فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۴، صفحه ۶۳۵-۶۲۴، (۱۳۹۳)

پویایی پوسیدگی خشکه‌دارهای راش و ممرز در یک جنگل آمیخته راش

فاطمه علیدادی[۱]، محمدرضا مروی‌مهاجر[۲]، وحید اعتماد[۳]و کیومرث سفیدی[۴*]

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

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴*- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

پست الکترونیک: kiomarssefidi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۵/۰۴

چکیده

در دهه‌های اخیر پویایی خشکه‌دارها و زمان پوسیدگی کامل درختان جنگلی باتوجه به نقش آنها در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی و پدیده ترسیب کربن، مورد توجه اکولوژیست‌ها و جنگل‌شناسان قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی روند پوسیدگی در خشکه‌دارهای راش و ممرز در جنگل خیرود نوشهر انجام شد. تعداد ۷۲ خشکه‌دار (کنده) راش و ممرز به‌طور تصادفی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به گونه، قطر، درجه پوسیدگی و شیب منطقه برای هر نمونه ثبت شد. به‌منظور تعیین دانسیته (چگالی) چوب، برش قطاع مکعبی شکل با طول و عرض و ارتفاع پنج سانتی‌متر در دو جهت عمود بر هم از مقطع عرضی هر نمونه برداشت شد. نتایج نشان داد زمان لازم برای پوسیدگی ۹۵٪ از جرم خشکه‌دار راش و ممرز در طبیعت به‌ترتیب ۳۰ و ۱۶ سال است. مجموع زمان موردنیاز برای پوسیدگی تمام مراحل پوسیدگی براساس چهار درجه پوسیدگی در خشکه‌دار راش و ممرز به‌ترتیب ۲۷ و۲۱ سال محاسبه شد. همچنین مشخص شد که رابطه قوی بین دانسیته و درجه پوسیدگی خشکه‌دارهای راش و ممرز وجود دارد (R^2=۰/۸)، به‌طوری‌که دانسیته چوب با افزایش درجه پوسیدگی خشکه‌دار در هر دو گونه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: خشکه‌دار، درجه پوسیدگی، راش شرقی، زمان پوسیدگی، ممرز.

مقدمه

تا دهه‌های اخیر خشکه‌دارها به‌عنوان یک عنصر منفی در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شدند که Stachura و همکاران (۲۰۰۷) این دیدگاه را نشان سوء مدیریت، غفلت و اسراف در جنگل می‌دانند. خوشبختانه در دهه اخیر مفهوم خشکه‌دار به‌تدریج با تحقیقاتی که دانشمندان درمورد عملکرد آنها در جنگل انجام دادند، تغییر یافت. امروزه خشکه‌دارها به‌عنوان یک عنصر مهم در اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شوند و به یک جزء جدانشدنی در مدیریت جنگل تبدیل شده‌اند. درحقیقت کاهش منابع طبیعی قابل دسترس و مطرح شدن مسائلی مانند حفاظت از منابع طبیعی و محیط زیست، جنگل‌شناسان را به یک تغییر نگرش کلی در مورد جنگل‌ها واداشته که از آن تحت‌عنوان جنگل‌شناسی همگام با طبیعت یاد می‌شود (Sefidi *et al.*, 2008). در جنگل‌شناسی همگام با طبیعت مواردی مانند حفظ تنوع زیستی و حفاظت از جنگل‌ها به‌عنوان ذخیره

Archive of SID
www.SID.ir

ژنتیکی و نیز گونه‌های در خطر انقراض اهمیت دارد. از این دیدگاه خشکه‌دارها نیز در این شیوه‌های مدیریتی جایگاه خاصی دارند و اغلب برای حفاظت از تنوع زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی یکی از مهم‌ترین شیوه‌ها، نگهداری خشکه‌دارها به‌عنوان زیستگاه می‌باشد (Sefidi & Marvie Mohadjer, 2010; Sefidi *et al.*, 2013). با پایان عمر فیزیولوژیک درخت، وظایف اکولوژیکی درخت در اکوسیستم ادامه می‌یابد و نقش‌های مهم‌تری توسط خشکه‌دار در اکوسیستم دنبال می‌شود. در دهه‌های اخیر نقش خشکه‌دارها در فعالیت اکولوژیکی و تنوع زیستی و فرآیندهایی مثل جریان انرژی و چرخه کربن شناخته شده است. نگهداری خشکه‌دارها در اکوسیستم‌های جنگلی دارای مزایایی مانند افزایش قدرت جوانه‌زنی بذرهای درختان جنگلی (Kennedy & Quinn, 2001)، مکانی مناسب برای آشیانه‌گزینی و زیستگاه پرندگان (Davis, 1983) و حیات‌وحش (Harmon *et al.*, 1986) است. علاوه‌براین خشکه‌دارها باعث بهبود حاصلخیزی خاک‌های جنگلی، حفظ سلامت اکوسیستم‌های جنگلی (Marvie Mohadjer, 2011) می‌شوند و نقش اصلی در چرخه‌های مواد غذایی به‌ویژه چرخه کربن (Santiago & Amanda, 2005)، تأثیر مستقیم بر شیمی خاک (Kappes *et al.*, 2007) دارند. افزایش تنوع زیستی و غنای گونه‌ای گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌های جنگلی (Harmon *et al.*, 1987)، تسریع افزایش زادآوری گونه‌های گیاهی از طریق ایجاد بستر بذر (Yan *et al.*, 2007) از سایر نقش‌های خشکه‌دارها هستند. خشکه‌دارها همچنین اهمیت زیادی در ذخیره مواد غذایی و نگهداشت آب دارند و درنتیجه باعث ایجاد خرداقلیم مناسب در آشکوب زیرین جنگل‌ها می‌شوند (McComb, 2003).

مطالعات انجام‌شده در جنگل‌های آمیخته راش نشان داده است، خشکه‌دارها نقش مؤثری در استقرار نهال‌های راش و ممرز دارند (Kiasari & Rahmani, 2001; Sefidi *et al.*, 2008). از موضوعاتی که برای حفظ سلامتی اکوسیستم و تنوع زیستی در جنگل‌ها مطرح است، نگهداری تعدادی از درختان تا رسیدن به پوسیدگی است. بررسی پویایی خشکه‌دارهای راش و ممرز در توده آمیخته راش نشان داد درجه پوسیدگی و اندازه (قطر) خشکه‌دارها مهم‌ترین عامل‌های اثرگذار در تبدیل خشکه‌دارهای سرپا به افتاده می‌باشند (Sefidi & Marvie Mohadjer, 2010). یکی از سوالاتی که همواره جنگل‌شناسان و اکولوژیست‌ها به‌دنبال یافتن پاسخ مناسب برای آن هستند، مدت زمان ماندن خشکه‌دارها و یا زمان لازم برای پوسیدگی کامل و بازگشت مواد به خاک است. Mackensen و Bauhus (۲۰۰۳) درمورد نرخ پوسیدگی با روش از دست دادن دانسیته در خشکه‌دارهای *Pinus radiata*، *Eucalyptus regnans* و *E. maculate* پژوهشی انجام دادند و زمان لازم برای از دست دادن ۹۵٪ از مواد خشکه‌دار را از طریق کاهش دانسیته، ۲۴ سال برای *P. radiata*، ۴۳ سال برای *E. regnans* و ۶۲ سال برای *E. maculate* به‌دست آوردند. Eaton و Lawrence (۲۰۰۶) با بررسی تغییرات دانسیته در چوب درختان، میانگین ثابت نرخ تجزیه را ۰/۲۷۸ در جنگل‌های جنوب مکزیک ثبت کردند. درمقایسه نرخ تجزیه از طریق کاهش دانسیته برای کنده و تنه الگوی مشابه‌ای برای تغییرات دانسیته تنه و کنده درخت در طول فرآیند پوسیدگی مشاهده شد، با این تفاوت که دامنه از دست دادن دانسیته با افزایش درجه پوسیدگی کاهش یافت (Tobin *et al.*, 2006).

Müller و Bartsch (۲۰۰۹) در جنگل‌های آمیخته راش در کشور آلمان روند پوسیدگی خشکه‌دارهای راش را بررسی کردند که درنتیجه مشخص شد پوسیدگی کامل یک خشکه‌دار ۳۵ سال به‌طول می انجامد. Fasth و همکاران (۲۰۱۱) در جنگل‌های پهن‌برگ بلوط در کارولینای شمالی پوسیدگی خشکه‌دارها را بررسی کردند و نشان دادند که بیشترین میزان پوسیدگی در سال‌های ابتدایی رخ می‌دهد. Garrett و همکاران (۲۰۱۲) درمورد نرخ تجزیه ریشه و شاخه‌ها در یک توده جنگل‌کاری شده *Pinus radiate* در نیوزلند مطالعه کردند. نتایج تحقیق آنها نیز کاهش دانسیته ریشه و شاخه‌ها را با افزایش زمان پوسیدگی تأیید کرد. آنها زمان لازم برای پوسیدگی کامل حدود ۹۵٪ از درخت (T_{95})

Archive of SID

www.SID.ir

را برای ریشه‌ها ۱۰ تا ۸۶ سال و برای شاخه‌ها ۱۵ تا ۸۶ سال به‌دست آوردند و به‌طور کلی در مطالعه آنها سرعت تجزیه ریشه از شاخه‌های روی زمین بیشتر بود.

در جنگل‌های شمال ایران مطالعات متعددی در ارتباط با حجم، تعداد و ارتباط خشکه‌دار با پوشش گیاهی انجام شده است، اما تابحال تغییرات زمانی و پویایی خشکه‌دارها و روند پوسیدگی آنها و بازگشت عناصر آلی به خاک موضوع پژوهش نبوده است. باتوجه به اهمیت مدت زمان ماندن خشکه‌دارها در جنگل و نقش آن در برنامه‌ریزی و تعیین شیوه‌های مدیریتی و حفاظتی جنگل‌ها و نیز اهمیت خشکه‌دارها در پدیده ترسیب کربن، این پژوهش تلاش دارد اطلاعات کمی مناسب در مورد پویایی (روند پوسیدگی با گذشت زمان) خشکه‌دارهای گونه‌های درختی راش شرقی و ممرز را در شرایط طبیعی و تعیین مشخصه‌های هر یک از مراحل پوسیدگی خشکه‌دارها براساس نوع و میزان پوسیدگی این درختان در توده‌های آمیخته راش در جنگل‌های شمال را ارائه دهد. اهداف این پژوهش عبارتند از ۱) تعیین مدت زمان لازم برای پوسیدگی درختان راش شرقی و ممرز در شرایط طبیعی؛ ۲) تعیین مدت زمان لازم برای هر یک از مراحل پوسیدگی و ۳) بررسی روند تغییرات چگالی خشکه‌دارها در روند پوسیدگی به‌عنوان یک فاکتور اصلی در محاسبه نرخ تجزیه.

مواد وروش‌ها

مشخصات منطقه موردمطالعه

به‌منظور انجام این پژوهش، پنج پارسل ۲۰۷، ۲۰۸، ۲۲۰، ۲۲۱ و ۲۲۳ در بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار واقع در هفت کیلومتری شرق نوشهر (با مختصات جغرافیایی ´۲۷ °۳۶ تا ´۴۰ °۳۶ شمالی و ´۳۲ °۵۱ تا ´۳۳ °۵۱ شرقی) انتخاب شد. انتخاب پارسل‌ها با توجه به اطلاعات مربوط به دوره‌های بهره‌برداری آنها و زمان قطع درختان انجام شد. برای ایجاد همگنی شرایط محیطی سعی شد با انتخاب قطعات نمونه از رویشگاه‌های مشابه تأثیر عامل‌های جانبی و خرد به حداقل ممکن برسد. بر این اساس، مبنای مطالعه همگنی عامل‌های محیطی در سطح کلان درنظر گرفته شد. درنهایت با جنگل‌گردشی، مطالعه کتابچه طرح جنگلداری منطقه موردمطالعه و با همکاری اکیپ قطع و استحصال، تعداد شش کنده باقیمانده در جنگل به‌صورت تصادفی از بین درختان مربوط به قطع در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۷، ۱۳۸۲، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹ و۱۳۹۰ که به‌ترتیب صفر، دو، چهار، هشت، ۱۲ و ۲۷ سال از زمان برداشت درختان براساس کتابچه طرح جنگلداری سپری شده بود، در هر پارسل انتخاب و نمونه‌بردای انجام شد و کنده‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. از آنجایی‌که اطلاعات مربوط به زمان دقیق شروع پوسیدگی خشکه‌دارها در جنگل‌های طبیعی نظیر جنگل‌های شمال ایران اغلب ثبت نمی‌شود، بنابراین در مطالعات مشابه از کنده‌های قطع شده، با توجه به مشخص بودن زمان قطع آنها و به‌دنبال آن آگاهی از زمان شروع پوسیدگی استفاده شد (Tobin, 2006). در این مطالعه نیز کنده‌ها به‌عنوان نماینده‌ای از خشکه‌دارها درنظر گرفته شدند. این موضوع که اختلاف چندانی بین تجزیه در کنده و خشکه‌دار افتاده وجود ندارد، قبلاً توسط Janisch و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شده است.

شرایط اقلیمی منطقه

براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه کلیماتولوژی نوشهر، میزان بارندگی سالانه در این منطقه ۱۳۸۰ میلی‌متر است. براساس فرمول آمبرژه، اقلیم منطقه مرطوب سرد است. میانگین درجه حرارت سالانه ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. گرم‌ترین ماه سال مرداد با میانگین ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال بهمن ماه با میانگین ۷/۵ درجه سانتی‌گراد است (Anonymous, 2008).

روش برداشت نمونه‌ها

پس از اجرای عملیات جنگل‌گردشی و یافتن کنده‌های مربوط به سال‌های موردنظر شامل درختان صفر، دو، چهار، هشت، ۱۲ و ۲۷ سال پس از قطع به‌طور تصادفی کنده‌های راش و ممرز انتخاب و اطلاعات مربوط به نوع گونه، قطر قسمت بالای کنده، درجه پوسیدگی و شیب کلی منطقه در فرم‌های آماربرداری ثبت شد. برای نمونه‌برداری از کنده‌های

Archive of SID

www.SID.ir

جوان و به‌منظور برش قطاع مکعبی شکل با طول و عرض و ارتفاع پنج سانتی‌متر در دو جهت عمود برهم از مقطع عرضی هر کنده، از اره موتوری استفاده شد. نمونه‌برداری از کنده‌های میان‌سال با کمک تبر و برای کنده‌های کهن‌سال به‌صورت برداشت بقایا با دست انجام شد. درنهایت برای حفظ رطوبت، نمونه‌ها در درون کیسه‌های مخصوص قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند.

حجم تر نمونه‌های مکعبی با استفاده از رابطه ریاضی حجم مکعب محاسبه شد و حجم نمونه‌های با شکل نامنظم با استفاده از روش جابجایی در آب (Yeboah, 2011) محاسبه شد. در ادامه، وزن تر نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و پس از خشک شدن، وزن خشک هر یک از نمونه‌ها ثبت شد. چگالی نمونه‌ها بر حسب (g/cm^3) با کمک رابطه ۱ محاسبه شد:

$$P = m/v \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: m، وزن خشک چوب و v، حجم تر چوب است.

برای توصیف الگوی تجزیه و پوسیدگی توسط دانشمندان چندین مدل ریاضی ارائه شده است (Harmon *et al.*, 2000; Mackensen & Bauhus, 2003)، ولی استفاده از مدل توزیع نمایی single-exponential (Olson, 1963) برای روند تجزیه و پوسیدگی چوب از همه متداول‌تر است، چون اندازه‌گیری آن آسان‌تر است. فرضیه نرخ تجزیه (سرعت نرخ متوسط پوسیدگی چوب) در این مدل براساس نسبت مقدار ماده باقیمانده با گذشت زمان است (Mackensen *et al.*, 2003).

نرخ تجزیه سالانه نمونه‌ها با کمک رابطه ۲ (Olson,1963) محاسبه شد:

$$k = \frac{(\ln D_0 - \ln D_t)}{t} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق: D_t: چگالی چوب در زمان t، D_0: چگالی اولیه چوب و K: ضریب متوسط پوسیدگی چوب است.

مدت زمان لازم برای پوسیدگی ۹۵٪ از مقدار چوب با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$T_{95} = -\ln\frac{0.05}{k} = \frac{3}{k} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای تعیین معنی‌داری اختلاف بین درجه‌پوسیدگی، ضریب پوسیدگی و دانسیته در سال‌های مختلف استفاده شد. نرمال‌بودن توزیع داده‌ها و برابری واریانس توسط آزمون‌های کلموگروف- سمیرنف و آزمون لیون انجام شد و درصورت نیاز، نرمال‌سازی داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین برای مقایسه دانسیته و ضریب پوسیدگی بین دو گونه راش و ممرز از آزمون تی مستقل و برای ارائه مدل پوسیدگی از رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. آزمون‌های آماری (در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد اطمینان) انجام شد و به‌منظور ارائه مدل نرخ تجزیه و تغییرات ایجاد شده در خصوصیات چوب در طی زمان تجزیه، از مدل رگرسیونی نمایی استفاده شد.

نتایج

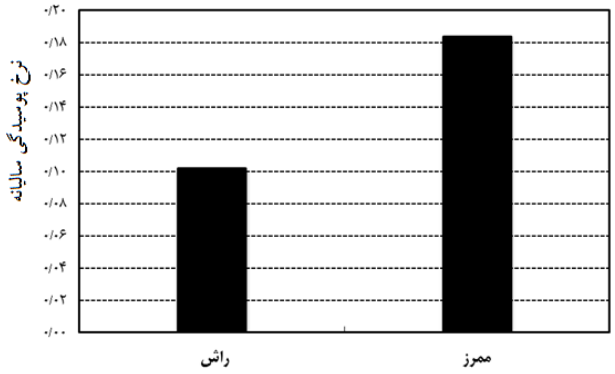
در این بررسی تعداد ۷۲ نمونه از کنده درختان در حال پوسیدن انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت که از این تعداد ۳۶ نمونه متعلق به راش و ۳۶ نمونه متعلق به ممرز بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد که بین دانسیته چوب در نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در سال‌های مختلف و در درجه‌های پوسیدگی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

ضریب پوسیدگی در خشکه‌دارهای راش و ممرز

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین میانگین ضریب پوسیدگی درخت راش (۰/۰۷ ±۰/۱۰۲) و درخت ممرز (۰/۰۲±۰/۱۸۲) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (۰/۰۰۱= p ،۳/۷۸۴ =t). به‌عبارت دیگر این دو گونه دارای روند پوسیدگی متفاوتی هستند، به گونه‌ای که ممرز با سرعت بیشتری نسبت به راش می‌پوسد (شکل ۱).



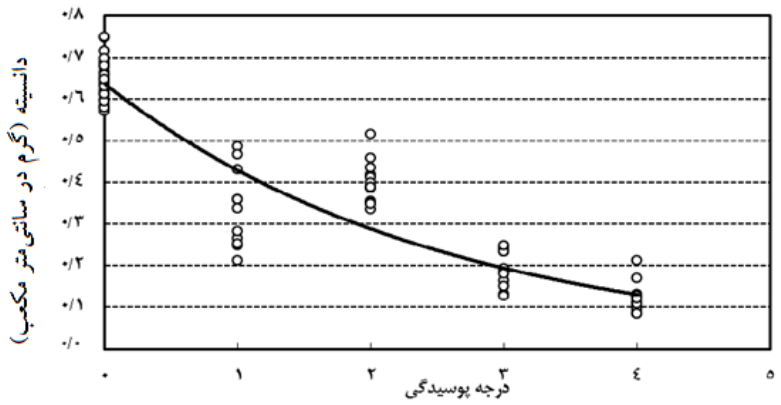
شکل ۱- مقایسه ضریب پوسیدگی در خشکه‌دارهای راش و ممرز

رابطه بین دانسیته چوب و درجه پوسیدگی گونه راش

به‌منظور دستیابی به رابطه بین دانسیته و درجه‌های پوسیدگی از مدل رگرسیونی نمایی استفاده شد. نتایج نشان داد که در گونه راش دانسیته با افزایش درجه پوسیدگی کاهش می‌یابد (جدول ۲ و شکل ۲).

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس مدل رگرسیونی رابطه بین دانسیته چوب و درجه پوسیدگی در راش (R^2=0.84)

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
مدل	۱	۹/۵۴۷	۹/۵۴۷	۱۷۶/۸۵۳	۰/۰۰۰
خطا (باقیمانده)	۳۴	۱/۸۳۵			
کل تصحیح‌نشده	۳۵	۱۱/۳۸۲			



شکل ۲- نمودار تغییرات دانسیته در هر درجه از پوسیدگی در گونه راش

Archive of SID

www.SID.ir

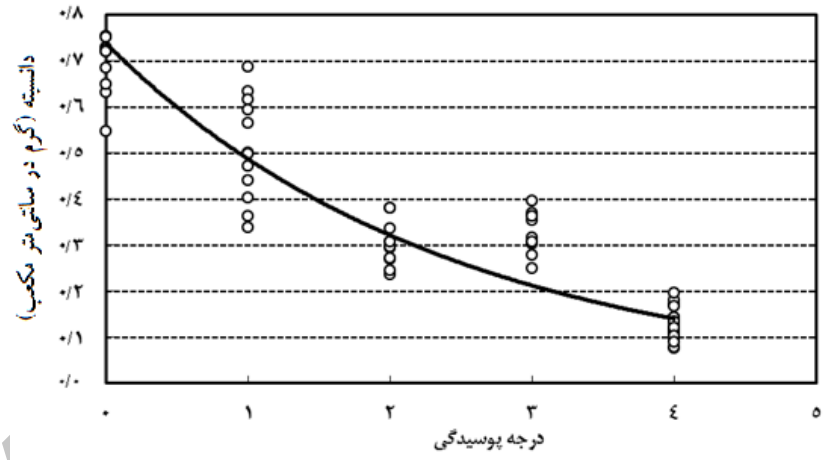
با توجه به جدول ۲ و نمودار رگرسیونی (شکل ۲) مشخص است که مدل برازش‌شده برای راش به‌خوبی معنی‌دار بوده و حدود ۸۴٪ تغییرات در دانسیته توسط درجه پوسیدگی بیان می‌شود. در اینجا میزان یکنواختی واریانس‌ها زیاد بوده و بنابراین مدل $D=0/792*e^{(-0/433*DC)}$ به‌خوبی تغییرات را تعریف می‌کند. در این مدل D دانسیته چوب، e عدد نپر و Dc درجه پوسیدگی است.

گونه ممرز

رابطه ریاضی بین دانسیته و درجه پوسیدگی برای ممرز از طریق مدل رگرسیونی نمایی در شکل ۳ نشان داده شده است که براساس آن، با افزایش درجه پوسیدگی، دانسیته کاهش می‌یابد (جدول ۳ و شکل ۳). واریانس داده‌ها در درجه یک زیاد است. همچنین اندکی افزایش دانسیته در درجه سه مشاهده می‌شود.

جدول۳- نتایج آنالیز واریانس مدل رگرسیونی رابطه بین دانسیته چوب و درجه پوسیدگی در ممرز (R^2=0.80)

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
مدل	۱	۱۱/۱۵۷	۱۱/۱۵۷	۱۳۶/۱۵۳	۰/۰۰۰
خطا (باقیمانده)	۳۴	۲/۷۸۶			
کل تصحیح نشده	۳۵	۱۳/۹۴۳			



شکل ۳- نمودار تغییرات دانسیته در هر درجه پوسیدگی در گونه ممرز.

در گونه ممرز نیز مانند راش رابطه کاملاً مشخصی بین دانسیته و درجه پوسیدگی وجود دارد که حدود ۸۰٪ تغییرات در این ثابت با مدل نمایی $D=0/703*e^{(-0/373*DC)}$ برآورد می‌شود. در این مدل D دانسیته چوب، e عدد نپر و Dc درجه پوسیدگی است.

مدت زمان لازم برای سپری شدن هر درجه از پوسیدگی در خشکه‌دارهای راش و ممرز

با درنظر گرفتن میانگین ضریب پوسیدگی و میانگین دانسیته برای هر گونه، مدت زمان پوسیدگی از رابطه ۲ به‌دست آمد. نتایج نشان داد برای سپری شدن مجموع درجه‌های پوسیدگی چهارگانه در گونه راش زمان بیشتری لازم است. به طور کلی در هر دو گونه با افزایش درجه پوسیدگی مدت زمان لازم برای سپری شدن آن مرحله از پوسیدگی بیشتر می‌شود. در درجه یک مدت زمان پوسیدن همانند میانگین دانسیته برای گونه ممرز تقریباً به اندازه نصف گونه راش است. نتایج همچنین حاکی از آن است که

www.SID.ir

با افزایش درجه پوسیدگی اختلاف مدت زمان پوسیدگی بین دو گونه بیشتر می‌شود. این اختلاف برای درجه سه حدود دو سال و برای درجه چهار حدود چهار سال است (جدول ۴).

جدول ۴- مدت زمان لازم برای سپری شدن هر درجه از پوسیدگی در خشکه‌دارهای راش و ممرز

درجه پوسیدگی	مدت زمان لازم برای سپری شدن هر درجه از پوسیدگی (سال)	
	راش	ممرز
۱	۱	۱
۲	۵	۵
۳	۹	۶
۴	۱۳	۹
مجموع	۲۷	۲۱

مدت زمان لازم برای پوسیده شدن خشکه‌دار راش و ممرز

مدت زمان لازم برای پوسیدن ۹۵٪ از جرم خشکه‌دار راش و ممرز از طریق رابطه ۳ محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ مشاهده می‌شود. براساس نتایج به‌دست‌آمده مدت زمان لازم برای پوسیدن ۹۵٪ از جرم خشکه‌دار راش تقریباً حدود دوبرابر ممرز است.

جدول ۵- مدت زمان لازم برای پوسیدن ۹۵٪ از حجم خشکه‌دار راش و ممرز

گونه	رابطه	r	P	K	T_{95}
راش	$Y=e^{-kt}$	۰/۳	<۰/۰۰۱	۰/۱۰۲	۳۰
ممرز	$Y=e^{-kt}$	۰/۷۵	<۰/۰۰۱	۰/۱۸۲	۱۶

بحث

پدیده پوسیدگی و تجزیه از چندین فرآیند متفاوت تشکیل شده است که شامل تنفس، تکه‌تکه شدن، آبشویی و هوازدگی است. فرآیند اصلی در تجزیه از دست دادن جرم مواد در طول فرآیند تنفس است که می‌توان آن را از طریق اندازه‌گیری حجم و وزن کمی کرد. از دانسیته چوب می‌توان برای توضیح فرآیند تجزیه استفاده کرد، چون اندازه‌گیری آن آسان است و مقدار اولیه آن در بین گونه‌ها خیلی متفاوت نیست (Mackensen & Bauhus, 2003). در پژوهش پیش‌رو از تغییرات دانسیته چوب با گذشت زمان برای تعیین نرخ پوسیدگی استفاده شد.

نتایج به‌دست‌آمده تفاوت‌هایی را بین دو گونه راش و ممرز نشان می دهد. براساس مطالعات انجام‌شده نرخ پوسیدگی در گونه‌های درختی متعلق به سوزنی‌برگان و پهن‌برگان مختلف یکسان نیست. زیاد بودن مقدار عددی شاخص پوسیدگی در گونه‌های درختی پهن‌برگ خزان‌کننده نسبت به سوزنی‌برگان در پژوهش‌های پیشین به اثبات رسیده است (Mackensen & Bauhus, 2003). نتایج پژوهش پیش‌رو نیز نشان داد که دو گونه موردمطالعه دارای روند پوسیدگی متفاوتی هستند، به‌طوری‌که ممرز با نرخ تجزیه (۰/۱۸۲) سریع‌تر از راش (۰/۱۰۲) می‌پوسد. Yang و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی پویایی خشکه‌دارها و نرخ تجزیه در جنگل‌های بالغ بین خشکه‌دارهای سه گونه *Cryptocarya conccina*، *Castanopsis chinensis* و

Archive of SID

www.SID.ir

Schima superba در جنوب چین پرداختند. در بین گونه‌های مذکور مشخص شد که *C. concinna* سریع‌تر از *C.chinensis* و *S. superba* پوسیده می‌شود. تفاوت در نرخ پوسیدگی درختان به کیفیت بستر و ارگانیسم‌های تجزیه‌کننده نسبت داده می‌شود (Garrett *et al.*, 2007, 2008). Mattson و همکاران (۱۹۸۷) نیز ۱۰ نوع تنوع نرخ تجزیه را در گونه‌های مختلف یک جنگل پهن‌برگ آمیخته در شمال کارولینا پیدا کردند. عامل‌های مختلفی بر پوسیدگی و نرخ تجزیه تأثیر می‌گذارند که ازجمله آنها می‌توان به نوع چوب، درجه حرارت، میزان رطوبت چوب، میزان بارش سالانه، ماهیت فیزیکی و شیمیایی بستر چوب و همچنین جمعیت تجزیه‌کنندگان قارچی و جانوری اشاره کرد (Garrett *et al.*, 2007, 2008). تفاوت در نرخ پوسیدگی ممرز و راش به احتمال زیاد به‌دلیل تفاوت در کیفیت چوب این دو گونه (Guo *et al.*, 2006; Garrett *et al.*, 2007) است. همچنین تفاوت در نرخ پوسیدگی می‌تواند به‌علت تفاوت در ویژگی چوب درختان باشد که متأثر از ویژگی‌های ژنتیکی این گونه‌هاست. تفاوت در ترکیبات شیمیایی استخراجی از این دو گونه شاید دلیل دیگری بر این امر باشد، زیرا این عامل یک فاکتور کلیدی در پوسیدگی و اکسیداسیون و جذب جانوران تجزیه‌کننده است. همچنین براساس مطالعات Yang و همکاران (۲۰۱۰) موقعیت طبیعی و کیفیت محل قرارگیری خشکه‌دار از دیگر فاکتورهای اصلی تأثیرگذار بر تجزیه خشکه‌دار هستند. به‌هرحال ازنظر وجود شرایط یکسان آب و هوایی، اختلافات آب و هوایی به‌عنوان یک فاکتور مؤثر در تجزیه، نمی‌تواند علت تفاوت در نرخ پوسیدگی راش و ممرز منطقه موردمطالعه پژوهش پیش‌رو باشد، اما در مقایسه‌ای که بین نرخ پوسیدگی راش شرقی (راش جنگل‌های شمال) و راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) انجام شد، نتایج نشان داد که راش شرقی با سرعت بیشتری نسبت به راش اروپایی می‌پوسد. Müller و Bartsch (۲۰۰۹) نرخ تجزیه را برای راش اروپایی ۰/۰۸۹ به‌دست آورد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد یک درخت راش شرقی پس از مرگ ۲۷ سال طول می‌کشد تا به‌طور کامل پوسیده شود، در صورتی‌که این زمان برای راش اروپایی ۳۵ سال به‌دست آمده است. این اختلاف را می‌توان به تفاوت آب و هوایی و فاکتورهای اقلیمی مانند درجه حرارت، رطوبت و میزان بارش سالانه نسبت داد. تجزیه خشکه‌دار به‌شدت به اقلیم بستگی دارد (Müller & Bartsch, 2009). نرخ پوسیدگی به‌طور معنی‌داری در میانگین دمای بیشتر از ۱۲ یا ۱۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (Mackensen & Bauhus, 2003). مدل پوسیدگی ارائه‌شده در آمریکای شمالی (Yin, 1999) که از پارامترهای گونه درختی، دما و باران استفاده کرد، نشان داد که افزایش دو درجه دما باعث افزایش شدت کاهش دانسیته از ۹ تا ۵۵٪ می‌شود. میانگین دما در منطقه موردمطالعه پژوهش پیش‌رو حدود ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد است که بیش از دو برابر دمای سالانه در جنگل‌های راش (۷ درجه سانتی‌گراد) در اروپا است (Müller & Bartsch, 2009). میانگین بارندگی سالانه نیز تأثیر زیادی بر حداکثر نرخ تجزیه می‌گذارد (Mackensen & Bauhus, 2003) که مقدار آن در منطقه موردمطالعه پژوهش پیش‌رو (۱۳۸۰ میلی‌متر) در مقایسه با رویشگاه درختان راش در آلمان (۱۰۳۲ میلی‌متر) بیشتر است (حدود ۳۴۸ میلی‌متر افزایش میانگین بارندگی سالانه نسبت به اروپای مرکزی). این شاید دلیل دیگری بر زیاد بودن نرخ تجزیه راش جنگل‌های شمال نسبت به راش اروپایی باشد. به‌طور کلی درختان در عرض‌های جغرافیایی جنوبی‌تر و طول جغرافیایی غربی‌تر با آب و هوای گرم‌تر و مرطوب‌تر سریع‌تر از درختان در شمال و شرق با آب و هوای سردتر و خشک‌تر پوسیده می‌شوند (Radtke *et al.*, 2009).

براساس نتایج، میانگین دانسیته بین دو گونه درختی راش و ممرز با هم اختلاف معنی‌داری ندارد، اما زمان از دست دادن ۹۵٪ دانسیته برای گونه ممرز (۱۶ سال) از راش (۳۰ سال) کمتر بود. این نشان می‌دهد که شدت از دست دادن ۹۵٪ از دانسیته راش تقریباً نزدیک به دوبرابر ممرز است. این موضوع را شاید بتوان به این مطلب نسبت داد که پوسیدگی در ممرز سریع‌تر آغاز می‌شود و طبق نتایج

Archive of SID

www.SID.ir

به‌دست‌آمده نیز نرخ پوسیدگی ممرز بیشتر از راش است که با مشاهدات انجام‌شده در طبیعت مطابقت دارد. در کنده‌های ممرز علائم پوسیدگی پس از گذشت یک سال مشاهده می‌شود، درحالی‌که کنده‌های راش پس از گذشت چهار سال در طبیعت به درجه پوسیدگی یک رسیده بودند. به‌عبارت دیگر، کنده‌های ممرز زودتر از راش تجزیه و به هوموس و مواد آلی تبدیل می‌شوند. زیاد بودن سرعت پوسیدگی در ممرز را می‌توان به مناسب‌تر بودن شرایط برای استقرار تجزیه‌کنندگان و ویژگی شیمیایی چوب آن دانست. مشابه نتایج پژوهش‌های پیشین، دانسیته چوب با افزایش درجات پوسیدگی کاهش یافت (Tobin, 2006; Yang *et al*., 2010; Garrett *et al*., 2012). Yatskov و همکاران (۲۰۰۳) و Harmon و همکاران (۲۰۰۰) نیز در روسیه کاهش دانسیته در خشکه‌دارهای افتاده در درختان نوئل و کاج جنگلی و توس را با افزایش درجه پوسیدگی گزارش کردند. روند مشابهی نیز برای درختان سوزنی‌برگ آمریکا مشاهده شده است (Harmon *et al*., 1987). افزایش گرمایش جهانی اقلیم در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای ممکن است منجر به افزایش سرعت نرخ تجزیه خشکه‌دارها و به‌دنبال آن افزایش Co_2 ورودی به اتمسفر شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که لازمه نگهداری سلامت و حفظ و تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگلی، نگهداری خشکه‌دارها در جنگل است. با توجه به اهمیت موضوع، دانستن مدت زمان باقی ماندن خشکه‌دارها در جنگل می‌تواند جنگل‌بانان را در مدیریت جنگل یاری دهد. برای حفاظت از تنوع زیستی، برقرای تعادل بین انواع خشکه‌دار و مرحله پوسیدگی آنها مهم است، زیرا هر مرحله از پوسیدگی به‌عنوان یک زیستگاه برای گونه‌های مختلف جانوری محسوب می شود. هر کدام از جانداران موجود در اکوسیستم جنگل به سهمی از خشکه‌دارها برای ادامه حیات خود نیاز دارند. حدود ۲۵٪ از گونه‌های جنگل وابسته به خشکه‌دارهای درحال پوسیدن در جنگل هستند. امروزه افزایش توجه به عملکرد خشکه‌دارها و پویایی پوسیدگی آنها باعث می‌شود مدیریت و استفاده از خشکه‌دار در طبیعت به یک هدف اصلی در همه جنگل‌ها تبدیل شود و یک فرصت عالی برای انجام پژوهش‌های مربوط به مطالعات جامع، طولانی مدت و چندبعدی در بخش‌های مختلف ایجاد کند. به‌هرحال لازم است که این بررسی‌ها برای تمام درختان جنگلی شمال انجام شود. همچنین پیشنهاد می‌شود به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر، به بررسی رابطه ارتفاع از سطح دریا، فرم زمین و نقش جانوران در پوسیدگی خشکه‌دارها در تحقیقات آینده پرداخته شود.

References

- Anonymous, 2008. Forest Management Plan of Gorazbon District, Kheirud Forest. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 375p (In Persian).
- Davis, J.W. 1983. Snags are for wildlife: 4–9. In. Davis, J.W., Goodwin, G.A., Ockenfels, R.A., (Eds.). Proceedings of the Symposium on Snag Habitat Management. RM, 99 p.
- Eaton, J.M. and Lawrence, D. 2006.Woody debris stock and flux during succession in a dry tropical forest. Forest Ecology and Management, 232: 46-55.

Fasth, B.G., Harmon, M.E., Sexton, J. and White, P. 2011. Decomposition of fine woody debris in a deciduous forest in North Carolina. Journal of the Torrey Botanical Society, 138(2): 192-206.

- Garrett, L.G., Davis, M.R. and Oliver, G.R. 2007. Decomposition of coarse woody debris, and methods for determining decay rates. New Zealand Journal of Forestry Science, 37: 227-240.
- Garrett, L.G., Kimberley, M.O., Oliver, G.R., Pearce, S.H. and Beets, P.N. 2012. Decomposition of coarse woody roots and branches in managed *Pinus radiata* plantations in New Zealand– A time series approach. Forest Ecology and Management, 269: 116-123.
- Garrett, L.G., Oliver, G.R., Pearce, S.H. and Davis, M.R. 2008. Decomposition of *Pinus radiata* coarse woody debris in New Zealand. Forest Ecology and Management, 255: 3839-3845.
- Guo, L.B., Bek, E. and Gifford, R.M. 2006. Woody debris in a 16-year old *Pinus radiata* plantation in Australia: mass, carbon and

Archive of SID

www.SID.ir

debris and its role as habitat for mammals. Mammal community dynamics: management and conservation in the coniferous forests of western North America. Cambridge University Press, New York, New York, 374-404.
- Müller, S.U. and Bartsch, N. 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.
- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44: 322-330.
- Radtke, P.J., Amateis, R.L., Prisley, S.P., Copenheaver, C.A., Chojnacky, D.C., Pittman, J.R. and Burkhart, H.E. 2009. Modeling production and decay of coarse woody debris in loblolly pine plantations. Forest Ecology and Management, 257: 790-799.
- Santiago, J.M. and Amanda, D.R. 2005. Dead Trees as Resources for Forest Wildlife. Extension Fact Sheet, Ohio State University Express, 12p.
- Sefidi, K. and Marvie Mohadjer, M.R. 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.
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R. and Copenheaver, C.A. 2011. Canopy gaps and regeneration in old-growth Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, Northern Iran. Forest Ecology and Management, 262: 1094-1099.
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R. and Copenheaver, C.A. 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., Marvi-Mohajer, M.R., Zobeyri, M. and Etemad, V. 2008. Investigation on dead trees effects on natural regeneration of oriental beech and hornbeam in a mixed beech forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15: 365-373 (In Persian).
- Stachura, K., Bobiec, A., Obidzioski, A., Oklejewicz, K. and Wolkowycki, D. 2007. Old trees and decaying wood in forest ecosystems of Poland "Old Wood". A toolkit for nitrogen stocks, and turnover. Forest Ecology and Management, 228: 145-151.
- Harmon, M., Krankina, O. and Sexton, J. 2000. Decomposition vectors: a new approach to estimating woody detritus decomposition dynamics. Canadian Journal of Forest Research, 30:76-84.
- Harmon, M.E., Cromack, K. and Smith, B.G. 1987. Coarse woody debris in mixed-confer forests, Sequoia National Park, California. Canadian Journal of Forest Research, 17: 1265-1272.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkamper, G.W., Cromack, J. and Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advance Ecology Restoration, 15: 133-302.
- Janisch, J.E., Harmon, M.E., Chen, H., Fasth, B. and Sexton, J. 2005. Decomposition of coarse woody debris originating by clearcutting of an old-growth conifer forest. Ecoscience, 12(2): 151-160.
- Kappes, H., Catalano, C. and Topp, W. 2007. Coarse woody debris ameliorates chemical and biotic soil parameters of acidified broad-leaved forests. Applied Soil Ecology, 36: 190-198.
- Kennedy, P.G. and Quinn, T. 2001. Understory plant establishment on old-growth stumps and the forest floor in western Washington. Forest Ecology and Management, 154: 193-200.
- Kiasari, M.Sh. and Rahmani, R. 2001. The effect of dead trees on natural regeneration in the mixed beech and hornbeam forests, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 54(2): 143-152 (In Persian).
- Mackensen, J. and Bauhus, J. 2003. Density loss and respiration rates in coarse woody debris of *Pinus radiata*, *Eucalyptus regnans* and *Eucalyptus maculata*. Soil Biology and Biochemistry, 35: 177-186.
- Marvie Mohadjer, M.R. 2011. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 387p (In Persian).
- Mattson, K.G., Swank, W.T. and Waide, J.B. 1987. Decomposition of woody debris in a regenerating, clear-cut forest in the southern Appalachians. Canadian Journal of Forest Research: 712-721.
- McComb, W. C. 2003. Ecology of coarse woody

Archive of SID

www.SID.ir

participants,Version 07,05.08.2011.
- Tobin, B. 2006. Carbon sequestration in Sitka spruce in Ireland. Ph. D. thesis, School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Dublin.
- Yan, E., Wang, X., Huang, J., Zeng, R. and Gong, L. 2007. Long - lasting legacy of forest succession and forest management: Characteristics of coarse woody debris in an evergreen broad-leaved forest of Eastern China. Forest Ecology and Management, 252: 98-107.
- Yang, L., Dai, L. and Zhang, Y. 2002. Storage and decomposition of fallen wood in dark coniferous forest on the North Slope of Changbai Mountain in Chinese. Chinese Journal of Applied Ecology, 13(9): 1069-1071.
- Yatskov, M., Harmon M.E. and Krankina, O.N. 2003. A chronosequence of wood decomposition in the boreal forests of Russia. Canadian Journal of Forest Research, 33: 1211-1226.
- Yeboah, D. 2011. Variation in carbon content of tropical tree species from Ghana. Thesis, Michigan Technological University, 2011. http://digitalcommons.mtu.edu/etds/161.
- Yin, X., 1999. The decay of forest dead wood: numerical modeling and implications based on some 300 data cases from North America. Oecologia, 121:81-98.

Archive of SID

www.SID.ir

Decay dynamics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) deadwood in mixed beech stands

F. Alidadi[1], M.R. Marvie Mohadjer[2], V. Etemad[3] and K. Sefidi[4]

1- M. Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.
2- Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.
3- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.
4 - Assistant Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran.

Received: 02.02.2014 Accepted: 07.26.2014

Abstract

Due to their significance for carbon sequestration and ecosystem management, information on decay dynamic of deadwood and its total decay time are of great importance to ecologists and forest managers. This study was conducted in Kheirud forest of Nowshahr to study the decay process of beech and hornbeam deadwood. Therefore, 72 beech and hornbeam dead trees were randomly selected. For each sample tree, information on species, diameter, decay classes and slope gradient were recorded. The cubic cut samples with 5 cm length, width and height in two perpendicular aspects were taken from each decaying stump. 30 and 16 years of decaying time were shown to be needed for 95% dry mass of dead beech and hornbeam logs, respectively. In addition, the required periods for passing through all stages of decay for beech and hornbeam dead trees were 27 and 21 years, respectively. A strong relation (R^2=0.8) between density and decay stage of dead trees was indicated. Therefore, the density of dead wood was concluded to significantly decline with increased decay stage in both species.

Keywords: Deadwood, decay grade, decay time, oriental beech, hornbeam.

Archive of SID

www.SID.ir