک هکتاری تمامی خشکه‌دارهای بزرگ‌تر از ده سانتی‌متر به روش آماربرداری صد در صد اندازه‌گیری شدند. همچنین در قطعات نمونه چهار مترمربعی تمامی خشکه‌دارهای خرد، با قطر برابر سینه کمتر از ده سانتی‌متر در خشکه‌دارهای سرپا و قطر ابتدایی کمتر از ده سانتی‌متر در خشکه‌دارهای افتاده اندازه‌گیری شدند. خشکه‌دارهای خرد، به دو کلاسه قطری ۱-۵ سانتی‌متری و ۵-۱۰ سانتی‌متری طبقه‌بندی شدند. به‌منظور بررسی مقدار انباشت خشکه‌دار خرد در این فاز، حجم تمامی خشکه‌دارهای درشت موجود در قطعات نمونه یک هکتاری به‌صورت صد در صد اندازه‌گیری شد. برای برآورد حجم خشکه‌دارهای سرپا، قطر برابر سینه در ارتفاع ۱/۳ متری از سطح زمین و در خشکه‌دارهای افتاده، سه قطر ابتدایی، میانی و انتهایی با خط‌کش دو بازو تا دقت میلی‌متر و ارتفاع یا طول برای برآورد حجم اندازه‌گیری شد. به‌منظور برآورد حجم خشکه‌دارهای افتاده از رابطه ۱ استفاده شد که در آن V ، حجم خشکه‌دار به مترمکعب، L طول خشکه‌دار به متر، A_t ، A_m و A_b به ترتیب مساحت‌های سطح مقطع در انتها، میانه و ابتدای تنه افتاده به مترمربع است (Harmon and Sexton, 1996):

$$V = \frac{L(A_b + 4A_m + A_t)}{6} \quad \text{رابطه (۱)}$$

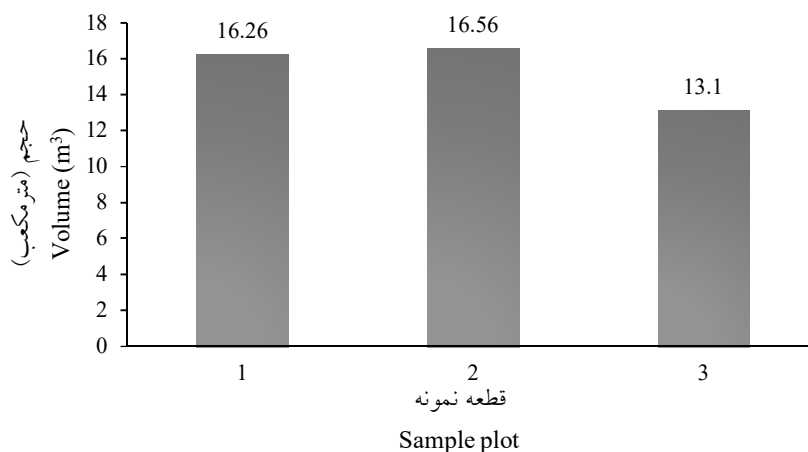
ابتدا نوع گونه خشکه‌دار مشخص شد و برحسب مقدار پوسیدگی در یکی از کلاسه‌های پوسیدگی خشکه‌دارها، بدین گونه طبقه‌بندی شد که پوسیدگی درجه‌یک، درخت یا شاخه تازه افتاده، پوست و چوب درخت قابل تشخیص است و گاهی اوقات جوانه رشد یک سال اخیر روی آن دیده می‌شود، پوسیدگی درجه‌دو، پوسیدگی درون‌چوب آشکار است و در بیشتر موارد پوست درخت دیده شده و جوانه‌ها دیده نمی‌شوند، در پوسیدگی درجه سه، درون‌چوب و

جدول ۱- مشخصات کمی قطعات نمونه یک هکتاری در فاز کاهش پایه‌ها

Table 1. Quantitative characteristics of one hectare sample plots in the stem exclusion phase				
حجم در هکتار خشکه‌دار درشت (مترمکعب) Volume per hectare of CWD (m3)	حجم در هکتار درختان سرپا (مترمکعب) Volume per hectare of live trees (m3)	تعداد در هکتار خشکه‌دار درشت (اصله) Number per hectare of CWD (stem)	تعداد در هکتار درختان سرپا (اصله) Number per hectare of live trees (stem)	قطعه‌نمونه Sample plot
26.5	605.2	58	406	یک One
26.6	485.3	77	421	دو Two
9.2	530.98	34	410	سه Three

اختصاص دادند. بیشترین حجم متوسط در هکتار خشکه‌دار خرد، مربوط به قطعه‌نمونه شماره دو با حجمی معادل ۱۶/۶ مترمکعب است و کمترین مقدار آن متعلق به قطعه‌نمونه سه با حجم ۱۳/۱ مترمکعب است. همچنین حجم در هکتار خشکه‌دارها در قطعه‌نمونه یک، به‌طور متوسط ۱۶/۲ مترمکعب در هکتار به دست آمد (شکل ۳).

حجم متوسط خشکه‌دارهای درشت و خرد در مجموع سه قطعه‌نمونه، به ترتیب ۶۲/۳ و ۴۵/۹ مترمکعب و به‌طور متوسط ۳۶/۱ مترمکعب در هکتار در این جنگل‌ها به‌دست آمد. حجم خشکه‌دار درشت در مجموع سه قطعه‌نمونه، ۶۴/۲ مترمکعب و به‌طور متوسط ۲۱/۴ مترمکعب اندازه‌گیری شد. خشکه‌دارهای خرد مقدار ۴۲/۴ درصد از انباشت خشکه‌دارها (مجموع خشکه‌دار خرد و درشت) را در این فاز به خود



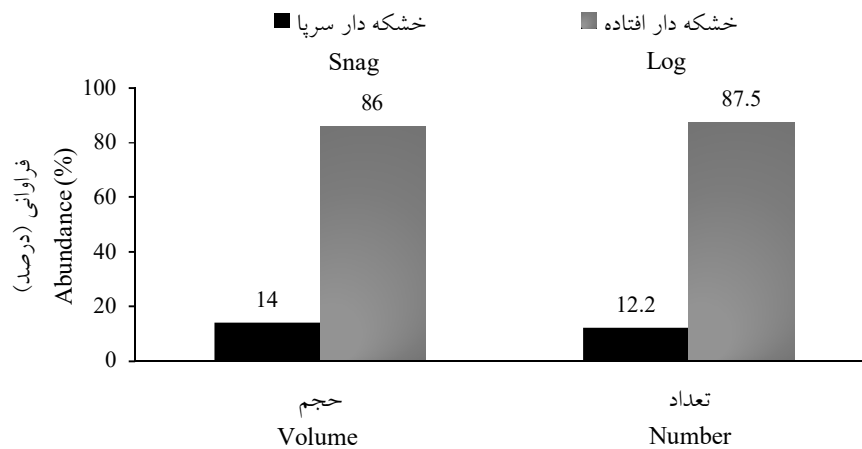
شکل ۳- متوسط حجم در هکتار خشکه‌دار خرد در قطعات نمونه یک هکتاری در فاز کاهش پایه‌ها

Figure 3. Mean of FWD volumes per hectare in the 1 hectare sample plots within stem exclusion phase

راش، ممرز و دیگر گونه‌ها، به ترتیب ۶۲، ۳۵/۵ و ۲/۵ درصد از حجم کل خشکه‌دارهای خرد (سرپا و افتاده) را در توده‌های مورد بررسی به خود اختصاص دادند. کلاس‌ه قطری ۵-۱ سانتی‌متری و ۱۰-۵

سانتی‌متری به ترتیب ۳۶/۴ درصد و ۶۳/۶ درصد از حجم کل خشکه‌دارها به خود اختصاص دادند. در مجموع از کل خشکه‌دارهای خرد مشاهده شده ۳۳/۳ درصد مربوط به درجه پوسیدگی یک، ۵۰ درصد مربوط به درجه پوسیدگی دو و ۱۶/۷ درصد متعلق به

درجه پوسیدگی سه بود. علاوه بر این در قطعات نمونه هیچ‌گونه خشکه‌داری با درجه پوسیدگی چهار مشاهده نشد. از نظر حجمی خشکه‌دارهای سرپا و افتاده به ترتیب، ۱۴ و ۸۶ درصد از حجم کل خشکه‌دارها را تشکیل دادند (شکل ۴).



شکل ۴- فراوانی تعداد و حجم در هکتار خشکه‌دار خرد در قطعات نمونه یک هکتاری در فاز کاهش پایه‌ها

Figure 4. Abundance percent of number and FWD volumes per hectare in the 1 hectare sample plots within stem exclusion phase

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین تعداد خشکه-دارهای خرد را بین گونه‌های درختی، درجه پوسیدگی و نوع خشکه‌دار در فاز کاهش پایه‌ها نشان می‌دهد. مقایسه میانگین تعداد خشکه‌دارها بین گونه‌های درختی مختلف (F = ۳/۳۴، P = ۰/۰۴۲) و درجات پوسیدگی مختلف (F = ۵/۶۸، P = ۰/۰۰۲) نشان داد که خشکه‌دارها به شکل معنی‌داری اختلاف داشتند، درحالی‌که میانگین تعداد خشکه‌دارها در نوع خشکه‌دار اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (F = ۲/۲۷، P = ۰/۰۶۴).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تعداد خشکه‌دار خرد در گونه، شکل و درجه پوسیدگی خشکه‌دارها در فاز کاهش پایه‌ها

Table 2. Results of one-way ANOVA and mean comparison of FWD number regarding species, shape and decomposition rate in the stem exclusion phase

P	F	درجه آزادی df	مشخصه خشکه‌دار Deadwood characteristics
0.042*	3.32	2	گونه درختی Tree species
0.064	2.27	3	نوع خشکه‌دار Type of deadwood
0.002*	5.68	3	درجه پوسیدگی Decomposition rate

بحث

خشکه‌دارها نقش بسزایی در روند پویایی و سیر تکاملی اکوسیستم‌های جنگلی دارند. شناخت و بررسی پویایی مراحل توالی توده‌ها، پایه و اساس دانش جنگل‌شناسی همگام با طبیعت است. به‌منظور درک صحیح از تغییرات آتی توده‌های جنگلی و اتخاذ برنامه جنگل‌شناسی مناسب، شناخت پویایی جوامع جنگلی دارای نقش کلیدی است. با توجه به اهمیت خشکه‌دارها و نقش بسزای آنها در اکوسیستم جنگل، در این بررسی سعی شد تا خصوصیات کمی و کیفی خشکه‌دارهای خرد در فاز کاهش پایه‌ها در روند تکامل توده مورد تحقیق قرار گیرد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر گونه راش بیشترین فراوانی را در بین کل خشکه‌دارهای خرد، به خود اختصاص داد که این موضوع می‌تواند ناشی از حضور فراوان نهال‌های این گونه در توده‌های مورد بررسی و در نتیجه رقابت شدید میان نهال‌ها باشد که سبب خشکیدن تعداد زیادی از نهال‌ها در این فاز از روند توالی می‌شود. همچنین مقایسه میانگین تعداد خشکه‌دارها بین گونه‌های درختی نیز اختلاف معنی‌دار را نشان داد. Sefidi و همکاران (2013) در بررسی خشکه‌دارهای خرد و درشت در جنگل‌های راش شرقی در جنگل خیرود نتایج مشابهی را گزارش کردند و گونه راش را به‌عنوان گونه غالب در میان خشکه‌دارهای خرد معرفی کردند. در حقیقت پراکنش بذر در گونه‌هایی با بذر سنگین و تأثیرپذیر از نیروی جاذبه زمین مثل راش، موجب پراکنش لکه‌ای نهال‌های این گونه و در نتیجه حضور فراوان این گونه در بین خشکه‌دارهای خرد شده است. فراوانی بیشتر کلاسه قطری ۵-۱ سانتی‌متری نسبت به کلاسه دیگر می‌تواند به دلیل رقابت شدید فضایی و همچنین هرس طبیعی شاخه‌های درختان باشد. همچنین بر اساس نتایج این پژوهش ۱۲/۵ درصد از خشکه‌دارها، به شکل خشکه‌دار سرپا و ۸۷/۵ درصد

دیگر به‌صورت خشکه‌دار افتاده بودند. در نتایج پژوهش Sefidi و همکاران (2013) در جنگل خیرود فراوانی خشکه‌دارهای سرپا و افتاده (مجموع خشکه‌دارهای خرد و درشت) به ترتیب، ۳۳ و ۶۷ درصد به دست آمد که با نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی متفاوت است که علت آن می‌تواند به دلیل تفاوت در مرحله‌ی تکاملی و در نتیجه ساختار توده‌ها و نیز اختلاف موجود در ترکیب گونه‌ها میان این دو تحقیق باشد.

مقدار ۴۲/۴ درصد از انباشت خشکه‌دارها (مجموع خشکه‌دار خرد و درشت) را در این فاز، خشکه‌دارهای خرد به خود اختصاص دادند که تقریباً نزدیک به نتایج به‌دست‌آمده در جنگل‌های پهن‌برگ معتدله طبیعی سوئد است (Norde'n et al., 2004). Sefidi و همکاران (2014) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده و بیان کردند که ۴۰ درصد از حجم کلی خشکه‌دارها به خشکه‌دارهای خرد اختصاص داشت. سهم قابل توجه خشکه‌دارهای خرد در نسبت کلی خشکه‌دارها، بیانگر اهمیت این مواد در پویایی اکوسیستم‌های جنگلی و چرخه عناصر غذایی است. بیشترین حجم خشکه‌دار به گونه راش اختصاص یافت که این می‌تواند به دلیل فراوانی بیشتر این گونه نسبت به دیگر گونه‌ها و همچنین می‌تواند ناشی از تفاوت ابعاد خشکه‌دارها در بین گونه‌های مختلف خشکه‌دار است. کلاسه قطری ۱۰-۵ سانتی‌متری با وجود داشتن فراوانی کمتر نسبت به کلاسه‌ی ۵-۱ سانتی‌متری، درصد بیشتری از حجم خشکه‌دارهای خرد را به خود اختصاص داد که این می‌تواند به دلیل ابعاد بزرگ‌تر خشکه‌دارها در این کلاسه باشد. در بین خشکه‌دارهای مشاهده شده ۸۳/۳ درصد از خشکه‌دارها مربوط به درجه پوسیدگی یک و دو بودند و ۱۶/۷ درصد از خشکه‌دارها متعلق به درجه پوسیدگی سه و نیز هیچ خشکه‌داری با درجه پوسیدگی چهار در بین خشکه‌دارها مشاهده نشد، اختصاص یافتن درصد کمی

نرخ پوسیدگی خشکه‌دارهای خرد تأثیرگذار است به طوری که با افزایش سطح خشکه‌دار نرخ پوسیدگی خشکه‌دار کاهش می‌یابد.

در حال حاضر، این که به منظور حفظ تنوع زیستی و حفظ سلامت اکوسیستم‌های جنگلی باید مقداری خشکه‌دار در جنگل وجود داشته باشد، به طور گسترده-ای پذیرفته شده است. با توجه به اهمیت خشکه‌دارهای خرد و نقش مؤثر آنها در جنگل به خصوص در غنای فون و فلور توده‌های جنگلی، آگاهی از کمیت و کیفیت این مواد می‌تواند کمک ارزنده‌ای به مدیران جنگل به-منظور حفظ هرچه بهتر توده‌های جنگلی و بهبود آنها نماید. در توده‌های بکر و کمتر دست‌خورده مقدار قابل توجهی خشکه‌دار خرد وجود دارد. با توجه به این که تقریباً ۴۲ درصد از حجم کل خشکه‌دارها در این فاز به خشکه‌دار خرد اختصاص یافت، اهمیت این مواد در جنگل به خوبی روشن شد. با این حال، ما هنوز قادر به ارائه دستورالعمل کمی برای نوع و مقدار خشکه‌دار خرد برای حفظ سطح خاصی از بهره‌وری و دیگر فرآیندهای مورد نیاز اکوسیستم جنگل نیستیم و پژوهش‌های بیشتر در این زمینه ضروری است.

از خشکه‌دارها به درجه پوسیدگی سه و عدم مشاهده خشکه‌دار با پوسیدگی درجه چهار بیانگر این موضوع است که در روند تکامل توده، خشکه‌دارهای خرد به دلیل قطر کمی که دارند به سرعت پوسیده شده و با شتاب بیشتری از توده حذف می‌شوند و به مراحل پیشرفته‌تر پوسیدگی نمی‌رسند. همچنین با توجه به پژوهش‌های Mattson و همکاران (1987) نرخ تجزیه خشکه‌دارهای خرد دو برابر سریع‌تر از خشکه‌دارهای درشت است و در نتیجه سریع‌تر از توده حذف می‌شوند. علاوه بر این دو عامل دما و رطوبت به عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در نرخ پوسیدگی خشکه‌دارها می‌باشند (Moridi et al., 2015b). Vavrova و همکاران (2009) بیان داشتند که نرخ پوسیدگی در رویشگاه‌های مرطوب با درجه حرارت پایین به طور قابل توجهی می‌تواند بیشتر از رویشگاه‌هایی باشد که گرم‌ترند، در صورتی که Erickson و همکاران (1985) نشان دادند که رطوبت در رویشگاه‌های خشک‌تر در بعضی از جنگل‌ها صرف‌نظر از درجه حرارت می‌تواند عامل محدودکننده باشد. همچنین بر اساس پژوهش Swift و همکاران (1976) مشخص شد که طول خشکه‌دار نیز بر روی

References

- Anonymous, 2003. Forest management plan of Kheyroud forest, district three (Gorazbon), University of Tehran, 375 p. (In Persian)
- Assmann, T., C. Drees, E. Schroder & A. Symank, 2007. Mythos Artenarmut-Biodiversität von Buchenwaldern, *Natur und Landschaft*, 82(9/10): 401–406.
- Chen, H., M.E. Harmon & R.P. Griffiths, 2001. Decomposition and nitrogen release from woody roots in coniferous forests of the Pacific Northwest: A chronosequence approach, *Canadian Journal of Forest Research*, 31(2): 246–260.
- Christensen, O., 1977. Estimation of standing crop and turnover of dead wood in a Danish oak forest, *Oikos*, 28(2/3): 177–186.
- Erickson, H.E., R.L. Edmonds & C.E. Peterson, 1985. Decomposition of logging residue in Douglas-fir, western hemlock, Pacific silver fir, and ponderosa pine ecosystems, *Canadian Journal of Forest Research*, 15(5): 914–921.
- Fasth, B.G., M.E. Harmon, J. Sexton & P. White, 2011. Decomposition of fine woody debris in a deciduous forest in North Carolina, *Journal of the Torrey Botanical Society*, 138(2): 192–206.
- Kruys, N. & B.G. Jonsson, 1999. Fine woody debris is important for species richness on logs in - managed boreal spruce forests of northern Sweden, *Canadian Journal of Forest Research*, 29(8): 1295–1299.
- Laiho, R. & C.E. Prescott, 1999. The contribution of coarse woody debris to

- carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests, *Canadian Journal of Forest Research*, 29(10): 1592–1603.
- Lipan, Y., L. Wenyao & M. Wenzhang, 2008. Woody debris stocks in different secondary and primary forests in the subtropical Ailao Mountains, southwest China, *Ecological Research*, 23(5): 805–812.
 - Harmon, M.E., K. Bible, M.G. Ryan, D.C. Shaw, H. Chen, J. Klopatek & X. Li, 2004. Production, respiration, and overall carbon balance in an old-growth *Pseudotsuga Tsuga* forest ecosystem, *Ecosystems*, 7(5): 498–512.
 - Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Swanson, P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Anderson, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, K. Cromack & K.W. Cummins, 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, *Advances in Ecological Research*, 15(133): 302 p.
 - Harmon, M.E. & J. Sexton, 1996. Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems, University of Washington, College of Forest Resources, Seattle, Washington, 73 p.
 - Harmon, M.E., D.F. Whigham, J. Sexton & I. Olmsted, 1995. Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forests of the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico, *Biotropica*, 27: 305–316.
 - Marvie-Mohadjer, M.R., 2013. Silviculture. University of Tehran Press, Karaj, 387 p. (In Persian)
 - Mattson, K.G., W.T. Swank & J.B. Waide, 1987. Decomposition of woody debris in a regenerating, clear-cut forest in the Southern Appalachian, *Canadian Journal of Forest Research*, 17(7): 712–721.
 - Moridi, M., K. Sefidi & V. Etemad, 2015_a. Stand characteristics of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in the stem exclusion phase, northern Iran, *European Journal of Forest Research*, 134 (4): 693–703.
 - Moridi, M., V. Etemad, K. Sefidi, M. Namiranian & S.M.M. Sadeghi, 2015_b. Mortality of trees in the stem exclusion phase over the beech stand development. *Journal of forest and wood product*, 68(4): 931–943. (In Persian)
 - Norde'n, B., M. Ryberg, F. Götmark & B. Olausson, 2004. Relative importance of coarse and fine woody debris of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests, *Biological Conservation*, 117(1): 1–10.
 - Oliver, C.D. & B.C. Larson, 1996. Forest Stand Dynamics. John Wiley, New York, 520 p.
 - Sefidi, K. & M.R. Marvie-Mohadjer, 2010. Characteristics of coarse woody debris in successional stages of natural beech (*Fagus orientalis*) forests of Northern Iran, *Journal of Forest Science*, 56(1): 7–17.
 - Sefidi, K., M.R. Mohadjer, R. Mosandl & C.A. Copenheaver, 2013. Coarse and Fine Woody Debris in Mature Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests of Northern Iran, *Natural Areas Journal*, 33(3): 248–255.
 - Sefidi, K., M.R. Marvie-Mohadjer & V. Etemad, 2014. Coarse and fine woody debris accumulation in mixed beech stands, Case study Gorazbon forests, *Journal of Forest Sustainable Development*, 1(2):137–149. (In Persian)
 - Swift, M.J., I.N. Healey, J.K. Hibberd, J.M. Sykes, V. Bampoe & M.E. Nesbitt, 1976. The decomposition of branch-wood in the canopy and floor of a mixed deciduous woodland, *Oecologia*, 26(2): 139–149.
 - Vavrova, P., T. Penttila & R. Laiho, 2009. Decomposition of Scots pine fine woody debris in boreal conditions: Implications for estimating carbon pools and fluxes, *Forest Ecology and Management*, 257(2): 401–412.
 - Wei, X., J.P. Kimmins, K. Peel & O. Steen, 1997. Mass and nutrients in woody debris in harvested and wildfire-killed lodge pole pine forests in central interior of British Columbia, *Canadian Journal of Forest Research*, 27(2): 148–155.
 - Woodall, C.W. & G.C. Liknes, 2008. Relationships between forest fine and coarse woody debris carbon stocks across latitudinal gradients in the United States as an indicator of climate change effects, *Ecological Indicators*, 8(5): 686–690.

Accumulation of fine woody debris in the stem exclusion phase in mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands

M. Moridi^{1*}, M. Malakshahi¹, V. Etemad² and K. Sefidi³

1- M.Sc. student of forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

2- Assistance professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

3- Assistance professor, Faculty of Agriculture Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh-e-Ardabili, Ardabil, I. R. Iran.

Received: 09.09.2015

Accepted: 08.01.2016

Abstract

Fine woody debris (FWD) is a characteristic feature of forest ecosystems. The quantification of FWD amount in forest stands is necessary in forest management. Stem exclusion is one of the most important phases in stand development. This research was carried out in a relatively undisturbed stands in No. 319 compartment, Gorazbon district of Kheyroud Forest in the Hyrcanian forests of northern Iran to investigate the quantitative and qualitative characteristics of FWD in stem exclusion phase. Three one hectare study sites were selected in the phase and all coarse woody debris (>10 cm diameter) properties were recorded. In every sites five quadrates laid out to measure the fine woody debris. Length, diameter, shape and decay class of all woody debris with diameter smaller than 10 cm were recorded. Results showed that beech was the most frequent (54%) constituent in the stand dead wood pool. Hornbeam and other accompanying species encompass 42 and 4 percent of dead wood frequency, respectively. Moreover, the majority of the measured FWD was in 1-5 cm and 5-10 cm diameter classes with 62.5% and 37.5% respectively. The mean and accumulative of dead volume in the study sites was 15.3 and 45.9 m³ ha⁻¹ respectively. In this phase no FWD in the advance decaying class was recorded.

Keywords: Stand development, Fine woody debris, Beech, Stem exclusion phase.

* Corresponding author:

Email: morteza.moridi@alumni.ut.ac.ir

