Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دوازدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص ۵۷۵-۵۵۷
مقاله پژوهشی

تغییرات مقدار چگالی، زی‌توده، ذخیرهٔ کربن و نیتروژن چوب خشک‌دارهای راش و ممرز برحسب درجات مختلف پوسیدگی در جنگل خیرود نوشهر

افسانه خلیلی[۱]، اسداله متاجی[۲*]، خسرو ثاقب طالبی[۳] و سیدمحمد حجتی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
[۲] استاد گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
[۳] استاد پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
[۴] دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸)

چکیده

خشک‌دارها نقش‌های ساختاری و بیوژئوشیمیایی مهمی در فرایندهای اکوسیستم جنگلی ایفا می‌کنند. هدف پژوهش حاضر، تعیین مقدار چگالی چوب و زی‌تودهٔ خشک‌دارهای راش و ممرز و رابطهٔ آن برحسب درجات مختلف پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود شهرستان نوشهر در استان مازندران است. ابتدا از خشک‌دارها (با قطر میانهٔ بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) در سطحی معادل ۵۰ هکتار به‌صورت صددرصد آماربرداری شد. سپس برای تعیین چگالی چوب، از هر خشک‌دار سه نمونهٔ مکعبی (نزدیک به مغز، نزدیک به پوست و بین مغز و پوست) به ابعاد ۲× ۲× ۲ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شد. پس از تعیین انواع چگالی (چگالیِ تر، خشک و بحرانی) در محیط آزمایشگاه، نمونه‌ها آسیاب شدند و با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی، کربن و نیتروژن خشک‌دارها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که انواع چگالی چوب خشک‌دارها با افزایش درجهٔ پوسیدگی کاهش پیدا می‌کند. همچنین چگالی خشک از کلاسهٔ کم‌قطر به قطور خشک‌دارها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. نتایج مربوط به زی‌توده نشان داد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی، مقدار زی‌توده افزایش پیدا می‌کند. از نظر کلاسه‌های قطری نیز با افزایش قطر خشک‌دارها، زی‌توده روند افزایشی نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی و کلاسه‌های قطری خشک‌دارها، ذخیرهٔ کربن آنها افزایش پیدا می‌کند، اما در مورد ذخیرهٔ نیتروژن به‌علت نبود تفاوت معنی‌دار، الگوی خاصی مشاهده نشد. بر این اساس وجود خشک‌دارهای قطور به‌عنوان منبع ذخیرهٔ کربن در جنگل اهمیت زیادی دارد و حفظ آنها به‌منظور مدیریت همگام با طبیعت ضروری است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه، تعادل کربن، چگالی خشک، خیرود، کلاسهٔ قطری.

مقدمه

یکی از اصول جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، حفظ خشک‌دارهای موجود در اکوسیستم‌های جنگلی است (Lassauce et al., 2011). با پایان یافتن عمر فیزیولوژیکی درخت، وظایف اکولوژیکی آن پایان نمی‌یابد (Alidadi et al., 2014)، بلکه در هر اکوسیستم جنگلی، درختان زنده و خشک‌دارها با یکدیگر ارتباط دارند. دلیل برقراری تنوع نیز وجود

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۶۴۰۸۲۸۶
ایمیل: amataji@srbiau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

ارگانیسم‌های مختلف در اکوسیستم جنگل است؛ به‌طوری که با مرگ یک درخت، اکوسیستم جنگل همچنان می‌تواند باقی بماند (Shorohova & Kapitsa, 2015; Koster et al., 2015). در چشم‌اندازی کلی، خشک‌دارها به همهٔ مواد چوبی مرده یا در حال پوسیدن در اکوسیستم جنگل شامل ساقه و شاخه‌های آن، شاخوبرگ و ریشه‌ها گفته می‌شود، بنابراین هم شامل اندام‌های روی زمینی و هم اندام‌های زیر زمینی می‌شود (Harmon & Sexton, 1995). خشک‌دارها بخش ساختاری و چندکارکردی اکوسیستم‌های جنگلی هستند و اهمیت اساسی در کارکرد اکوسیستم دارند و نیز بر فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی تأثیر می‌گذارند (Paletto & Tosi, 2010). خشک‌دارهای افتاده و سرپا، زیستگاه اساسی انواع جانوران مهره‌دار و بی‌مهره، پرندگان و قارچ‌های ساپروفیتی هستند (Humphrey et al., 2004) که در درجات مختلف پوسیدگی این تراکم زیستگاهی وجود دارند (Vrška et al., 2015). خشک‌دارها پس از فرایند پوسیدن نیز بخش مهمی از خاک‌های جنگلی را تشکیل می‌دهند و تأثیر مستقیم بر ذخیرهٔ مواد مغذی در رویشگاه دارند. به‌عبارت دیگر، خشک‌دارها تنها آشیان نیستند، بلکه دامنهٔ پیچیده‌ای از ریزآشیان‌های مختلف‌اند که منبع اصلی مواد آلی خاک (Kwak et al., 2015; Dudley et al., 2004) را تشکیل می‌دهند. سطوح مواد مغذی اطراف خشک‌دارها زیادند و از این‌رو بر پوشش گیاهی اطراف تأثیر می‌گذارند (Kirby et al., 1998). از طرف دیگر، خشک‌دارها سبب افزایش تنوع گیاهی و جانوری در اکوسیستم جنگل می‌شوند. از این‌رو خشک‌دارها شاخصی مؤثر و ضروری در چرخهٔ مواد غذایی، ذخیرهٔ کربن در بلندمدت، تجدید حیات جنگل و حفظ تولید و پایداری اکوسیستم‌های جنگلی می‌شوند (Aticie et al., 2008). خشک‌دارها جنگل را پایدار نگه می‌دارند و تولیدات آن را تقویت و حفظ می‌کنند (Dudley et al., 2004) و اهمیت زیادی در کیفیت رویشگاه برای پایداری ارگانیسم‌ها (Gould et al., 2008)، ساختار و فرایندهای بیوژئوشیمیایی اکوسیستم‌های جنگلی دارند (Cousins et al., 2015). گذشته از نقش خشک‌دارها در پایداری تنوع زیستی (Koster et al., 2015)، زی‌تودهٔ آنها نیز اهمیت دارد. جنگل‌ها حاوی منبع عظیمی از کربن هستند که بر تعادل کربن جهانی تأثیر می‌گذارند (UN, 1992). زی‌تودهٔ رو و زیر زمینی درختان و درختچه‌ها، خشک‌دارها، لاشبرگ و خاک پنج منبع مهم کربن در اکوسیستم‌های خشکی هستند (Kimberley et al., 2016). جنگل‌های جهان حاوی حدود ۶۰۶ گیگاتن زی‌تودهٔ زنده و ۵۹ گیگاتن خشک‌دار هستند (FAO, 2020). خشک‌دارهای قطور تأثیر زیادی در ذخیرهٔ کربن دارند و مدت زمان طولانی به پایداری ذخیرهٔ کربن در اکوسیستم‌های طبیعی کمک می‌کنند (Olajuyigbe et al., 2011). مقدار نیتروژن در خشک‌دارهای قطور و مسن در هر مرحله از تجزیه کاهش پیدا می‌کند و خشک‌دارهای قطور و مسن منبعی از نیتروژن هستند (Bantle et al., 2014). از طرف دیگر، در جنگل‌های شمالگانی، غلظت نیتروژن در خشک‌دارها با افزایش کلاسه‌های پوسیدگی و تخریب افزایش نشان می‌دهد (Koster et al., 2015). مقدار ذخیرهٔ کربن در خشک‌دارها برحسب نوع گونه و کلاسه‌های مختلف قطری متفاوت است (Cosmo et al., 2013). با افزایش درجهٔ پوسیدگی، غلظت کربن در خشک‌دارهای سرپا افزایش نشان می‌دهد (Cousins et al., 2015). درجهٔ پوسیدگی و قطر خشک‌دارهای راش و ممرز مهم‌ترین عوامل اثرگذار در تبدیل خشک‌دارهای سرپا به افتاده‌اند (Sefidi & Marvie Mohajer, 2010). بررسی پویایی پوسیدگی خشک‌دارهای راش و ممرز در جنگل آمیختهٔ راش نشان می‌دهد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی چوب خشک‌دارهای راش و ممرز

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش پیدا می‌کند (Alidadi et al., 2014). چگالی چوب از مهم‌ترین ویژگی‌های اکولوژیکی و تکنولوژیکی درخت (Chave et al., 2009) و همچنین بازگوکنندهٔ مقدار زی‌توده در واحد حجم اجزای مختلف آن است و از این‌رو، برای برآورد زی‌تودهٔ روی زمینی در جنگل استفاده می‌شود (Henry et al., 2010). با توجه به اهمیت خشک‌دارها در جنگل و نقش آنها در اکوسیستم‌های طبیعی، هدف مطالعهٔ حاضر تعیین مقدار انواع چگالی، زی‌توده، ذخیرهٔ کربن و نیتروژن چوب خشک‌دارهای راش و ممرز برحسب درجات مختلف پوسیدگی در کلاسه‌های مختلف قطری است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

تحقیق حاضر در منطقه‌ای به مساحت ۵۰ هکتار (پارسل‌های ۳۱۸، ۳۱۹، ۳۱۶ و ۳۲۴) از بخش گرازبن جنگل طبیعی آموزشی و پژوهشی خیرود شهرستان نوشهر در استان مازندران انجام گرفت. میانگین دمای سالانهٔ منطقه ۱۵/۹ درجهٔ سانتی‌گراد، متوسط بارندگی سالیانه ۱۳۰۰ میلی‌متر و اقلیم مرطوب است (Etemad, 2002). دامنهٔ ارتفاعی منطقه از ۱۱۵۰ تا ۱۳۵۰ متر از سطح دریا متغیر است. جهت عمومی منطقه شمالی- جنوبی با دامنهٔ شیب بین صفر تا ۵۰ درصد و الگوی ساختاری توده‌ها دانه‌زاد ناهمسال نامنظم با تیپ غالب راش- ممرز و تاج‌پوشش حدود ۹۰ درصد است که دارای زادآوری متوسطی است (Etemad, 2002).

شیوهٔ اجرای پژوهش

در این مطالعه، آماربرداری از خشک‌دارهای قطور با قطر میانهٔ بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر به‌صورت صددرصد در سطح ۵۰ هکتار انجام گرفت. در مورد خشک‌دارهای سرپا، نوع گونه و قطر برابرسینه و در خصوص خشک‌دارهای افتاده نیز نوع گونه، قطر میانی (سانتی‌متر) و طول (متر) آنها ثبت شد. برای تعیین موقعیت خشک‌دارهای منطقه از روش فاصله–آزیموت (Meour, 1993) استفاده شد. ابتدا مختصات سه نقطه روی جادهٔ جنگلی مشخص و مختصات آنها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[1] با دقت زیاد ثبت و به‌عنوان نقطه‌های شاخص در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از دستگاه فاصله‌یاب لیزری (Vertex III) فاصله و آزیموت همهٔ خشک‌دارها نسبت به این نقاط یادداشت شد. در مرحلهٔ بعد با استفاده از روابط ریاضی، موقعیت مکانی این نقاط برحسب طول و عرض جغرافیایی به‌دست آمد. درجهٔ پوسیدگی خشک‌دارها (افتاده و سرپا) با استفاده از روش پیشنهادی Christensen & Vesterdal (2003) در شش درجهٔ پوسیدگی تعیین شد.

درجهٔ پوسیدگی ۱: پوست سالم بوده و فقط در قسمت‌های کوچکی از بین رفته است، شاخه‌ها وجود دارند، جسم سخت (مانند چاقو) فقط تا عمق ۱ تا ۲ میلی‌متر در چوب نفوذ می‌کند.

درجهٔ پوسیدگی ۲: تکه‌های پوست بیش از ۵۰ درصد تنه را پوشانده یا کمتر از ۵۰ درصد پوست از بین رفته است، جسم سخت (چاقو) تا عمق ۱ سانتی‌متری داخل چوب نفوذ می‌کند، سطح صاف و سالم است.

درجهٔ پوسیدگی ۳: پوست و شاخه‌ها از دست رفته‌اند و چوب در حال نرم شدن است، جسم سخت (چاقو) تا عمق ۱ تا ۵ سانتی‌متر در داخل چوب فرو می‌رود، سطح چوب صاف است و در برخی قسمت‌ها شکاف‌هایی وجود دارد.

درجهٔ پوسیدگی ۴: پوست و شاخه‌ها از دست رفته‌اند، نرم‌شدگی پوست مشهود است، جسم سخت (چاقو) بیشتر از ۵ سانتی‌متر داخل چوب نفوذ می‌کند، شکاف‌های بزرگی در چوب وجود دارد و قسمت‌های کوچکی از آن از دست رفته است.

درجهٔ پوسیدگی ۵: پوست و شاخه‌ها از بین رفته‌اند، چوب نرم شده است، چاقو تا عمق بیش از ۵ سانتی‌متر در داخل چوب فرو می‌رود، تکه‌های بزرگی

1. Global Positioning System

www.SID.ir

Archive of SID

از چوب از دست رفته و به شکل نامنظم درآمده است.

درجهٔ پوسیدگی ۶: پوست و شاخه‌ها از دست رفته‌اند، چوب نرم شده است، کالبد درخت از بین رفته و فقط تکه‌های چوب باقی مانده و به شکل نامنظم درآمده و با خاک پوشانده شده است.

برای تعیین چگالی چوب برحسب درجهٔ پوسیدگی، از هر خشک‌دار با درجهٔ پوسیدگی مشخص، سه نمونهٔ نزدیک به مغز چوب (A)، نزدیک به پوست (B) و بین مغز و پوست چوب (C) به‌صورت مکعب‌هایی به ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر برداشت شد (Aryaie Monfared et al., 2012). برای تعیین چگالی چوب از نظر کلاسه‌های قطری، سه کلاسهٔ کم‌قطر (۳۲/۵-۷/۵ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۵۷/۵-۳۲/۵ سانتی‌متر) و قطور (بیشتر از ۵۷/۵ سانتی‌متر) (Sagheb-Talebi & Schutz, 2002) در نظر گرفته و از هر کدام نمونه‌های A، B و C برداشت شد. برای حفظ رطوبت، نمونه‌ها درون کیسه‌های مخصوص قرار داده و برای تجزیه‌وتحلیل نهایی به آزمایشگاه منتقل شد. در محیط آزمایشگاه، حجمِ تر نمونه‌های مکعبی با استفاده از رابطهٔ ریاضی حجم مکعب محاسبه شد و سپس وزنِ تر نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و چگالیِ تر (D_w) نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ ۱ به‌دست آمد. در ادامه برای به‌دست آوردن چگالی خشک (D_d)، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲ ± ۱۰۳ درجهٔ سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند (Kollman & Cote, 1968) و پس از خشک شدن، وزن و حجم خشک هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

$$D = \frac{m}{v} \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

در این رابطه، m وزن خشک یا تر نمونهٔ چوب (گرم) و v حجمِ تر نمونهٔ چوب (سانتی‌متر مکعب) است (Paletto & Tosi, 2010).

برای به‌دست آوردن چگالی بحرانی (D_c) چوب از رابطهٔ ۲ استفاده شد.

$$D_c = \frac{m_o}{v_u} \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

در این رابطه، m_o وزن خشک چوب (گرم) و vu حجم چوب اشباع از آب و رطوبت (سانتی‌متر مکعب) است.

برای اندازه‌گیری عناصر غذایی خشک‌دارها، از کنده یا قسمت انتهایی تنهٔ خشک‌دارها (راش و ممرز) در هر کلاسهٔ قطری (از هر کلاسه؛ ۴ نمونه راش و ۴ نمونه ممرز) و هر درجهٔ پوسیدگی (از هر درجهٔ پوسیدگی: چهار نمونه راش و چهار نمونه ممرز با این تفاوت که خشک‌دار ممرز با درجهٔ پوسیدگی یک در منطقه وجود نداشت) نمونه‌برداری شد (در مجموع ۶۰ نمونه) و نمونه‌ها درون کیسه‌های مخصوص قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. برای تعیین موجودی کربن زی‌تودهٔ خشک‌دارها، نمونه‌های مربوط به هر خشک‌دار در درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف آسیاب شده و در داخل بوته‌های چینی[1] که از قبل وزن شده بود درون کورهٔ الکتریکی[2] در دمای ۴۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن بوته‌های چینی و خاکستر شدن نمونه‌های درون آنها، دوباره توزین صورت گرفت و سپس با در دست داشتن وزن اولیه و وزن خاکسترهای ایجادشده از تبدیل مادهٔ آلی به کربن آلی، در نهایت درصد کربن برای هر نمونه براساس رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه شد (Allen et al., 1986).

$$Ash(\%) = \frac{(w_3 - w_1)}{(w_2 - w_1)} \times 100 \qquad \text{(رابطهٔ ۳)}$$

$$C(\%) = (100 - Ash) \times 0.58 \qquad \text{(رابطهٔ ۴)}$$

(Considering 58% carbon in ash - free litter material)

در این رابطه، w_1 وزن بوته‌های چینی، w_2 وزن نمونه‌های خشک‌شده در آون به‌همراه بوته‌های چینی

[1]-Crucible
[2]-Electric furrance

www.SID.ir

Archive of SID

و w_3 وزن خاکستر و بوته‌های چینی است. در نهایت موجودی کربن زی‌توده براساس هکتار به‌دست آمد. با در دست داشتن مقادیر موجودی کربن به‌دست‌آمده، محاسبات تعیین موجودی کربن خشک‌دارها انجام گرفت. در نهایت مقادیر به‌دست‌آمدهٔ زی‌توده در پلات‌های نمونه‌گیری به واحد تن در هکتار ($t.ha^{-1}$) تبدیل شد. همچنین مقدار نیتروژن نمونه‌های چوبی خشک‌دارها در درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف با استفاده از روش تیتراسیون بعد از مراحل هضم و تقطیر در سیستم کجلدال اندازه‌گیری شد (Gubena & Soromessa, 2017; Âlvarez-DaÂvila et al., 2017). در نهایت برای به‌دست آوردن مقدار ذخیرهٔ کربن و نیتروژن در خشک‌دارها و براساس درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف، درصد هر کدام از این عناصر در زی‌تودهٔ مربوط ضرب شد.

روش تحلیل

بررسی نرمال بودن داده‌ها و برابری واریانس به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون در نرم‌افزار آماری SPSS انجام گرفت. در ادامه برای مشخص کردن تفاوت‌های معنی‌دار بین مقادیر انواع چگالی چوب خشک‌دارها، مقدار زی‌توده، درصد کربن و نیتروژن و همچنین ذخیرهٔ کربن و نیتروژن در درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف از تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد و همهٔ آزمون‌های آماری در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد اطمینان انجام گرفت.

نتایج

- چگالی چوب خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی

به‌طور کلی با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی چوب کل خشک‌دارها کاهش پیدا می‌کند. نتایج تجزیهٔ واریانس یکطرفه نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) بین میانگین مقادیر چگالیِ تر (نزدیک به پوست) چوب همهٔ خشک‌دارها (راش و ممرز) در درجات مختلف پوسیدگی وجود دارد (جدول ۱). در ادامه، خروجی مربوط به آزمون تعقیبی دانکن نشان داد که میانگین مقدار چگالی تر (نزدیک به پوست) چوب کل خشک‌دارها در درجهٔ پوسیدگی ۲ (۰/۷۶۴) به‌طور معنی‌داری بیشتر از درجهٔ پوسیدگی ۵ (۰/۴۹۶) است. بین میانگین مقدار چگالی تر چوب کل خشک‌دارها در درجات پوسیدگی ۳ (۰/۶۴۲) و ۴ (۰/۶۴۶) و نیز بین این دو مقدار و مقادیر درجات پوسیدگی ۲ و ۵ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱).

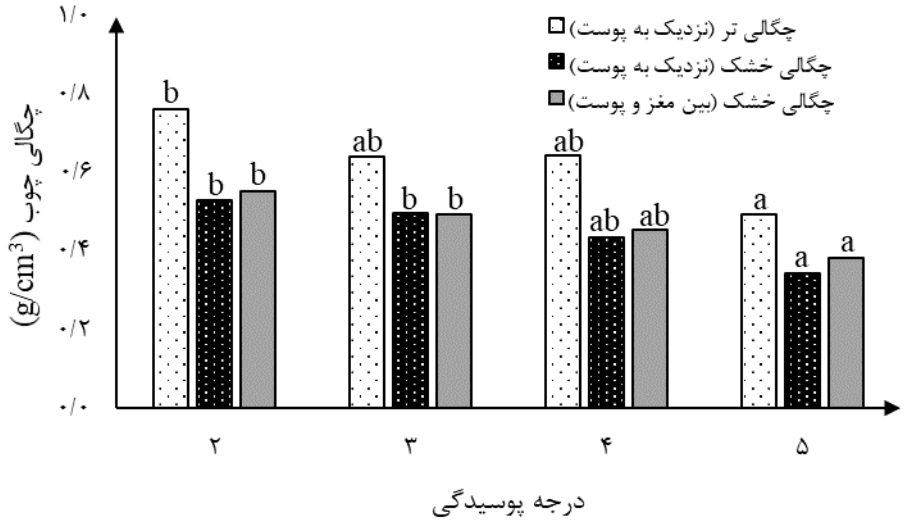
جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس یکطرفهٔ میانگین چگالی چوب خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی

نوع چگالی چوب	منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهF	سطح معنی‌داری
چگالیِ تر (نزدیک به پوست)	بین گروه‌ها	۳	۰/۴۱۵	۰/۱۳۸	۴/۰۷۵	۰/۰۱۲
	داخل گروه‌ها	۴۵	۱/۵۲۸	۰/۰۳۴		
	کل	۴۸	۱/۹۴۳			
چگالی خشک (نزدیک به پوست)	بین گروه‌ها	۳	۰/۲۴۰	۰/۰۸۰	۴/۶۳۶	۰/۰۰۷
	داخل گروه‌ها	۴۵	۰/۷۷۸	۰/۰۱۷		
	کل	۴۸	۱/۰۱۸			
چگالی خشک (بین مغز و پوست)	بین گروه‌ها	۳	۰/۱۸۱	۰/۰۶۰	۳/۷۹۲	۰/۰۱۷
	داخل گروه‌ها	۴۵	۰/۷۱۸	۰/۰۱۶		
	کل	۴۸	۰/۸۹۹			

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور کلی با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی خشک چوب کل خشک‌دارها کاهش پیدا می‌کند. مقایسهٔ میانگین مقادیر چگالی خشک (نزدیک به پوست) چوب کل خشک‌دارها (راش و ممرز) در درجات مختلف پوسیدگی نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). در ادامه نتایج آزمون دانکن نشان داد که میانگین مقدار چگالی خشک (نزدیک به پوست) درجهٔ پوسیدگی ۵ (۰/۳۴۶) به‌طور معنی‌داری نسبت به درجات پوسیدگی ۳ (۰/۴۹۸) و ۲ (۰/۵۳۲) کمتر است (شکل ۱). همچنین میانگین مقدار درجهٔ پوسیدگی ۵ نسبت به درجهٔ پوسیدگی ۴ (۰/۴۳۶) کمتر است، ولی تفاوت معنی‌داری ندارد. بین میانگین مقدار چگالی خشک (نزدیک به پوست) درجات پوسیدگی ۴، ۳ و ۲ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به‌طور کلی با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی خشک (بین مغز و پوست) چوب کل خشک‌دارها کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان داد بین میانگین مقادیر چگالی خشک (بین مغز و پوست) چوب کل خشک‌دارها (راش و ممرز) در درجات مختلف پوسیدگی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). در ادامه نتایج آزمون دانکن نشان داد که میانگین مقدار چگالی خشک (بین مغز و پوست) درجهٔ پوسیدگی ۵ (۰/۳۸۳) به‌طور معنی‌داری کمتر از درجات پوسیدگی ۳ (۰/۴۹۵) و ۲ (۰/۵۵۵) است (شکل ۱). بین درجات پوسیدگی ۴، ۳ و ۲ نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. بین درجهٔ پوسیدگی ۵ و ۴ (۰/۴۵۴) نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۱- مقایسهٔ میانگین مقادیر انواع چگالی چوب کل خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی

- چگالی چوب خشک‌دارها در کلاسه‌های مختلف قطری

نتایج نشان داد که میانگین چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش و راش افتاده در کلاسه‌های قطری مختلف دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج آزمون دانکن هم نشان داد که میانگین چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش در کلاسهٔ کم‌قطر (۰/۵۱۴) به‌طور معنی‌داری بیشتر از کلاسه‌های قطور (۰/۳۶۲) است، ولی با کلاسهٔ میان‌قطر (۰/۴۰۲) تفاوت معنی‌داری ندارد (شکل ۲). در ادامه نتایج نشان داد که میانگین چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش افتاده در کلاسه‌های قطری مختلف

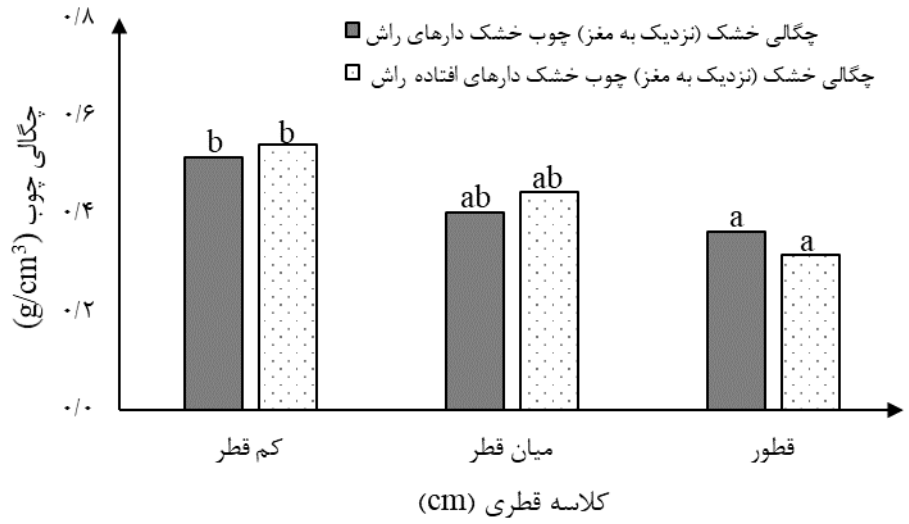
www.SID.ir

Archive of SID

دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۲). نتایج آزمون دانکن نشان داد که میانگین چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش افتاده در کلاسهٔ کم‌قطر (۰/۵۴۰) به‌طور معنی‌داری بیشتر از کلاسهٔ قطور (۰/۳۱۵) است، ولی تفاوت معنی‌داری با کلاسهٔ میان‌قطر (۰/۴۴۴) ندارد (شکل ۲).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش و راش افتاده در کلاسه‌های قطری مختلف

نوع چگالی چوب	منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معنی‌داری
چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای راش	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۹۷	۰/۰۴۹	۴/۲۳۰	۰/۰۲۰
	داخل گروه‌ها	۲۳	۰/۲۶۵	۰/۰۱۲		
	کل	۲۵	۰/۳۶۲			
چگالی خشک (نزدیک به مغز) خشک‌دارهای افتادهٔ راش	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۸۷	۰/۰۴۴	۵/۳۳۳	۰/۰۲۰
	داخل گروه‌ها	۱۰	۰/۰۸۲	۰/۰۰۸		
	کل	۱۲	۰/۱۶۹			



شکل ۲- مقایسه میانگین مقادیر انواع چگالی چوب خشک‌دارها در کلاسه‌های قطری مختلف

- مقدار زی‌توده، کربن و نیتروژن به تفکیک درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری

براساس آنالیز واریانس یکطرفه زی‌تودهٔ خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی، میانگین مقدار زی‌تودهٔ خشک‌دارهای راش و ممرز در درجات مختلف پوسیدگی تفاوت معنی‌داری ندارند، ولی مقدار آن در کل خشک‌دارها تفاوت معنی‌داری دارد (جدول ۳). میانگین زی‌تودهٔ خشک‌دارهای راش در درجات پوسیدگی ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۰/۷۵۵، ۰/۵۸۲، ۱/۲۲۶ و ۲/۸۰۰ تن در هکتار به‌دست آمد. همچنین برای خشک‌دارهای گونهٔ ممرز این مقادیر به‌ترتیب ۰/۳۶۶، ۰/۹۰۶، ۱/۳۹۸ و ۱/۴۴۴ تن در هکتار

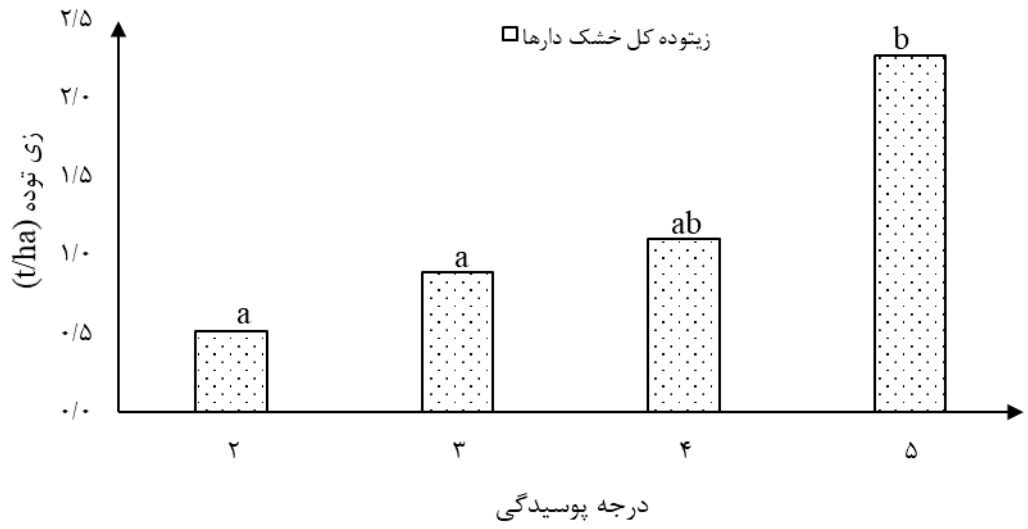
www.SID.ir

Archive of SID

به‌دست آمد. در مورد کل خشک‌دارها، مقادیر میانگین زی‌تودهٔ درجات پوسیدگی ۲ (۰/۵۲۲)، ۳ (۰/۸۹۶) و ۴ (۱/۱۰۳) تفاوت معنی‌داری نشان ندادند، ولی درجهٔ ۲ و ۳ با درجهٔ ۵ (۲/۲۷۸) تفاوت معنی‌داری داشتند. بین درجات ۴ و ۵ نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین مقدار زی‌توده در درجهٔ پوسیدگی ۵ مشاهده شد (شکل ۳).

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ زی‌تودهٔ خشک‌دارها (راش و ممرز) در درجات پوسیدگی مختلف

نوع چگالی چوب	منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معنی‌داری
زی‌تودهٔ کل خشک‌دارها	بین گروه‌ها	۳	۲۰/۹۵۵	۶/۹۸۵	۲/۸۶۹	۰/۰۴۰
	داخل گروه‌ها	۴۵	۱۰۹/۵۴۸	۲/۴۳۴		
	کل	۴۸	۱۳۰/۵۰۳			
زی‌تودهٔ خشک‌دار راش	بین گروه‌ها	۳	۲۲/۹۱۵	۷/۶۳۸	۲/۳۸۸	۰/۰۹۰
	داخل گروه‌ها	۲۴	۷۶/۷۵۹	۳/۱۹۸		
	کل	۲۷	۹۹/۶۷۴			
زی‌تودهٔ خشک‌دار ممرز	بین گروه‌ها	۳	۴/۲۲۸	۱/۴۰۹	۰/۹۸۲	۰/۴۰۰
	داخل گروه‌ها	۱۷	۲۴/۴۰۷	۱/۴۳۶		
	کل	۲۰	۲۸/۶۳۵			



شکل ۳- مقایسهٔ میانگین مقدار زی‌تودهٔ کل خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی

مقدار زی‌تودهٔ خشک‌دارها براساس کلاسه‌های قطری نیز بررسی شد. به‌طور کلی با افزایش کلاسهٔ قطری، مقدار زی‌توده نیز افزایش پیدا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که بین میانگین مقدار زی‌تودهٔ خشک‌دارها در کلاسه‌های مختلف قطری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). در ادامه آزمون تعقیبی دانکن نشان داد که میانگین مقدار زی‌تودهٔ خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در

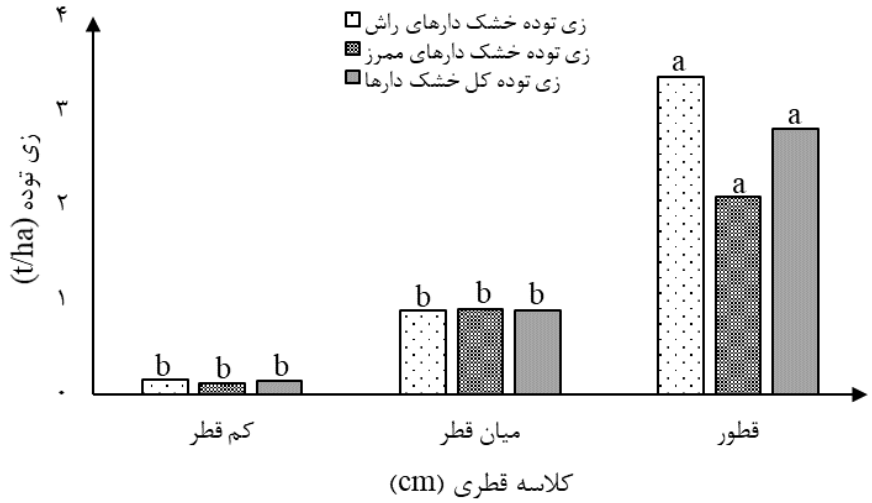
www.SID.ir

Archive of SID

کلاسه‌های کم‌قطر (۰/۱۵۶، ۰/۱۱۳، ۰/۱۳۷) و میان‌قطر (۰/۸۹۲، ۰/۸۹۸، ۰/۸۹۴) تفاوت معنی‌داری با کلاسهٔ قطور (۳/۳۶۶، ۲/۰۹۱، ۲/۸۰۸) دارد (شکل ۴).

جدول ۴- جدول تجزیهٔ واریانس یکطرفه زی‌تودهٔ خشک‌دارها (راش و ممرز) در کلاسه‌های قطری مختلف

نوع چگالی چوب	منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آمارهF	سطح معنی‌داری
زی‌تودهٔ کل خشک‌دارها	بین گروه‌ها	۲	۶۳/۰۵۴	۳۱/۵۲۷	۲۱/۵۰۲	۰,۰۰۰
	داخل گروه‌ها	۴۶	۶۷/۴۴۸	۱/۴۶۶		
	کل	۴۸	۱۳۰/۵۰۳			
زی‌تودهٔ خشک‌دار راش	بین گروه‌ها	۲	۵۲/۵۸۹	۲۶/۲۹۴	۱۳/۹۶۱	۰,۰۰۰
	داخل گروه‌ها	۲۵	۴۷/۰۸۵	۱/۸۸۳		
	کل	۲۷	۹۹/۶۷۴			
زی‌تودهٔ خشک‌دار ممرز	بین گروه‌ها	۲	۱۴/۶۸۴	۷/۳۴۲	۹/۴۷۲	۰/۰۰۲
	داخل گروه‌ها	۱۸	۱۳/۹۵۲	۰/۷۷۵		
	کل	۲۰	۲۸/۶۳۵			



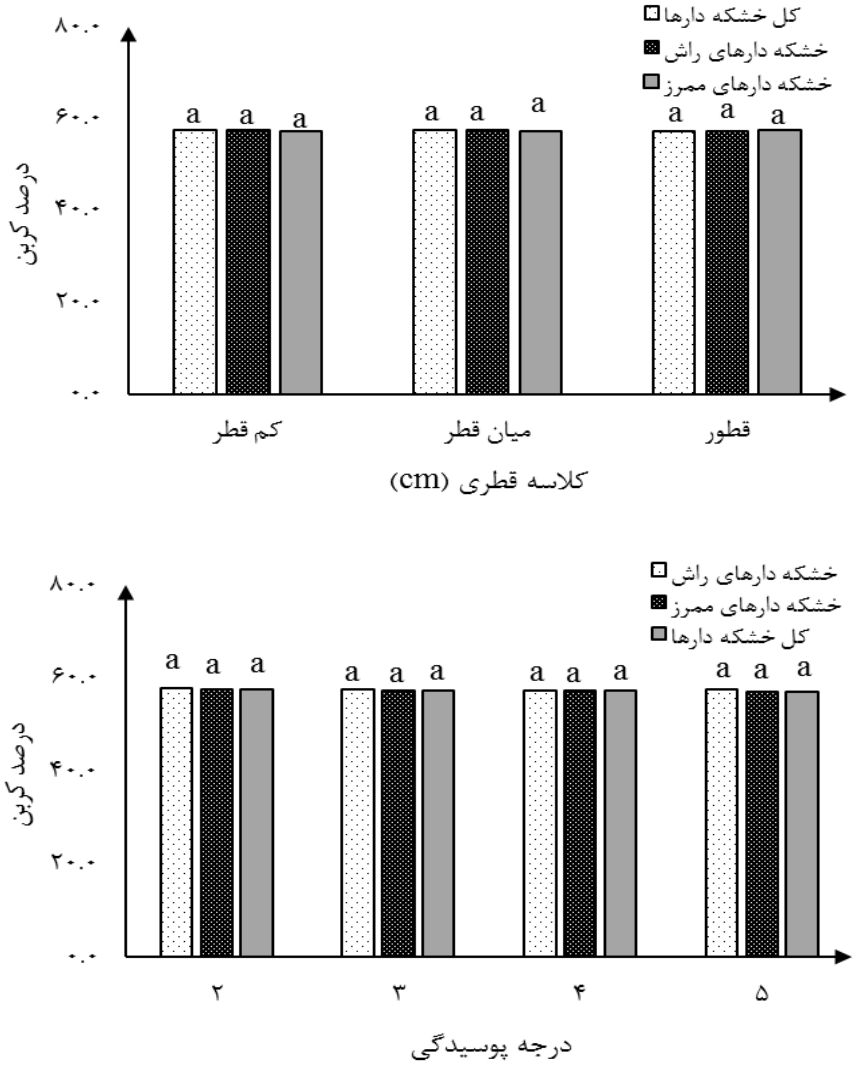
شکل ۴- مقایسهٔ میانگین مقدار زی‌تودهٔ کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای راش و خشک‌دارهای ممرز در کلاسه‌های مختلف قطری

تحلیل واریانس یکطرفهٔ مقدار کربن کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای راش و ممرز نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) بین کلاسه‌های قطری از نظر درصد کربن وجود ندارد. در شکل ۵ میانگین مقدار درصد کربن انواع خشک‌دارها در سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور ارائه شده است. درصد کربن کل خشک‌دارها در سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور به‌ترتیب ۵۷/۵، ۵۷/۴ و ۵۷/۳ به‌دست آمد. برای خشک‌دارهای راش نیز درصد کربن برای سه کلاسهٔ قطری به‌ترتیب ۵۷/۵، ۵۷/۴ و ۵۷/۲ به‌دست آمد. درصد کربن خشک‌دارهای ممرز در سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور به‌ترتیب ۵۷/۴، ۵۷/۴ و ۵۷/۵ به‌دست

www.SID.ir

Archive of SID

آمد. به‌طور کلی مشاهده می‌شود که درصد کربن خشک‌دارها با افزایش کلاسه‌های قطری کاهش می‌یابد. همچنین تحلیل واریانس یکطرفهٔ درصد کربن کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای راش و ممرز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین درجات مختلف پوسیدگی از نظر درصد کربن وجود ندارد. در شکل ۵ میانگین درصد کربن کل خشک‌دارها در درجات پوسیدگی ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۵۷/۵، ۵۷/۴، ۵۷/۳ و ۵۷/۲ است. این مقادیر برای خشک‌دارهای راش نیز به‌ترتیب ۵۷/۷، ۵۷/۶، ۵۷/۲ و ۵۷/۴ به‌دست آمد. میانگین درصد کربن خشک‌دارهای ممرز در درجات پوسیدگی مذکور به‌ترتیب ۵۷/۴، ۵۷/۳، ۵۷/۱ و ۵۷ است. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت که با افزایش درجات پوسیدگی درصد کربن کاهش می‌یابد (شکل ۵).



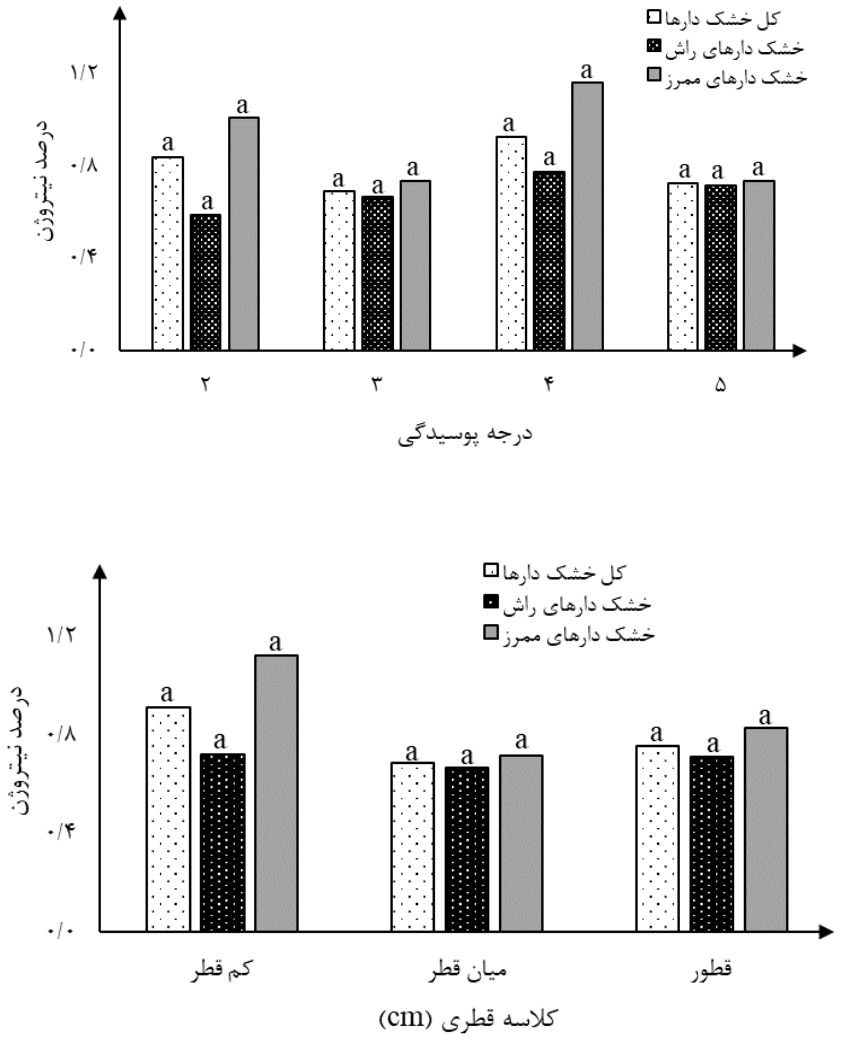
شکل ۵- میانگین مقدار درصد کربن خشک‌دارها در سه کلاسهٔ قطری و درجات مختلف پوسیدگی

تحلیل واریانس یکطرفهٔ مقدار نیتروژن کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای راش و خشک‌دارهای ممرز نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p>0/05$) بین کلاسه‌های قطری از نظر درصد نیتروژن وجود ندارد. در شکل ۶ میانگین مقدار درصد نیتروژن انواع خشک‌دارها در سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور

www.SID.ir

Archive of SID

آورده شده است. درصد نیتروژن کل خشک‌دارها در سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور به‌ترتیب ۰/۹۱۳، ۰/۶۹۰ و ۰/۷۵۶ به‌دست آمد. برای خشک‌دارهای راش درصد نیتروژن برای سه کلاسهٔ کم‌قطر، میان‌قطر و قطور به‌ترتیب ۰/۷۲۴، ۰/۶۶۸ و ۰/۷۱۴ و برای خشک‌دارهای ممرز به‌ترتیب ۱/۱۲۳، ۰/۷۱۷ و ۰/۸۳۲ به‌دست آمد. به‌طور کلی مشاهده می‌شود که درصد نیتروژن کلاسهٔ کم‌قطر بیشتر از دو کلاسهٔ دیگر است. همچنین تحلیل واریانس یکطرفهٔ درصد نیتروژن کل خشک‌دارها، خشک‌دارهای راش و ممرز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین درجات مختلف پوسیدگی از نظر درصد نیتروژن وجود ندارد. براساس شکل ۶، میانگین مقدار درصد نیتروژن کل خشک‌دارها در درجات پوسیدگی ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۰/۸۴۳، ۰/۶۹۵، ۰/۹۲۷ و ۰/۷۲۶ و برای خشک‌دارهای راش به‌ترتیب ۰/۵۹۰، ۰/۶۶۸، ۰/۷۷۸ و ۰/۷۱۸ است. میانگین درصد نیتروژن خشک‌دارهای ممرز در درجات پوسیدگی مذکور به‌ترتیب ۱/۰۱۱، ۰/۷۳۸، ۱/۱۶۶ و ۰/۷۴۰ است. به‌طور کلی می‌توان گفت از درجهٔ پوسیدگی ۲ تا ۴، درصد نیتروژن افزایش پیدا می‌کند، ولی در درجهٔ پوسیدگی ۵ این مقدار کاهش می‌یابد (شکل ۶).



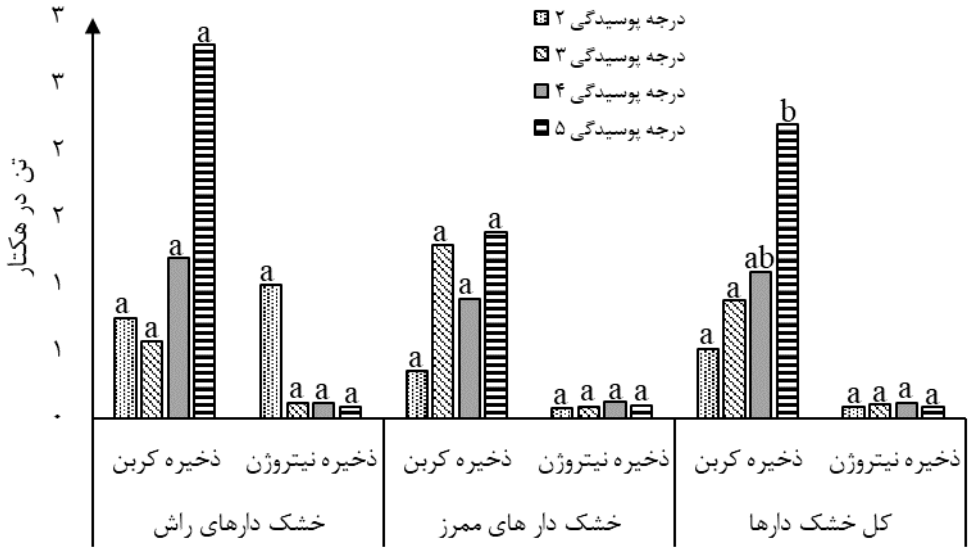
شکل ۶- میانگین مقدار درصد نیتروژن خشک‌دارها در سه کلاسهٔ قطری و درجات مختلف پوسیدگی

www.SID.ir

Archive of SID

- مقدار ذخیرهٔ کربن و نیتروژن چوب خشک‌دارها به تفکیک درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری

نتایج مربوط به مقدار ذخیرهٔ عناصر کربن و نیتروژن در درجات مختلف پوسیدگی خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در شکل ۹ ارائه شده است. بین ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ذخیرهٔ کربن درجهٔ پوسیدگی ۵ (۲/۲ تن در هکتار) تفاوت معنی‌داری با درجات پوسیدگی ۲ (۰/۵۲) و ۳ (۰/۸۹) دارد، ولی با درجهٔ ۴ (۱/۱) تفاوت معنی ندارد. در مورد ذخیرهٔ کربن خشک‌دارهای راش و ممرز نیز درجهٔ پوسیدگی ۵ تفاوت معنی‌داری با دیگر درجات پوسیدگی دارد. به‌طور کلی با افزایش درجهٔ پوسیدگی، ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها افزایش پیدا می‌کند. در مورد ذخیرهٔ نیتروژن تنها درجهٔ پوسیدگی ۲ تفاوت معنی‌داری با دیگر درجات پوسیدگی دارد، ولی در مورد ذخیرهٔ نیتروژن دیگر درجات پوسیدگی، به‌دلیل روند معنی‌دار آماری نمی‌توان الگوی خاصی را بیان کرد.

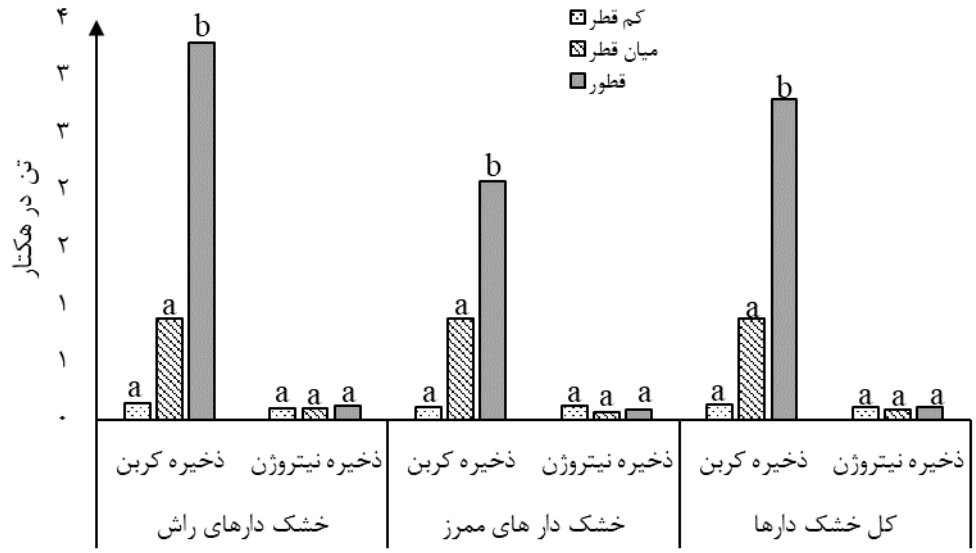


شکل ۹- مقدار ذخیرهٔ عناصر کربن و نیتروژن خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در درجات مختلف پوسیدگی

در شکل ۱۰ مقدار ذخیرهٔ عناصر کربن و نیتروژن خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در کلاسه‌های مختلف قطری ارائه شده است. براساس نتایج این جدول، مقادیر ذخیرهٔ نیتروژن خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در کلاس‌های مختلف قطری تفاوت معنی‌داری ندارند. اما مقادیر ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها در کلاسه‌های قطری تفاوت معنی‌داری دارد و به‌عبارتی، در هر سه نوع خشک‌دار، تفاوت کلاسهٔ قطور با دو کلاسهٔ دیگر معنی‌دار است. به‌طور کلی می‌توان گفت که با افزایش کلاسه‌های قطری خشک‌دارها، ذخیرهٔ کربن آنها نیز افزایش پیدا می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- مقدار ذخیرهٔ عناصر کربن و نیتروژن خشک‌دارهای راش، ممرز و کل خشک‌دارها در کلاسه‌های مختلف قطری

بحث

در تحقیق حاضر، انواع چگالی خشک‌دارهای راش و ممرز در درجات مختلف پوسیدگی و کلاسه‌های قطری بررسی شد. با توجه به نتایج، مقادیر مختلف چگالی خشک بین خشک‌دارهای راش و ممرز با درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف دارای اختلاف معنی‌داری است که البته این موضوع ممکن است ناشی از تأثیرات ژنتیکی (Alidadi et al., 2014)، فیزیولوژیکی و رقابت‌های اکولوژیکی یا ناشی از اثر مراحل تحولی و آشفتگی‌های رخداده در جنگل تحت بررسی باشد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که چگالی خشک چوب ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند اقلیم، رشد متوسط، مواد غذایی مورد نیاز و حتی تحت تأثیر فاکتورهای خاک قرار گیرد (Mani & Parthasarathy, 2007). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش قطر خشک‌دارها، چگالی چوب کاهش پیدا می‌کند (شکل ۴). براساس بررسی Ramananantoandro et al. (2016) متغیر قطر درخت تأثیر معنی‌داری بر چگالی چوب ندارد، ولی نتایج بررسی Woodcock & Shier (2003) و Chowdhury et al. (2013) نشان می‌دهد که در مناطق معتدله، چگالی چوب درختان کم‌قطر، کمتر از درختان قطور است. البته باید توجه داشت که این نتایج در مورد درختان زنده به‌دست آمده است که ساختار و ترکیب چوب آنها با خشک‌دارها متفاوت است. از طرف دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش قطر خشک‌دارها، مقدار زی‌توده در واحد سطح افزایش پیدا می‌کند. در تحقیق حاضر، با افزایش درجهٔ پوسیدگی، مقدار انواع چگالی چوب خشک‌دارها کاهش یافت. تحقیق Alidadi et al. (2014) در جنگل آمیختهٔ راش و ممرز نیز نشان می‌دهد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی خشک‌دارها چگالی آنها کاهش پیدا می‌کند. همچنین یافته‌های Tobin (2006) و Yatskov (2003) نیز مؤید کاهش چگالی چوب با افزایش درجهٔ پوسیدگی است. تغییرات مربوط به انواع چگالی چوب در درجات مختلف پوسیدگی ممکن است ناشی از فعالیت قارچ‌های تجزیه‌کنندهٔ چوب باشد (Swift, 1977). همچنین افزایش مقدار ذخیرهٔ کربن با افزایش پوسیدگی ممکن است به‌علت فعالیت قارچ‌های عامل پوسیدگی قهوه‌ای باشد که همی‌سلولز و

www.SID.ir

Archive of SID

سلولز خشک‌دار را مصرف می‌کنند و بافت غنی از کربن یعنی لیگنین را برجا می‌گذارند (Gilbertson, 1980). براساس بررسی Sefidi et al. (2016) در مراحل پیشرفتهٔ پوسیدگی به‌علت تجزیهٔ کُند لیگنین در خشک‌دارهای راش، مقدار لیگنین از سلولز و همی‌سلولز بیشتر است. ازآنجا که تغییرات چگالی به کلاسه‌های پوسیدگی وابسته است، در مطالعهٔ حاضر نیز چگالی چوب کل خشک‌دارها با افزایش درجهٔ پوسیدگی کاهش نشان داده که با یافته‌های Cousins et al. (2015) و Vanderwel et al. (2006) تطابق دارد. پژوهش Chao et al. (2008) نیز نشان می‌دهد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی چوب کاهش می‌یابد. به‌طور کلی در پهن‌برگان و سوزنی‌برگان افزایش درجهٔ پوسیدگی به‌همراه کاهش چگالی یا تراکم چوب است. این نکته برای برآورد کربن اهمیت دارد. اگر حجم چوب تبدیل‌شده به زی‌تودهٔ کربنی بدون در نظر گرفتن کاهش چگالی با پیشرفت پوسیدگی باشد، مقدار کربن برآوردشدهٔ خشک‌دارها بیش‌برآورد می‌شود (Merganičová & Merganič, 2010). به‌عبارت دیگر، اگر برای همهٔ درجات پوسیدگی یک عدد میانگین چگالی در نظر گرفته شود، بسته به ویژگی‌های خاص منطقهٔ جنگلی تحت مطالعه، خطای برآورد منفی یا مثبت ایجاد خواهد شد. زیاد بودن چگالی چوب در درجات پوسیدگی کم ممکن است ناشی از وجود مقاومت به‌نسبت زیاد در برابر تجزیهٔ میکروبی ترکیبات شیمیایی چوب باشد (Kim & Singh, 2000).

همچنین براساس بررسی Harmon et al. (2013) با افزایش روند پوسیدگی، مقدار ذخیرهٔ کربن، ۱۰-۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که با افزایش درجهٔ پوسیدگی، ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها افزایش می‌یابد. از طرف دیگر نتایج نشان داد که با افزایش قطر خشک‌دارها، ذخیرهٔ کربن آنها نیز افزایش نشان می‌دهد. در بسیاری از گونه‌های مناطق معتدله نیز با افزایش درجهٔ پوسیدگی، چگالی چوب کاهش می‌یابد، در حالی که مقدار کربن بافت چوبی روند افزایشی دارد (Cousins et al., 2015). نتایج تحقیق Woodall et al. (2013) نیز بیانگر آن است که با افزایش درجهٔ پوسیدگی مقدار زی‌تودهٔ خشک‌دار روند افزایشی نشان می‌دهد. گونه‌های درختی با چگالی کمتر به‌طور چشمگیری سریع‌تر از گونه‌های با چگالی بیشتر می‌پوسند. نکتهٔ مهم این است که با توجه به نتایج پیش رو می‌توان بیان کرد که در درجات پوسیدگی شدید همیشه با کاهش چگالی مواجه خواهیم شد (Harmon et al., 1995). در کل تغییرات چگالی به کلاسه‌های پوسیدگی و کربن وابسته است (Vanderwel et al., 2006). با توجه به نتایج، با افزایش کلاسه‌های قطری، چگالی و ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها کاهش نشان می‌دهد. بنابراین کاهش چگالی در کلاسه‌های قطری زیاد، نشان‌دهندهٔ روند سریع تجزیه و انتقال عناصر غذایی به خاک است. اما متوسط چگالی خشک‌دار ممرز با افزایش کلاسه‌های قطری افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه ممرز سریع‌تر از راش روند پوسیدگی را در کلاسه‌های کم‌قطر و میان‌قطر طی می‌کند، در کلاسه‌های قطری زیاد، افزایش چگالی وجود دارد.

در تحقیق حاضر، نتایج نشان داد که روند معنی‌داری بین درصد نیتروژن انواع خشک‌دارها در سه کلاسهٔ قطری و چهار درجهٔ پوسیدگی وجود ندارد. در مورد مقدار ذخیرهٔ کربن خشک‌دارها در درجات پوسیدگی و کلاسه‌های قطری مختلف نیز روند معنی‌داری مشاهده نشد. از نظر کلاسه‌های قطری، درصد نیتروژن کلاسهٔ کم‌قطر بیشتر از دو کلاسهٔ دیگر و کلاسهٔ قطور بیشتر از کلاسهٔ میان‌قطر مشاهده شد. پژوهش‌های دیگر محققان نشان می‌دهد که با افزایش قطر خشک‌دارها، مقدار نیتروژن آنها افزایش پیدا می‌کند (Ganjegunte et al., 2004; Noh et al., 2017). در پژوهش حاضر این روند افزایشی از کلاسهٔ میان‌قطر به قطور مشاهده شد. از طرف دیگر، طبق نتایج محققان دیگر، با افزایش درجهٔ پوسیدگی

www.SID.ir

Archive of SID

خشک‌دارها، مقدار نیتروژن آنها روند افزایشی دارد (Yang et al., 2010; Holub et al., 2001). فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و نیز بی‌تحرکی نیتروژن طی فرایند پوسیدگی خشک‌دارها ممکن است عامل بروز این روند باشد (Garrett et al., 2008; Fierer et al., 2001).

نتیجه‌گیری

یکی از پیامدهای افزایش نرخ مرگ‌ومیر درختان در توده‌های جنگلی، زیاد شدن خشک‌دارهاست که تجزیهٔ این اجزای مهم اکوسیستم‌های جنگلی بر نرخ انتقال کربن تأثیر می‌گذارد و فرایندهای بیوژئوشیمیایی را در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، خشک‌دارها را می‌توان منبع ذخیرهٔ کربن در نظر گرفت، زیرا کربن موجود در آنها طی فرایند تجزیه به‌آرامی آزاد می‌شود. از طرف دیگر، ماندن کربن به مدت طولانی در خشک‌دارها، بر کاهش گرمایش جهانی تأثیر دارد، زیرا مقدار کمتری دی‌اکسید کربن به جو آزاد می‌شود. به‌طور کلی تحقیق حاضر نشان داد که خشک‌دارهای قطور در جنگل از نظر اکولوژیکی اهمیت بیشتری دارند، زیرا ذخیرهٔ کربن بیشتری دارند. از طرف دیگر حذف خشک‌دارها سبب از بین رفتن زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود و بر تنوع این گروه از جانداران اثر منفی دارد. به بیان دیگر، برداشت خشک‌دارها با درک علمی از فرایندهای طبیعی جنگل یا همان مدیریت همگام با طبیعت در تضاد است.

References

Alidadi, F., Marvie Mohajer, M.R., Etemad, V., & Sefidi, K. (2014). Decay dynamics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (Carpinus betulus L.) deadwood in mixed beech stands. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *22*(4), 624-635.

Allen, S.E., Grimshaw, H.M., & Rowland, A.P. (1986). *Chemical Analysis*. In: Moore, P.D. and Chapman, S.B., Eds., Methods of Plant Ecology, Blackwell, Oxford, 285-344.

Âlvarez-DaÂvila, E., Cayuela, L., GonzaÂlez-Caro, S., Aldana, A.M., Stevenson, P.R., Phillips, O., Cogollo, A., Peñuela, M.C., Hildebrand, P.V., JimeÂnez, E., Melo, O., Londoño-Vega, A.C., Mendoza, I., VelaÂsquez, O., FernaÂndez, F., Serna, M., VelaÂzquez-Rua, C., BenõÂtez, D., JoseÂ, M., & Rey-Benayas, J.M. (2017). Forest biomass density across large climate gradients in northern South America is related to water availability but not with temperature. *PLoS ONE*, *12*(3), 0171072.

Aryaie Monfared, M.H., Tavakoli, H., & HosseinKhani, H. (2012). Study of some apparent, anatomical and physical properties of Divdal (Ammodendron persicum) wood from Zirkooh-Qhaen. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, *27*(4), 664-67.

Aticie, E., Colak, A.H., & Rotherham, I.D. (2008). Coarse Dead Wood Volume of Managed Oriental Beech (Fagus orientalis Lipsky) Stands in Turkey. *Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales*, *17*(3), 216-227.

Bantle, A., Borken, W., & Matzner, E. (2014). Dissolved nitrogen release from coarse woody debris of different treespecies in the early phase of decomposition. *Forest Ecology and Management*, *334*, 277–283.

Chao, K.J., Phillips, O.L., & Baker, T.R. (2008). Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, *38*, 795-805.

Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G., & Zanne, A.E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, *12*, 351–366.

www.SID.ir

Archive of SID

Chowdhury, Q., Khan, R., & Mehedi, A.H. (2013). Wood density variation in four plantation species growing in Bangladesh. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, *10*, 32–38.

Christensen, M., & Vesterdal, L. (2003). Nat-Man WP7 report: prepared by members of Work-package7 in the Nat-Man project (Nature-based Management of beech in Europe) funded by the European Community 5th framework programme. *Nat-Man Working Report*, 25p.

Cosmo, D.L., Gasparini, P., Paletto, A., & Nocetti, M. (2013). Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy. *Forest Ecology and Management, 295*, 51–58.

Cousins, S.J.M., Battles, J.J., Sanders J.E., & York, R.A. (2015). Decay patterns and carbon density of standing dead trees in California mixed conifer forests. *Forest Ecology and Management, 353*, 136–147.

Dudley, N., Equilibrium., & Vallauri, D. (2004). Deadwood living forests. *WWF Report*, 1-19.

Etemad, V. (2002). Quantitative and qualitative study of beech tree seeds in forests of Mazandaran province, *PhD thesisForestry*. Department of natural resources, University of Tehran, 258P.

FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020* – Key findings. Rome.

Fierer, N., Schimel, J.P., Cates, R.G., & Zou, J. (2001). Influence of balsam poplar tannin fractions on carbon and nitrogen dynamics in Alaskan taiga floodplain soils. *Soil Biology and Biochemistry, 33*, 1827–1839.

Ganjegunte, G.K., Condron, L.M., Clinton, P.W., Davis, M.R., & Mahieu, N. (2004). Decomposition and nutrient release from radiate pine (Pinus radiate) coarse woody debris. *Forest Ecology and Management, 187*,197–211.

Garrett, L.G., Oliver, G.R., Pearce, S.H., & Davis, M.R. (2008). Decomposition of Pinus radiate coarse woody debris in New Zealand. *Forest Ecology and Management, 255*, 3839–3845.

Gilbertson, R.L. (1980). Wood-rotting fungi of North America. *Mycologia, 72*, 1–49.

Gould, W.A., Gonza´lez, Hudak, A.T., Hollingsworth, T.N., & Hollingsworth, J. (2008). Forest Structure and Downed Woody Debris in Boreal, Temperate, and Tropical Forest Fragments. *Ambio, 37*(7–8), 577-587.

Gubena, A.F., & Soromessa, T. (2017). Variations in Forest Carbon Stocks Along Environmental Gradients in Egdu Forest of Oromia Region, Ethiopia: Implications for Sustainable Forest Management. *American Journal of Environmental Protection*, *6*, 1-8.

Harmon, M.E., Fasth, B., Woodall, C.W., & Sexton, J. (2013). Carbon concentration of standing and downed woody detritus: effects of tree taxa, decay class, position, and tissue type. *Forest Ecology and Management, 291*, 259–267.

Harmon, M.E., & Sexton, J. (1995). Water balance of conifer logs in early stages of decomposition. *Plant and Soil, 172*, 1141-1521.

Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., & Saint-Andre, L. (2010). Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management, 260*, 1375–1388.

Holub, S.M., Spears, D.H., & Lajtha, K.A. (2001). reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research, 31*, 1894–1902.

Humphrey, J.W., Sippola, A.L., Lempe ´rie`re, G., Dodelin, B., Alexander, K.N.A., & Butler, J.E. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: From theory to operational guidance. In M. Marchetti (Ed.), Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe From ideas to operationality. *EFI Proceedings, 51*, 193-206.

Kim, Y.S., & Singh, A.P. (2000). Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: a review. *IAWA Journal, 21*(2), 135–155.

www.SID.ir

Archive of SID

Kimberley, M.O., Beets, P.N., & Paul, T.S.H. (2016). Comparison of measured and modelled change in coarse woody debris carbon stocks in New Zealand's natural forest. *Forest Ecology and Management, 434*, 18-28.

Kirby, K.J., Reid, C.M., Thomes, R.C., & Goldsmith, F.B. (1998). Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. *Journal of Applied Ecology, 35*, 148-155.

Kollman, F.F.P., & Cote, W.A. (1968). *Principles of wood science and technology*. Solid wood: Springer- Verlag, New York.

Koster, K., Metslaid, M., Engelhart, J., & Koster, E. (2015). Deadwood basic density, and the concentration of carbon and nitrogen for main tree species in managed hemiboreal forests. *Forest Ecology and Management, 354*, 35–42.

Kwak, J.H., Changm, S.X., Naeth, M.A., & Schaaf, W. (2015). Coarse Woody Debris Increases Microbial Community Functional Diversity but not Enzyme Activities in Reclaimed Oil Sands Soils. *PLoS ONE, 10*(11), e0143857.

Lassauce, A., Paillet, Y., Jactel, H., & Bouget, Ch. (2011). Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological Indicators, 11*, 1027–1039.

Mani, S., & Parthasarathy, N. (2007). Tree population and above-ground biomass changes in two disturbed tropical dry evergreen forests of peninsular India. *Tropical Ecology, 50*(2), 249-258.

Mataji, A., Sagheb-Talebi, Kh., & Eshaghi-Rad, J. (2014). Deadwood assessment in different developmental stages of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Caspian forest ecosystems. *International Journal of Environmental Science and Technology, 11*, 1215–1222.

Meour, M. (1993). Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. *Forest science, 39*(4), 756-775.

Merganicˇová, K., & Merganicˇ, J. (2010). Coarse woody debris carbon stocks in natural spruce forests of Babia Hora. *Journal of Forest Science, 56*(9), 397–405.

Noh, N.J., Yoon, T.K., Kim, R.H., Bolton, N.W., Kim, CH., & Son, Y. (2017). Carbon and Nitrogen Accumulation and Decomposition from Coarse Woody Debris in a Naturally Regenerated Korean Red Pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) Forest. *Forests, 8*, 4-13.

Olajuyigbe, S.O., Tobin, B., Gardiner, P., & Nieuwenhuis, M. (2011). Stocks and decay dynamics of above- and belowground coarse woody debris in managed Sitka spruce forests in Ireland. *Forest Ecology Management, 262*, 1109–1118.

Paletto, A., & Tosi, V. (2010). Deadwood density variation with decay class in seven tree species of the Italian Alps. *Scandinavian Journal of Forest Research, 25*(2), 164-173.

Ramananantoandro, T., Ramanakoto, M.F., Rajoelison, G.L., Randriamboavonjy, G.C., & Rafidimanantsoa, H.P. (2016). Influence of tree species, tree diameter and soil types on wood density and its radial variation in a mid-altitude rainforest in Madagascar. *Annals of Forest Science, 73*, 1113–1124.

Sagheb-Talebi, Kh., & Schütz, J-Ph. (2002). The structure of natural oriental beech (Fagus orientalis) in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. *Forestry*, 465-472.

Sefidi, K., & Marvie Mohajer, 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*(1), 7-17.

www.SID.ir

Archive of SID

Sefidi, K., Esfandiari Darabad, F., & Sharary, M. (2016). The decay time and rate determination in oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) dead trees in Asalem forests. *Journal of Environmental Studies, 42*(3), 551-563.

Shorohova, E., & Kapitsa, E. (2015). Stand and landscape scale variability in the amount and diversity of coarse woody debris in primeval European boreal forests. *Forest Ecology and Management, 356*, 273-284.

Swift, M.J. (1977). The ecology of wood decomposition. *Science Progress*, *64*, 175–199.

Tobin, B. (2006). Carbon sequestration in Sitka spruce in Ireland. *Ph.D. thesis*, School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Dublin.

United Nations. (1992). *United Nations framework convention on climate change*, pp. 25.

Vanderwel, M.C., Malcolm, J.R., & Smith, S.M. (2006). An integrated model for snag and downed woody debris decay class transitions. *Forest Ecology and Management, 234*(1), 48–59.

Vrška, T., Prˇíveˇtivy´, T., Janík, D., Unar, P., Šamonil, P., & Král, K. (2015). Deadwood residence time in alluvial hardwood temperate forests–A key aspect of biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management, 357*, 33–41.

Woodall, C.W., Waddell, K.L., Oswalt, C.M., & Smith, J.E. (2013). Standing dead tree resources in forests of the United States. In: Potter, Kevin M., Conkling, Barbara L., (Eds.), 2013. Forest Health Monitoring: national status, trends, and analysis 2010. Gen. Tech. Rep. SRS-GTR-176. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. *Southern Research Station*, 85–94.

Woodcock, D.W., & Shier, A.D. (2003). Does canopy position affect wood specific gravity in temperate forest trees?. *Annals of Botany, 91*, 529–537.

Yang, F.F., Li, Y.L., Zhou, G.i., Wenigmann, K.O., Zhang, D.Q., Wenigmann, M., Liu, S.Z., & Zhang, Q.M. (2010). Dynamics of coarse woody debris and decomposition rates in an old-growth forest in lower tropical China. *Forest Ecology and Management, 259*, 1666-1672.

Yatskov, M., Harmon, M.E., & Krankina, O.N. (2003). A chronosequence of wood decomposition in the boreal forests of Russia. *Canadian Journal of Forest Research, 33*, 1211-1226.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 12, No. 4, Winter 2021
pp. 557-575

Research Article

Changes in wood density, biomass, and carbon and nitrogen storage of Beech and Hornbeam CWD based on different decay grade in Khairud forest of Nowshahr

A. Khalili[1], A. Mataji[2*], Kh. Sagheb Talebi[3], S. M. Hodjati[4]

[1]Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Professor., Department of Forestry, Faculty of Natural resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3]Associate Professor., Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
[4] Associate Professor., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: 16 October 2020, Accepted: 28 November 2020)

Abstract

Coarse woody debris (CWD) play important structural and biogeochemical roles in forest ecosystem processes. The aim of this study was to determine the wood density and biomass of beech and hornbeam and its relationship with different degrees of decay and diameter classes in Khairud educational and research forest, Nowshahr city, Mazandaran province. First, in an area of 50 hectares, CWD (with a median diameter of more than 7.5 cm) were fully survived and inventoried. Then, to determine the wood density of CWD, three cubic samples (close to the pith, close to the bark, and between the pith and bark) with dimensions of 2 × 2 × 2 cm were taken from each CWD and transferred to the laboratory. After determining the types of wood density (wet, dry, and critical density) in the laboratory, the samples were grinded, and using standard laboratory methods, the carbon and nitrogen elements of CWD were measured based on different decay grades and diameter classes. The results showed that the wood density types decrease with an increasing degree of CWD decay grade. Also, the dry wood density of Beech CWD and downed Beech CWD decreases significantly with increasing diameter. The results related to the amount of biomass showed that this value increases with an increasing degree of decay. Based on diameter classes, with an increasing diameter of CWD, the amount of biomass showed an increasing trend. The results also showed that with increasing degree of decay and diameter of CWD, their carbon storage increases. But in the case of nitrogen storage, due to the lack of significant differences, no specific pattern was observed. In general, it can be said that the presence of large CWD in the forest is very important ecologically, because stores more carbon. On the other hand, the preservation of CWD in the forest is in line with close to nature management.

Keywords: dry wood density, diameter class, carbon balance, decomposition, Khairud.

∗Corresponding author Tel: +989126408286 Email: amataji@srbiau.ac.ir

www.SID.ir