

ارزیابی بوم‌شناختی تنک‌کردن سوییسی و دانمارکی جنگل‌کاری کاج بروسیا در منطقه نکا - استان مازندران

شیرزاد محمدنژاد کیاسری^۱، خسرو ثاقب طالبی^۲ و رامین رحمانی^۳

۱- استادیار پژوهش سازمان آموزش و تحقیقات، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ساری

(نویسنده مسوول: ms.mohammadnezhadk@gmail.com)

۲- دانشیار پژوهش سازمان آموزش و تحقیقات، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۵

صفحه: ۴۱ تا ۵۲

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی روش‌های مختلف تنک‌کردن سوییسی و دانمارکی در جنگل‌کاری‌های ۲۰ ساله کاج بروسیا در شرق استان مازندران بود. این مطالعه در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه تیمار انجام شد. اطلاعات کمی و کیفی درختان با آماربرداری صد در صد در هر عرصه انجام پذیرفت. به‌منظور بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان در هر قطعه سه ریزقطعه نمونه ۴۹ مترمربعی به صورت منظم تصادفی انتخاب شد. سپس با شناسایی کلیه گونه‌های گیاهی، مقدار پوشش هر یک از آنها تعیین و زادآوری طبیعی آن سطح نیز محاسبه شد. نمونه‌برداری تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری مرکز هر ریزقطعه نمونه صورت گرفت. آماربرداری در سال‌های ۱۳۹۱ (پیش از انجام عملیات تنک‌کردن) و سال ۱۳۹۶ (پنج سال پس از تنک‌کردن) انجام شد. نتایج ارزیابی داده‌های کمی در سال ۱۳۹۶ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. با این حال، متوسط قطر توده و قطر کاج بروسیا به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی (۱۷/۰۲ سانتی‌متر، ۲۲/۷۴ سانتی‌متر)، تیمار سوییسی (۱۶/۹۴ سانتی‌متر، ۲۱/۷۱ سانتی‌متر) و عرصه شاهد (۱۵/۵۹ سانتی‌متر، ۱۹/۵۳ سانتی‌متر) بود. از نظر متوسط ارتفاع توده و ارتفاع کاج بروسیا نیز به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد (۱۱/۴۴ متر، ۱۳/۵۸ متر)، تیمار دانمارکی (۱۱/۱۳ متر، ۱۳/۱۹ متر) و تیمار سوییسی (۱۰/۸۸ متر، ۱۲/۶۸ متر) تعیین شد. کیفیت درختان در عرصه‌های تنک‌شده بیشتر از عرصه شاهد بود (سطح احتمال ۰/۰۵). متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان شانون در عرصه تنک‌کردن دانمارکی به شکل معنی‌داری بیشتر از عرصه‌های شاهد و تیمار سوییسی شد. متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان سیمپسون نیز علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی، عرصه شاهد و تیمار سوییسی تعیین شد. در ارتباط با تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاک‌زی نیز علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار به ترتیب کاهش برابر با تیمار سوییسی، شاهد و تیمار دانمارکی شد. این تحقیق بر انجام عملیات تنک‌کردن در عرصه‌های جنگل‌کاری تأکید دارد و در مجموع در سطح جنگل‌کاری‌های بروسیا استفاده از شیوه تنک‌کردن دانمارکی را به دلیل افزایش متغیرهای کمی و کیفی درختان و همچنین افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان توصیه می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: تنک‌کردن، زادآوری طبیعی، تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی، تنوع گونه‌ای گیاهان

مقدمه

جنگل‌کاری یکی از راه‌های اصلی توسعه و احیاء عرصه‌های جنگلی است و در مناطق تخریب‌یافته نیز کمک شایانی به احیاء و تجدید حیات گونه‌های بومی می‌نماید. از دیرباز استفاده معقول از گونه‌های سوزنی‌برگ سازگار در بخش‌هایی از مناطق جنگلی که دچار خسارتی زیاد شده و یا تخریبی کامل یافته‌اند، با هدف ایجاد توده‌های پیشاهنگ و پرستار و در جهت تسریع مراحل تحولی اجتناب‌ناپذیر بوده است (۹). در این اراضی کم‌بازده امکان استقرار تعدادی از گونه‌های سوزنی‌برگ کم‌توقع وجود داشته که جدای از ایجاد پوشش گیاهی بتدریج شرایط استقرار گونه‌های بومی را فراهم می‌آورد (۸). جنگل‌کاری موفق جدای از مزایای زیست‌محیطی افزایش کیفیت آب، کنترل فرسایش خاک و ثبات بوم‌سامانه را فراهم می‌آورد (۲۰).

کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.) با ارتفاع ۲۰ تا ۲۵ متر و قطر بیشینه برابر سینه ۶۰ سانتی‌متر یکی از گونه‌های با اهمیت جنگل‌های مدیترانه‌ای است. از نظر نیازهای خاکی گونه‌ای کم‌توقع بوده، در خاک‌های آهکی و سنگلاخی و یا در اراضی شنی و همچنین در مناطقی که دارای زمستان‌های

ملایم و تابستان‌های گرم و خشک است، رشد می‌کند. نتیجه گزارش نهایی طرح سازگاری سوزنی‌برگان غیربومی در منطقه ارتفاعی پایین‌بند نکا (کوهسارکنده) نشان داد که کاج بروسیا از مناسب‌ترین وضعیت کمی و کیفی برخوردار بوده و کاشت این گونه به جای گونه سرو زربین در دامنه‌های شمالی مناطق پایین‌بند شرق مازندران و استان گلستان مورد تأکید قرار گرفت (۱۴).

عملیات پرورشی جنگل شامل کلیه فعالیت‌های حمایتی، مراقبتی و تربیتی است که در ارتباط با درختان و توده‌های جنگلی از مرحله نهال تا درخت تنومند، صورت می‌گیرد. هدف اصلی این عملیات تقویت، اصلاح کمی و کیفی توده و سالم نگهداشتن آن در طول مدت حیات طولانی است. چنانچه سن متوسط یک توده صد سال باشد به‌طور متوسط ۲۵ سال اول مربوط به "آزادکردن"، ۵۰ سال پس از آن مربوط به "تنک‌کردن" و ۲۵ سال آخر مربوط به عملیات پرورشی "روشن‌کردن" است (۱۳). بررسی جنگل‌کاری‌های انجام شده در شمال کشور در سال ۱۳۷۵ بیان‌گر این واقعیت است که در مجموع ۲۰۰ هزار هکتار جنگل‌کاری در شمال کشور انجام شد و ۲۰ درصد آن را گونه‌های سوزنی‌برگ، به وسعت ۴۰

شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان، تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی و زادآوری طبیعی از روش‌های متداول ارزیابی توان بوم‌شناختی است. افزایش گوناگونی و فراوانی پوشش گیاهی در یک توده، نه تنها به تقویت تنوع پوشش گیاهی کمک می‌کند، بلکه پایداری بیشتر آن توده را نیز فراهم می‌سازد (۱۵،۱۱). همچنین در خاک جنگل‌ها، درشت‌موجودات و بی‌مهرگان خاک‌زی بی‌شماری وجود داشته که از لاشبرگ‌ها تغذیه نموده و آنها را به ابعاد کوچک‌تری که مورد نیاز ریزموجودات است، تبدیل می‌کنند (۲۶،۲۲). از همین رو افزایش تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی معرف شرایط چرخه غذایی مناسب خواهد بود. این تحقیق براساس متغیرهای کمی و کیفی توده، زادآوری طبیعی، تنوع گونه‌ای گیاهان و تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی به بررسی روش‌های مختلف تنک‌کردن سویسی (تنک‌کردن از بالا با انتخاب مثبت) و دانمارکی (تنک‌کردن مخلوط) در جنگل‌کاری‌های ۲۰ ساله کاج بروسیا در منطقه پایین‌بند جنگل‌کاری نکا در استان مازندران پرداخت. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی دو شیوه تنک‌کردن و همچنین تعیین مناسب‌ترین شیوه تنک‌کردن در سطح عرصه‌های جنگل‌کاری سوزنی‌برگ کاج بروسیا بود. بدیهی است نتایج ارائه شده در این تحقیق کارشناسان بخش‌های اجرایی و تحقیقاتی کشور را با مناسب‌ترین شیوه تنک‌کردن در سطح جنگل‌کاری‌های این گونه در پایین‌بند، آشنا می‌سازد.

مواد و روش‌ها

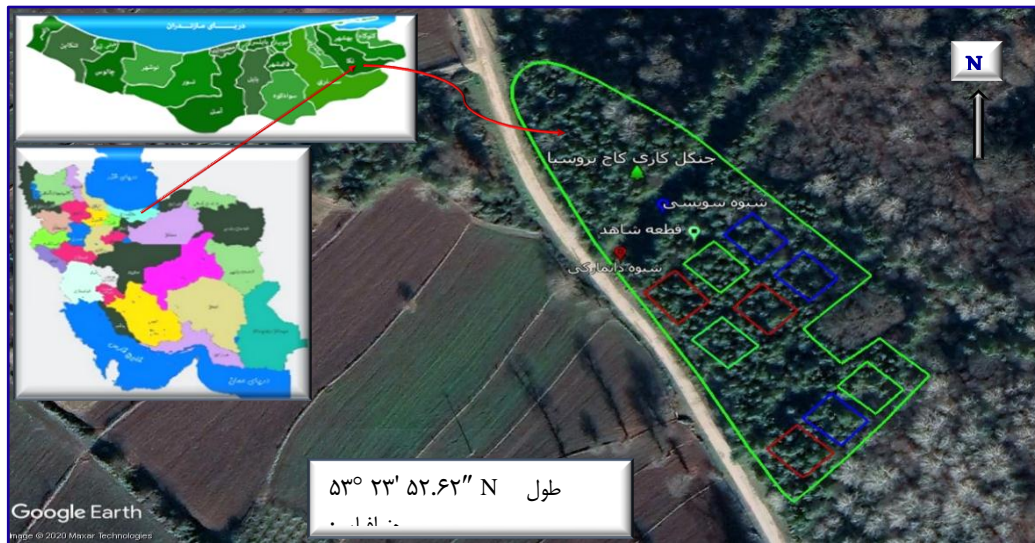
منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در مناطق پایین‌بند شرق مازندران از بخش دو نکا چوب واقع در حوضه آبخیز ۷۵ از جنگل‌های شمال کشور انجام شد. جنگل‌کاری کاج بروسیا در سری شش و قطعه هفت با مشخصات UTM ۷۱۴۵۰۶ طول جغرافیایی و ۴۰۴۹۶۷۸ عرض جغرافیایی قرار دارد (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا ۲۵۰ متر و جهت دامنه شمالی می‌باشد. تیپ خاک در جنگل‌کاری بروسیا از نوع قهوه‌ای جنگلی و واکنش شیمیایی خاک اسیدی تا قلیایی ۶/۶-۷/۵ است، بافت نسبتاً تا کاملاً سنگین (C-L تا C)، عمق بسیار زیاد، ریشه‌دوانی متوسط و میزان نفوذپذیری آن متوسط تا ضعیف است (۴).

هزار هکتار تشکیل می‌دهد (۸). امروزه تمامی این سطح از عرصه‌های جنگل‌کاری نیازمند عملیات تنک‌کردن هستند.

نتایج هشت ساله اثرات تنک‌کردن در توده‌های دست کاشت افرا پلت در طرح آزمایش امامزاده عبدالله-آمل نشان داد تیمار تنک‌شده با افزایش قطر برابر سینه از متوسط ۱۲/۷ سانتی‌متر در سال ۱۳۷۴ به ۱۸/۵ سانتی‌متر در سال ۱۳۸۰ رسید. رویه زمینی در فاصله دو آماربرداری در تنک‌کردن شدید، به دو برابر افزایش یافت (۱۰). ارزیابی ده‌ساله عملیات تنک‌کردن سویسی با شدت‌های مختلف در توده‌های ۲۳ ساله پسته‌آ از منطقه جنگل‌کاری اروستون اسالم نشان داد، بیشترین و کمترین متوسط فراوانی در واحد سطح به ترتیب در قطعات شاهد و شیوه تنک‌کردن سبک روی داد. البته افزایش تعداد تلفات در تنک‌کردن سبک نسبت به تنک‌کردن ملایم و شدید به دلیل حذف طبیعی بیشتر در طول مدت مورد بررسی بوده است. همچنین میزان متوسط رویش قطری در تیمارهای تنک‌شده بیشتر از تیمارهای شاهد بود (۲۵).

عملیات پرورشی تنک‌کردن با شیوه‌های متفاوت به انجام می‌رسد. روش تلفیقی تنک‌کردن که منجر به برداشت از آشکوب‌های بالا و پایین می‌شود به شیوه دانمارکی مشهور است. عملیات روشن‌کردن به طریق مخلوط با قواعد زیستی مطابقت داشته و از کلیه اجزای تولیدکننده یعنی هوا و زمین به نفع درختان نخبه استفاده می‌شود. البته در اجرای این شیوه درک کامل شرایط بوم‌شناختی توده اهمیت دارد و در صورت نبود دقت در قطع از آشکوب‌های مختلف، ممکن است به ضعف پوشش توده بر روی زمین منجر شود (۱۹). شایان ذکر است درختان آشکوب بالا آینده توده جنگلی را از نظر کمیّت و کیفیت تعیین می‌کنند و توده مغلوب بیشتر جنبه خدماتی برای اصلاح کیفیت آشکوب بالا است. در روش تنک‌کردن سویسی، گزینش مثبت و در آشکوب بالا صورت می‌گیرد. همچنین استفاده از این شیوه جدای از تولید مناسب اقتصادی، کمترین دخالت را بر روی ساختار توده داشته و اجرای آن برای کارشناسان با کمترین ریسک همراه است (۲۳،۱۳). البته به دلیل آن که در این شیوه به کیفیت توده توجهی نمی‌گردد، پیش از انجام تنک‌کردن سویسی، انجام عملیات برداشت بهداشتی توصیه شده است (۲۳).



شکل ۱- محل اجرای تحقیق در جنگل‌کاری‌های پایین بند منطقه چلمردی نکا-مازندران
Figure 1. Location of research in low-lying forests of Chalmardi region of Neka-Mazandaran

رویه‌زمینی، تنک‌کردن ملایم برداشت ۱۵ تا ۲۰ درصد رویه‌زمینی و تنک‌کردن شدید شامل برداشت ۲۰ تا ۲۵ درصد رویه‌زمینی درختان است (۲۵).

وضعیت کمی و کیفی تمامی درختان موجود در قطعه نمونه‌ها ثبت شد. البته به دلیل ۲۰ ساله بودن توده‌های جنگل‌کاری، آماربرداری کلیه گونه‌های درختی با قطر برابر سینه بیشتر از ۲/۵ سانتی‌متر انجام گرفت. عملیات آماربرداری در ابتدای شروع طرح تحقیقاتی پنج ساله، پیش از انجام عملیات تنک‌کردن و همچنین در سال پنجم پس از عملیات تنک‌کردن تکرار شد. متغیرهای مورد اندازه‌گیری هر درخت شامل قطر برابر سینه، ارتفاع و کیفیت درخت بود. امتیازدهی طبقات کیفی درختان نیز براساس مؤلفه‌های دو تنه و یا چند تنه بودن، راست بودن تنه درختان، چنگالی شدن درختان، وضعیت هرس طبیعی، سلامت درختان از نظر آفات و بیماری‌ها و صدمات جوی، وضعیت فرم تاج از نظر قرینه بودن، انبوهی و ابعاد تاج صورت گرفت و در مجموع بر اساس متغیرهای ارئه شده فوق به مؤلفه شادابی هر درخت نمره صفر تا ۱۰۰ به شرح زیر داده شد (۱۴): نامناسب = ۰-۳۹، ضعیف = ۴۰-۵۹، مناسب = ۶۰-۷۹ و خوب = ۸۰-۱۰۰.

مساحت ریز قطعه نمونه‌های بررسی انواع گونه‌های گیاهان به روش پلات‌های حلزونی و به کمک منحنی گونه به سطح که برای تعیین مساحت ریز قطعه نمونه است، برابر با ۴۹ مترمربع (۷×۷ متر) به دست آمد (۱۷). در مرحله بعد نسبت به تعیین سه ریزقطعه نمونه به روش سیستماتیک تصادفی در سطح هر یک از قطعه نمونه‌های ۲۰۰۰ مترمربعی اقدام شد. در ریز قطعه نمونه‌ها ضمن شناسایی گونه‌ها، فراوانی گونه به همراه تاج پوشش هر یک از آن‌ها تعیین شد (۲۲).

برای مطالعه بی‌مهرگان خاک‌زی گروه‌های خرده‌ریزخوار شامل کرم‌های خاکی، پادمان، هزارپایان، کنه‌ها، خرخاکی‌ها، پروتورا، سیمفیلا، دیپلورا، حشرات و لارو حشرات و شکارچینی

براساس اطلاعات ۳۶ ساله ایستگاه سینوپتیک قراخیل در قائمشهر (۹۶-۱۳۵۶) میانگین بارندگی سالیانه منطقه برابر با ۶۸۲/۸ میلی‌متر است. همچنین حداکثر مطلق دما (مرداد ماه) ۴۰/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق دما (ماه‌های دی و بهمن) ۴/۲- درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه برابر با ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این منطقه با توجه به رابطه دوم آمبروزه و با ضریب $Q2 = 88/69$ در طبقه اقلیمی نیمه‌مرطوب با زمستان‌های خنک و براساس طبقه‌بندی دومارتن با ضریب خشکی $26/34$ در اقلیم نیمه مرطوب جای می‌گیرد. از سوی دیگر بر اساس منحنی پراکنش بارندگی و حرارت (آمروترمیک)، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد جزو ماه‌های خشک در منطقه محسوب می‌شوند (۱۵،۴).

در این تحقیق ابتدا با انجام جنگل‌گردشی نسبت به انتخاب عرصه دو هکتاری که معرف وضعیت کلی جنگل‌کاری کاج بروسیا ۲۰ ساله بود، اقدام شد. فاصله کاشت این جنگل‌کاری برابر با 2×2 متر بود. جهت انجام تحقیق با استفاده از بلوک‌های کامل تصادفی و در جهت شیب ملایم دامنه، سه بلوک انتخاب شد. سپس در هر بلوک محل سه تیمار به روش تصادفی تعیین شد (۱۷،۱۲) که در مجموع شامل نه قطعه نمونه ۲۰۰۰ مترمربعی (50×40 متر) به فاصله‌های ۱۵ متر از یکدیگر شد (شکل ۱). تیمارهای این طرح تحقیقاتی شامل الف- تیمار شاهد، ب- تیمار سویسی برای انجام تنک‌کردن از بالا با انتخاب مثبت و ج- تیمار دانمارکی به منظور انجام تنک‌کردن مخلوط بود. در این تحقیق عملیات تنک‌کردن دانمارکی و سویسی بر اساس شدت آماربرداری تعیین شد؛ به شکلی که انجام عملیات تنک‌کردن با شدت ملایم ۱۸ درصد سطح مقطع و بر اساس اطلاعات آماربرداری صد در صد مرحله اولیه طرح تحقیقاتی در زمستان ۱۳۹۱ صورت پذیرفت (۱۹). لازم به یادآوری است به لحاظ تئوری تنک‌کردن سبک برداشت ۱۰ تا ۱۵ درصد

نمود. البته مقادیر متوسط فراوانی درختان توده و درختان بروسیا به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی (۱۱۳۰/۶۷ اصله و ۷۳۶ اصله)، عرصه شاهد (۱۰۸۵/۳۳ اصله و ۶۸۰ اصله) و تیمار سویسی (۸۹۳/۳۳ اصله و ۶۵۰/۶۷ اصله) بود. در ارتباط با متغیر متوسط قطر برابر سینه و متوسط ارتفاع توده بروسیا به ترتیب متوسط کاهش شامل تیمار سویسی (۱۵/۲۷ سانتی‌متر و ۱۵/۲۷ متر)، تیمار دانمارکی (۱۴/۲۵ سانتی‌متر و ۱۵/۲۵ متر) و عرصه شاهد (۱۲/۷۸ سانتی‌متر و ۱۴/۵۵ متر) تعیین شد و در ارتباط با متوسط قطر برابر سینه و متوسط ارتفاع درختان بروسیا نیز به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی (۱۸/۸۴ سانتی‌متر و ۱۷/۸۵ متر)، تیمار سویسی (۱۸/۳۶ سانتی‌متر و ۱۷/۷۰ متر) و عرصه شاهد (۱۶/۸۵ سانتی‌متر و ۱۷/۱۱ متر) بود. همچنین در ارتباط با متوسط فراوانی زادآوری طبیعی به ترتیب کاهش تیمار سویسی (۱۵/۲۲ اصله)، عرصه شاهد (۹/۵۲ اصله) و تیمار دانمارکی (۸/۹۲ اصله) شد (جدول ۱).

براساس نتایج این طرح تحقیقاتی بررسی میانگین متغیرهای کمی جنگل‌کاری بروسیا در سال ۱۳۹۶ نشان داد اختلاف هر یک از این متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود. با این حال مقادیر متوسط فراوانی درختان توده و درختان بروسیا به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی، عرصه شاهد و تیمار سویسی بود (جدول ۲). لازم به یادآوری است در این مطالعه شدت برداشت شیوه‌های تنک‌کردن یکسان بود. از همین رو انتظار می‌رفت میزان فراوانی درختان سرپای گونه اصلی باقیمانده در شیوه دانمارکی که برداشت از آشکوب‌های مختلف انجام می‌شود، بیشتر از شیوه سویسی و یا برداشت در آشکوب بالا باشد (جدول ۲). این نتیجه در دیگر تحقیقات نیز تأیید شد (۱۹۰، ۱۸۱). در ارتباط با متغیر متوسط قطر برابر سینه توده و بروسیا به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی، تیمار سویسی و عرصه شاهد تعیین شد و در ارتباط با متوسط ارتفاع توده و درختان بروسیا نیز به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، تیمار دانمارکی و تیمار سویسی بود. همچنین در ارتباط با متوسط فراوانی زادآوری طبیعی عرصه شاهد دارای بیشترین مقدار بود و پس از آن به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی و تیمار سویسی شد (جدول ۲).

در مرحله بعد متوسط تغییرات مقادیر هر یک از متغیرهای کمی در طول پنج سال پس از انجام عملیات تنک‌کردن و به تفکیک تیمارهای مختلف تعیین شد. میزان متوسط کاهش فراوانی و متوسط افزایش قطر برابر سینه گونه بروسیا در طول پنج سال به ترتیب کاهش شامل شیوه دانمارکی، شیوه سویسی و عرصه شاهد بود و این در حالی است که در ارتباط با متغیرهای متوسط کاهش فراوانی و متوسط افزایش قطر برابر سینه توده جنگل‌کاری در طول مدت پنج سال به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، شیوه دانمارکی و شیوه سویسی به دست آمد. در رابطه با متوسط کاهش ارتفاع درختان توده و گونه بروسیا نیز در طول پنج سال بعد از تنک‌کردن به ترتیب کاهش برابر با شیوه سویسی، شیوه دانمارکی و عرصه شاهد بود. شایان ذکر است جنگل‌کاری با گونه بروسیا انجام پذیرفت ولی وجود تعدادی از گونه‌های درختی حاصل از زادآوری

که از این خرده‌ریزخواران تغذیه می‌کنند، شامل گروه‌های صدپایان، شبه‌عقرب‌ها، عنکبوت‌ها و پادرازان با عنوان بی‌مهرگان خاک‌زی مورد مطالعه قرار گرفت. مشابه دیگر متغیرهای مورد بررسی این اندازه‌گیری‌ها در طول فصل تابستان سال‌های اول و پنجم اجرای طرح، انجام شد. تعداد این قطعات نمونه‌ها مشابه برداشت‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در طول سال اول برابر با ۵۱ نمونه و در مجموع با احتساب بررسی در سال آخر برابر با ۱۰۲ نمونه شد. نمونه‌های خاک به صورت استوانه‌ای با سطح مقطع ۸۱ سانتی‌متر مربع و از سطح لایه آلی تا عمق ده سانتی‌متر خاک برداشت شد. جداسازی بی‌مهرگان خاک‌زی از نمونه‌ها توسط قیف برلیزی انجام و نمونه‌های حاصل در محلول الکل اتلیک به همراه پنج درصد گلیسرول، نگهداری و با استفاده از کلید طبقه‌بندی و لوپ دو چشمی شناسایی و شمارش شد (۱۸، ۱۶).

تنوع گونه‌ای گیاهان بر اساس میزان تاج پوشش طبقه‌بندی وان‌درمال و در ارتباط با تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی از میزان درصد فراوانی گروه‌های مختلف و جدول وان‌درمال تعیین شد (۱۸۶). برآورد تنوع زیستی با شاخص‌های شانون-واینر و سیمسون به انجام رسید. مقادیر متوسط متغیرهای غنا و یکنواختی نیز به ترتیب با شاخص‌های مارگالف و هپ به دست آمد (۱۵). تعیین میزان تنوع نیز با استفاده از نرم‌افزار Past صورت گرفت (۱۷).

تجزیه و تحلیل میانگین آماره‌های کمی در سال پنجم پس از تنک‌کردن در این تحقیق با استفاده از بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت و مقایسات در بین آماره‌های مربوط به تیمارهای مختلف نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد به انجام رسید. البته در هر مرحله از تجزیه و تحلیل، فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کالموگروف-اسمیرنوف و بررسی همگنی واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون لئون بررسی شد. همچنین در ارتباط با مقایسه آماره‌های کمی اندازه‌گیری شده در بین دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ از آزمون تی‌تست جفتی و در ارتباط با تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی به دلیل تفاوت محل نمونه‌گیری، از آزمون تی‌تست مستقل استفاده شد.

تجزیه و تحلیل کیفی درختان در دو مرحله انجام پذیرفت. در مرحله ابتدایی با استفاده از آزمون کای اسکوتر دو بعدی تفاوت درصد فراوانی درختان در طبقات مختلف و در ارتباط با تیمارهای مورد بررسی آزمون شد. در مرحله دوم و برای هر تیمار با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف وضعیت کیفی درختان در طول دوره بررسی و محاسبات آماری در نرم‌افزار SPSS 18 انجام شد (۱۴).

نتایج و بحث

بررسی وضعیت کمی و کیفی درختان و زادآوری طبیعی
انجام عملیات پرورشی موجب بهبود شرایط کمی و کیفی توده‌های طبیعی و عرصه‌های جنگل‌کاری است (۲۶، ۱۲، ۵). بررسی اولیه میانگین متغیرهای کمی جنگل‌کاری بروسیا قبل از انجام عملیات تنک‌کردن در سال ۱۳۹۱ نشان داد اختلاف هر یک از این متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار

آزمون نشان داد کیفیت توده و کیفیت درختان بروسیا در عرصه دست نخورده شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از عرصه‌های دارای تیمارهای دانمارکی و سویسی است. البته بین کیفیت درختان در دو عرصه دانمارکی و سویسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (سطح احتمال ۰/۰۵).

همچنین آزمون کالموگراف- اسمیرنف برای هر یک از تیمارها به صورت مجزا و در بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ انجام گرفت. براساس مقادیر کالموگراف- اسمیرنف برای توده (۴/۵۸۵) و درختان بروسیا (۱/۳۷۳) در عرصه شاهد، میزان کاهش کیفیت درختان در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۱ مشخص شد. البته این کاهش کیفیت تنها در ارتباط با توده جنگلکاری معنی‌دار بود (سطح احتمال ۰/۰۵). از سوی دیگر در ارتباط با ارزیابی کیفی درختان در عرصه تیمار دانمارکی (۲/۷۳۱)، میزان افزایش کیفیت توده درختان در سال ۱۳۹۶ بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود (سطح احتمال ۰/۰۵) ولی این اختلاف در ارتباط با گونه بروسیا معنی‌دار نشد (۰/۳۸۷). همچنین با اطمینان ۹۵ درصد در سطح عرصه‌های تیمار سویسی، میزان افزایش کیفیت درختان توده در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۱ معنی‌دار بود (۲/۴۳۸) ولی در ارتباط با گونه بروسیا اختلافی معنی‌دار وجود نداشت (۰/۶۵۴).

در مجموع بررسی نتایج کیفی در عرصه جنگل‌کاری بروسیا نشان داد میزان کیفیت درختان توده و همچنین گونه اصلی در سطح عرصه‌های شاهد در طول مدت پنج سال به دلیل افزایش رقابت و شرایط نامساعد محیطی کاسته شد. این نتیجه در بسیاری از تحقیقات دیگر مورد تایید قرار گرفت (۱۰،۵). از سوی دیگر انجام عملیات تنک‌کردن در هر یک از دو شیوه سویسی و دانمارکی در طول پنج سال موجب افزایش کیفیت درختان شد (سطح احتمال ۰/۰۵). شایان ذکر است نتایج بررسی تحقیقی مشابه در سطح جنگل‌کاری پلت (۱۵) نشان داد کیفیت درختان توده و گونه اصلی عرصه دست‌نخورده شاهد پس از مدت پنج سال تنک‌کردن کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۳).

طبیعی، پاجوش‌ها، ریشه‌جوش‌ها و یا حتی تک درختان پهن‌برگ محدود اولیه منجر به بررسی در دو حالت کاج بروسیا و توده جنگل‌کاری شده است (جدول‌های ۱ و ۲).

متوسط فراوانی زادآوری طبیعی تحت تأثیر میزان فضای خالی و یا ابعاد روشن، مرحله رویشی، ترکیب درختان مادری، نوع پوشش گیاهی و میزان تخریب و یا تغییر خاک در سطح عرصه است (۲۴،۱۰). بر اساس برداشت‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در عرصه جنگل‌کاری کاج بروسیا با توجه به میزان روشنائی فراهم شده در کف توده بر گسترش بوته‌های تمشک افزوده شد و به همان نسبت موجب کاهش فراوانی زادآوری در طول پنج سال پس از انجام عملیات تنک‌کردن شد (جدول ۳). براساس نتایج این تحقیق میزان متوسط افزایش فراوانی زادآوری طبیعی در طول پنج سال به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۱۳/۸۵ اصله)، تیمار دانمارکی (با متوسط افزایش ۱/۰۸ اصله) و تیمار سویسی (با متوسط کاهش ۵/۸۹ اصله) بود. انجام تحقیقی مشابه در عرصه جنگل‌کاری ۲۰ ساله بلندمازو در این منطقه نیز نشان داد متوسط افزایش زادآوری طبیعی در مدت ۵ سال پس از انجام تنک‌کردن به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی، تیمار سویسی و عرصه شاهد شد (۱۸). البته براساس تحقیقات مشابه دیگر عملیات تنک‌کردن سویسی در جنگل‌کاری‌های پلت و سدر هیمالیا به دلیل فراهم آوردن شرایط نفوذ نور بیشتر در کف عرصه و همچنین عدم گسترش تمشک از نظر فراوانی زادآوری طبیعی نسبت به شیوه دانمارکی شرایط مناسب‌تری را داشت (۲۳،۱۶).

در ارزیابی کیفی با انجام آزمون کای اسکوئر دو بعدی در هر یک از سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ مشخص شد درصد فراوانی درختان توده جنگل‌کاری و گونه بروسیا تیمارهای مختلف در طبقات کیفی اختلاف معنی‌دار وجود داشت (سطح احتمال ۰/۰۱). در مرحله بعد با استفاده از آزمون کالموگراف- اسمیرنف تیمارهای مختلف مورد بررسی در سال ۱۳۹۶ به صورت دو به دو مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۳). نتایج این

جدول ۱- ارزیابی کمی درختان و زادآوری طبیعی در سطح جنگل‌کاری بروسیا با دو تیپ تنک‌کردن در سال ۱۳۹۱

Table 1. Quantitative assessment of trees and natural regeneration in the Bruntain plantation, 2013

روش تنک کردن			متغیرهای مورد بررسی
انتخاب مثبت از بالا (سویسی)	انتخاب از بالا و پایین (دانمارکی)	عرصه شاهد (بدون دخالت)	
۸۹۳.۳۳ (۱۶۰/۳۱) ns	۱۱۳۰.۶۷ (۸۸.۱۰) ns	۱۰۸۵.۳۳ (۱۱۵.۰۸) ns	فراوانی درخت در هکتار
۶۵۰.۶۷ (۹۹.۰۸) ns	۷۳۶ (۱۳۹/۰۱) ns	۶۸۰ (۱۰۶/۱۴) ns	فراوانی گونه اصلی در هکتار
۱۵/۲۷ (۲/۸۰) ns	۱۴.۲۵ (۲/۰۵) ns	۱۲.۷۸ (۲/۵۴) ns	قطر برابر سینه توده (سانتی‌متر)
۱۸.۳۶ (۱/۸۹) ns	۱۸.۸۴ (۱/۴۵) ns	۱۶/۸۱ (۲/۰۶) ns	قطر برابر سینه گونه اصلی (سانتی‌متر)
۱۵.۲۷ (۰/۹۵) ns	۱۵.۲۵ (۰/۹۸) ns	۱۴.۵۵ (۰/۹۶) ns	متوسط ارتفاع توده جنگل‌کاری (متر)
۱۷.۷۰ (۰/۶۱) ns	۱۷.۸۵ (۰/۳۰) ns	۱۷.۱۱ (۰/۷۶) ns	متوسط ارتفاع گونه اصلی (متر)
۱۵/۲۲ (۳/۸۰) b	۸.۹۲ (۳/۳۴) b	۱۵.۲۲ (۸/۰۶) a	فراوانی زادآوری در ریزقطعه‌نمونه (اصله)

اعداد داخل پرانتز، اشتباه معیار است. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (سطح اطمینان ۹۵ درصد)

جدول ۲- ارزیابی کمی درختان و زادآوری طبیعی در سطح جنگل کاری بروسیا با دو تیپ تنک‌کردن در سال ۱۳۹۶

Table 2. Quantitative assessment of trees and natural regeneration in the Brutain plantation, 2018

روش تنک کردن			متغیرهای مورد بررسی	
انتخاب مثبت از بالا (سویسی)	انتخاب از بالا و پایین (دانمارکی)	عرصه شاهد (بدون دخالت)		
۸۱۳/۳۳ (۲۱۷/۴۱) ns	۱۰۴۲/۷ (۳۹) ns	۹۹۴/۶۷ (۱۹۵) ns	فراوانی درخت در هکتار	
۵۲۸ (۸۸) ns	۶۰۵/۳۳ (۱۶۹/۰۱) ns	۶۰۲/۶۷ (۱۵۶/۴۳) ns	فراوانی گونه اصلی در هکتار	
۱۶/۹۴ (۲/۷۰) ns	۱۷/۰۲ (۳/۳۳) ns	۱۵/۵۹ (۳/۶۸) ns	قطر برابر سینه توده (سانتی‌متر)	
۲۱/۷۱ (۱/۶۸) ns	۲۲/۷۴ (۱/۱۰) ns	۱۹/۵۳ (۱/۹۶) ns	قطر برابر سینه گونه اصلی (سانتی‌متر)	
۱۰/۸۸ (۰/۷۷) ns	۱۱/۱۳ (۰/۸۹) ns	۱۱/۴۴ (۰/۸۴) ns	متوسط ارتفاع توده جنگل کاری (متر)	
۱۲/۶۸ (۰/۳۱) ns	۱۳/۱۹ (۰/۲۰) ns	۱۳/۵۸ (۰/۵۶) ns	متوسط ارتفاع گونه اصلی (متر)	
۹/۳۳ (۴/۱۰) b	۱۰ (۴/۶۴) b	۲۳/۴۴ (۲۲/۰۶) a	فراوانی زادآوری در ریزقطعه نمونه (اصلی)	

اعداد داخل پرانتز، اشتباه معیار است. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (سطح اطمینان ۹۵ درصد)

سویسی شد (سطح احتمال ۰/۰۵). بررسی نتایج کیفی پس از مدت پنج سال در توده سدر هیمالیا نیز نشان داد افزایش کیفیت درختان در تیمار دانمارکی در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۹ از لحاظ آماری معنی‌دار بود ولی در ارتباط با تیمار سویسی افزایش کیفی درختان در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۹ از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (۲۳،۱۴).

شایان ذکر است نتایج بررسی یک تحقیق مشابه در سطح جنگل کاری پلت (۱۵) نشان داد کیفیت درختان توده و گونه اصلی عرصه دست‌نخورده شاهد پس از مدت پنج سال کاهش معنی‌داری یافت. همچنین کیفیت درختان پلت تیمارهای دانمارکی (توده و گونه اصلی) و سویسی (گونه اصلی) برتری معنی‌داری نسبت به عرصه شاهد داشت و کیفیت درختان توده و گونه اصلی پلت در تیمار دانمارکی نیز بیشتر از تیمار

جدول ۳- درصد فراوانی کیفی درختان برای درجات مختلف کیفیت در عرصه جنگل کاری بروسیا

Table 3. The percent of frequency of trees in different quality classes in the Brutain plantation

درجات کیفیت	شاهد			انتخاب از بالا و پایین			انتخاب مثبت از بالا		
	(بدون تنک‌کردن)			(روش دانمارکی)			(روش سویسی)		
	۱۳۹۱	۱۳۹۶	۱۳۹۱-۱۳۹۶	۱۳۹۱	۱۳۹۶	۱۳۹۱-۱۳۹۶	۱۳۹۱	۱۳۹۶	۱۳۹۱-۱۳۹۶
توده جنگل کاری	۴۸/۷۹	۵۳/۳۲	K-s=۴/۵۸۵*	۵۳/۳۲	۵۵/۵۰	K-s=۲/۷۳۱*	۶۶/۴۶	۵۸/۳۴	K-s=۲/۴۳۸*
	۸/۵۸	۱۲/۵۳		۱۲/۵۳	۵/۸۸		۸/۰۸	۹/۵۳	
	۱۶/۸۹	۲۸/۵۰		۲۸/۵۰	۲۱/۲۳		۲۱/۸۷	۱۶/۷۲	
	۲۵/۷۴	۵/۶۵		۵/۶۵	۱۷/۳۹		۳/۵۹	۱۵/۴۱	
درختان بروسیا	۷۶/۵۵	۷۶/۴۷	K-s=۱/۳۷۳ ^{ns}	۹۰/۰۸	۸۸/۹۹	K-s=۰/۳۸۷ ^{ns}	۸۳/۵۴	۸۵/۸۶	K-s=۰/۶۵۴ ^{ns}
	۷/۵۲	۱۲/۹۴		۵/۳۴	۴/۴۰		۷/۷۲	۹/۰۹	
	۶/۶۴	۹/۰۲		۳/۰۵	۴/۴۰		۷	۱/۰۱	
	۹/۲۹	۱/۵۷		۱/۵۳	۲/۲۱		۱/۶۴	۴/۰۴	

K-s: به معنای آزمون کالموگروف-اسمیرنوف، ns: نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و *: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

بررسی وضعیت تنوع گونه‌ای گیاهان

شناسایی گیاهان در سطح جنگلکاری‌های کاج بروسیا مورد بررسی نشان داد که در این مناطق ۴۲ گونه گیاهی شامل تعداد ۱۴ گونه درختی، شش گونه درختچه‌ای و ۲۲ گونه علفی و بوته‌ای وجود دارد. فراوانی خانواده‌های گیاهی موجود در این مناطق نیز نشان داد خانواده Rosaceae با شش گونه و خانواده Aceraceae با سه گونه و خانواده‌های Asteraceae، Fabaceae، Lamiaceae و Liliaceae با دو گونه از بیشترین فراوانی برخوردار بودند. بررسی طیف بیولوژیک پوشش گیاهی در این منطقه به روش رانکایر (۲۰۲۱) نشان داده است که گروه فانروفیت‌ها با ۵۲/۳۸ درصد،

همی کریپتوفیت‌ها با ۲۶/۱۹ درصد، کریپتوفیت‌ها با ۱۱/۹۱ درصد، تروفیت‌ها با ۷/۱۴ درصد و کامه‌فیت‌ها با ۲/۳۸ درصد در سطح منطقه حضور دارند. نتایج پراکنش جغرافیایی گیاهان (۳،۲۷) نیز نشان می‌دهد ۲۸/۵۷ درصد از گونه‌ها این محدوده متعلق به ناحیه اروپا-سیبری، مقدار ۱۶/۶۷ درصد متعلق به ناحیه اروپا-سیبری و ایران-تورانی، ۷/۱۴ درصد متعلق به ناحیه رویشی اروپا-سیبری و مدیترانه‌ای، ۲/۳۸ درصد متعلق به ناحیه رویشی مدیترانه‌ای، ۱۶/۶۷ درصد متعلق به ناحیه رویشی اروپا-سیبری، ایران-تورانی و مدیترانه‌ای، ۱۶/۶۷ درصد متعلق به چند ناحیه رویشی و ۱۱/۹۰ درصد در گستره جهان وطنی است (جدول ۴).

جدول ۴- فهرست تیره‌ها، گونه‌ها، شکل حیاتی و منطقه رویشی گیاهان موجود در جنگل کاری کاج بروسیا (شکل‌های زیستی: Ph: فانروفیت‌ها، Ch: کامه‌فیت‌ها، He: همی‌کریپتوفیت‌ها و Cry: کریپتوفیت‌ها، Th: تروفیت‌ها)؛ (منطقه رویشی Euro- Sib: اروپا- سیبری، Ir-Tur: ایرانی- تورانی، Medit: مدیترانه‌ای، Plurreg: چند منطقه‌ای و Cosm: جهان وطنی)

Table 4. Floristic composition with family name, life form and chorotype of each plants on Brutia Pine Reforestation. (Life form: Ph: Phanerophyte, Ch: Chamaephyte, He: Hemicryptophyte, Cry: Cryptophyte, Th: Therophyte); (Chorotype: Euro- Sib: Euro- Siberian, Ir-Tur: Irano-Turanian, Medit: Mediterranean, Plurreg: Pluriregional, Cosm: Cosmopolitan)

تیره و گونه‌های گیاهی	شکل زیستی	منطقه رویشی	درصد حضور در سطح عرصه‌های مورد مطالعه		
			سویسی	دانمارکی	شاهد
Aceraceae <i>Acer cappadocicum</i> Gled	Ph	Euro-Sib.	۲۲/۲۲	۴۴/۴۴	۵۵/۵۶
<i>Acer velutinum</i> Boiss	Ph	Euro-Sib.	۰	۱۱/۱۱	۰
Araliaceae <i>Hedera pastuchovii</i> Woron. Ex Grossh.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur.	۱۱/۱۱	۱۱/۱۱	۰
Aspleniaceae <i>Asplenium adiantum nigrum</i> L.	Cry	Plurreg.	۲۲/۲۲	۱۱/۱۱	۲۲/۲۲
Asteraceae <i>Artemisia annua</i> L.	Th	Euro-Sib., Ir-Tur.	۰	۰	۱۱/۱۱
<i>Carpesium abrotanoides</i> L.	He	Euro-Sib., Ir-Tur.	۱۱/۱۱	۰	۱۱/۱۱
Athyriaceae <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth.	Cry	Plurreg.	۰	۱۱/۱۱	۲۲/۲۲
Caryophyllaceae <i>Stellaria media</i> (L.) Cyr.	Th	Cosm.	۱۱/۱۱	۰	۱۱/۱۱
Compositae <i>Erigeron acer</i> L.	He	Cosm.	۰	۱۱/۱۱	۰
Convolvulaceae <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	He	Plurreg.	۴۴/۴۴	۵۵/۵۶	۶۶/۶۷
Corylaceae <i>Carpinus betulus</i> L.	Ph	Euro-Sib.	۶۶/۶۷	۴۴/۴۴	۵۵/۵۶
Cyperaceae <i>Carex sylvatica</i> L.	Cry	Euro-Sib., Ir-Tur.	۶۶/۶۷	۱۰۰	۸۸/۸۹
Ebenaceae <i>Diospyrus lotus</i> L.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur.	۷۷/۷۸	۷۷/۷۸	۱۰۰
Fabaceae <i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Ph	Plurreg.	۵۵/۵۶	۵۵/۵۶	۸۸/۸۹
<i>Robinia pseudoacasia</i> L. ^{*1}	Ph	Plurreg.	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱	۶۶/۶۷
Fagaceae <i>Quercus castaneifolia</i> C. A. Mey.	Ph	Euro-Sib.	۶۶/۶۷	۴۴/۴۴	۵۵/۵۶
Hamamelidaceae <i>Parrotia persica</i> (DC.) C. A. Mey.	Ph	Euro-Sib.	۸۸/۸۹	۶۶/۶۷	۸۸/۸۹
Hypericaceae <i>Hypericum androsaemum</i> L.	Ch	Euro-Sib., Medit.	۰	۰	۲۲/۲۲
Lamiaceae <i>Calamintha officinalis</i> Moench	Cry	Euro-Sib., Ir-Tur.	۱۱/۱۱	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱
<i>Lamium album</i> L.	He	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳	۶۶/۶۷
Liliaceae <i>Ruscus hyrcanus</i> Woron.	Ph	Euro-Sib.	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱	۲۲/۲۲
<i>Smilax excelsa</i> L.	Ph	Plurreg.	۵۵/۵۶	۳۳/۳۳	۷۷/۷۸
Juglandaceae <i>Juglans regia</i> L.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۰	۱۱/۱۱	۰
Moraceae <i>Ficus carica</i> L.	Ph	Plurreg.	۵۵/۵۶	۶۶/۶۷	۵۵/۵۶
Onagraceae <i>Circaea lutetiana</i> L.	Cry	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۰	۰	۱۱/۱۱
Oxalidaceae <i>Oxalis corniculata</i> L.	Th	Cosm.	۱۱/۱۱	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱
Pinaceae <i>Pinus brutia</i> Ten. ^{*2}	Ph	Medit.	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
Polygonaceae <i>Rumex acetosa</i> L.	He	Plurreg.	۱۱/۱۱	۰	۲۲/۲۲
Primulaceae <i>Primula heterochroma</i> Stapf	He	Euro-Sib.	۲۲/۲۲	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱
Punicaceae <i>Punica granatum</i> L.	Ph	Plurreg.	۱۱/۱۱	۰	۱۱/۱۱
Rosaceae <i>Crataegus melonocarpa</i> M.B.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۴۴/۴۴	۴۴/۴۴	۳۳/۳۳
<i>Geum kokanicum</i> Regel & Schmalh.	He	Euro-Sib., Ir-Tur.	۵۵/۵۶	۸۸/۸۹	۸۸/۸۹
<i>Mespilus germanica</i> L.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۲۲/۲۲	۲۲/۲۲	۲۲/۲۲
<i>Pyrus boissieriana</i> Bushe	Ph	Euro-Sib.	۰	۰	۱۱/۱۱
<i>Prunus spinosa</i> L.	Ph	Plurreg.	۱۱/۱۱	۵۵/۵۶	۳۳/۳۳
<i>Rubus hyrcanus</i> Juz.	Ph	Euro-Sib.	۶۶/۶۷	۸۸/۸۹	۱۰۰
Salicaceae <i>Populus caspica</i> Bornm.	Ph	Euro-Sib.	۰	۱۱/۱۱	۴۴/۴۴
Solanaceae <i>Solanum nigrum</i> L.	Th	Cosm.	۲۲/۲۲	۰	۳۳/۳۳
Ulmaceae <i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) Dipp.	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur.	۲۲/۲۲	۵۵/۵۶	۲۲/۲۲
Urticaceae <i>Urtica dioica</i> L. var. <i>dioica</i>	He	Cosm.	۲۲/۲۲	۱۱/۱۱	۲۲/۲۲
Violaceae <i>Viola odorata</i> L.	He	Euro-Sib., Medit.	۵۵/۵۶	۱۰۰	۸۸/۸۹
Vitaceae <i>Vitis sylvestris</i> Gmelin	Ph	Euro-Sib., Ir-Tur., Medit.	۰	۰	۱۱/۱۱

*1 به معنای گونه غیربومی سازگار شده و *2 نشان‌دهنده گونه غیربومی سازگار جنگل کاری شده در عرصه مورد مطالعه است.

متوسط افزایش ۰/۴۴۸) و تیمار سویسی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۱) بود. در ارتباط با متوسط افزایش شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون در طول مدت پنج سال به ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۱۱)، تیمار تنک‌شده به شیوه دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۵۷) و تیمار سویسی (با متوسط افزایش ۰/۱۱۰) شد. شایان ذکر می‌باشد در ارتباط با متوسط افزایش شاخص یکنواختی هیپ به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۷۹)، تیمار سویسی (با متوسط افزایش ۰/۲۴۰) و عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۲۵) بود. از سوی دیگر در ارتباط با متوسط کاهش شاخص غنای مارگالف به ترتیب برابر با عرصه شاهد (با متوسط کاهش ۱/۷۱۹)، تیمار سویسی (با متوسط کاهش ۱/۲۹۱) و تیمار دانمارکی (با متوسط کاهش ۱/۲۳۶) شد. در مجموع بر اساس این تحقیق عملیات تنک‌کردن به شیوه دانمارکی موجب تقویت بیشتر تنوع گونه‌ای گیاهان شده و تأثیر مثبت شیوه دانمارکی بیشتر از شیوه سویسی بود. انجام طرح‌های تحقیقاتی مشابه در سطح جنگل کاری‌های بلندمازو و پلت در شرق مازندران و جنگل کاری سدر هیمالیا در مرکز مازندران نیز تأثیر مثبت تنک‌کردن دانمارکی را در افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان نسبت به تنک‌کردن به شیوه سویسی و عرصه شاهد نشان داده است (۱۴).

نتایج میزان متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان در سال ۱۳۹۶ بر اساس شاخص شانون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود به شکلی که تیمار دانمارکی در بالاترین مرتبه جای داشته تیمار سویسی در پایین مرتبه قرار گرفته و عرصه شاهد نیز حالتی بینابینی داشت. همچنین داده‌های جدول پنج نشان داد میزان تنوع گونه‌ای گیاهان شاخص سیمپسون در سال ۱۳۹۵ اگرچه فاقد اختلافی معنی‌دار بود ولی مقادیر آن به ترتیب کاهش شامل تیمار دانمارکی، تیمار سویسی و عرصه شاهد شد. مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان متأثر از مقادیر یکنواختی هیپ و غنای مارگالف بوده که جزئیات مقادیر هر یک از آن‌ها در جدول پنج آمده است.

در مرحله بعد اختلاف مقادیر تنوع گونه‌ای گیاهان بر حسب شاخص‌های شانون و سیمپسون بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ بر اساس آزمون تی‌تست جفتی مقایسه شد (جدول ۶). نتایج این آزمون نشان داد تنوع گونه‌ای گیاهان کلیه تیمارهای شاهد و تنک‌شده در طول مدت پنج سال افزایش یافته به شکلی که اختلاف میزان تنوع هر تیمار نسبت به پنج سال قبل آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. البته در ارتباط با متوسط افزایش شاخص تنوع گونه‌ای شانون در طول مدت پنج سال بین تیمارهای مختلف به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی (با افزایش متوسط ۰/۵۷۵)، عرصه شاهد (با

جدول ۵- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در سطح جنگل کاری بروسیا

Table 5. The indices comparison of plant species diversity in the Brutain plantation

روش تنک‌کردن		شاخص‌ها	
شیوه سویسی	شیوه دانمارکی	شاهد	
۲/۳۵۷ (-/۰/۳۸۴) b	۲/۷۲۳ (-/۰/۳۰۱) a	۲/۴۵۴ (-/۰/۲۱۴) ab	تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶
۲/۰۳۶ (-/۰/۲۴۲) ns	۲/۱۴۸ (-/۰/۳۰۳) ns	۲/۰۰۶ (-/۰/۵۵۰) ns	شانون- وینر ۱۳۹۱
۰/۸۸۱ (-/۰/۰۴۷) ns	۰/۹۱۶ (-/۰/۰۳۰) ns	۰/۸۹۳ (-/۰/۰۲۵) ns	تنوع سیمپسون ۱۳۹۶
۰/۷۷۱ (-/۰/۰۵۰) ns	۰/۷۵۹ (-/۰/۰۸۷) ns	۰/۶۸۲ (-/۰/۱۵۷) ns	سیمپسون ۱۳۹۱
۰/۷۹۷ (-/۰/۰۲۹) ns	۰/۷۹۰ (-/۰/۰۳۶) ns	۰/۷۷۰ (-/۰/۰۳۸) ns	یکنواختی هیپ ۱۳۹۶
۰/۵۵۷ (-/۰/۰۵۱) ns	۰/۵۱۱ (-/۰/۰۹۸) ns	۰/۵۴۵ (-/۰/۱۳۵) ns	هیپ ۱۳۹۱
۳/۴۷۷ (۱/۱۱۳) b	۴/۸۰۰ (-/۰/۹۳۳) a	۳/۷۹۶ (-/۰/۵۷۸) b	غنای مارگالف ۱۳۹۶
۴/۷۶۸ (۱/۳۱۶) ns	۶/۰۳۶ (۱/۱۴۰) ns	۵/۵۱۵ (۱/۸۵۳) ns	مارگالف ۱۳۹۱

اعداد داخل پرانتز معرف اشتباه معیار است. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

جدول ۶- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در طول سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶

Table 6. The indices comparison of plant species diversity during the years 2013 and 2018

جنگل کاری‌ها				شاخص	
T	سویسی	T	دانمارکی	شاهد	
۲/۱۲۲ **	۲/۰۳۶	۴/۰۳۹ **	۲/۱۴۸	۲/۰۰۶	تنوع شانون- وینر ۱۳۹۱
	۲/۳۵۷		۲/۷۲۳	۲/۴۵۴	شانون- وینر ۱۳۹۶
۴/۸۰۶ **	۰/۷۷۱	۵/۱۱۳ **	۰/۷۵۹	۰/۶۸۲	تنوع سیمپسون ۱۳۹۱
	۰/۸۸۱		۰/۹۱۶	۰/۸۹۳	سیمپسون ۱۳۹۶
۱۲/۲۸۸ **	۰/۵۵۷	۷/۹۷۵ **	۰/۵۱۱	۰/۵۴۵	یکنواختی هیپ ۱۳۹۱
	۰/۷۹۷		۰/۷۹۰	۰/۷۷۰	هیپ ۱۳۹۶
۲/۲۴۶ **	۴/۷۶۸	۲/۵۲۷ **	۶/۰۳۶	۵/۵۱۵	غنای مارگالف ۱۳۹۱
	۳/۴۷۷		۴/۸۰۰	۳/۷۹۶	مارگالف ۱۳۹۶

** اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با سطح اطمینان ۹۹ درصد و ns: عدم اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

گروه‌های پادمان، کنه‌ها و حشرات بالدار بیشترین فراوانی جمعیت را به خود اختصاص داده‌اند به شکلی که در جنگل کاری بروسیا گروه‌های پادمان (۶۸/۵۵ درصد)، کنه‌ها (۱۹/۷۲ درصد) و حشرات بالدار (۶/۶۶ درصد) در مجموع

بررسی وضعیت تنوع بی‌مهرگان خاکزی

در این تحقیق متوسط تراکم بی‌مهرگان خاکزی در هر متر مربع و از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک جنگل کاری کاج بروسیا برابر با ۲۱۶۰۵ عدد بوده است. شایان ذکر است

در مرحله بعد اختلاف مقادیر تنوع بی‌مهرگان خاکزی میان شاخص‌های شانون و سیمپسون در بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ و براساس آزمون تی‌تست مستقل مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۹). نتایج این آزمون نشان داد میزان متوسط افزایش تنوع تیمارهای شاهد و تنک‌شده در طول مدت زمان پنج سال به طور معنی‌داری افزایش یافت (سطح احتمال ۰/۰۱). شایان ذکر است در رابطه با افزایش متوسط شاخص تنوع شانون در طول مدت پنج سال و برای تیمارهای مختلف به ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۴۶۷)، تیمار سوییسی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۱) و تیمار دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۱۳) بود.

۹۴/۹۳ درصد فراوانی بی‌مهرگان خاکزی را شامل شده‌اند. میانگین و درصد فراوانی گروه‌های مختلف بی‌مهرگان خاکزی در هر متر مربع و از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاک جنگل‌کاری بروسیا به شرح جدول هفت است. نتایج این پژوهش نشان داد متوسط تنوع بی‌مهرگان خاکزی براساس شاخص‌های شانون و سیمپسون در سال ۱۳۹۶ اگرچه اختلاف معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد نشان نداد، با این حال به ترتیب کاهش شامل تیمار سوییسی، عرصه شاهد و تیمار دانمارکی بود. شایان ذکر است مقادیر شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاکزی متأثر از مقادیر یکنواختی هیپ و غنای مارگالف بوده که البته همانند مقادیر تنوع، اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارهای مختلف نداشته است (جدول ۸).

جدول ۷- مشخصات بی‌مهرگان خاکزی در هر مترمربع

Table 7. Specifications of soil invertebrates per square meter

گروه‌ها	فراوانی	درصد
پادمان‌ها	۱۴۸۰۹/۵۵	۶۸/۵۵
کنه‌ها	۴۲۶۰/۷۰	۱۹/۷۲
حشرات بالدار	۱۴۳۸/۵۰	۶/۶۶
کرم‌های خاکی	۳۴۲/۵۰	۱/۵۸
هزارپایان	۶۸/۵۰	۰/۳۲
صدپایان	۲۰۵/۵۰	۰/۹۵
سیمفیلها	۱۲۳/۳۰	۰/۵۷
پروپداها	۸۲/۲۰	۰/۳۸
خرخاکی‌ها	۱۰۹/۶۰	۰/۵۱
پروتوراها	۲۷/۴۲	۰/۱۳
دیپلورا	۱۳/۷۰	۰/۰۶
عنکبوت‌ها	۲۷/۴۰	۰/۱۳
شبه عقرب‌ها	۱۲۳/۳۰	۰/۵۷
مجموع	۲۱۶۰۵	۱۰۰

تیمار سوییسی و تیمار دانمارکی بوده است. البته انجام تحقیقی مشابه در عرصه جنگل‌کاری پلت نشان داد که این ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، تیمار دانمارکی و تیمار سوییسی شد و در عرصه جنگل‌کاری بلندمازو نیز به ترتیب کاهش برابر با تیمار سوییسی، تیمار دانمارکی و تیمار شاهد به دست آمد (۱۸). لازم به یادآوری است تنوع بی‌مهرگان خاکزی تحت تأثیر عوامل متعددی از قبیل نوع پوشش گیاهی، میزان تابش نور خورشید به عرصه، خصوصیات اداپتیکی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، رطوبت و همچنین میزان تخریب خاک حاصل از انجام عملیات بهره‌برداری در سطح جنگل و خروج چوب از آن است (۱۷). در همین راستا و به منظور ایجاد حداقل خسارت به محیط زیست بی‌مهرگان خاکزی عملیات تنک‌کردن می‌بایست با شدت ملایم و رعایت دقیق استانداردهای قطع و خروج چوب صورت پذیرد.

همچنین در ارتباط با افزایش متوسط شاخص تنوع سیمپسون در مدت پنج سال به ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۲۷)، تیمار سوییسی (با متوسط افزایش ۰/۱۹۱) و تیمار دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۵۵) شد. البته در ارتباط با شاخص یکنواختی هیپ به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۴۱۴)، تیمار سوییسی (با متوسط افزایش ۰/۴۰۳) و عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۳۶۰) بود. شاخص غنای مارگالف نیز به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۰۱۸)، تیمار سوییسی (با متوسط کاهش ۰/۱۷۱) و تیمار دانمارکی (با متوسط کاهش ۰/۲۵۲) تعیین شد.

نتایج طرح تحقیقاتی حاضر نشان داد میزان متوسط افزایش تنوع بی‌مهرگان خاکزی شانون در طول پنج سال پس از عملیات تنک‌کردن و به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد،

جدول ۸- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی در سطح جنگل کاری بروسیا
Table 8. The indices comparison of soil invertebrates' diversity in the Brutain plantation

روش تنک کردن		شاخص	
شویه سویسی	شویه دانمارکی	شاهد	شاخص
۱/۳۶۵ (-/۰.۲۲۵) ns	۱/۲۷۹ (-/۰.۳۰۴) ns	۱/۳۴۹ (-/۰.۳۳۴) ns	تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶
۱/۰.۴۴ (-/۰.۱۳۴) ab	۱/۰.۶۶ (-/۰.۲۱۲) a	۰/۰.۸۸۲ (-/۰.۱۶۶) b	شانون- وینر ۱۳۹۱
۰/۷۱۹ (-/۰.۰۵۹) ns	۰/۶۹۵ (-/۰.۱۰۱) ns	۰/۷۰۷ (-/۰.۰۸۷) ns	تنوع سیمپسون ۱۳۹۶
۰/۵۲۸ (-/۰.۰۵۶) ns	۰/۵۴۰ (-/۰.۰۸۴) ns	۰/۴۸۰ (-/۰.۰۸۴) ns	سیمپسون ۱۳۹۱
۰/۹۲۶ (-/۰.۲۲۲) ns	۰/۹۴۲ (-/۰.۰۵۶) ns	۰/۸۷۷ (-/۰.۰۹۶) ns	یکنواختی هیپ ۱۳۹۶
۰/۵۲۳ (-/۰.۱۴۶) ns	۰/۵۲۸ (-/۰.۰۹۸) ns	۰/۵۱۷ (-/۰.۲۱۲) ns	هیپ ۱۳۹۱
۱/۰.۵۷ (-/۰.۲۷۴) ns	۰/۹۶۰ (-/۰.۳۸۵) ns	۱/۰.۸۳ (-/۰.۳۹۲) ns	غناي مارگالف ۱۳۹۶
۱/۲۲۸ (-/۰.۴۰۱) ns	۱/۲۱۲ (-/۰.۳۷۵) ns	۱/۰.۶۵ (-/۰.۳۴۴) ns	مارگالف ۱۳۹۱

اعداد داخل پرانتز معرف اشتباه معیار است. حروف متفاوت معرف اختلاف معنی‌دار است (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

جدول ۹- مقایسه شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی در طول سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶
Table 9. The indices comparison of soil invertebrates' diversity during the years 2013 and 2018

جنگل کاری‌ها				شاخص	
T	سویسی	T	دانمارکی	T	شاهد
۴/۰۰۸ **	۱/۰.۴۴	۹۲۱ *	۱/۰.۶۶	۴/۰.۳۷ **	۰/۰.۸۸۲
	۱/۳۶۵		۱/۲۷۹		۱/۳۴۹
۸/۱۹۵ **	۰/۵۲۸	۴/۰.۶۶ **	۰/۵۴۰	۶/۵۹۶ **	۰/۴۸۰
	۰/۷۱۹		۰/۶۹۵		۰/۷۰۷
۱۶/۸۵۳ **	۰/۵۲۳	۱۲/۴۷۹ **	۰/۵۲۸	۶/۱۸۰ **	۰/۵۱۷
	۰/۹۲۶		۰/۹۴۲		۰/۸۷۷
۱/۳۲۶ ns	۱/۲۲۸	۱/۷۲۶ ns	۱/۲۱۲	۰/۱۲ ns	۱/۰.۶۵
	۱/۰.۵۷		۰/۹۶۰		۱/۰.۸۳

** اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با سطح اطمینان ۹۹ درصد و ns به معنای عدم اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

دانمارکی با شدت متوسط و خروج چوب با حداقل خسارت در عرصه‌های جنگل کاری تاکید دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه همکاران طرح تحقیقاتی، کارشناسان اداره کل منابع طبیعی مازندران- ساری، کارشناسان شرکت سهامی نکا چوب و نیروهای قرقبان جنگل که در سال‌های اجرای تحقیق در انجام عملیات صحرایی، اندازه‌گیری آماره‌ها و حفاظت از تیمارهای تحقیق نقش با اهمیتی داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

بر اساس این تحقیق انجام عملیات تنک‌کردن جدای از کسب منافع اقتصادی حاصل از خروج چوب، موجب افزایش متوسط کیفیت درختان بروسیا شد به شکلی که علی‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار بین دو شویه تنک‌کردن دانمارکی و سویسی نسبت به عرصه شاهد برتری معنی‌داری داشتند. از نظر متوسط فراوانی زادآوری طبیعی به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، تیمار دانمارکی و تیمار سویسی بود. از نظر تنوع گونه‌ای گیاهان نیز به ترتیب کاهش برابر با تیمار دانمارکی، عرصه شاهد و تیمار سویسی شد و تنها برای مقدار تنوع بی‌مهرگان خاک‌زی به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، تیمار سویسی و تیمار دانمارکی شد. در مجموع نتایج این طرح تحقیقاتی بر انجام عملیات تنک‌کردن به شویه تنک‌کردن

منابع

- Alipour, A. and Sh. Mohammadnezhad Kiasari. 2017. Strategies for sustainable management of Iranian northern forests, Naghoos, Iran.
- Akhondnejad, S., Y. Asri, T.K. Moghaddam. 2016. Introduction of the flora, life form and chorology of the *Parrotia persica* Habitats (case study: Izdeh-e Noor area). *Taxonomy and Biosystematics*, 29 (8): 103-120.
- Asadi, H., S.M. Hosseini, O. Esmailzadeh and A. Ahmadi. 2011. Flora, Life form and chorological study of Box tree (*Buxus hyrcanus* Pojark.) sites in Khybus protected forest, Mazandaran. *Journal of Plant Biology*, 8 (3): 27-40.
- Anonymous. 2012. Forest Management plan. District 2 Haftkhal, Series 4 Mozisa, Neka forests, Published by Natural resources general office of Sari, Forest and rangelands organization of Iran, Iran.

5. Elkin, C., A. Giuggiola, A. Rigling and H. Bugmann. 2015. Short and long term efficacy of forest thinning to mitigate drought impacts in mountain forests in the European Alps. *Ecological Applications*, 25(4): 1083-1098.
6. Esmailzadeh, O., S.M. Hosseini, H. Asadi, P. Ghadiripour and A. Ahmadi. 2012. Plant biodiversity in relation to physiographical factors in Afratakhteh Yew (*Taxus baccata* L.) Habitat, NE Iran. *Journal of Plant Biology*, 4(12): 1-12.
7. Golizadeh, M.N., Sh. Mohammadnezhad Kiasari and A. Hemmati. 2016. Adapted conifer species in north of Iran, Research institute of forest and rangelands, Iran.
8. Ghorbani, H., R. Rahmani, A. Ali Aarb and A. Karimidoost. 2018. Trends in woody species diversity across different age classes of *Pinus brutia* and *Cupressus horizontalis* plantations in Ghapan region, East of Golestan. *Ecology of Iranian Forests*, 6(11): 21-30 (In Persian).
9. Hassani, M. and M. Amani. 2005. The results of eight years of thinning on Maple (*Acer velutinum*) forestation (Case study: The Imamzadeh Abodulla of Amol). *Iranian journal of forest and poplar research*, 12(3): 339-370.
10. Kamin, T. 2010. Factors that Affect the Make-up of Soil Invertebrate Community. *ESSAI*, 8:75-78.
11. Kang, J.S., M. Shibuya and C.S. Shin. 2014. The effect of forest-thinning works on tree growth and forest environment. *Forest Science and Technology*, 10(1): 33-39.
12. Marvie Mohajer, M.R. 2014. *Silviculture*, Fourth edition, University of Tehran Press, Iran.
13. Mohammadnezhad Kiasari, Sh., K. Sagheb-Talebi, R. Rahmani and M. Akbarzadeh. 2013. Comparison plant diversity in natural forest and afforestations (Case study: Darabkola, mazandaran). *J. of wood & forest science and technology*, 19(4): 59-76.
14. Mohammadnezhad Kiasari, Sh., Kh. Sagheb-Talebi, R. Rahmani and M. Amozad. 2013. Investigation on soil invertebrates' diversity at natural forests and reforestations of hardwood and softwood in sari area. *Journal of natural resources, science and technology*, 6(2): 55-69.
15. Mohammadnezhad Kiasari, Sh. 2015. Investigation on adaptation of the world important hardwoods and softwoods in the north of Iran (Chamestan area: Pinaceae). Final report of project, Mazandaran agricultural and natural resources research center, Iran.
16. Mohammadnezhad Kiasari, Sh. 2017. Evaluation of the various methods of cultural operation (thinning) in the low land forestations (Hard woods and and softwood) of Mazandaran province based on ecological capability (Case study: The forestations of Neka area), Final report of project, Mazandaran agricultural and natural resources research center, Iran.
17. Mohammadnezhad Kiasari, Sh. 2018. Evaluation of two methods of thinning in 20 years old plantations of Velvet Maple (Case study: The low altitude region of eastern Mazandaran). The electronic book of Fourth International Conference on New Findings in Agricultural Sciences, Natural Resources and the Environment, pp: 1-10., Tehran, Iran.
18. Mossadegh, A. 2015. *Silviculture*, Sixth Edition, University of Tehran Press, Tehran, Iran.
19. Maryam Niknejad, M., A. Fallah and S. Mohammadi Limaei. 2017. Assessment of ecological capability and estimation of aboveground biomass in plantations Darabkola forest. *Ecology of Iranian Forests*, 5(10): 11-21 (In Persian).
20. Rahmani, R. and H.Z. Mayvan. 2004. Diversity and assemblage structure of soil invertebrates in Beech, Hornbeam and Oak-Hornbeam forest types. *Iranian J. Natural Res.*, 56(4): 425-437.
21. Raunkiaer, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford.
22. Sagheb-Talebi, Kh. 2015. Investigation on adaptation of the world important hardwoods and softwoods in the north of Iran. Final report of project, Research institute of forest and rangelands, Iran.
23. Sagheb-Talebi, K., B. Delfan-Abazari and M. Namiranian. 2005. Regeneration process in natural uneven-aged Caspian beech forests of Iran. *Swiss Forestry Journal*, 156(12): 477-480.
24. Siahpour, Z., B. Amanzadeh and Kh. Sagheb-Talebi. 2010. Preliminary results of impact of thinning on Norway spruce in Asalem region. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(1): 35-45.
25. Tristan Gingerich, R., D.G. Panaccione, J.T. Anderson. 2015. The role of fungi and invertebrates in litter decomposition in mitigated and reference wetlands. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 54: 23-32.
26. Willis, J.L., S.D. Roberts and C.A. Harrington. 2018. Variable density thinning promotes variable structural responses 14 years after treatment in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management*, 410: 114-125.
27. Zohary, M., C. C. Heyn, and D. Heller. 1980-1993. *Conspectus flora orientalis, an annotated catalogue of the flora of the Middle East*. Vol. 1-8. Israel Academy of Sciences and Humanities, Israel.

Ecological Assessment of Swiss and Danish Thinning Methods on Brutia Pine (*Pinus Brutia* Ten.) Reforestation in Neka Area- Mazadaran Province)

Shirzad Mohammadnezhad Kiasari¹, Khosro Sagheb-Talebi² and Ramin Rahmani³

1- Assistance Professor, Agriculture & Natural Resources Research & Education Center of Mazandaran, AREEO, (Corresponding author: ms.mohammadnezhadk@gmail.com)

2- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, AREEO, Tehran, I.R. Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Forest Sciences, Agriculture Sciences and Natural Resources University of Gorgan

Received: November 15, 2018

accepted: May 15, 2019

Abstract

The objective of this study was ecological assessment of the Danish and Swiss thinning methods in 20-years old reforestations of Brutia Pine (*Pinus brutia* Ten.). This research conducted under completely randomized block design (CRBD) with three replication and three treatments (Swiss and Danish thinning methods and control); a total of 9 plots each 2000 m² (40 x 50 m). The quantitative and qualitative parameters of trees were measured by full callipering in each plot. In order to investigate the species diversity of plants and the natural regeneration in each plot, three micro samle plots of 49 m² were randomly selected. Sampling of soil invertebrates was performed from a depth of 0 to 10 cm in the center of each micro sample plots. The parameters were measured in the years of 2013 (before thinning) and 2018 (five years after thinning). This study showed the mean diameter at breast height (dbh) and mean height of Brutia trees and the whole stands, as well as, simpson plant diversity and soil invertebrates' diversity between treatments were not statistically significant in 2018. Mean dbh of the whole stand and Pine trees were accounted to 17.02 cm and 22.74 cm in Danish method, 16.94 cm and 21.71 cm in Swiss method and 15.59 cm and 19.53 cm in the control plot. Mean height of the whole stand and Pine trees from Danish and swiss methods to the control plot were accounted to 11.13 m and 13.19 m, 10.88 m and 12.68 m and 11.44 m and 13.58 m, respectively. The average species diversity of Shannon plants in the field of Danish thinning was significantly higher than the Swiss method and the control area. Also the Simpson plant diversity was higher in the Danish method, followed by the control and the Swiss method, while the soil invertebrates' diversity was higher in the Swiss method followed by the control and Danish method. Also the results of this research showed that the quality of the Brutain Pine and the whole stand in the thinned treatments were better than that of the control plot in 2018 ($\rho=0.05$). This research emphasizes the need for thinning operations in the forest plantations. Over all this research suggests application of the Danish method in Brutia Pine plantations in terms of increasing the quantitative and qualitative characteristics of trees, along with the increasing of plant diversity

Keywords: Thinning, Natural Regeneration, Soil Invertebrate Diversity, Plant Species