

تأثیر موقعیت مکانی و قطر گونه‌های مختلف درختی بر پوسیدگی تنه ناشی از زخم‌های بهره‌برداری در جنگل‌های ناو اسالم

مهرداد نیکوی^{*۱} و فرزام توانکار^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. پست الکترونیک: nikooy@guilan.ac.ir

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد خلخال، خلخال، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۷

چکیده

یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت توده‌های ناهمسال صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل است که به‌طور معمول با گذشت زمان افزایش می‌یابد. در این پژوهش، فراوانی و حجم پوسیدگی تنه درختان پس از گذشت ۱۵ سال از زمان ایجاد زخم تنه با استفاده از نمونه‌برداری از درختان توده به روش منظم - تصادفی و قطعه‌نمونه‌های ۱۰ آری در جنگل ناو اسالم مورد بررسی قرار گرفت. وضعیت تنه درختان به دو حالت سالم و زخمی و وضعیت زخم‌ها به دو حالت زخم باز و زخم پوسیده ثبت و حجم پوسیدگی تنه با استفاده از رابطه اسمالیان محاسبه شد. نتایج نشان داد که ۱۶/۱ درصد از زخم‌ها منجر به پوسیدگی تنه شده بودند. فراوانی و حجم پوسیدگی به ترتیب ۵/۵ اصله و ۱/۷ متر مکعب در هکتار برآورد شد که ۱/۹۶ درصد درختان و ۰/۷۲ درصد حجم سرپای جنگل را شامل می‌شد. ضریب‌های فراوانی و حجمی پوسیدگی با توجه به فراوانی صدمات اولیه بهره‌برداری (۱۲/۲ درصد) به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۰۶ محاسبه شد. فراوانی پوسیدگی تنه درختان زخمی در ارتباط با گونه، محل زخم، قطر درخت، موقعیت درخت زخمی و جهت شیب زمین بود. همچنین، فراوانی و حجم پوسیدگی در درختان نمدار و بلندمازو بیشتر از سایر گونه‌ها بود. با کاهش ارتفاع زخم‌ها از سطح زمین فراوانی پوسیدگی آن‌ها افزایش یافته بود. فراوانی و حجم پوسیدگی تنه در درختان زخمی قطور بیشتر از درختان زخمی کم‌قطر بود. زخم‌های ایجاد شده بر روی تنه درختان واقع در حاشیه مسیرهای چوبکشی بیشتر از دیگر زخم‌ها پوسیده شده بودند و فراوانی پوسیدگی زخم‌های تنه درختان در شیب‌های شمالی بیشتر از شیب‌های جنوبی بود. در مجموع، به حداقل رساندن صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده، کاهش شدت بهره‌برداری، افزایش طول دوره بهره‌برداری و برداشت درختان پوسیده در دوره‌های بعدی بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برش تک‌گرینی، زخم تنه، صدمات بهره‌برداری، گیلان، مسیر چوبکشی.

مقدمه

باقی‌مانده در جنگل در زمان بهره‌برداری (صدمات اولیه)، به‌طور معمول با گذشت زمان و در سال‌های پس از بهره‌برداری (صدمات ثانویه) افزایش می‌یابد (Han et al., 2000; Vasiliauskas, 2001; Camp, 2002). معمول‌ترین شکل صدمات اولیه بهره‌برداری ایجاد زخم بر روی تنه

یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت توده‌های ناهمسال صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل است (Sist et al., 2003; Nikooy et al., 2010; Tavankar et al., 2015a). صدمات وارد آمده بر درختان

راش در حاشیه مسیره‌های چوبکشی در جنگل‌های نکا در شمال ایران را به روش امواج تنشی مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که از بین ۷۵ درصد درختان حاشیه مسیره‌های چوبکشی دارای زخم تنه، حدود ۲۵ درصد آن‌ها دچار پوسیدگی شده بودند. پژوهش انجام شده در جنگل‌های راش اسالم نشان داد که ۱۰/۷ درصد درختان زخمی در اثر بهره‌برداری پس از گذشت ۱۲ سال از زمان ایجاد زخم منجر به پوسیدگی تنه شده بودند و ظهور پوسیدگی در ارتباط با گونه، شدت، اندازه و محل زخم‌ها بود (Tavankar & Bonyad, 2014). در پژوهشی دیگر، ۲۷۹ زخم بهره‌برداری پس از گذشت ۱۲ سال از زمان ایجاد زخم در جنگل‌های هیرکانی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ۱۱/۴ درصد آن‌ها منجر به پوسیدگی تنه شده بودند و بیشترین فراوانی پوسیدگی در نمدار و کمترین آن در راش مشاهده شد (Bonyad & Tavankar, 2016).

یکی از اهداف اصلی مدیریت تک‌گزینی، بهبود کمی و کیفی توده‌های جنگلی همراه با تولید مستمر چوب است. پوسیدگی تنه درختان در اثر زخم‌های بهره‌برداری از ارزش تجاری آن‌ها کاسته و توان تولیدی جنگل‌ها را کاهش می‌دهد. برآورد فراوانی درختان پوسیده و حجم پوسیدگی در اثر زخم‌های بهره‌برداری می‌تواند در مدیریت بهتر توده‌های ناهمسال و برش تک‌گزینی مؤثر باشد. پوسیدگی تنه درختان در اثر زخم‌های بهره‌برداری و عامل‌های مؤثر بر آن در جنگل‌های هیرکانی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این پژوهش برآورد فراوانی و حجم پوسیدگی تنه ناشی از زخم‌های بهره‌برداری و عامل‌های تأثیرگذار بر بروز پوسیدگی در تنه درختان در جنگل‌های راش اسالم در شمال ایران بود.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه

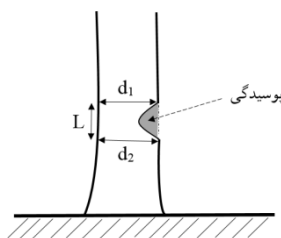
مناطق مورد مطالعه پارسل شش سری یک حوضه آبخیز لومر با وسعت ۶۶ هکتار و پارسل‌های ۳۵ و ۴۲ سری یک حوضه آبخیز ناو اسالم با وسعت‌های به ترتیب ۳۹ و ۴۱

درختان باقی‌مانده در جنگل است (Tavankar et al., 2013). زخم تنه که آثار برجای مانده ناشی از عملیات بهره‌برداری بر روی تنه درختان باقی‌مانده در جنگل می‌باشد، در اندازه‌ها و شدت‌های متفاوت در قسمت‌های مختلف تنه درختان ایجاد می‌شود (Nikooy et al., 2010; Jourgholami et al., 2012; Tavankar et al., 2015a). فراوانی و شدت زخم‌های تنه بستگی به سیستم بهره‌برداری و ماشین‌آلات به‌کار رفته (Marchi et al., 2014)، شدت برداشت چوب (Tavankar et al., 2015a)، مشخصات رویشگاه و توپوگرافی زمین (Picchio et al., 2012; Tavankar et al., 2015a)، میزان آموزش و تجربه کارگران بهره‌برداری (Nikooy et al., 2010) و نحوه طراحی جاده و مسیره‌های چوبکشی (Nikooy & Ershadifar, 2012) دارد. زخم‌های ایجاد شده بر روی تنه درختان در اثر بهره‌برداری ممکن است در سال‌های بعد منجر به کاهش مقدار رویش و قدرت تجدید حیات درختان، پوسیدگی تنه و یا حتی مرگ درختان شوند (Vasiliauskas, 2001; Tavankar et al., 2015b). توانایی درختان در مقابله با زخم‌های بهره‌برداری بستگی به مشخصات زخم، درختان و رویشگاه دارد (Picchio et al., 2011; Kartoolinejad et al., 2013; Bonyad & Tavankar, 2016). شدت، اندازه و محل زخم‌ها از عامل‌های مؤثر بر پوسیدگی تنه گزارش شده‌اند (Tavankar & Bonyad, 2014). گونه و سن درختان در ترمیم یا ظهور پوسیدگی زخم‌های تنه مؤثر هستند (Vasiliauskas, 2001). در تحقیقی، اثر زخم‌های بهره‌برداری بر رویش قطری درختان راش در جنگل‌های هیرکانی بررسی و گزارش شد که زخم‌های بهره‌برداری موجب کاهش رشد قطری به مقدار ۸/۱ درصد و زخم‌های منجر به پوسیدگی درخت منجر به کاهش رویش قطری به مقدار ۱۵/۳ درصد شده بودند (Tavankar et al., 2015b). پژوهش انجام شده در جنگل‌های اندونزی نشان داد که حدود نیمی از زخم‌های با اندازه بزرگ‌تر از ۳۲۶ سانتی‌متر مربع منجر به پوسیدگی تنه می‌شوند (Sist et al., 2003). Kartoolinejad و همکاران (۲۰۱۳) پوسیدگی تنه درختان

دالان چوبکشی ایجاد می‌شوند. کد ۲) حفره قطع؛ مناطقی که قطع درخت انجام شده و صدمات در اثر انداختن درختان ایجاد می‌شوند. کد ۳) مسیر وینچینگ؛ مناطقی که چندین گرده‌بینه و یا گرده‌بینه‌های چندین حفره قطع نزدیک به هم از آن مسیر خارج و به مسیر چوبکشی کشیده می‌شوند و صدمات در اثر برخورد گرده‌بینه‌ها و کابل ایجاد می‌شوند و کد ۴) حاشیه مسیر چوبکشی؛ محدوده دو متر از حاشیه دو طرف مسیر چوبکشی که صدمات در اثر برخورد گرده‌بینه، کابل یا ماشین چوبکشی ایجاد می‌شوند (Tavankar et al., 2015a).

جهت عمومی شیب زمین درختان زخمی در چهار طبقه شامل کد ۱) شمال شرقی، کد ۲) شمال غربی، کد ۳) جنوب شرقی و کد ۴) جنوب غربی ثبت شد. ارتفاع مرکز زخم یا پوسیدگی از سطح زمین با متر اندازه‌گیری و در چهار طبقه ارتفاعی شامل کد ۱) ارتفاع کمتر از ۰/۳ متر، کد ۲) ارتفاع ۰/۳ تا یک متر، کد ۳) ارتفاع یک تا ۲ متر و کد ۴) ارتفاع بیشتر از ۲ متر تنه درختان ثبت شدند (Naghdi et al., 2008; Nikooy et al., 2010; Tavankar et al., 2015b). حجم پوسیدگی تنه (V) با اندازه‌گیری قطرهای بالا (d_1) و پایین (d_2) و طول پوسیدگی (L) در محل پوسیدگی تنه (شکل ۱) و با استفاده از رابطه اسمالیان (رابطه ۱) محاسبه شد.

$$V = (d_1 + d_2)^2 \times 0.1962 \times L \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۱- پوسیدگی تنه ناشی از زخم بهره‌برداری و نحوه محاسبه حجم پوسیدگی تنه

هکتار بودند. ارتفاع از سطح دریا در این پارسل‌ها از ۱۳۵۰ تا ۱۷۰۰ متر است. میانگین بارندگی سالانه ۱۰۲۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۰/۱ درجه سانتیگراد است. تیپ غالب جنگل راشستان همراه با سایر گونه‌های درختی است که به ترتیب فراوانی عبارتند از: ممرز، پلت، شیردار، توسکای بیلاقی، بلندمازو و نمدار. ساختار جنگل ناهمسال بوده و به روش تک‌گزینی مدیریت می‌شود. این پارسل‌ها در زمستان ۱۳۷۹ به صورت تک‌گزینی برداشت شده‌اند. قطع و تبدیل درختان نشانه‌گذاری شده توسط اهر موتوری و خارج کردن گرده‌بینه‌ها توسط ماشین چوبکشی چرخ‌لاستیکی Timberjack 450C انجام شده است.

روش پژوهش

در تابستان ۱۳۹۴ وضعیت درختان (سالم یا زخمی) و زخم‌های تنه که در اثر بهره‌برداری سال ۱۳۷۹ ایجاد شده بودند (موقعیت مکانی درختان تنه زخمی بر روی نقشه توپوگرافی و در طبیعت با رنگ زدن تنه مشخص شدند)، به روش نمونه‌برداری منظم- تصادفی در مناطق مورد مطالعه بررسی شدند. فاصله قطعه‌نمونه‌ها از یکدیگر ۱۰۰ متر و مساحت هر قطعه‌نمونه ۱۰ آر بود. در قطعه‌نمونه‌ها، قطر برابر سینه و ارتفاع تمام درختان با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. حجم تنه درختان با استفاده از جدول‌های حجم محلی به دست آمد. وضعیت تنه درختان به دو حالت سالم و زخمی، و وضعیت زخم‌ها به دو حالت زخم باز و زخم پوسیده ثبت شدند. قطر برابر سینه درختان با توجه به ساختار ناهمسال توده و بر اساس داشتن فراوانی مناسب درختان زخمی در هر طبقه قطری، به چهار طبقه قطری تقسیم شد که عبارت بودند از: کم‌قطر (کد ۱): کمتر از ۲۵ سانتی‌متر، قطر متوسط (کد ۲): ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر، قطور (کد ۳): ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر و خیلی قطور (کد ۴): بزرگ‌تر از ۷۵ سانتی‌متر (Tavankar et al., 2013). موقعیت درختان زخمی در چهار موقعیت ثبت شدند که عبارت بودند از: کد ۱) داخل توده؛ مناطق بین حفره‌های قطع و مسیر چوبکشی که خارج از دالان‌های چوبکشی بوده و صدمات در اثر کشیدن گرده‌بینه‌ها از محل قطع تا

نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد.

نتایج

فراوانی و حجم پوسیدگی تنه درختان پس از گذشت ۱۵ سال از زمان ایجاد زخم‌های بهره‌برداری در جدول ۱ آورده شده است. فراوانی صدمات (درختان زخمی) در مناطق مورد مطالعه ۱۲/۲ درصد (۳۴/۲ اصله در هکتار) بود. فراوانی درختان تنه پوسیده در اثر زخم‌های بهره‌برداری (۵/۵ اصله در هکتار) حدود ۲ درصد کل درختان را شامل می‌شد. حجم پوسیدگی تنه (۱/۷ متر مکعب در هکتار) نیز ۰/۷۲ درصد حجم کل سرپای جنگل را شامل می‌شد. ضریب فراوانی پوسیدگی ۰/۱۶ و ضریب حجمی پوسیدگی تنه ۰/۰۶ محاسبه شد. این ضریب‌ها نشان می‌دهند که به ازای هر یک درصد صدمات اولیه بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل، ۰/۱۶ درصد از درختان باقی‌مانده و ۰/۰۶ درصد از حجم سرپا به شکل پوسیدگی کاهش خواهد یافت.

ضریب فراوانی پوسیدگی از نسبت فراوانی درختان پوسیده به فراوانی صدمات اولیه بهره‌برداری و ضریب حجمی پوسیدگی از نسبت فراوانی حجم پوسیده به فراوانی صدمات اولیه بهره‌برداری محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

فراوانی زخم‌های پوسیده در گونه‌های مختلف درختی، طبقه‌های قطر برابر سینه درختان، جهت‌های متفاوت شیب زمین و موقعیت‌های متفاوت درختان زخمی با استفاده از آزمون ناپارامتری مربع کای مقایسه شد. میانگین‌های حجم پوسیدگی تنه در گونه‌های مختلف درختی از طریق آزمون تجزیه واریانس (پس از تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها و برابری واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-سمیرنوف و لیون) و تفکیک میانگین‌ها از یکدیگر از طریق آزمون دانکن انجام شد. ارتباط بین حجم پوسیدگی و قطر برابر سینه درختان با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بررسی شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری در محیط

جدول ۱- فراوانی و حجم پوسیدگی تنه درختان پس از گذشت ۱۵ سال از زمان ایجاد زخم‌های بهره‌برداری (انحراف معیار \pm میانگین)

وضعیت تنه درختان	فراوانی (اصله در هکتار)	حجم (متر مکعب در هکتار)
فاقد زخم	۲۴۶/۵ \pm ۲۴/۵	۱۴۵/۷ \pm ۱۷/۳
زخم باز	۲۸/۷ \pm ۳/۷	۸۹/۷ \pm ۱۲/۵
زخم پوسیده	۵/۵ \pm ۱/۰	۱/۷ \pm ۰/۴
پوسیدگی (%)	۱/۹۶ \pm ۰/۲	۰/۷۲ \pm ۰/۱

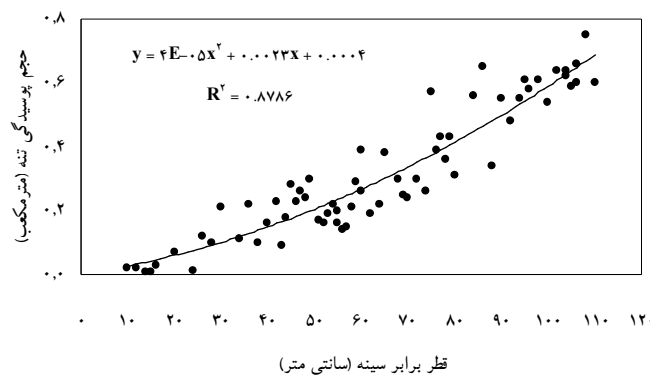
بر اساس نتایج به دست آمده؛ فراوانی درختان پوسیده با افزایش قطر درختان افزایش یافته بود (جدول ۲).

جدول ۲- فراوانی پوسیدگی درختان در طبقه‌های قطری (انحراف معیار \pm میانگین)

قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	فراوانی کل درخت (اصله در هکتار)	فراوانی درخت پوسیده (اصله در هکتار)	فراوانی پوسیدگی (%)
< ۲۵	۱۱۳/۴ \pm ۱۱/۱	۰/۸ \pm ۰/۲	۰/۷ \pm ۰/۱
۲۵ - ۵۰	۷۴/۱ \pm ۶/۵	۱/۱ \pm ۰/۳	۱/۵ \pm ۰/۲
۵۰ - ۷۵	۵۷/۴ \pm ۴/۷	۱/۵ \pm ۰/۳	۲/۶ \pm ۰/۴
> ۷۵	۳۵/۸ \pm ۳/۳	۲/۱ \pm ۰/۴	۵/۹ \pm ۰/۶

توسکای بیلاقی و بلندمازو نیز به ترتیب با فراوانی پوسیدگی ۲۵ و ۲۱/۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین فراوانی پوسیدگی تنه در پلت مشاهده شد (۷/۸ درصد). در راش که بیشترین فراوانی و حجم را داشت، ۱۱/۷ درصد (۱۷ اصله) از زخم‌های تنه منجر به پوسیدگی شده بود. نتایج آزمون مربع کای نشان داد که فراوانی پوسیدگی در گونه‌های مختلف یکسان نبود ($p < 0.001$; جدول ۵).

ارتباط بین حجم پوسیدگی و قطر برابر سینه درختان در شکل ۲ و نتایج آزمون رگرسیون در جدول ۳ ارائه شده است. فراوانی و حجم پوسیدگی تنه در گونه‌های مختلف درختان در جدول ۴ آورده شده است. از کل درختان زخمی مشاهده شده، ۶۶ اصله (۱۶/۱ درصد) منجر به پوسیدگی تنه شده بودند. بیشترین فراوانی پوسیدگی تنه در نمدار مشاهده شد، به طوری که از ۳۶ اصله درخت زخمی نمدار، ۱۴ اصله (۳۸/۹ درصد) دارای پوسیدگی تنه بودند.



شکل ۲- ارتباط بین حجم پوسیدگی و قطر برابر سینه درختان ($n = 66$)

جدول ۳- نتایج آزمون رگرسیون ارتباط بین فراوانی پوسیدگی تنه و قطر برابر سینه درختان زخمی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری	R^2	SE
رگرسیون	۲/۳۵۹	۲	۱/۱۷۹	۲۲۷/۹۳	۰/۰۰۰	۰/۸۷۹	۰/۰۷۲
خطا	۰/۳۲۶	۶۳	۰/۰۰۵				
مجموع	۲/۶۸۵	۶۵					

جدول ۴- فراوانی و حجم (انحراف معیار \pm میانگین) پوسیدگی تنه در گونه‌های مختلف درختان و نتایج آزمون دانکن

گونه	درخت زخمی		پوسیدگی تنه	
	تعداد (اصله)	حجم تنه (متر مکعب)	فراوانی (%)	حجم (متر مکعب) حجم (%)
راش	۱۴۵	$3/30 \pm 1/76$	۱۱/۷	$0/25 \pm 0/11^b$
ممرز	۶۹	$2/55 \pm 1/32$	۱۴/۵	$0/32 \pm 0/12^b$
پلت	۵۱	$3/52 \pm 1/05$	۷/۸	$0/21 \pm 0/12^b$
شیردار	۴۲	$3/11 \pm 1/43$	۱۱/۹	$0/27 \pm 0/11^b$
توسکای بیلاقی	۴۰	$2/31 \pm 0/87$	۲۵/۰	$0/34 \pm 0/09^b$
نمدار	۳۶	$3/50 \pm 1/24$	۳۸/۹	$0/54 \pm 0/14^a$
بلندمازو	۲۸	$3/62 \pm 1/97$	۲۱/۴	$0/59 \pm 0/19^a$
کل	۴۱۱	$3/12 \pm 1/85$	۱۶/۱	$0/31 \pm 0/17$

جهت شمال شرقی، ۱۴۹ اصله در جهت شمال غربی، ۷۴ اصله در جهت جنوب شرقی و ۶۱ اصله در جهت جنوب غربی پراکنش داشتند. فراوانی پوسیدگی تنه درختان در جهت‌های مختلف شیب زمین در شکل ۳- الف نشان داده شده است. بیشترین فراوانی پوسیدگی در جهت شمال غربی (۲۰/۱ درصد) و کمترین آن در جهت جنوب غربی (۸/۲ درصد) مشاهده شد. فراوانی پوسیدگی در شیب‌های شمالی بیشتر از شیب‌های جنوبی بود. نتایج آزمون مربع کای (جدول ۵) نشان داد که فراوانی پوسیدگی در جهت‌های مختلف شیب زمین یکسان نبود (جدول ۵).

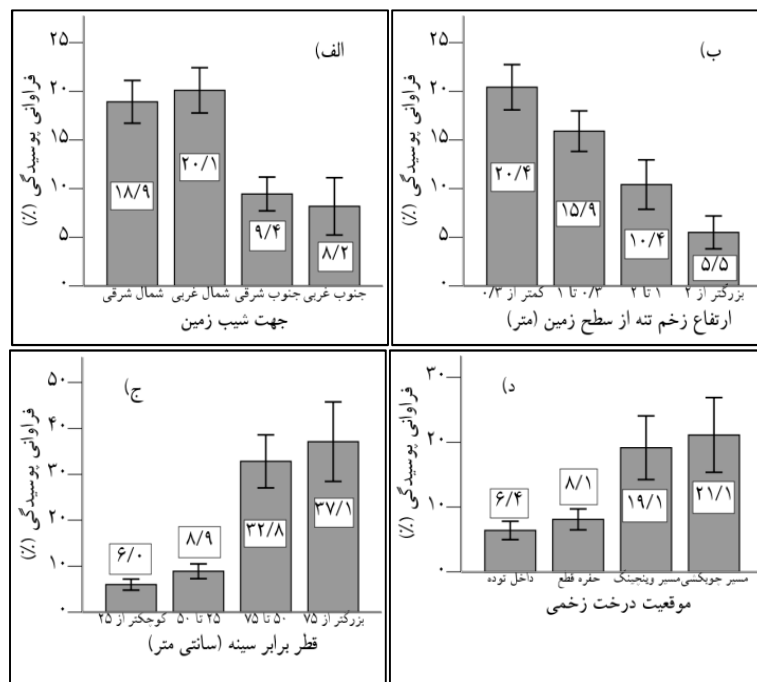
میانگین حجم پوسیدگی ۰/۳۱ متر مکعب به‌دست آمد که ۹/۹ درصد از حجم درختان زخمی را شامل می‌شد (جدول ۴). بیشترین میانگین حجم پوسیدگی در بلندمازو و نمدار به‌ترتیب با ۰/۵۹ و ۰/۵۴ متر مکعب و کمترین آن در پلت و راش به‌ترتیب با ۰/۲۱ و ۰/۲۵ متر مکعب برآورد شد. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که میانگین‌های حجم پوسیدگی در گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشتند ($p < 0/001$). نتایج آزمون دانکن نیز نشان داد که میانگین حجم پوسیدگی در بلندمازو و نمدار به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گونه‌ها بود. از کل درختان زخمی مشاهده شده، ۱۲۷ اصله در

جدول ۵- نتایج آزمون مربع کای ارتباط بین فراوانی پوسیدگی و متغیرهای مستقل بررسی شده

متغیر	درجه آزادی	آماره χ^2	معنی‌داری
گونه	۶	۳۵/۷۸۸	۰/۰۰۰
جهت شیب	۳	۸/۷۱۴	۰/۰۳۳
ارتفاع زخم از سطح زمین	۳	۸/۹۲۳	۰/۰۳۰
قطر برابر سینه	۳	۳۶/۱۷۶	۰/۰۰۰
موقعیت درخت	۳	۱۲/۸۱۵	۰/۰۰۵

نتایج آزمون مربع کای نشان داد که فراوانی پوسیدگی در طبقه‌های مختلف قطر برابر سینه یکسان نبود (جدول ۵). از کل درختان زخمی مشاهده شده (۴۱۱ اصله)، ۱۱۷ اصله دارای قطر برابر سینه کمتر از ۲۵ سانتی‌متر، ۱۶۸ اصله دارای قطر برابر سینه ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر، ۶۴ اصله دارای قطر برابر سینه ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر و ۶۲ اصله دارای قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۷۵ سانتی‌متر بودند. نتایج نشان داد که فراوانی پوسیدگی تنه با افزایش قطر برابر سینه درختان افزایش یافته بود، به طوری‌که فراوانی پوسیدگی تنه در طبقه‌های قطری کمتر از ۲۵، ۲۵ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۵ و بزرگ‌تر از ۷۵ سانتی‌متر به‌ترتیب ۶، ۸/۹، ۳۲/۸ و ۳۷/۱ درصد بود (شکل ۳- ج).

از کل درختان زخمی مشاهده شده، ۱۷۶ زخم (۴۲/۸ درصد) در ارتفاع کمتر از ۰/۳، ۱۳۲ زخم (۳۲/۱ درصد) در ارتفاع ۰/۳ تا یک، ۶۷ زخم (۱۶/۳ درصد) در ارتفاع یک تا ۲ و ۳۶ زخم (۸/۸ درصد) در ارتفاع بالای ۲ متر تنه ایجاد شده بودند. بر اساس نتایج، با افزایش ارتفاع زخم‌ها از سطح زمین از فراوانی پوسیدگی آن‌ها کاسته شده بود. حدود ۲۰ درصد از زخم‌های ایجاد شده در ناحیه‌کنده درختان (کمتر از ۰/۳ متر) همراه با پوسیدگی بودند، در حالی‌که این مقدار برای زخم‌های ایجاد شده در ارتفاع بالای ۲ متر، ۵/۵ درصد بود (شکل ۳- ب). نتایج آزمون مربع کای نشان داد که فراوانی پوسیدگی در ارتفاع‌های مختلف زخم از سطح زمین دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۵).



شکل ۳- فراوانی پوسیدگی تنه در جهت‌های مختلف شیب

(الف)، طبقه ارتفاع زخم از سطح زمین (ب)، طبقه قطر برابر سینه (ج) و موقعیت درخت زخمی (د)

کای نشان داد که فراوانی پوسیدگی در محل‌های مختلف جنگل دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵).

بحث

به استناد نتایج پژوهش پیش‌رو، فراوانی درختان زخمی ۱۲/۲ درصد بود که ۱۶/۲ درصد آن‌ها به شکل پوسیدگی تنه ظاهر شده بودند. به عبارت دیگر، حدود ۲ درصد از کل درختان توده دارای پوسیدگی تنه در اثر زخم‌های بهره‌برداری بودند. این مقدار پوسیدگی برابر ۵/۵ اصله در هکتار بود. از نظر حجمی نیز حجم پوسیدگی تنه ۱/۷ متر مکعب در هکتار بود که ۰/۷۲ درصد حجم کل سرپای توده را شامل می‌شد (جدول ۱). با وارد آمدن ۱۲/۲ درصد صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده، ۰/۷۲ درصد حجم چوب در اثر پوسیدگی کاهش یافته بود. کاهش حجم چوب در اثر پوسیدگی ۷ تا ۲۰ درصد در توده‌های نوئل (Steyrer, 1992) و ۱۱ متر مکعب در هکتار در جنگل‌های بلاروس (Kovbasa, 1996) گزارش شده بود. در این

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، نه‌تنها فراوانی درختان زخمی در حاشیه مسیرهای چوبکشی و دالان‌های جمع‌آوری چوب بیشتر از اطراف حفره‌های قطع و داخل توده بود، بلکه فراوانی پوسیدگی تنه نیز در حاشیه مسیرهای چوبکشی و مسیرهای وینچینگ بیشتر از حفره‌های قطع و داخل توده بود. از کل درختان زخمی مشاهده شده، ۱۴۷ اصله (۳۵/۸ درصد) در حاشیه مسیرهای چوبکشی و ۱۳۱ اصله (۳۱/۹ درصد) در مسیرهای وینچینگ چوب قرار داشتند، در حالی‌که در حفره‌های قطع و داخل توده، تعداد درختان زخمی به ترتیب ۸۶ اصله (۲۰/۹ درصد) و ۴۷ اصله (۱۱/۴ درصد) بود. بیشترین فراوانی پوسیدگی تنه در درختان زخمی واقع در حاشیه مسیرهای چوبکشی (۲۱/۱ درصد) مشاهده شد (شکل ۳-د). فراوانی پوسیدگی در درختان زخمی واقع در مسیرهای وینچینگ نیز زیاد (۱۹/۱ درصد) بود، اما فراوانی پوسیدگی درختان زخمی در حفره‌های قطع و داخل توده کمتر و به ترتیب ۸/۱ و ۶/۴ درصد درختان زخمی بود (شکل ۳-د). نتایج آزمون مربع

پژوهش، حجم پوسیدگی ظاهری درختان اندازه‌گیری شد. امکان دارد پوسیدگی از داخل تنه گسترش یافته باشد و از بیرون قابل دید نباشد. اندازه‌گیری حجم دقیق پوسیدگی نیاز به انداختن درختان و تبدیل تنه آن‌ها به قطعات متعدد دارد. با توجه به اینکه هدف این پژوهش برآورد حجم پوسیدگی در درختان زخمی سرپا بود، از روش اندازه‌گیری حجم پوسیدگی ظاهری استفاده شد. البته می‌توان حجم پوسیدگی تنه درختان سرپا را از روش امواج تنشی نیز برآورد کرد (Kartoolinejad et al., 2013)، اما در روش امواج تنشی نیز تشخیص اینکه پوسیدگی درونی تنه در اثر زخم است یا به صورت طبیعی انجام شده است، امکان‌پذیر نیست.

حجم پوسیدگی بستگی به مقدار و شدت صدمات اولیه بهره‌برداری وارد آمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل، گونه‌های درختی، سن توده، مشخصات رویشگاه و مدت زمان سپری شده از زمان ایجاد زخم دارد (Tavankar & Vasiliauskas, 2001; Bonyad, 2014). نکته قابل توجه این است که فراوانی درختان پوسیده در درختان قطور بیشتر از درختان کم‌قطر بود (جدول ۲). درختان خیلی قطور که دارای ارزش اکولوژیکی و اقتصادی بیشتری هستند، فراوانی پوسیدگی بیشتری (۵/۵ اصله در هکتار) نسبت به درختان قطر متوسط و درختان کم‌قطر داشتند. بنابراین در بررسی فراوانی پوسیدگی درختان، علاوه بر فراوانی کل پوسیدگی، نحوه پراکنش پوسیدگی در طبقه‌های قطری نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

وارد آمدن مقداری خسارت ناشی از بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل غیر قابل اجتناب است (Majnounian et al., 2010). صدمات وارد آمده بر درختان باقی‌مانده در سیستم چوبکشی زمینی ۱۳ تا ۲۲ درصد در قسمت‌های مختلف جنگل‌های هیرکانی گزارش شده است (Tavankar & Bonyad, 2014). مقدار صدمات برآورد شده در این پژوهش (۱۲/۲ درصد) کمتر از آمار رایج شده در پژوهش‌های پیشین بود که ممکن است در نتیجه اجرای شیوه‌تک‌گزینی باشد. اجرای موفقیت‌آمیز این شیوه نیاز به توسعه و توجه اساسی به علوم و فناوری

بهره‌برداری جنگل به‌منظور کاهش صدمات وارد آمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل دارد (Majnounian et al., 2010; Nikooy et al., 2010; Tavankar et al., 2015a). در این پژوهش، تأثیر عامل‌های گونه، قطر برابر سینه، جهت شیب زمین، موقعیت درختان زخمی و ارتفاع زخم از سطح زمین بر فراوانی پوسیدگی درختان زخمی بررسی شد. نتایج نشان داد که هر پنج عامل فوق تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر فراوانی پوسیدگی درختان زخمی داشتند. همچنین، هم فراوانی درخت پوسیده و هم حجم پوسیدگی در گونه‌های مختلف درختی متفاوت بود (جدول ۴). این نتیجه هم‌سو با نتایج پژوهش‌های Bonyad و Tavankar (۲۰۱۶) است که اشاره کرده‌اند مقاومت گونه‌های مختلف درختان در برابر زخم‌های بهره‌برداری متفاوت است. در گونه‌های نمدار و بلندمازو هم فراوانی درختان پوسیده و هم حجم پوسیدگی بیشتر از سایر گونه‌ها بود. این امر می‌تواند به دلیل مقاومت کمتر این درختان در برابر عامل‌های بیماری‌زا و قارچ‌های مولد پوسیدگی چوب باشد که نیاز به انجام تحقیقات کامل‌تر و شناسایی ترکیبات مواد استخراجی چوب این درختان و گونه‌های قارچ عامل پوسیدگی دارد. زخم‌های ایجاد شده بر روی درختان قطور بیشتر از زخم‌های ایجاد شده بر روی درختان کم‌قطر منجر به پوسیدگی درختان شده بودند (جدول ۲). به عبارت دیگر، درختان زخمی قطور مقاومت کمتری در برابر پوسیدگی زخم داشتند. این نتیجه هم‌سو با نتایج پژوهش Han و همکاران (۲۰۰۰) است.

نتایج این پژوهش نشان داد که جهت شیب زمین در فراوانی پوسیدگی درختان زخمی تأثیر داشت، به طوری که فراوانی پوسیدگی در جهت‌های شمالی بیشتر از جهت‌های جنوبی بود. این امر می‌تواند به دلیل رطوبت بیشتر در شیب‌های شمالی و مهیا بودن شرایط برای رشد قارچ‌های پوسیدگی چوب باشد (Rostamian et al., 2013). همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که موقعیت درختان زخمی بر فراوانی پوسیدگی آن‌ها تأثیر داشت (شکل ۳-د)، به طوری که فراوانی پوسیدگی در درختان زخمی حاشیه

می‌شود برای بازسازی طبیعی زخم‌ها توسط درختان، طول دوره بهره‌برداری افزایش یافته و برای اصلاح توده و جلوگیری از گسترش پوسیدگی، در نشانه‌گذاری‌های بعدی درختان پوسیده در الویت قرار گیرند تا از کاهش ارزش جویی درختان جلوگیری شود.

References

- Bonyad, A. and Tavankar, F., 2016. Investigation on resistance of different tree species to logging wounds (Case study: district 1 of Asalem-Nav forest). *Journal of Forest and Wood Product (Iranian Journal of Natural Resources)*, 68(4): 741-759 (In Persian).
- Camp, A., 2002. Damage to residual trees by four mechanized harvest systems operating in small-diameter, mixed conifer forests on steep slopes in northeastern Washington: a case study. *Western Journal of Applied Forestry*, 17(1): 14-22.
- Han, H.S., Kellogg, L.D., Filip, G.M. and Brown, T.D., 2000. Scar closure and future timber value losses from thinning damage in western Oregon. *Forest Products Journal*, 50(1): 36-42.
- Jourgholami, M., Rizvandi, V. and Majnounian, B., 2012. Evaluating the extent, patterns, size and distribution of tree scars following skidding operation (Case study: Kheyroud forest). *Iranian Journal of Forest*, 4(3): 187-196 (In Persian).
- Kartoolinejad, D., Najafi, A. and Kazemi-Najafi, S., 2013. Decay evaluation of damaged beech trees (*Fagus orientalis* L.) adjacent to skid trails by nondestructive stress wave technique. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4): 622-633 (In Persian).
- Kovbasa, N.P., 1996. Distribution and spreading of wound rot in Belarus Spruce stands and measures to limit the losses. Ph.D. thesis, Department of Forest, Belarusian Plant Protection Research Institute, Priluki, Minsk, 148p.
- Majnounian, B., Jourgholami, M., Zobeiri, M. and Fegghi, J., 2010. Assessment of forest harvesting damage to residual stands and regenerations - a case study of Namkhaneh district in Kheyroud forest. *Journal of Environmental Sciences*, 7(1): 33-44 (In Persian).
- Marchi, E., Picchio, R., Spinelli, R., Verani, S.,

مسیرهای چوبکشی بیشتر از سایر موقعیت‌ها بود. این امر می‌تواند از یک سو به دلیل باز بودن تاج پوشش و بیشتر بودن دمای هوا در حاشیه مسیرهای چوبکشی و داشتن شرایط مناسب‌تر برای فعالیت قارچ‌های پوسیدگی چوب بوده و از سوی دیگر به دلیل کوبیدگی خاک، شدت بیشتر صدمات و ضعف فیزیولوژیکی این درختان در اثر آسیب دیدگی ریشه آن‌ها در اثر احداث مسیرهای چوبکشی باشد. از آنجایی که فراوانی زخم‌ها در درختان حاشیه مسیرهای چوبکشی بیشتر از درختان داخل توده است (Naghdi *et al.*, 2008; Jourgholami *et al.*, 2012)، حفاظت بیشتر از درختان حاشیه مسیرهای چوبکشی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش فعالیت قارچ‌های مولد پوسیدگی چوب، نشانه‌گذاری درختان به نحوی انجام شود که حفره‌های قطع دارای سطح کوچکی باشند.

نتایج این پژوهش نشان داد که ارتفاع زخم تنه از سطح زمین تأثیر معنی‌داری بر فراوانی پوسیدگی تنه داشت (شکل ۳-ب)، به طوری که با افزایش ارتفاع محل زخم از سطح زمین از فراوانی درختان پوسیده کاسته شده بود. این نتیجه هم‌سو با نتایج پژوهش Camp (۲۰۰۲) است. این امر می‌تواند ناشی از دو دلیل باشد: اول اینکه زخم‌های ایجاد شده در قسمت‌های پایین تنه درختان به طور معمول عمیق‌تر از زخم‌های ایجاد شده در قسمت‌های بالایی تنه هستند (Majnounian *et al.*, 2010; Jourgholami *et al.*, 2012; Tavankar *et al.*, 2015a)، زیرا این زخم‌ها بیشتر در مرحله کشیدن و چوبکشی ایجاد می‌شوند، در حالی که زخم‌های ایجاد شده در قسمت‌های بالای تنه درختان، در اثر انداختن درختان ایجاد می‌شوند که بیشتر منجر به خراش پوست و کنده شدن پوست می‌شوند (Naghdi *et al.*, 2008; Nikooy *et al.*, 2010; Tavankar *et al.*, 2013). دوم اینکه قارچ‌های پوسیدگی چوب موجود در خاک جنگل سریع‌تر و راحت‌تر به زخم‌های نزدیک سطح زمین انتقال می‌یابند (Vasiliasukas, 2001; Camp, 2002).

به منظور کاهش پوسیدگی تنه درختان، صدمات اولیه بهره‌برداری باید به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد. پیشنهاد

- of Forest and Range Protection Research, 10(2):130-145 (In Persian).
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K. and Priyadi, H., 2003. Reduced impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. Forest Ecology and Management, 179(1): 415-427.
 - Steyrer, G., 1992. Extent and economical significance of stem decays in forestry enterprise. Austrian Journal of Forest Science, 109: 221-249.
 - Tavankar, F. and Bonyad, A., 2014. Long-term effects of logging damages on quality of residual trees in the Asalem Nav forest. Journal of Environmental Studies, 40(1): 39-50 (In Persian).
 - Tavankar, F., Bonyad, A. and Majnounian, B., 2015a. Affective factors on residual tree damage during selection cutting and cable-skidder logging in the Caspian forests, northern Iran. Ecological Engineering, 83(8): 505-512.
 - Tavankar, T., Bonyad, A., Marchi, E., Venanzi, R. and Picchio, R., 2015b. Effect of logging wounds on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees following selection cutting in Caspian forest of Iran. New Zealand Journal of Forest Science, 45(19): 1-7.
 - Tavankar, F., Majnounian, B. and Bonyad, A., 2013. Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. Journal of Forest Science, 59(5): 196-203.
 - Vasiliauskas, R., 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forest: a literature review. Forestry, 74: 319-336.
 - Venanzi, R. and Certini, G., 2014. Environmental impact assessment of different logging methods in pine forests thinning. Ecological Engineering, 70: 429-436.
 - Naghdi, R., Rafatnia, N., Bagheri, I. and Hemati, V., 2008. Evaluation of residual damage in felling gaps and extraction routes in single selection method (Siyahkal forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(1): 87-98 (In Persian).
 - Nikooy, M. and Ershadifar, M., 2012. Effects of skid trail planning, landing construction and directional felling on normal selective logging in Caspian forest. Proceedings of 45th International Symposium on Forestry Mechanisation. Dubrovnik, Croatia, 8-12 Oct. 2012: pp: 1-9.
 - Nikooy, M., Rashidi, R. and Kocheki, G., 2010. Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaroud. Caspian Journal of Environmental Sciences, 8(2): 173-179.
 - Picchio, R., Magagnotti, N., Sirna, A. and Spinelli, R., 2012. Improved winching technique to reduce logging damage. Ecological Engineering, 47: 83-86.
 - Picchio, R., Neri, F., Maesano, M., Savelli, S., Sirna, A., Blasi, S., Baldini, S. and Marchi, E., 2011. Growth effects of thinning damage in a Corsican pine (*Pinus laricio* Poiret) stand in central Italy. Forest Ecology and Management, 262: 237-243.
 - Rostamian, M., Kavosi, M.R. and Shataee, S., 2013. Modeling topographic factors affecting bracket fungi dispersal in district 1 of the Shastkolateh forest of Gorgan. Iranian Journal

Effect of location and diameter of different tree species on bole decay due to logging wounds in Nav-e Asalem forests, Iran

M. Nikooy^{1*} and F. Tavankar²

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Gilan, Someh Sara, Iran. E-mail: nikooy@guilan.ac.ir

2- Assistant Prof., Islamic Azad University, Khalkhal Branch, Khalkhal, Iran

Received: 05.04.2016

Accepted: 16.08.2016

Abstract

Logging secondary damages on remained trees are one of the challenges in management of uneven-aged stands which have been less studied in the northern forests of Iran. In this research decay frequency and volume of bole trees after 15 years from wound occurrence were studied through systematic-random sample plots with 1000m² plots in the Nav-e Asalem forests, Iran. The conditions of trees were registered in two types: safe and wounded, the wounds were registered in two types: open and decayed; and volume of decayed bole was calculated by Smalian formula. Results indicated that 16.1% of wounds were led to bole decay. Decay frequency and volume were estimated to 5.5 trees ha⁻¹ and 1.7 m³ha⁻¹, respectively, that includes 1.96% of total trees and 0.72% of total stand volume. Coefficients of decay frequency and volume on the base of frequency of logging primary damage (12.2%) were calculated 0.16 and 0.06, respectively. Decay frequency of wounded trees bole were related with tree species, wound location, diameter at breast height (DBH), situation of wounded tree in stand, and slope aspect. Decay frequency and volume in the trees of lime and oak were more than other tree species. Decay frequency was increased by decreasing wounds distance from ground. Decay frequency and volume in the high diameter wounded trees were more than low diameter wounded trees. The wounds on the trees in edge of skid trails were more decayed than the other wounds. Decay frequency of wounded trees on the northern aspect slopes were more than the southern aspect slopes. In general, minimizing of primary logging damages, reducing harvest intensity, increasing logging period, and harvesting bole-decayed trees in the next logging periods are suggested.

Keywords: Bole wound, Gilan, logging damages, selection cutting, skidding road.