جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴
ص ۷۴۱-۷۵۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۰۱

بررسی مقاومت گونه‌های مختلف درختی در مقابل صدمات بهره‌برداری (زخم تنه) (مطالعهٔ موردی: سری یک ناو اسالم)

❖ **امیر اسلام‌بنیاد؛** دانشیار سنجش از دور و بیومتری جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
❖ **فرزام توانکار*؛** استادیار مهندسی جنگل واحد خلخال دانشگاه آزاد اسلامی، خلخال، ایران

چکیده

در این تحقیق مقاومت شش گونهٔ درختی در جنگل‌های سری یک ناو اسالم در مقابل صدمات بهره‌برداری (زخم تنه) پس از گذشت دوازده سال بررسی شد. وسعت و شدت خسارت واردآمده بر درختان باقی‌مانده، بلافاصله پس از اتمام عملیات بهره‌برداری، در سال ۱۳۸۰، از طریق نمونه‌برداری منظم تصادفی و پلات‌های دایره‌شکل ۱۰ آری، جمع‌آوری شد. درختان صدمه‌دیده و وضعیت زخم‌ها در سال ۱۳۹۲دوباره بررسی شد. نتایج نشان داد مقاومت درختان در برابر صدمات بهره‌برداری با گونه و قطر و اندازهٔ زخم آن‌ها ارتباط دارد ($P < ۰,۰۱$). گونهٔ نمدار کمترین توانایی ترمیم زخم را دارد؛ طوری که ۷۶٫۹ درصد زخم‌ها به پوسیدگی و ۷٫۷ درصد به نابودی منجر شد. بعد از نمدار، گونهٔ راش بیشترین حساسیت را در مقابل زخم‌های صدمات بهره‌برداری دارد؛ طوری که بیشترین فراوانی زخم‌های باز بدون پوسیدگی با ۲۸٫۸ درصد در این گونه مشاهده شد. توانایی ترمیم زخم در گونهٔ ممرز بیشتر از سایر گونه‌هاست؛ طوری که ۷۸٫۱ درصد زخم‌های حاصله از بهره‌برداری به طور کامل بسته شده بود. نتایج نشان داد ۸۵٫۶ درصد زخم‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع پس از دوازده سال ترمیم شدند. هیچ‌یک از زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع ترمیم نشدند. درختان با قطر برابر سینهٔ کمتر از ۲۰ سانتی‌متر کمترین و درختان با قطر برابر سینهٔ ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر بیشترین مقاومت را در برابر زخم‌های تنه داشتند. کاهش صدمات بهره‌برداری بر تودهٔ باقی‌مانده در مدیریت تک‌گزینی به سازماندهی مناسب عملیات قطع و خروج چوب از جنگل نیاز دارد.

واژگان کلیدی: اسالم، جنگل ناو، زخم تنه، شیوهٔ تک‌گزینی، صدمات بهره‌برداری.

* نویسندهٔ مسئول
Email: farzam_tavankar@yahoo.com

مقدمه

بهره‌برداری شامل مراحل قطع، تبدیل، کشیدن، بارگیری، و حمل درختان جنگلی و در واقع حلقهٔ اتصال بخش تولید بیولوژیک و بخش تولید صنعتی چوب است [۱]. بهره‌برداری جنگل به هر روشی که اجرا شود به تودهٔ باقی‌مانده صدمه می‌زند [۲]. اما فنون جدید بهره‌برداری درصدد به حداقل رساندن این صدمات است. این فنون با نام‌های «بهره‌برداری کم‌فشار» و «بهره‌برداری منطبق با معیارهای زیست‌محیطی» شناخته می‌شوند [۳ــ ۵]. تحقیقات نشان می‌دهد به دلیل حملهٔ آفات، حشرات، و قارچ‌ها از طریق زخم‌های ایجادشده بر درختان باقی‌مانده، در بلندمدت، صدمات افزایش می‌یابد [۶ و ۷]. از این رو، صدمات بهره‌برداری بر توده‌های جنگلی در دو مقطع زمانی اولیه (بلافاصله بعد از بهره‌برداری) و ثانویه (در سال‌های بعد از بهره‌برداری) مطالعه می‌شود [۳، ۸، ۹]. صدمات موجب کاهش رویش درختان می‌شود و توانایی پایداری توده‌های باقی‌مانده را کاهش می‌دهد [۱۰ و ۱۱]. کاهش رویش توده و پوسیدگی تنهٔ درختان زخمی از صدمات ثانویهٔ بهره‌برداری‌اند که کمتر مطالعه شده‌اند [۱۲]. تحقیق انجام‌گرفته در جنگل‌های Ontario کانادا نشان داد، بعد از گذشت دَه سال از زمان بهره‌برداری، کاهش میزان رویش درختان زخمی کاج[1] همچنان ادامه دارد [۸]. زخم‌های ایجادشده در ناحیهٔ تنهٔ درختان باقی‌مانده فراوان‌ترین شکل صدمات بهره‌برداری به روش چوب‌کشی زمینی است [۱۳ و ۱۶]. زخم‌های تنهٔ درختان در سال‌های بعد از بهره‌برداری ممکن است به چهار حالت بسته (ترمیم‌یافته)، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی، یا منجر به نابودی درخت دیده شوند [۶ و ۱۲]. وقوع هر یک از چهار حالت یادشده به مدت زمان سپری‌شده از زمان ایجاد زخم، مشخصات زخم (شدت، اندازه، محل)، گونه، اندازه، و رویشگاه درخت بستگی دارد [۶، ۱۰، ۱۷]. ترمیم زخم در درختان جوان و درختانی که سریع رشد می‌کنند زودتر از درختان کهن‌سال و کندرشد رخ می‌دهد [۶]. درختان قطور مقاومت بیشتری در برابر صدمات بهره‌برداری دارند [۱۸ و ۱۹]. تحقیق در جنگل‌های پهن‌برگ امریکا نشان داد زخم‌های ایجادشده بر تنهٔ درختان لاله[2] زودتر از زخم‌های ایجادشده بر تنهٔ درختان بلوط سفید[3] و بلوط سرخ[4] بسته می‌شود [۳]. اغلب زخم‌های ایجادشده در اندازه‌های کوچک‌تر از ۳۲۲٫۶ سانتی‌متر مربع بر تنهٔ درختان باقی‌مانده در جنگل Appalachian بعد از گذشت پنج تا دوازده سال بسته شده بودند [۳]. تحقیق در جنگل‌های سوزنی‌برگ امریکا نشان داد زخم‌های با پهنای کمتر از ۱۰ سانتی‌متر پس از گذشت هشت سال از زمان ایجاد زخم (زمان بهره‌برداری) کاملاً بسته می‌شوند و زخم‌هایی که پس از سیزده سال بسته نشده بودند به‌شدت پوسیده بودند [۶]. زخم‌های ایجادشده در درختان از ارزش اقتصادی آن‌ها می‌کاهد و میزان این کاهش به محل زخم و شدت پوسیدگی بستگی دارد. احتمال پوسیدگی زخم‌های بزرگ‌تر از ۳۲۵٫۸ سانتی‌متر مربع در درختان افرای قندی[5] ۵۰ درصد است [۳]. قارچ‌ها

1. Pinus strobes

2. Liriodendron tulipifera
3. Quercus alba
4. Quercusrubra
5. Acer succharum

به زخم‌های نزدیک سطح زمین و عمیق سریع‌تر حمله می‌کنند [۱۰]. قارچ‌ها نمی‌توانند به زخم‌های سطحی حمله کنند. همچنین کمتر به زخم‌هایی با شدت کنده شدن پوست حمله می‌کنند. اما، اگر چوب صدمه دیده باشد، حملهٔ قارچ‌ها حتمی است [۱۰]. گزارش شده است ۰٫۲ تا ۳٫۳ درصد درختان باقی‌مانده در اثر زخم‌های بهره‌برداری در جنگل‌های کانادا نابود می‌شوند [۱۷]. دقت در اجرای مراحل مختلف بهره‌برداری و کاهش شدت و فراوانی درختان زخمی و برهم‌خوردگی خاک جنگل، علاوه بر افزایش پایداری و رویش توده و تجدید حیات جنگل، درآمد واحد بهره‌برداری جنگل را از طریق افزایش کمیت و کیفیت چوب تولیدی در دوره‌های بعد تأمین خواهد کرد [۱۷، ۲۰، ۲۱]. هدف این تحقیق برآورد صدمات ثانویهٔ بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل ناو اسالم است. همچنین، بررسی مقاومت گونه‌ها و قطرهای مختلف درختان در مقابل زخم‌های ایجادشده طی عملیات بهره‌برداری با اندازه و شدت و محل‌های متفاوت از اهداف این تحقیق است.

روش‌شناسی

منطقهٔ مطالعه‌شده

منطقهٔ مطالعه جنگل سری یک ناو اسالم در حوزهٔ آبخیز شمارهٔ ۷ در استان گیلان است. مختصات جغرافیایی این سری بین طول جغرافیایی "۱۰-'۳۳-°۴۸ تا "۱۱-'۱-°۴۹ و عرض جغرافیایی "۱۴-'۳۱-°۳۷ تا "۱۰-'۴۵-°۳۷ (مختصات جغرافیایی u.t.m) است. اقلیم منطقه، بر اساس ضریب رطوبت دمارتن، در گروه مرطوب قرار دارد. میزان بارش سالیانه ۹۲۴ میلی‌متر و میانگین درجهٔ حرارت سالیانه حدود ۱۰٫۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. پارسل‌های ۳۵ و ۴۲ به ترتیب به وسعت ۳۹ و ۴۱ هکتار به منزلهٔ منطقهٔ مطالعه انتخاب شد. این مطالعه در یک دورهٔ دوازده‌ساله در این پارسل‌ها انجام گرفت. این پارسل‌ها در حاشیهٔ جنوبی مرز سری و مجاور جادهٔ جنگلی قرار دارند و محدودهٔ ارتفاعی آن‌ها از ۱۳۵۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا و جهت عمومی شیب آن‌ها شمال غربی است. تیپ غالب جنگل راشستان همراه ممرز است. ساختار تودهٔ ناهم‌سال و سایر گونه‌های درختی، به ترتیبِ بیشترین فراوانی، عبارت‌اند از پلت، شیردار، توسکا، و نم‌دار. این دو پارسل، همانند سایر پارسل‌های سری یک، به شیوهٔ جنگل‌شناسی تک‌گزینی مدیریت می‌شوند و در زمستان ۱۳۷۹ از آن‌ها بهره‌برداری شد. شدت بهره‌برداری در پارسل‌های ۳۵ و ۴۲ به ترتیب ۱۴٫۷ و ۲۴٫۳ متر مکعب در هکتار بود [۲۲]. قطع و تبدیل درختان نشانه‌گذاری‌شده به وسیلهٔ ارهٔ موتوری مدل Stihl و خروج گرده‌بینه‌ها (۵٫۲ و ۷٫۸ متری) توسط ماشین چوب‌کشی چرخ لاستیکی مدل Timber jack 450-C انجام گرفت.

روش جمع‌آوری داده‌ها

مشخصات زخم‌های ایجادشده بر درختان باقی‌مانده در جنگل بلافاصله پس از اتمام بهره برداری در سال ۱۳۸۰ جمع‌آوری شد. تحقیقات نشان می‌دهد فراوانی و شدت صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده با افزایش فاصله از مسیرهای چوب‌کشی کاهش می‌یابد [۱۳، ۱۴، ۲۳، ۲۴، ۲۵]. اما از آنجا که هدف تحقیق حاضر برآورد فراوانی و شدت صدمات بهره‌برداری

بر درختان باقی‌مانده در کل منطقهٔ مطالعه بود و عملیات قطع و چوب‌کشی در شیوهٔ تک‌گزینی در کل سطح پارسل پراکنده است، جمع‌آوری داده‌ها با روش نمونه‌برداری منظم تصادفی انجام شد [۱۵، ۱۸، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱]. ابعاد شبکه ۱۰۰ در ۱۰۰ متر و قطعات نمونه دایره‌ای ۱۰ آری انتخاب شد [۱۵ و ۱۸]. هشتاد قطعه‌نمونه برداشت شد. داخل قطعات نمونه، گونهٔ درختان (قطر برابر سینه برابر یا بزرگ‌تر از ۷٫۵ سانتی‌متر) مشخص و قطر برابر سینه و مشخصات زخم‌های تنه (اندازه، محل، شدت) اندازه‌گیری و ثبت شد. انواع و شدت زخم‌ها بر حسب گونه‌های مختلف اندازه‌گیری شد. مساحت زخم تنهٔ درختان با اندازه‌گیری طول و عرض هر زخم، با استفاده از نوار متر با دقت سانتی‌متر، محاسبه شد [۳۲]. مساحت زخم‌ها در چهار کلاسهٔ کوچک‌تر از ۲۵، ۲۶ تا ۱۰۰، ۱۰۱ تا ۱۰۰۰، و بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع ثبت شد [۱۳ و ۲۵]. شدت زخم‌ها در سه کلاس، شامل خراش سطحی و کنده شدن پوست و صدمه به چوب تنهٔ درخت، ثبت شد [۱۶، ۱۸، ۳۲]. داده‌های جمع‌آوری‌شده برای تشخیص تأثیر گذشت زمان حفظ شد. در سال ۱۳۹۲، پس از گذشت دوازده سال، دوباره قطعات نمونه بازیابی و درختان زخمی شناسایی و زخم‌ها بررسی و اندازه‌گیری شدند. وضعیت زخم‌ها در چهار شکل ــ شامل بسته، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی، نابودی درخت ــ ثبت شدند [۶]. گاه زخم تنه ترمیم می‌شود، اما تنه از درون می‌پوسد و از بیرون قابل مشاهده نیست [۶، ۳۳، ۳۴]. برای بررسی این موضوع از روش متهٔ سال‌سنج استفاده شد [۶، ۳۲، ۳۵].

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای مقایسهٔ میانگین‌های اندازهٔ زخم در گونه‌های مختلف درختان، همچنین در کلاسه‌های متفاوت قطر درختان، از آزمون ناپارامتری کروسکال‌ـ والیس[1] استفاده شد. زیرا نتایج آزمون کولموگروف‌ـ اسمیرنوف[2] نشان داد متغیر اندازهٔ زخم دارای توزیع غیر نرمال است. به منظور بررسی ارتباط وضعیت زخم‌ها با گونه، کلاسهٔ قطر، و کلاسهٔ اندازهٔ زخم تنهٔ درختان از آزمون کای‌اسکوار (جداول توافقی k×j) استفاده شد [۳۵ و ۳۶]. ابتدا نسبت وضعیت زخم‌ها (k=۴) در گونه‌ها (j_s=۶)، کلاسه‌های قطر (j_d=۵)، و کلاسه‌های اندازهٔ زخم تنهٔ (j_a=۴) درختان به کمک رابطهٔ ۱ تعیین شد:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \qquad (۱)$$

P_i نسبت زخم وضعیت i، n_i فراوانی زخم وضعیت i، و N فراوانی کل زخم‌هاست.

برابری نسبت‌های مختلف وضعیت زخم‌ها در هر یک از عوامل گونه‌ها، کلاسه‌های قطر، و اندازهٔ زخم به کمک رابطهٔ ۲ بررسی شد [۳۷]:

$$x^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \qquad (۲)$$

x^2 مقدار کای‌اسکوار محاسباتی، O_i فراوانی مشاهده‌شدهٔ زخم با وضعیت i، و E_i فراوانی مورد انتظار زخم با وضعیت i است. مقدار کای‌اسکوار محاسباتی با مقدار کای‌اسکوار جدول با درجهٔ آزادی df=(k-1)(j-1) در سطح α=۰٫۰۵ و α=۰٫۰۱ مقایسه شد. فرض صفر (H_o) بر برابر بودن نسبت‌های وضعیت زخم در گونه‌ها، کلاسه‌های قطری، و کلاسه‌های اندازهٔ زخم دلالت دارد. در صورت

1. Kruskal-Wallis
2. kolmogorov- Smirnov

بزرگ‌تر بودن مقدار کای‌اسکوار محاسباتی از مقدار کای‌اسکوار جدول، فرض صفر مردود و فرض مخالف (H_a) پذیرفته می‌شود. تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS19 انجام گرفت.

یافته‌ها و بحث

تعداد زخم‌ها در سال ۱۳۸۰ در شش گونهٔ راش، ممرز، توسکا، پلت، شیردار، و نمدار به ترتیب ۱۰۴، ۶۴، ۴۰، ۳۴، ۲۴، و ۱۳ مشاهده و اندازه‌گیری شد. در سال ۱۳۹۲، بعد از گذشت دوازده سال، دوباره وضعیت زخم‌ها در گونه‌های مختلف بررسی شد. درصد وضعیت زخم‌ها در گونه‌های درختی در جدول ۱ می‌آید. نتایج بررسی نشان داد درختان همهٔ گونه‌های بررسی‌شده، به جز گونهٔ نمدار، با گذشت زمان، توانایی ترمیم زخم‌ها را دارند. گونهٔ نمدار، که یکی از گونه‌های باارزش در جنگل‌های ایران است، کمترین توانایی ترمیم زخم‌ها را دارد. در گونهٔ نمدار از سیزده زخم بررسی‌شده دَه زخم (۷۶٫۹ درصد) پوسیدگی داشتند. همچنین، بیشترین فراوانی زخم‌های منجر به نابودی درخت ۷٫۷ درصد در گونهٔ نمدار مشاهده شد. توانایی ترمیم زخم در گونهٔ ممرز بیشتر از سایر گونه‌هاست؛ طوری که ۷۸٫۱ درصد زخم‌ها به طور کامل بسته شدند. کمترین فراوانی زخم‌هایی که منجر به نابودی درخت شدند با ۱٫۶ درصد در این گونه مشاهده شد. بعد از نمدار، گونهٔ راش بیشترین حساسیت را در مقابل زخم‌های حاصل از صدمات بهره‌برداری دارد؛ طوری که بیشترین فراوانی زخم‌های باز بدون پوسیدگی با ۲۸٫۸ درصد در گونهٔ راش مشاهده شد.

جدول ۱. وضعیت درختان صدمه‌دیده (زخم تنه) در گونه‌های مختلف در سال ۱۳۹۲

گونه	تعداد زخم	درصد			
		بسته	باز بدون پوسیدگی	باز با پوسیدگی	نابودی درخت
راش (*Fagusorientalis*)	۱۰۴	۵۹٫۶	۲۸٫۸	۵٫۸	۵٫۸
ممرز (*Carpinusbetulus*)	۶۴	۷۸٫۱	۷٫۸	۱۲٫۵	۱٫۶
توسکا (*Alnussubcordata*)	۴۰	۶۷٫۵	۱۷٫۵	۱۰	۵
پلت (*Acer velutinum*)	۳۴	۶۷٫۷	۲۳٫۵	۵٫۹	۲٫۹
شیردار (*Acer cappadocicum*)	۲۴	۷۰٫۸	۱۶٫۷	۸٫۳	۴٫۲
نمدار (*Tiliabegonifolia*)	۱۳	۰۰	۱۵٫۴	(۷۶٫۹)	۷٫۷
کل گونه‌ها	۲۷۹	۶۴٫۲	۲۰٫۱	۱۱٫۴	۴٫۳

در گونهٔ نم‌دار ۸۴٫۶ درصد درختان صدمه‌دیده نابود شدند یا زخم باز همراه پوسیدگی داشتند. این گونه نسبت به سایر گونه‌های بررسی‌شده کمترین مقاومت را در مقابل صدمات بهره‌برداری از خود نشان داد.

در گونهٔ ممرز ۷۸٫۱ درصد زخم‌ها با گذشت دوازده سال به طور کامل بسته شد. کمترین فراوانی زخم‌هایی که منجر به نابودی شدند با ۱٫۶ درصد مربوط به این گونه است. بنابراین، گونهٔ ممرز مقاوم‌ترین گونه در مقابل صدمات بهره‌برداری است.

نمونه‌برداری با متهٔ سال‌سنج از زخم‌های بسته‌شده نشان داد از کل زخم‌های بسته‌شده (صد و هفتاد و نه زخم) بیست و هفت زخم (۱۵٫۱٪) پوسیدگی دارند. کرتولی‌نژاد و همکاران [۳۳] در تحقیقی فراوانی درختان راش زخمی جنگل‌های مازندران را، که پوسیدگی تنه داشتند، ۲۵ درصد گزارش کردند.

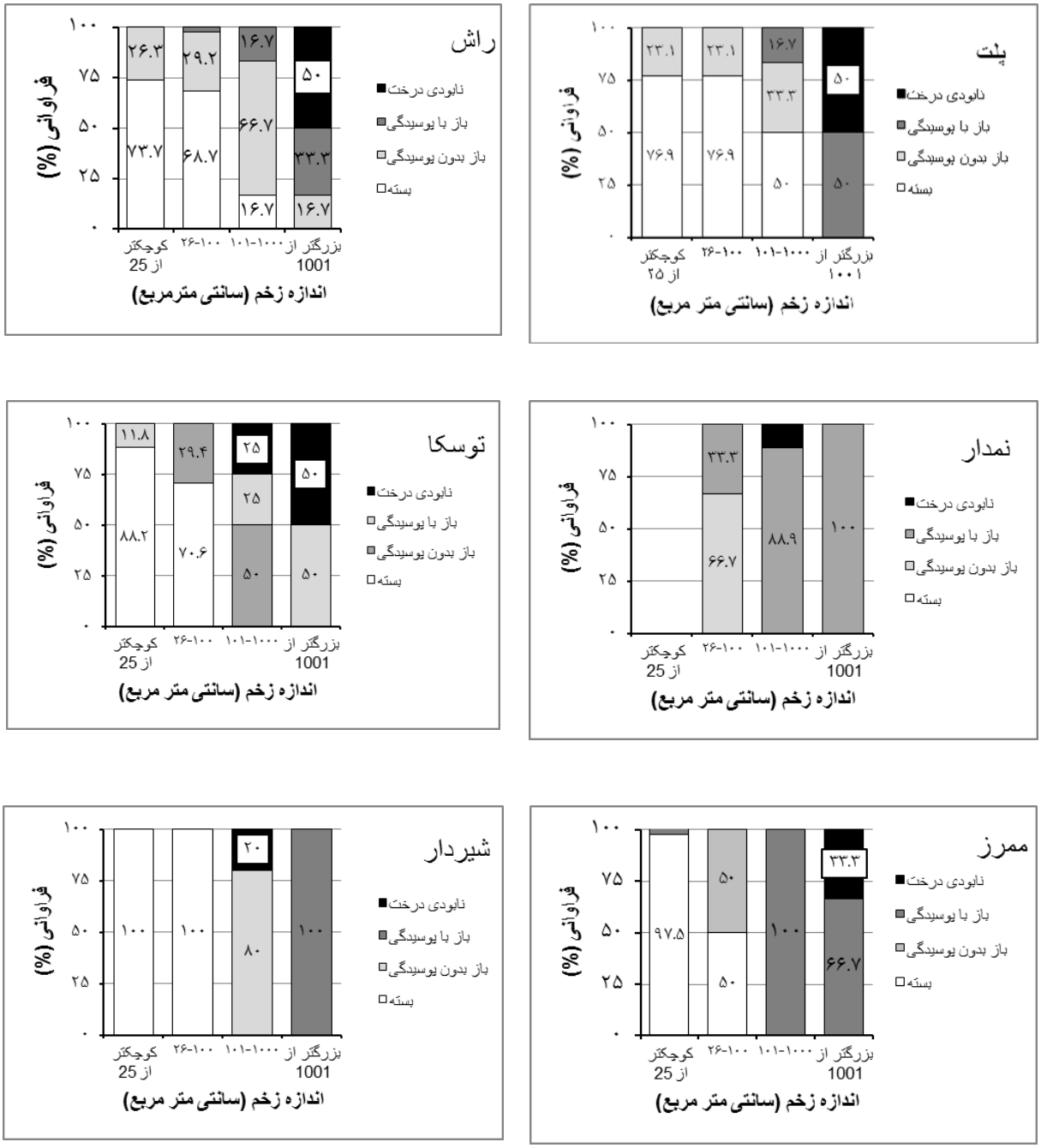
مقاومت گونه‌ها در مقابل اندازهٔ زخم تنه

در این بررسی اندازهٔ زخم به چهار طبقه تقسیم شد. از کل زخم‌های ایجادشده در شش گونهٔ بررسی‌شده، در طبقهٔ کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع، صد و هجده زخم روی درختان سرپای جنگل در اثر بهره‌برداری ایجاد شده بود. در این طبقه صد و یک زخم بسته (۸۵٫۶٪)، سیزده زخم باز بدون پوسیدگی (۱۱٪)، چهار زخم باز با پوسیدگی (۳٫۴٪) وجود داشت و هیچ‌یک منجر به نابودی درخت نشد. در این طبقه، همهٔ گونه‌ها در ترمیم زخم‌ها از خود توانایی زیادی تشان دادند. گونهٔ شیردار طی دوازده سال توانست ۱۰۰ درصد زخم‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع را ترمیم کند. در این طبقه، هیچ‌یک از زخم‌های راش، پلت، و شیردار منجر به پوسیدگی نشدند. اما دو زخم (۴٫۳٪) در گونهٔ ممرز و دو زخم (۱۱٫۸٪) در گونهٔ توسکا به پوسیدگی منجر شدند. درصد وضعیت زخم‌ها با اندازه‌های متفاوت در گونه‌های مختلف در سال ۱۳۹۲ در شکل ۱ می‌آید.

نتایج این بررسی نشان داد درختان همهٔ گونه‌های بررسی‌شده، به جز گونهٔ نم‌دار، در ترمیم زخم‌های حاصله از صدمات بهره‌برداری، با اندازهٔ ۲۶ تا ۱۰۰ سانتی‌متر مربع، توانایی خوبی دارند؛ طوری که ۷۰٫۵ درصد زخم‌ها بسته شدند. ولی باید توجه داشت بسته شدن زخم در تنهٔ درخت نشان‌دهندهٔ سالم بودن آن نیست. چون زخم‌هایی که بسته می‌شوند انواع ویروس‌ها و میکروب‌ها را با خود دارند. زمانی که درخت به هر دلیلی- مانند سرمای دیررس، ضعیف شدن خاک، خشک‌سالی، و غیره- ضعیف می‌شود، ویروس‌ها و میکروب‌های موجود در زخم شروع به فعالیت می‌کنند [۳۵]. نتیجهٔ آن پوسیدگی درونی و کاهش رویش درختان است. این عمل ارزش اقتصادی جنگل را کاهش می‌دهد [۶، ۱۰، ۳۳، ۳۵].

اما فراوانی زخم‌های باز (۲۷٫۶٪) نسبت به زخم‌های با اندازه‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع افزایش یافت. هیچ‌یک از زخم‌ها (۲۶ تا ۱۰۰ سانتی‌متر مربع) به نابودی درختان منجر نشدند. در

گونهٔ شیردار ۱۰۰ درصد زخم‌ها ترمیم یافتند. در این طبقه، پوسیدگی زخم‌ها ۲٫۱ درصد در گونهٔ راش مشاهده شد. توانایی گونهٔ ممرز در ترمیم زخم‌ها نسبت به زخم‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع به‌شدت کاهش یافت؛ طوری که از دَه زخم ایجادشده پنج زخم (۵۰٪) بسته و پنج زخم (۵۰٪) باز بدون عارضهٔ پوسیدگی بودند.(شکل ۱)



شکل ۱. وضعیت زخم‌ها با اندازه‌های متفاوت در گونه‌های مختلف در سال ۱۳۹۲

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، گونه‌های ممرز، توسکا، شیردار، و نم‌دار طی دوازده سال قادر به ترمیم زخم‌های در طبقهٔ ۱۰۱ تا ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع نشدند. فقط یک زخم از شش زخم در گونهٔ راش بسته شد. اغلب زخم‌ها (۴۴٫۱٪) منجر به پوسیدگی شدند. در این طبقه، در گونه‌های مختلف، سی و چهار زخم در اثر صدمات بهره‌برداری ایجاد شد. سه زخم (۸٫۸٪) منجر به نابودی درخت (هر یک از گونه‌های توسکا، شیردار، نم‌دار یک اصله) شدند. از نُه اصله درخت نم‌دار زخمی‌شده، با اندازهٔ زخم ۱۰۱ تا ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع، هشت اصله (۸۸٫۹٪) دچار پوسیدگی و یک اصله (۱۱٫۱٪) نابود شد. زخم‌ها در طبقهٔ بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع در هیچ‌یک از گونه‌های درختی ترمیم نشدند. در این طبقه، اغلب زخم‌ها به پوسیدگی (۵۰٫۰٪) و نابودی درختان (۴۰٫۹٪) منجر شدند. فقط دو زخم (۹٫۱٪) در گونهٔ راش به صورت باز بدون پوسیدگی مشاهده شد. ۵۰ درصد گونه‌های راش، توسکا، و پلت و ۳۳٫۳ درصد گونهٔ ممرز در اثر زخم‌هایی با این اندازه نابود شدند (شکل ۱). اندازهٔ زخم تنه در گونه‌های مختلف درختان بررسی شد و نتایج آن در جدول ۲ می‌آید. میانگین اندازهٔ زخم‌های تنه در درختان نم‌دار با ۲۶۲ سانتی‌متر مربع بزرگ‌ترین و در درختان ممرز با ۹۸٫۶ سانتی‌متر مربع کوچک‌ترین بودند. همچنین، نتایج آزمون کروسکال- والیس نشان داد تفاوت معناداری بین میانگین‌های اندازهٔ زخم در گونه‌های مختلف وجود دارد ($P<0,01$).

در این تحقیق مقاومت گونه‌ها، با قطرهای متفاوت، در مقابل زخم‌های بهره‌برداری نیز بررسی شد (جدول ۳). قطر برابر سینهٔ درختان به پنج کلاسهٔ قطری شامل ۷٫۵ تا ۲۰، ۲۱ تا ۴۰، ۴۱ تا ۶۰، ۶۱ تا ۸۰، و بزرگ‌تر از ۸۰ سانتی‌متر تقسیم شد. همهٔ گونه‌های درختان با قطر برابر سینهٔ کمتر از ۲۰ سانتی‌متر مقاومت بسیار کمی در برابر زخم‌ها داشتند؛ طوری که ۵۸٫۴ درصد نابود شدند و ۲۵ درصد پوسیدند. فقط یک اصله درخت شیردار با قطر برابر سینهٔ کوچک‌تر از ۲۰ سانتی‌متر قادر به ترمیم زخم تنهٔ خود شد (جدول ۳). این نتیجه مشابه نتایج تحقیقات نی‌لند [۱۷] است که گزارش کرد ۱۵ درصد درختان صدمه‌دیده با قطر برابر سینهٔ کمتر از ۱۵ سانتی‌متر نابود می‌شوند. در تحقیق هان و همکاران [۶] نیز گزارش شد توانایی ترمیم زخم تنه در درختان با قطر برابر سینهٔ ۲۵ تا ۳۵ سانتی‌متر بیشتر از سایر قطرهاست.

جدول ۲. اندازهٔ زخم‌های تنه (cm^2) در گونه‌های مختلف درختان و نتیجهٔ آزمون کروسکال- والیس

گونه	راش	ممرز	توسکا	پلت	شیردار	نم‌دار	x^2	P-Value
تعداد زخم	۱۰۴	۶۴	۴۰	۳۴	۲۴	۱۳		
میانگین	۱۷۵٫۹	۹۸٫۶	۱۱۸٫۲	۲۱۷٫۶	۲۱۵٫۲	۲۶۲٫۰	۵۱٫۸۴	۰٫۰۰۰
انحراف معیار	۳۲۸٫۴	۲۳۹٫۵	۲۴۶٫۹	۳۴۶٫۹	۲۹۰٫۹	۲۶۱٫۱		

رابطهٔ قطر برابر سینه با زخم تنه در گونه‌های مختلف

در کلاسهٔ قطری ۲۱ تا ۴۰ سانتی‌متر توانایی ترمیم زخم‌ها در همهٔ گونه‌ها نسبت به کلاسهٔ قطری ۷٫۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بسیار افزایش یافت؛ طوری که ۸۱٫۱ درصد زخم‌ها در این کلاسهٔ قطری بسته شدند (جدول ۳). این نتایج هم‌سو با نتایج تحقیق هان و همکاران [۶] است. همهٔ درختان گونهٔ پلت در این کلاسهٔ قطری زخم‌های تنهٔ خود را ترمیم کردند. از پانزده اصله درخت گونهٔ ممرز زخمی‌شده در این کلاسهٔ قطری چهارده اصله (۹۳٫۳٪) زخم‌های خود را ترمیم کردند. فراوانی زخم‌های ترمیم‌یافته در گونهٔ توسکا نیز ۷۵٫۰٪ بود. اما از دو اصله درخت شیردار زخمی در این کلاسهٔ قطری یک اصله پوسید و یک اصله نابود شد (جدول ۳).

در کلاسهٔ قطری ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر، زخم‌های تنه در هیچ‌یک از گونه‌های درختی به جز گونهٔ نم‌دار منجر به پوسیدگی یا نابودی درخت نشد. بیشترین فراوانی زخم‌های بسته‌شده (۹۱٫۳٪) در این کلاسهٔ قطری مشاهده شد. درختان گونه‌های راش و شیردار همهٔ زخم‌های خود را در این کلاسهٔ قطری ترمیم کردند. فراوانی زخم‌های ترمیم‌یافته در گونه‌های ممرز، توسکا، و پلت به ترتیب ۹۵٫۲، ۹۳٫۳، و ۸۱٫۸ درصد بود. از چهار اصله درخت نم‌دار صدمه‌دیده، دو زخم بدون پوسیدگی بود، ولی هنوز ترمیم نیافته و باز بود. دو اصلهٔ دیگر پوسیدند و نابود شدند (جدول ۳). درختان با قطر برابر سینهٔ ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر نسبت به سایر طبقات قطری در ترمیم زخم‌ها توانایی بیشتری دارند. دلیل آن مرحلهٔ رویشی درختان است. در این طبقات قطری درختان برنا هستند و در ترمیم صدمات توانایی بالایی دارند. بیشترین توانایی ترمیم زخم‌ها در درختان سوزنی‌برگ، با طبقهٔ قطری ۲۵ تا ۳۵ سانتی‌متر، گزارش شده است [۶]. اما نتایج این تحقیق نشان داد طبقهٔ قطری ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر بیشترین توانایی را در ترمیم زخم تنه دارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل توانایی بیشتر رویش قطری درختان پهن‌برگ نسبت به درختان سوزنی‌برگ باشد.

در کلاسهٔ قطری ۶۱ تا ۸۰ سانتی‌متر هیچ‌یک از زخم‌ها منجر به نابودی درختان نشدند و فقط ۱۳٫۲ درصد به پوسیدگی منجر شدند. همهٔ زخم‌های ایجادشده بر تنهٔ درختان راش در این کلاسهٔ قطری ترمیم یافتند. فراوانی زخم‌های ترمیم‌یافته در گونه‌های ممرز، توسکا، پلت، و شیردار به ترتیب ۹۴٫۱، ۶۶٫۷، ۴۰، و ۵۰ درصد بود. هفت اصله درخت نم‌دار زخمی‌شده در این کلاسهٔ قطری وجود داشت که همهٔ آن‌ها با پوسیدگی همراه بودند. درختان قطور مقاومت بیشتری در برابر صدمات مکانیکی بهره‌برداری دارند. اما از توانایی ترمیم زخم آن‌ها کاسته می‌شود. این موضوع می‌تواند اولاً به دلیل کاهش میزان رویش قطری درختان قطور نسبت به درختان با قطر متوسط و قطر کم و ثانیاً به دلیل بزرگ‌تر بودن اندازهٔ زخم روی تنهٔ آن‌ها باشد (جدول ۴). در درختان قطور (قطر برابر سینهٔ بزرگ‌تر از ۸۱ سانتی‌متر) نیز هیچ‌یک از گونه‌های مختلف درختان صدمه‌دیده از بین نرفتند. اما پوسیدگی در گونه‌های راش و ممرز و توسکا به ترتیب ۱۱٫۵ و ۸۸٫۹ و ۱۰۰ درصد مشاهده شد. دو اصله درخت گونهٔ شیردار زخمی در این کلاسهٔ قطری وجود داشت که هر دو اصله زخم تنهٔ خود را ترمیم کردند. گونه‌های راش و پلت نیز به ترتیب ۳۰٫۸ و ۶۶٫۷ درصد زخم‌های خود را ترمیم کردند. دو اصله درخت نم‌دار زخمی در این کلاسهٔ قطری مشاهده شد که در هر دو اصله زخم تنه به پوسیدگی منجر شد (جدول ۳).

جدول ۳. رابطهٔ قطر برابر سینه با زخم تنه در گونه‌های مختلف درختان در سال ۱۳۹۲

گونه (تعداد زخم)	قطر برابر سینه (cm)	وضعیت زخم‌ها بعد از دوازده سال (درصد)			
		بسته	باز بدون پوسیدگی	باز با پوسیدگی	نابودی درخت
راش (۱۰۴)	۲۰ _۷٫۵	۰	۰	۰	۱۰۰٫۰
	۴۰ _۲۱	۶۲٫۵	۰	۰	۳۷٫۵
	۶۰ _۴۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
	۸۰ _۶۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
	> ۸۱	۳۰٫۸	۵۷٫۷	۱۱٫۵	۰
ممرز (۶۴)	۲۰ _۷٫۵	۰	۵۰٫۰	۰	۵۰٫۰
	۴۰ _۲۱	۹۳٫۳	۶٫۷	۰	۰
	۶۰ _۴۱	۹۵٫۲	۴٫۸	۰	۰
	۸۰ _۶۱	۹۴٫۱	۵٫۹	۰	۰
	> ۸۱	۰	۱۱٫۱	۸۸٫۹	۰
توسکا (۴۰)	۲۰ _۷٫۵	۰	۰	۵۰٫۰	۵۰٫۰
	۴۰ _۲۱	۷۵٫۰	۲۵٫۰	۰	۰
	۶۰ _۴۱	۹۳٫۳	۶٫۷	۰	۰
	۸۰ _۶۱	۶۶٫۷	۳۳٫۳	۰	۰
	> ۸۱	۰	۰	۱۰۰٫۰	۰
پلت (۳۴)	۲۰ _۷٫۵	۰	۰	۵۰٫۰	۵۰٫۰
	۴۰ _۲۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
	۶۰ _۴۱	۸۱٫۸	۱۸٫۲	۰	۰
	۸۰ _۶۱	۴۰٫۰	۵۰٫۰	۱۰٫۰	۰
	> ۸۱	۶۶٫۷	۳۳٫۳	۰	۰
شیردار (۲۴)	۲۰ _۷٫۵	۰	۰	۵۰٫۰	۵۰٫۰
	۴۰ _۲۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
	۶۰ _۴۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
	۸۰ _۶۱	۵۰٫۰	۴۰٫۰	۱۰٫۰	۰
	> ۸۱	۱۰۰٫۰	۰	۰	۰
نمدار (۱۳)	۲۰ _۷٫۵	–	–	–	–
	۴۰ _۲۱	–	–	–	–
	۶۰ _۴۱	۰	۵۰٫۰	۲۵٫۰	۲۵٫۰
	۸۰ _۶۱	۰	۰	۱۰۰٫۰	۰
	> ۸۱	۰	۰	۱۰۰٫۰	۰

جدول ۴. اندازهٔ زخم‌های تنه (cm^2) در قطرهای مختلف درختان و نتیجهٔ آزمون کروسکال ـ والیس

قطر برابر سینه (cm)	۲۰ ـ۷٫۵	۴۰ ـ۲۱	۶۰ ـ۴۱	۸۰ ـ۶۱	>۸۱	x^2	P-Value
تعداد زخم	۱۲	۳۷	۹۲	۶۸	۷۰		
میانگین	۱۴٫۶	۲۰٫۲	۸۸٫۴	۱۷۳٫۷	۲۵۳٫۸	۵۹٫۰۶	۰٫۰۰۰
انحراف معیار	۷٫۵	۱۰٫۱	۱۷۲٫۱	۳۰۹٫۶	۴۱۲٫۲		

در تحقیقی که در جنگل‌های سوزنی‌برگ کانادا انجام شد کاهش ۲۵ تا ۳۰ درصدی چوب تجاری توده‌های جنگلی، پس از گذشت بیست و پنج سال از زمان بهره‌برداری، گزارش شد [۹]. این نتایج با نتایج تحقیقات ویتنی [۸]، اسمیت و همکاران [۳]، و هان و همکاران [۶] هم‌سوست.

نتایج این تحقیق نشان داد اندازهٔ زخم‌های تنه در درختان قطور بزرگ‌تر از درختان جوان و کم‌قطر است (جدول ۴). همچنین، نتایج آزمون کروسکال‌ـ والیس نشان داد میانگین‌های اندازهٔ زخم در کلاسه‌های قطر درختان تفاوت معنادار آماری دارد ($P < ۰٫۰۱$).

نتایج آزمون کای‌اسکوار به منظور بررسی ارتباط گونهٔ درختان با وضعیت زخم‌ها در جدول ۵ می‌آید. با توجه به جدول ۵، وضعیت زخم‌ها با گونهٔ درختی ارتباط دارد ($P < ۰٫۰۱$). به عبارت دیگر، وضعیت زخم‌ها‌ـ شامل بسته‌شده، باز، پوسیده، درخت نابودشده‌ـ در گونه‌های مختلف درختان (شش گونه) یکسان نیست و مقاومت گونه‌های مختلف درختان در برابر صدمات متفاوت است. همچنین، نتایج آزمون کای‌اسکوار به منظور بررسی ارتباط قطر برابر سینهٔ درختان با وضعیت زخم‌ها معنادار ($P < ۰٫۰۱$) بود (جدول ۴). در واقع، نسبت‌های وضعیت زخم‌ها در کلاسه‌های قطر درختان (پنج کلاسه) یکسان نبود و مقاومت متفاوت کلاسه‌های قطری را در برابر صدمات بهره‌برداری نشان می‌داد. اندازهٔ زخم‌های تنه نیز یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر وضعیت زخم‌ها بود (جدول ۴) و نسبت زخم‌های بسته، باز، پوسیده، و درخت نابودشده در کلاسه‌های اندازهٔ زخم (چهار کلاسه) متفاوت بود ($P < ۰٫۰۱$).

جدول ۵. نتایج آزمون کای‌اسکوار ارتباط گونهٔ درختی، قطر درخت، و اندازهٔ زخم با وضعیت زخم

عوامل	گونهٔ درختی	قطر درخت	اندازهٔ زخم
درجهٔ آزادی	۱۵	۱۲	۹
مقدار کای‌اسکوار	۵۳۷٫۸	۳۷۸٫۹	۱۸۵۶٫۱
P-Value	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۰**

**: معنادار در سطح α=۰٫۰۱.

نتیجه‌گیری

مقاومت گونه‌ها در مقابل زخمِ صدمات بهره‌برداری در جنگل ناو اسالم، که یکی از جنگل‌های غنی و باکیفیت شمال ایران است، مطالعه شد. از درختان صدمه‌دیده در این جنگل‌ها، پس از دوازده سال، ۴٫۳ درصد کاملاً نابود شدند و ۱۱٫۴ درصد پوسیدند. پوسیدگی بر کیفیت درختان و در نتیجه بر ارزش اقتصادی آن‌ها اثرگذار است [۸، ۱۲، ۳۳، ۳۵]. بین شش گونهٔ مورد بررسی گونهٔ نمدار با گذشت زمان کمترین توانایی ترمیم زخم‌ها را از خود نشان داد. گونهٔ نمدار یکی از گونه‌های باارزش و نایاب است. بنابراین، در بهره‌برداری از جنگل‌ها باید سعی شود این گونه کمتر صدمه ببیند.

شناسایی درختان مادری و خوش‌فرم و درختان کم‌یاب و عدم چوب‌کشی از میان آن‌ها صدمه به این درختان باارزش را کاهش می‌دهد. با ایجاد پوشش‌های پلاستیکی یا پارچه‌های ضخیم در محدودهٔ کندهٔ درختان باارزش می‌توان از شدت صدمات واردآمده بر آن‌ها در مرحلهٔ چوب‌کشی کاست [۲ و ۳۰]. در مقابل گونهٔ نمدار، گونهٔ ممرز بین درختان بررسی‌شده، بیشترین مقاوت را در مقابل صدمات بهره‌برداری نشان داد. توانایی ترمیم زخم در گونهٔ ممرز بیشتر از سایر گونه‌ها بود. بعد از نمدار، گونهٔ راش بیشترین حساسیت را در مقابل زخم‌های حاصل از صدمات بهره‌برداری دارد؛ طوری که ۴۰٫۴ درصد درختان صدمه‌دیده پس از دوازده سال پوسیدند یا کاملاً نابود شدند. گونهٔ راش در جنگل‌های شمال اهمیت زیادی دارد. بیشتر طرح‌های جنگل‌داری بر اساس سرشت گونهٔ راش تهیه و تنظیم می‌شوند [۳۸ و ۳۹]. بیشترین برداشت چوب نیز از این گونه است. بنابراین، باید سعی شود با به‌کارگیری روش‌های مناسب بهره‌برداری صدمهٔ کمتری به این گونه وارد شود. نقش آموزش پرسنل بهره‌برداری در کاهش صدمات واردآمده بر تودهٔ باقی‌مانده بسیار مؤثر و مفید گزارش شده است [۴ و ۴۰]. نتایج این تحقیق نشان داد اکثر گونه‌های درختی توانایی ترمیم زخم‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی‌متر مربع را دارند. اما زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع در هیچ‌یک از گونه‌های درختی ترمیم نمی‌شود و به پوسیدگی یا نابودی درختان زخمی می‌انجامد. این زخم‌ها (بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع) در مرحلهٔ انداختن درختان و در اثر برخورد تنهٔ درختان در حال افتادن با درختان سرپای باقی‌مانده و در ارتفاعات بالای ۲ متر تنهٔ درختان ایجاد می‌شود [۱۸]. آموزش و استفاده از ابزار مناسب کارگران قطع را قادر به انداختن درختان در جهت صحیح می‌کند و صدمات این مرحله را کاهش می‌دهد [۱۸ و ۲۵]. قطع هدایت‌شدهٔ درختان می‌تواند در کاهش صدمات بسیار مؤثر باشد [۵]. در قطع هدایت‌شده، درختان در جهتی انداخته می‌شوند که علاوه بر کاهش صدمه به تودهٔ باقی‌مانده و خسارت به تنهٔ درخت انداخته‌شده مراحل بعدی عملیات بهره‌برداری نیز راحت‌تر انجام می‌گیرد و از صدمات بی‌مورد و قابل اجتناب، به‌خصوص در مرحلهٔ جمع‌آوری، جلوگیری می‌شود [۴، ۵، ۲۰]. تحقیق انجام‌گرفته در جنگل‌های ناو گیلان نشان داد کارگران قطع موفق به قطع هدایت‌شدهٔ درختان نیستند و این کار به آموزش کافی نیاز دارد [۴۰]. قابلیت ترمیم زخم‌ها در درختان کم‌قطر (کلاسهٔ ۷٫۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) در اغلب گونه‌ها کم است. عدم

چوب‌کشی از میان توده‌های تجدیدحیات‌یافته و جوان آمار این صدمات را بسیار پایین می‌آورد [۱۹، ۱۸، ۲۳]. کرتولی‌نژاد و همکاران [۳۳] برای تشخیص پوسیدگی تنهٔ درختان راش در اثر زخم‌های بهره‌برداری در جنگل‌های مازندران از روش غیر مخرب امواج تنشی استفاده کردند. اما در این تحقیق، به علت عدم دسترسی به دستگاه مورد نظر و تعداد زیاد گونه‌های درختی، که برای هر گونه دستگاه باید کالیبره می‌شد، برای تشخیص پوسیدگی تنهٔ درختانی که زخم آن‌ها بسته شده بود، از روش متهٔ سال‌سنج استفاده شد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از روش امواج تنشی استفاده شود. در مجموع نتایج این تحقیق نشان‌دهندهٔ کاهش کمیت و کیفیت تودهٔ جنگلی در اثر صدمات بهره‌برداری در یک دورهٔ دوازده‌ساله است. به منظور داشتن توده‌های مناسب از لحاظ کمی و کیفی و حفظ تنوع گونه‌های درختی، صدمات بهره‌برداری باید به حداقل ممکن کاهش یابد. صدمات واردآمده در سیستم چوب‌کشی زمینی بر درختان باقی‌مانده ۱۳ تا ۲۲ درصد در قسمت‌های مختلف جنگل‌های شمال ایران گزارش شده است [۲۳، ۲۴، ۲۵]. انداختن درختان نشانه‌گذاری‌شده در جهت‌های مناسب صدمه به درختان باقی‌مانده را به میزانی شایان توجه کاهش می‌دهد [۴، ۱۳، ۱۵، ۲۳، ۴۱]. قطع هدایت‌شدهٔ درختان هزینهٔ تولید را افزایش می‌دهد [۴۲]؛ اما این هزینه با افزایش بازدهی عملیات چوب‌کشی، کاهش صدمه به خاک و تودهٔ جنگل، و کاهش ضایعات چوب جبران خواهد شد [۴۳]. در تحقیقی که در جنگل‌های ناو صورت گرفت مشخص شد ۲۱ درصد صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در مرحلهٔ انداختن و ۶۹ درصد در مرحلهٔ چوب‌کشی ایجاد می‌شود [۱۸]. جورغلامی و مجنونیان [۲۴] رعایت نکردن اصول مناسب قطع درختان و بی‌توجهی به جهت تعیین‌شده و انتخاب نامناسب مسیرهای کشیدن کابل را از عوامل اصلی افزایش صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل خیرود گزارش کردند. آموزش و بازآموزی کارکنان بهره‌برداری، سازماندهی مناسب، و به‌کارگیری امکانات بهره‌برداری مناسب با توجه به شرایط محیط جنگل صدمات بهره‌برداری را به حداقل می‌رساند. داشتن ناظر عملیات قطع و چوب‌کشی، دقت بیشتر در انتخاب مسیرهای کشیدن کابل، و محدود کردن عملیات چوب‌کشی به مناطق خالی از درخت و سنگلاخی صدمات را به میزانی شایان توجه کاهش می‌دهد. جنگل‌های تجارتی ایران کم و محدود است. نتایج این تحقیق نشان داد در مدیریت تک‌گزینی کاهش فراوانی و شدت صدمات واردآمده بر تودهٔ باقی‌مانده باید همواره به منزلهٔ موضوعی مهم و اساسی مد نظر قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود پس از پایان عملیات بهره‌برداری و در فواصل زمانی منظم صدمات بهره‌برداری بر تودهٔ باقی‌مانده و خاک در سطح پارسل‌های قطع ارزیابی شود. درختان با صدمه‌دیدگی شدید در اولین دورهٔ بهره‌برداری بعدی برداشت و درختان نابودشده به مثابهٔ زیستگاه حیات وحش در توده باقی بمانند. همچنین، بهره‌بردارانی که درجات بیشتری از ملاحظات زیست‌محیطی را رعایت می‌کنند و صدمات کمتری بر تودهٔ باقی‌مانده می‌زنند در اولویت قرارداد قرار گیرند.

References

[1]. Majnounian, B., Jourgholami, M., Zobeiri, M., and Feghhi, J. (2009). Assessment of forest harvesting damage to residual stands and regenerations - a Case Study of Namkhaneh district in Kheyrud forest. Environmental Sciences, 7(1): 33-44.

[2]. Han, H. S. and Kellogg, L. D. (2003). Damage characteristics in young Doglas-fir stand from commercial thinning with four timber harvesting system. Western Journal of Applied Forestry, 15(1): 147-156.

[3]. Smith, H. C., Miller, G. W., and Schuler, T. M. (1994). Closure of logging wounds after 10 years. USDA Forest Service, Research Paper NE-692.

[4]. Pinard, M. A., Putz, F. E., Tay, J., and Sullivan, T. E. (1995). Creating timber harvesting guidelines for a reduced impact logging project in Malaysia. Journal of Forestry, 39(10): 41-45.

[5]. 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.

[6]. 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.

[7]. Limbeck-Lilenau, B. (2003). Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. In: Proceedings of meeting: High tech forest operations for mountainous terrain. Oct. 5-9, Sclaegl, Austria, 1-11.

[8]. Whitney, R. D. (1991). Quality of Eastern White pine 10 years after damaged by logging. Forestry Chronicle, 67(1): 23-26.

[9]. Fobes, E. W. (1958). Digest and bibliography of logging damage studies. U.S. Forest Prod. Lab. TGUR 16.

[10]. 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.

[11]. Seablom, T. J. and Reed, D. D. (2005). Assessment of factors contributing to residual tree damage from mechanized harvesting in northern hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry, 22(2): 124-131.

[12]. Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J., and vasaitis, R. (2011). Decay, yield loss and associated fungi in stands of grey alder (Alnusincana) in Latvia. Forestry, 84(4): 337-348.

[13]. 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.

[14]. Solgi, A. and Najafi, A. (2007). Investigation of residual tree damage during ground- based skidding. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(10): 1755-1758.

[15]. Tavankar, F., Bonyad, A. E., and Majnounian, B. (2011). Investigation of damages to stand caused by selection cutting using skidding system in the Asalem-Nav forest. Journal of Environmental Studies, 37(3): 89-98.

[16]. Jourgholami, M., Rizvandi, V., and Majnounian, B. (2012). Evaluating the extent, patterns, size and distribution of tree scars following skidding operation (Case study: Kheyrud forest). Iranian Journal of Forest, 4(3): 187-196.

[17]. Nyland, R. D. (1994). Careful logging in northern hardwoods. In Logging damage: the problems and practical solutions. Ministry of Natural Resources, Forest Research Paper, 117: 29-51.

[18]. Tavankar, F., Majnounian, B., and Bonyad, A. E. (2013). Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. Journal of Forest Science, 59(5): 196-203.

[19]. Clatterbuck, K. W. (2006). Logging damage to residual trees following commercial harvesting to different overstory retention levels in a mature hardwood stand in Tennessee. In: Proceedings of the 13th biennial southern silvicultural research conference, Asheville, U.S.A, pp. 591-594.

[20]. Putz, F. E., Dykstra, D. P., and Heinric, R. (2000). Why poor logging practices persist in the tropics. Journal of Conservation Biology, 14(4): 951-956.

[21]. Whitman, A., Brokaw, N., and Hagan, H. (1997). Forest damage caused by selection logging of mahogany in northern Belize. Forest Ecology and Management, 92(1): 87-96.

[22]. Anonymous, (2000). List of selected trees to harvesting. Asalem Natural Resources Office.

[23]. Jourgholami, M. (2012). Operational impacts to residual stands following ground-based skidding in Hyrcanian Forest, northern Iran. Journal of Forestry Research, 23(2): 333-337.

[24]. Jourgholami, M. and Majnounian, B. (2010). Evaluating and comparison of environmental impacts of two logging methods (Case Study: Namkhaneh District in Kheyrud Forest). Journal of Natural Environment, 63(3): 249-265.

[25]. 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.

[26]. Lotfalian, M., Majnonian, B., Rezvanfar, M., and Parsakho, A. (2009). Investigation of damages due to forest logging under selection cutting system on stand and regeneration. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 46(4): 363-372.

[27]. Meadows, J. S. (1993). Logging damage to residual trees following partial cutting in a green Ash-Sugarberry stand in the Mississippi Delta. In: Proceedings of 9th Central Hardwood Forest Conference, Mar. 8-10 IN, U.S.A. 248-260.

[28]. Ficklin, R. L., Dwyer, J. P., Cutter, B. E., and Draper, T. (1997). Residual tree damage during selection cuts using two skidding system in the Missouri Ozaraks. In: Proceedings of 11th Central Hardwoods Forest Conference. Mar. 23-26 MO, Columbia, 35-46.

[29]. Hartsough, B. (2003). Economics of harvesting to maintain high structural diversity and resulting damage to residual trees. Western Journal of Applied Forestry, 18 (2): 133-142.

[30]. Tavankar, F., Bonyad, A. E., Majnounian, B., and Iranparast Bodaghi, A. (2010). Investigation on the damages to residual trees by ground-based logging system (Case Study: Asalem-Nav forest area). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 17(2): 57-72.

[31]. Han, H. S. and Kellogg, L. D. (2000). A comparison of sampling method and a proposed quick survey for measuring residual stand damage from commercial thinning. Journal of Forest Engineering, 11: 63-69.

[32]. 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.

[33]. 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.

[34]. Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forest: a literature review. Forestry 74: 319–336.

[35]. Vasiliauskas, R. (1994). Wound healing rate and its influence spread of decay in spruce. Forest Research, 34, 207-212.

[36]. Camilli, K., Appel, D. N., and Watson, T. (2007). Studies on pruning cuts and wound dressing for Oak wilt control. Arboriculture and Urban Forestry, 33(2): 132-139.

[37]. Zali, A. A. and Jafari-Shabestari, J. (1993). Introduction to probability and statistics, University of Tehran Press, Tehran.

[38]. Mrvie Mohadjer, M. R. (2004). Silviculture of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky), experiences made in Caspian Forest, North of Iran. In: Proceedings of International Beech Symposium. May 10-20 Tehran, Iran, 15-17.

[39]. Moshtagh Kahnamoie, M. H., Bijker, W., and Sagheb–Talebi, K. (2004). The relation between annual diameter increment of *Fagus orientalis* and environmental factors (Hyrcanian forest). In: Proceeding of International Beech Symposium. May 10-20 Tehran, Iran, 76-82.

[40]. Ershadifar, M., Nikooy, M., and Naghdi, R. (2011). Ability assessment of felling crew in directional felling in west forest of Guilan province. Iranian Journal of Forest, 3(2): 169-176.

[41]. Naghdi, R., Bagheri, I., Taheri, K., and Akef, M. (2007). Evaluation of assortment logging method with respect to residual damage in Shefarood forest (North of Iran). Journal of the Iranian Natural Resources, 60(3): 931-947.

[42]. Rizvandi, V. and Jourgholami, M. (2012). Production and cost comparison of conventional and directional tree felling (Case study: in Kheyrud forest). Iranian Journal of Forest, 4(1): 1-11.

[43]. Dykstra, D. A. and Heinrich, R. (1992). Sustaining tropical forest through environmentally sound timber harvesting practices. Unasylva, 139: 237-255.