

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## تنک کردن تلفیقی یا دانمارکی

روش پرورشی مناسب در عرصه‌های جنگل کاری سنواتی

شیرزاد محمدنژاد کیاسری

عضو هیات علمی بخش تحقیقات منابع طبیعی

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

۱۳۹۹

کد مصوب	عنوان طرح منتج به نشریه
۴-۶۰-۰۹-۹۱۱۶۲	ارزیابی دو شیوه عملیات پرورشی (تنک کردن) در جنگل کاری های پهن برگ و سوزنی برگ پایین بند مازندران بر اساس تعیین توان اکولوژیک (مطالعه موردی: جنگل کاری های منطقه نکا)



**عنوان نشریه:** تنک کردن تلفیقی یا دانمارکی - روش پرورشی مناسب در عرصه های جنگل کاری سنواتی

**نگارش:** شیرزاد محمدنژاد کیاسری

**نشانی نویسنده:** بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

**مدیر داخلی:** فاطمه عباسپور

**ویرایش علمی:** مهدی پورهاشمی و مجید حسنی

**ویرایش فنی:** اصغر احمدی

**تهیه شده در:** مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته های تحقیقاتی / بخش

تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

**نشانی:** اتوبان تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ

گیاه شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵.

تلفن: ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱

**وبسایت:** www.rifr-ac.ir

**شمارگان:** الکترونیکی

**نوبت و سال انتشار:** اول - ۱۳۹۹

این نشریه به شماره ۵۷۶۳۲ در تاریخ ۱۳۹۹/۰۳/۱۱ در مرکز اطلاعات و مدارک

علمی کشاورزی به ثبت رسیده است

ISBN:978-964-473-426-7



9

789644

734267

## مخاطبان نشریه:

جامعه کارشناسان بخش‌های اجرایی، تحقیقاتی و دانشگاهی

## اهداف آموزشی:

آشنایی با مناسب‌ترین روش عملیات پرورشی در عرصه‌های جنگل‌کاری سنواتی شمال کشور که حاصل گونه‌های روشنایی پسند و یا نیمه روشنایی پسند است.

از کلیه همکاران طرح تحقیقاتی "ارزیابی دو روش عملیات پرورشی (تنک‌کردن) در جنگل‌کاری‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ پایین‌بند مازندران براساس تعیین توان اکولوژیک (مطالعه موردی: جنگل‌کاری‌های منطقه نکا)"، کارشناسان اداره کل منابع طبیعی مازندران - ساری، کارشناسان شرکت سهامی نکاچوب و نیروهای قرقبان و واحد بهره‌برداری که در طول سال‌های اجرای تحقیق نقش با اهمیتی داشتند و این نشریه فنی براساس نتایج آن طرح تحقیقاتی تدوین شده است، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## فهرست مطالب

۷	.....مقدمه
۸	.....آماده‌سازی بستر کار
۸	.....ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه
۹	.....عملیات تنک‌کردن، آماربرداری‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها
۱۶	.....ارزیابی دو روش تنک‌کردن دانمارکی و سوئیدی در جنگل کاری بلندمازو
۲۲	.....ارزیابی دو روش تنک‌کردن دانمارکی و سوئیدی در جنگل کاری بروسیا

جنگل کاری یکی از راه‌های اصلی احیاء عرصه‌های جنگلی است. جنگل کاری‌ها با بهبود شرایط میکروکلیم، ایجاد بستر مناسب برای بذرهای پراکنده و تقویت تجدیدحیات رستنی‌های چوبی، روند توالی جنگل‌های طبیعی را سرعت می‌بخشند. همچنین فعالیت‌های جنگل کاری نقش مهمی را در احیاء جنگل‌های تخریب‌شده بر عهده دارند و قادرند به‌عنوان حافظ تنوع زیستی عمل کنند.

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 انجام می‌شود. هدف اصلی این عملیات تقویت، اصلاح کمی و کیفی توده و سالم نگهداشتن آن در طول حیات طولانی است (۹). جنگل طبیعی از آشکوب‌های بالا، میانی و پایین تشکیل می‌شود. توده‌های نوجوان درختان در سن ۲۰ تا ۳۰ سالگی به مرحله تیرک می‌رسند. درختان جنگلی در این مرحله شکل اصلی خود را گرفته‌اند و تنه، ساقه و تاج درخت کاملاً مشخص شده است. آشکوب‌بندی توده نیز در این مرحله به‌طور کامل مشخص شده ولی جابجایی آشکوب‌ها همچنان ادامه دارد. لازم به یادآوری است به کلیه عملیات پرورشی و مراقبتی که در این مرحله رویشی انجام می‌شود، تنک کردن گفته می‌شود. در روش تنک کردن از آشکوب بالا با انتخاب مثبت یا روش سوئسی پایه‌های مزاحم درختان نخبه آینده در آشکوب بالا حذف می‌شوند (۲ و ۱۱). روش تنک کردن تلفیقی که منجر به برداشت از آشکوب‌های بالا و پایین می‌شود، به‌عنوان روش دانمارکی مشهور است. عملیات تنک کردن تلفیقی با قواعد بیولوژی مطابقت داشته و از کلیه اجزای تولیدکننده یعنی هوا و زمین به نفع درختان نخبه استفاده می‌کند (۱۰ و ۱۲).

گونه‌های پهن‌برگ بومی بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) و پلت (*Acer velutinum* Bioss.) به همراه سوزنی‌برگ غیربومی کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.) از مهمترین گونه‌های مورد استفاده در جنگل کاری‌های شمال کشور و به‌ویژه استان‌های مازندران و گلستان هستند (۵). استفاده از هریک از دو روش تنک کردن تلفیقی (دانمارکی) و تنک کردن با انتخاب مثبت در آشکوب بالا (روش سوئسی) که به‌عنوان مناسب‌ترین روش‌های تنک کردن عرصه‌های جنگل کاری با گونه‌های روشنایی‌پسند و یا نیمه روشنایی‌پسند در شمال کشور است (۲ و ۹)، تأثیرات متفاوتی را بر روی توده‌های جنگل کاری از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی درختان، متوسط زادآوری طبیعی، تنوع پوشش گیاهی و تنوع بی‌مهرگان خاکزی دارد.

هدف از تدوین این نشریه آن است که با مقایسه دو شیوه تنک کردن تلفیقی (دانمارکی) و تنک کردن با انتخاب مثبت در آشکوب بالا (روش سوئیدی) به تعیین مناسب‌ترین روش تنک کردن در تیمارهای جنگل کاری سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مناطق پایین‌بند استان مازندران می‌پردازد. بدیهی است نتایج ارائه شده جدا از ارائه تصویری واضح از شرایط موجود در تیمارهای جنگل کاری منطقه، کارشناسان بخش‌های مختلف اجرایی، تحقیقاتی و دانشگاهی کشور را با مناسب‌ترین روش تنک کردن در سطح جنگل کاری‌های شمال کشور که با گونه‌های روشنایی‌پسند و یا نیمه روشنایی‌پسند ایجاد شده است، آشنا می‌کند.

## آماده‌سازی بستر کار

### ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

بستر کار در جنگل کاری‌های مناطق پایین‌بند شرق مازندران از بخش ۲ نکاچوب واقع در حوضه آبخیز ۷۵ از جنگل‌های شمال کشور و در منطقه چشمه آب معدنی قرمرض از شهرستان نکا است. جنگل کاری بلندمازو در سری یک و قطعه ۲۷ قرار دارد. شیب این قطعه ۳۰-۰ درصد و متوسط ارتفاع سطح منطقه ۴۵۰ متر بالاتر از سطح دریاست. جهت دامنه جنوب تا جنوب‌غربی و تیپ خاک قهوه‌ای پسدوگلی تا قرمزپدزولیک می‌باشد. بافت نسبتاً تا کاملاً سنگین (C تا C-L)، همچنین واکنش شیمیایی خاک اسیدی تا خنثی (۶/۳-۷/۱) و مواد خنثی‌شونده ۱/۵ تا ۳، عمق بسیار زیاد، ریشه‌دوانی متوسط و میزان نفوذپذیری آن متوسط تا ضعیف است. جنگل کاری کاج بروسیا نیز در سری ۶ و قطعه ۷ قرار دارد. متوسط ارتفاع عرصه جنگل کاری ۲۵۰ متر بالاتر از سطح دریا و جهت دامنه شمالی می‌باشد. تیپ خاک در تیمارهای جنگل کاری بروسیا و پلت از نوع قهوه‌ای جنگلی است. واکنش شیمیایی خاک اسیدی تا قلیایی ۶/۶-۷/۵ می‌باشد. بافت نسبتاً تا کاملاً سنگین (C تا C-L)، عمق بسیار زیاد، ریشه‌دوانی متوسط و میزان نفوذپذیری آن متوسط تا ضعیف است (بی‌نام، ۱۳۸۷- الف). براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی چلمردی (نکا) و در یک دوره ۱۴ ساله (۱۳۸۳-۱۳۹۳) متوسط حداقل دمای سالانه ۹/۵ و متوسط حداکثر دمای سالانه ۲۱/۳ و متوسط دمای سالانه ۱۵/۶ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۶۱۸/۱ میلی‌متر است که متوسط بارندگی در ماه آبان با ۷۵/۶ میلی‌متر دارای بیشترین میزان بارندگی و ماه خرداد با ۲۳/۱ میلی‌متر دارای کمترین میزان بارندگی است. با توجه به اقلیم‌نمای آمبرژه و با مقدار ۴۷/۹، اقلیم منطقه

نیمه‌مرطوب سرد بوده و براساس اقلیم‌نمای دومارتن نیز با مقدار ۲۴/۷ از نوع نیمه‌مرطوب می‌باشد. براساس منحنی آمبروترمیک ماه‌های خشک از اوایل خردادماه تا اواسط شهریور ماه است (۱ و ۷).

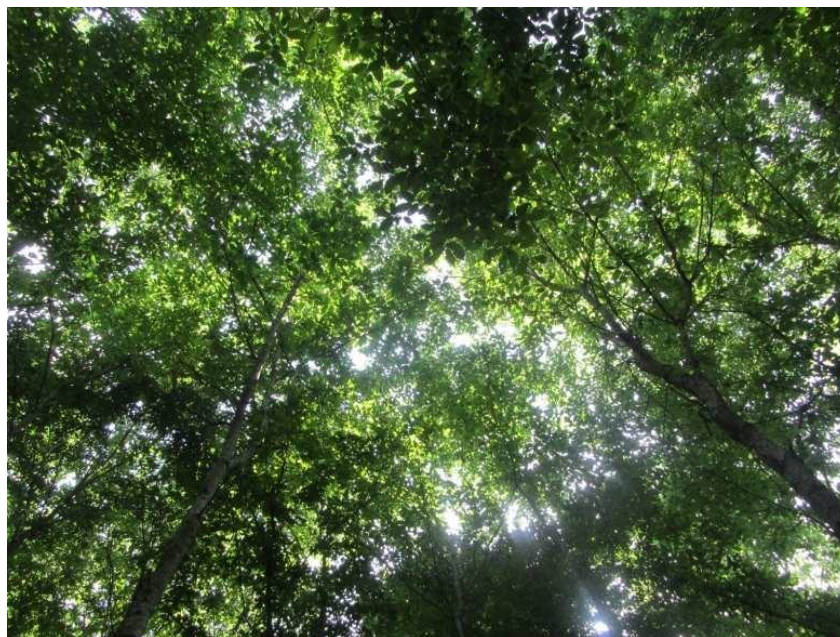
### عملیات تنک کردن، آماربرداری‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها -----

در استقرار طرح آزمایش با انجام جنگل‌گردشی نسبت به انتخاب عرصه دو هکتاری که معرف وضعیت کلی جنگل‌کاری بلندمازو و کاج بروسیا ۲۰ ساله بود، اقدام شد. فاصله کاشت اولیه این جنگل‌کاری‌ها برابر با ۲ × ۲ متر بوده است. برای انجام تحقیق با استفاده از قالب آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در جهت شیب ملایم دامنه، ابتدا سه بلوک انتخاب شد؛ سپس در هر بلوک محل سه تیمار به روش تصادفی تعیین گردید (۱۲ و ۱۷) که در مجموع شامل هیجده قطعه نمونه ۲۰۰۰ مترمربعی (۴۰ × ۵۰ متر) به فاصله‌های ۱۵ متر از یکدیگر بود (شکل ۱). تیمارهای مورد بررسی در این طرح تحقیقاتی شامل ۱- تیمار شاهد، ۲- تیمار روش سوئسی برای انجام تنک کردن از بالا با انتخاب مثبت و ۳- تیمار روش دانمارکی به‌منظور انجام تنک کردن مخلوط بود. در این بررسی شدت تنک کردن در هر دو شیوه برابر برداشت ۱۸ درصد رویه زمینی بوده است (شکل‌های ۱ تا ۵).

بلوک سوم		بلوک دوم		بلوک اول
شاهد		سوئسی		شاهد
سوئسی		شاهد		دانمارکی
دانمارکی		دانمارکی		سوئسی
جهت تغییرات شیب 				

شکل ۱- کروکی طرح آزمایش تنک کردن





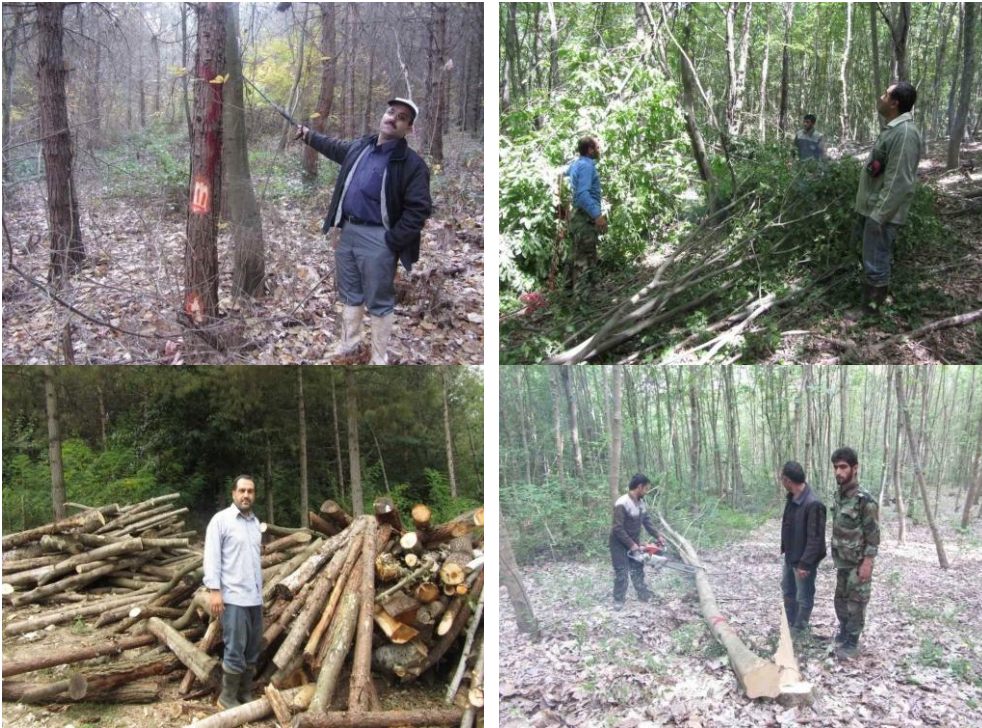
شکل ۲- کورت بندی در سطح جنگل کاری بلندمازو (قطعه ۲۷، سری یک از بخش دو)



شکل ۳- کرت‌های ۱۵۰۰ مترمربعی جنگل کاری پلت در قطعه هفت، سری شش از بخش دو



شکل ۴- عملیات حصارکشی با سیم‌های خاردار و پایه‌های چوبی، در اطراف تیمارهای جنگل کاری



شکل ۵- انتخاب پایه‌های حذفی، اندازه‌گیری اولیه، نشانه‌گذاری، قطع و خروج درختان در عملیات تنک‌کردن

شایان ذکر است در این تحقیق 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 که حاصل زادآوری طبیعی بوده است، انجام شد. عملیات آماربرداری در ابتدای شروع مطالعه پنج ساله، پیش از انجام عملیات تنک‌کردن و همچنین در سال پنجم پس از عملیات تنک‌کردن تکرار شد (شکل ۶). 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، بیماری‌ها و صدمات جوی، وضعیت شکل تاج از نظر متقارن بودن، انبوهی و ابعاد تاج انجام شد و در مجموع بر اساس متغیرهای بالا به مؤلفه شادابی هر درخت نمره صفر تا ۱۰۰ به شرح زیر داده شد (۶): نامناسب = ۰-۳۹، ضعیف = ۴۰-۵۹، مناسب = ۶۰-۷۹ و خوب = ۸۰-۱۰۰.



شکل ۶- انجام عملیات آماربرداری اولیه درختان پیش از مرحله انتخاب پایه‌های حذفی

شایان ذکر است به‌منظور مقایسه دو روش تنک‌کردن، جدا از ویژگی‌های کمی و کیفی و زادآوری طبیعی، از مقادیر تنوع گونه‌ای گیاهان و تنوع بی‌مهرگان خاکزی استفاده شد. مساحت ریز قطعه نمونه‌های بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان به روش پلات‌های حلزونی و به‌کمک منحنی گونه به سطح که برای تعیین مساحت ریز قطعه نمونه است، برابر با ۴۹ مترمربع (۷ در ۷ متر) به‌دست آمد. در مرحله بعد نسبت به تعیین سه ریزقطعه نمونه به روش سیستماتیک تصادفی

در سطح هریک از قطعه نمونه‌های ۲۰۰۰ مترمربعی اقدام شد (شکل ۷). لازم به توضیح است در ریزقطعه نمونه‌ها جدا از تعیین زادآوری طبیعی گونه‌های درختی، ضمن شناسایی کلیه گونه‌های گیاهی، فراوانی هر یک از گونه‌های جمع‌آوری شده به همراه تاج پوشش آنها تعیین شد (۷).



شکل ۷- انجام عملیات بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان در سطح ریزقطعه نمونه

در ارتباط با مطالعه بی‌مهرگان خاکزی گروه‌های خرده‌ریز شامل کرم‌های خاکی، پادمان، هزارپایان، کنه‌ها، خرخاکی‌ها، پروتورا، سیمفیلا، دیپلورا، حشرات و لارو حشرات و شکارچینی که از این خرده‌ریزخواران تغذیه می‌کنند شامل صدپایان، شبه‌عقرب‌ها، عنکبوت‌ها و پادرازان با عنوان بی‌مهرگان خاکزی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۸). مشابه دیگر متغیرهای مورد بررسی این اندازه‌گیری‌ها در طول فصل تابستان سال اول و قبل از انجام عملیات تنک‌کردن (۱۳۹۱) و پنج سال پس از انجام عملیات تنک‌کردن (۱۳۹۶) انجام گردید. تعداد این نمونه‌ها مشابه برداشت‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در طول سال اول برابر با ۵۱ نمونه و در مجموع با احتساب بررسی 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 ۱۰ سانتی‌متر خاک برداشت شد. جداسازی بی‌مهرگان خاکزی از نمونه‌ها توسط قیف برلیزی انجام و بی‌مهرگان پس از جداسازی در محلول الکل اتلیک به همراه ۵ درصد گلیسرول، نگهداری و سپس با استفاده از کلید طبقه‌بندی و لوپ دوچشمی شناسایی و شمارش گردید (۳ و ۸).



شکل ۸- مراحل تهیه نمونه‌های خاک در سطح تیمارهای طرح تحقیقاتی

داده‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در هر قطعه نمونه براساس میزان تاج پوشش گونه‌ها و جدول وان درمال به دست آمد. اطلاعات تنوع بی‌مهرگان خاکزی هر قطعه نمونه نیز با تعیین میزان درصد فراوانی گروه‌های مختلف بی‌مهرگان خاکزی و جدول وان درمال حاصل شد. برآورد تنوع زیستی با شاخص‌های شانون- واینر و سیمسون انجام شد. مقادیر متوسط متغیرهای غنا و یکنواختی نیز به ترتیب با شاخص‌های مارگالف و هیپ به دست آمد. تعیین میزان تنوع نیز با استفاده از نرم‌افزار Past 3.20 انجام گردید (۱۱). تجزیه و تحلیل میانگین آماره‌های کمی در سال پنجم پس از تنک کردن در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و مقایسات در بین آماره‌های مربوط به تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد انجام گردید. 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 آماره لئون بررسی شد. همچنین در ارتباط با مقایسه بین مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ از آزمون تی تست جفتی و در ارتباط با میزان متوسط تنوع از تی تست مستقل استفاده گردید. شایان ذکر است که تجزیه و تحلیل کیفی درختان در دو مرحله انجام شد. در مرحله

ابتدایی با استفاده از آزمون کای‌اسکوئر 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 کالماگروف- اسمیرنوف وضعیت کیفی درختان در طول دوره بررسی گردید. لازم به یادآوری است محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS 18 انجام شد (۱۰).

## ارزیابی دو روش تنک‌کردن دانمارکی و سوئیسی در جنگل‌کاری بلندمازو ---

### الف- وضعیت کمی و کیفی درختان در توده جنگل‌کاری بلندمازو

بررسی میانگین متغیرهای کمی توده جنگل‌کاری بلوط در سه تیمار شاهد، تنک‌کردن تلفیقی (روش دانمارکی) و تنک‌کردن با انتخاب مثبت از بالا (روش سوئیسی) در سال ۱۳۹۶ نشان داده است که با وجود معنی‌داری متوسط فراوانی درختان بلندمازو، اختلاف دیگر متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود. در ارتباط با مقادیر فراوانی درختان بلندمازو، عرصه شاهد دارای بیشترین تعداد بود و پس از آن به ترتیب کاهش تیمارهای روش دانمارکی و روش سوئیسی قرار گرفت (جدول ۱). در مرحله بعد تفاضل متوسط مقادیر هریک از متغیرهای کمی در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ به تفکیک تیمارها مورد بررسی قرار گرفت. میزان متوسط کاهش فراوانی درختان در ارتباط با میزان متوسط کاهش فراوانی توده جنگل‌کاری و گونه بلندمازو به ترتیب کاهش و براساس مقادیر داخل پرانتز برای روش دانمارکی (کاهش ۴۷۱/۶۷ پایه در هکتار و کاهش ۲۷۸/۳۳ پایه در هکتار)، روش سوئیسی (کاهش ۳۵۸/۳۴ پایه در هکتار و کاهش ۲۴۶/۶۷ پایه در هکتار) و عرصه شاهد (کاهش ۳۰۵ پایه در هکتار و کاهش ۱۳۸/۳۴ پایه در هکتار) به دست آمد. متوسط افزایش قطر برابر سینه توده جنگل‌کاری در طول پنج سال به ترتیب کاهش شامل تنک‌کردن به روش دانمارکی (افزایش ۳/۳۹ سانتی‌متر)، عرصه شاهد (افزایش ۳/۳۶ سانتی‌متر) و تنک‌کردن به روش سوئیسی (افزایش ۳/۰۴ سانتی‌متر) شد و در ارتباط با متغیرهای متوسط افزایش قطر برابر سینه درختان بلندمازو نیز به ترتیب کاهش شامل تنک‌کردن به روش دانمارکی (افزایش ۳/۹۴ سانتی‌متر)، تنک‌کردن به روش سوئیسی (افزایش ۳/۹۰ سانتی‌متر) و عرصه شاهد (افزایش ۳/۶۹ سانتی‌متر) بود. همچنین در رابطه با متوسط کاهش ارتفاع درختان توده جنگل‌کاری به ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (کاهش ۴/۳۵ متر)، عرصه تنک‌شده به روش سوئیسی (کاهش ۳/۸۹ متر) و عرصه تنک‌شده به روش دانمارکی (کاهش ۳/۳۴ متر) به دست آمد و در ارتباط با کاهش متوسط ارتفاع درختان بلندمازو

نیز به ترتیب کاهش شامل عرصه تنک‌شده به روش سوئیزی (کاهش ۵/۴۱ متر)، عرصه شاهد (کاهش ۴/۸۱ متر) و عرصه تنک‌شده به روش دانمارکی (کاهش ۳/۶۷ متر) تعیین شد. متوسط افزایش متغیر زادآوری طبیعی در طول پنج سال نیز به ترتیب کاهش شامل تنک‌کردن به روش دانمارکی (افزایش ۷۳/۲۲ اصله در مترمربع)، تنک‌کردن به روش سوئیزی (افزایش ۶۸/۴ اصله در مترمربع) و عرصه شاهد (افزایش ۵۹/۹۶ اصله در مترمربع) بوده است.

در مرحله بعد و در راستای ارزیابی کیفی درختان در تیمارهای مختلف، با انجام آزمون کای‌اسکوئر دوبعدی در هریک از سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ مشخص شد که بین تیمارهای مختلف مورد بررسی و درصد فراوانی درختان توده جنگل‌کاری و گونه اصلی بلندمازو در طبقات مختلف کیفی اختلاف معنی‌داری وجود داشته است (سطح احتمال ۰/۰۱). همچنین با استفاده از آزمون کالماگروف-اسمیرنوف تیمارهای مختلف مورد بررسی در سال ۱۳۹۶ به صورت دو به دو مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این آزمون نشان داد که کیفیت توده جنگل‌کاری و کیفیت درختان بلندمازو در بین عرصه دست‌نخورده شاهد و عرصه‌های تنک‌شده با روش دانمارکی و روش سوئیزی اختلاف معنی‌داری نداشته است (سطح احتمال ۰/۰۵). در آخرین مرحله آزمون کالموگراف-اسمیرنوف برای هریک از تیمارها به صورت مجزا و در بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ انجام شد. براساس مقادیر کالموگروف - اسمیرنوف برای توده جنگل‌کاری (۱/۴۳۱) و درختان بلندمازو (۰/۴۸۹) در عرصه شاهد، میزان کاهش کیفیت درختان در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۱ مشخص گردید، البته این کاهش کیفیت به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. از سوی دیگر مقادیر کالموگروف - اسمیرنوف برای توده جنگل‌کاری (۰/۷۸۰) و درختان بلندمازو (۰/۶۰۰) در عرصه تنک‌شده با روش دانمارکی، افزایش کیفیت درختان در سال ۱۳۹۶ را نسبت به سال ۱۳۹۱ نشان داده است؛ با این حال این افزایش کیفیت درختان به لحاظ آزمون‌های آماری معنی‌دار نبود. در ارتباط با ارزیابی کیفی درختان در عرصه تنک‌شده با روش سوئیزی (۰/۵۵۰)، میزان کاهش کیفیت توده جنگل‌کاری در سال ۱۳۹۶ بیشتر از سال ۱۳۹۱ بود، ولی این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نشد. همچنین کیفیت درختان بلندمازو در عرصه تیمار سوئیزی برای سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۱ افزایش یافت (۰/۳۶۸) که این اختلاف نیز به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (سطح احتمال ۰/۰۵).



جدول ۱- مشخصات کمی درختان در سطح توده جنگل کاری بلندمازو با دو تیپ تنک کردن  
در سال ۱۳۹۶

روش تنک کردن			متغیرهای مورد بررسی
انتخاب مثبت از بالا (سوئیزی)	انتخاب از بالا و پایین (دانمارکی)	عرصه شاهد (بدون دخالت)	
۷۶۳/۳۳ (۱۷۲/۱۴) ns	۸۸۵ (۲۱۲/۸۴) ns	۱۱۰۰ (۱۹۵) ns	متوسط فراوانی درخت در هکتار
۴۰۵ (۷۳/۶۵) b	۴۳۶/۶۷ (۳۸/۸۴) b	۶۸۳/۳۳ (۸۰/۳۶) a	متوسط فراوانی گونه اصلی در هکتار
۱۵/۷۴ (۰/۹۰) ns	۱۳/۰۷ (۱/۵۳) ns	۱۳/۸۳ (۰/۸۷) ns	متوسط قطر برابر سینه توده (سانتی متر)
۱۷/۷۹ (۲/۷۹) ns	۱۴/۷۴ (۰/۱۵) ns	۱۵/۳۲ (۰/۰۴) ns	قطر برابر سینه گونه اصلی (سانتی متر)
۱۲/۱۱ (۰/۴۵) ns	۱۲/۴۱ (۰/۴۴) ns	۱۱/۷۶ (۰/۱۶) ns	متوسط ارتفاع توده جنگل کاری (متر)
۱۳/۳۸ (۰/۳۰) ns	۱۳/۲۲ (۰/۰۴) ns	۱۲/۶۶ (۰/۰۵) ns	متوسط ارتفاع گونه اصلی (متر)
۷۹/۹۲ (۱۹/۶۶) ns	۷۶/۳۳ (۲۶/۱۲) ns	۶۸/۵۹ (۳۷/۸۹) ns	فراوانی زادآوری در ریزقطعه نمونه (اصلی)

اعداد داخل پرانتز معرف اشتباه معیار است. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار است (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

#### ب- وضعیت تنوع گونه‌ای گیاهان در توده جنگل کاری بلندمازو

نتایج متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان برای سال‌های مختلف آماربرداری اختلاف معنی داری را در بین تیمارهای مختلف نشان نداد، با این حال میزان متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان بر حسب شاخص شانون- واینر و همچنین شاخص سیمپسون به ترتیب کاهش در سال ۱۳۹۶ شامل عرصه شاهد، تیمار تنک شده به روش سوئیزی و تیمار تنک شده به روش دانمارکی بوده است. این ترتیب کاهش در سال ۱۳۹۱ و قبل از انجام تنک کردن نیز شامل تیمارهای روش سوئیزی، عرصه شاهد و روش دانمارکی بود. شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان تحت تأثیر مقادیر یکنواختی هیپ و غنای مارگالف است. البته متوسط شاخص‌های غنا و یکنواختی نیز در طول سال‌های مختلف اختلاف معنی داری را در تیمارهای مختلف نشان نداد. جزئیات مقادیر هریک از شاخص‌ها در جدول دو آمده است. در مرحله بعد اختلاف مقادیر تنوع گونه‌ای گیاهان بر حسب شاخص شانون- واینر و شاخص سیمپسون در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ به تفکیک هریک از تیمارها بررسی شد. نتایج این آزمون نشان داد که کلیه تیمارهای شاهد و تیمارهای تنک شده در طول مدت پنج سال با افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان مواجه شده‌اند (سطح احتمال ۰/۰۱).

شایان ذکر است در ارتباط با افزایش متوسط شاخص تنوع گونه‌ای شانون- واینر در طول مدت پنج سال در بین تیمارهای مختلف و به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد (با متوسط

افزایش ۰/۳۹۵)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با افزایش متوسط ۰/۳۹۲) و توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۹) بوده است. در ارتباط متوسط شاخص تنوع سیمپسون نیز به ترتیب کاهش میزان متوسط افزایش تنوع سیمپسون در طول مدت پنج سال شامل عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۱۲۷)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۱۵) و توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۰۹۶) تعیین شد. همچنین در ارتباط با شاخص یکنواختی هیپ به ترتیب کاهش میزان متوسط افزایش یکنواختی هیپ در طول مدت پنج سال شامل توده‌های تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۹۴)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۲۸۲) و توده دست‌نخورده و یا شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۶۴) به دست آمد. لازم به یادآوری است که نتایج این بررسی در ارتباط با تغییرات شاخص غنای مارگالف نیز به ترتیب کاهش در طول مدت پنج سال شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با کاهش متوسط ۲/۹۸۷)، عرصه شاهد (با کاهش متوسط ۲/۰۵۴) و توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط کاهش ۱/۶۳۹) تعیین شد. در مجموع نتایج این مطالعه حکایت از افزایش میزان متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان عرصه شاهد نسبت به دیگر تیمارهای پرورشی داشته است. البته شرایط تنک‌کردن به روش دانمارکی مناسب‌تر از تنک‌کردن به روش سوئیسی بود.

جدول ۲- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان در سطح توده جنگل‌کاری بلندمازو

شاخص	روش تنک‌کردن		
	سویسی	دانمارکی	شاهد
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶	۲/۳۶۹ (۰/۱۶۷) ns	۲/۲۸۵ (۰/۱۳۹) ns	۲/۴۲۴ (۰/۱۸۶) ns
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۱	۲/۰۳۵ (۰/۲۴۱) ns	۱/۸۹۳ (۰/۱۶۹) ns	۲/۰۲۹ (۰/۱۷۹) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۶	۰/۷۳۷ (۰/۰۰۷) ns	۰/۸۸۱ (۰/۰۱۶) ns	۰/۸۹۴ (۰/۰۱۸) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۱	۰/۷۹۷ (۰/۰۴۴) ns	۰/۷۶۶ (۰/۰۵۴) ns	۰/۷۶۷ (۰/۱۵۷) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۶	۰/۸۳۹ (۰/۰۵۰) ns	۰/۸۰۵ (۰/۰۲۸) ns	۰/۸۰۹ (۰/۰۳۹) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۱	۰/۶۱۱ (۰/۰۶۴) ns	۰/۵۹۰ (۰/۰۳۷) ns	۰/۶۲۲ (۰/۱۱۳) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۶	۳/۱۲۹ (۰/۴۲۷) a	۳/۰۴۹ (۰/۴۲۷) b	۳/۴۶۱ (۰/۶۹۱) b
غنای مارگالف ۱۳۹۱	۳/۹۷۰ (۰/۷۳۵) ns	۳/۷۳۴ (۰/۷۹۵) ns	۳/۵۴۷ (۰/۵۹۱) ns

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

### ج- وضعیت تنوع بی‌مهرگان خاکزی در توده جنگل‌کاری بلندمازو

بر اساس نتایج به‌دست آمده میزان متوسط تنوع بی‌مهرگان خاکزی بین تیمارهای مختلف برای مدت پنج سال پس از انجام تنک‌کردن و در سال ۱۳۹۶ برحسب شاخص‌های شانون و سیمپسون اختلاف معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد نشان داد. به‌طوری‌که تیمار تنک‌شده به روش سوئیسی در بالاترین مرتبه جای گرفت و تیمار شاهد در پایین‌ترین مرتبه قرار گرفت. تیمار تنک‌شده دانمارکی نیز حالت بینابینی داشت. لازم به یادآوری است که متوسط بی‌مهرگان خاکزی تیمارهای مختلف در سال ۱۳۹۱ و قبل از عملیات تنک‌کردن بر حسب متوسط شاخص‌های شانون- واینر و سیمپسون اختلاف معنی‌داری نداشته و به‌ترتیب کاهش نیز شامل تنک‌کردن به روش سوئیسی، تنک‌کردن به روش دانمارکی و عرصه شاهد بود. البته مقادیر متوسط شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاکزی تحت تأثیر مقادیر یکنواختی هیپ و غنای مارگالف است که جزئیات مقادیر هر یک از این مشخصه‌ها در جدول سه آمده است.

در مرحله بعد اختلاف مقادیر متوسط تنوع بی‌مهرگان خاکزی برحسب شاخص‌های شانون و سیمپسون در طول سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ به تفکیک هر یک از تیمارها، با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که کلیه تیمارهای شاهد و توده‌های تنک‌شده در طول مدت پنج سال پس از انجام عملیات تنک‌کردن با افزایش تنوع مواجه شده، به‌طوری‌که این اختلافات در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. شایان ذکر است در ارتباط با افزایش متوسط شاخص تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاکزی با شاخص شانون- واینر در طول مدت پنج سال و به‌ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با افزایش متوسط ۰/۴۹۸)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۳۸۱) و عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۳۶۲) بوده است. در ارتباط با تنوع شاخص سیمپسون نیز میزان متوسط افزایش تنوع سیمپسون در طول مدت پنج سال به‌ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۲۳۶)، عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۲۸) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۰۰) به‌دست آمد. همچنین در ارتباط با شاخص یکنواختی هیپ، میزان متوسط افزایش یکنواختی در طول پنج سال به‌ترتیب کاهش شامل تیمار شاهد (با متوسط افزایش ۰/۴۲۳)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۳۶۸) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۹) بود. در ارتباط با شاخص غنای مارگالف نیز میزان متوسط افزایش غنا در طول مدت پنج سال به‌ترتیب کاهش شامل توده

تنک شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۲۱۹)، توده تنک شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۱۶) و عرصه دست نخورده شاهد (با متوسط کاهش ۰/۰۹۱) تعیین شد.

### جدول ۳- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاکزی در سطح توده جنگل کاری بلندمازو

شاخص	روش تنک کردن		
	سوئیسی	دانمارکی	شاهد
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶	۱/۴۷۹ (۰/۲۷۱) a	۱/۲۸۱ (۰/۱۸۶) ab	۱/۲۲۷ (۰/۱۴۳) b
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۱	۰/۹۸۱ (۰/۱۹۳) ns	۰/۹۰۰ (۰/۱۶۹) ns	۰/۸۶۵ (۰/۲۴۴) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۶	۰/۷۵۳ (۰/۰۶۷) a	۰/۷۰۲ (۰/۰۵۱) ab	۰/۶۹۵ (۰/۰۴۳) b
تنوع سیمپسون ۱۳۹۱	۰/۵۱۷ (۰/۰۹۳) ns	۰/۵۰۲ (۰/۱۰۴) ns	۰/۴۶۷ (۰/۱۴۴) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۶	۰/۹۵۱ (۰/۰۲۷) ns	۰/۹۴۳ (۰/۰۳۷) ns	۰/۹۶۹ (۰/۰۲۷) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۱	۰/۵۸۳ (۰/۱۲۴) ns	۰/۶۱۴ (۰/۱۵۷) ns	۰/۵۴۶ (۰/۱۵۱) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۶	۱/۱۶۱ (۰/۳۵۰) ns	۰/۹۳۲ (۰/۲۲۶) ns	۰/۸۲۷ (۰/۱۴۹) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۱	۰/۹۴۲ (۰/۲۱۰) ns	۰/۸۱۶ (۰/۲۴۲) ns	۰/۹۱۸ (۰/۳۱۲) ns

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

مدیریت بهینه عرصه‌های منابع طبیعی مستلزم ارزیابی توان اکولوژیک رویشگاه است و استفاده از شاخص‌های متوسط زادآوری طبیعی، تنوع گونه‌ای گیاهان و تنوع بی‌مهرگان خاکزی از روش‌های مهم ارزیابی توان اکولوژیک محسوب می‌گردد (۳ و ۱۳). نتایج ارزیابی توان اکولوژیک دو روش تنک کردن سوئیسی و دانمارکی در توده جنگل کاری بلندمازو در طول ۵ سال نشان داد که افزایش متوسط آماره‌های قطر برابر سینه درختان، متوسط کیفیت درختان و متوسط زادآوری طبیعی در تیمار تنک شده به روش دانمارکی بالاتر از تنک کردن به روش سوئیسی و عرصه شاهد بوده است. البته اگرچه متوسط افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان عرصه شاهد در طول ۵ سال بالاتر از دیگر تیمارها شد ولی شرایط توده تنک شده به روش دانمارکی مناسب‌تر از توده تنک شده به روش سوئیسی بوده است. از سوی دیگر به لحاظ تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاکزی، روش سوئیسی شرایط مناسب‌تری نسبت به روش دانمارکی داشت. در مجموع براساس نتایج این مطالعه انجام عملیات تنک کردن به روش دانمارکی و با شدت ملایم توصیه می‌گردد. انجام عملیات تنک کردن به روش دانمارکی با شدت ملایم تقویت آماره‌های کمی و کیفی درختان، افزایش متوسط زادآوری طبیعی و همچنین بالا رفتن تنوع گونه‌ای

گیاهان را موجب می‌گردد. همچنین تنک‌کردن به روش دانمارکی و با شدت ملایم تخریب کمتر خاک را نسبت به تنک‌کردن شدید در پی داشته و انتظار آن است که با تقویت میزان نور خورشید بر کف عرصه، تقویت تنوع بی‌مهرگان خاکزی را موجب شود.

## ارزیابی دو روش تنک‌کردن دانمارکی و سوئیسی در جنگل‌کاری بروسیا-----

### الف- وضعیت کمی و کیفی درختان در توده جنگل‌کاری بروسیا

در این تحقیق بررسی میانگین متغیرهای کمی توده جنگل‌کاری بروسیا در سال ۱۳۹۶ نشان داد که اختلاف هریک از این متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود. باین‌حال مقادیر متوسط فراوانی درختان در توده جنگل‌کاری و درختان گونه بروسیا به‌ترتیب کاهش فراوانی شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی، عرصه شاهد و توده تنک‌شده به روش سوئیسی بود. در ارتباط با متغیر متوسط قطر برابرسینه توده جنگل‌کاری و درختان بروسیا به‌ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی، توده تنک‌شده به روش سوئیسی و عرصه شاهد تعیین شد و در ارتباط با متوسط ارتفاع توده جنگل‌کاری و درختان بروسیا نیز به‌ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، توده تنک‌شده به روش دانمارکی و توده تنک‌شده به روش سوئیسی بود. همچنین در ارتباط با متوسط فراوانی زادآوری طبیعی، عرصه شاهد دارای بیشترین مقدار بود و پس از آن به‌ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی و توده تنک‌شده به روش سوئیسی شد (جدول ۴).

در مرحله بعد تفاضل متوسط مقادیر هریک از متغیرهای کمی در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ به تفکیک تیمارها بررسی شد. در ارتباط با میزان متوسط کاهش فراوانی گونه بروسیا و متوسط افزایش قطر برابرسینه گونه بروسیا به‌ترتیب کاهش و براساس مقادیر داخل پرانتز شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی (کاهش ۱۳۰/۶۷ پایه در هکتار و افزایش متوسط ۳/۹ سانتی‌متر قطر برابرسینه)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (کاهش ۱۲۲/۶۷ پایه در هکتار و افزایش ۳/۳۵ سانتی‌متر قطر برابرسینه) و عرصه شاهد (کاهش ۷۷/۳۳ پایه در هکتار و افزایش ۲/۷۲ سانتی‌متر قطر برابرسینه) تعیین شد. در ارتباط با متغیرهای متوسط کاهش فراوانی توده جنگل‌کاری و متوسط افزایش قطر برابرسینه توده جنگل‌کاری نیز به‌ترتیب کاهش و براساس مقادیر داخل پرانتز شامل عرصه شاهد (کاهش ۹۰/۶۶ پایه در هکتار و افزایش ۲/۸۱ سانتی‌متر قطر برابرسینه)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (کاهش ۸۸ پایه در هکتار و افزایش ۲/۷۷

سانتی‌متر قطر برابر سینه) و توده تنک‌شده به روش سوئیدی (کاهش ۸۰ پایه در هکتار و افزایش ۱/۶۷ سانتی‌متر قطر برابر سینه) به دست آمد. در رابطه با متوسط کاهش ارتفاع درختان توده جنگل‌کاری و گونه بروسیا در طول مدت پنج سال بعد از تنک‌کردن به ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش سوئیدی (کاهش ۴/۳۹ متر درختان توده و کاهش ۵/۰۲ متر گونه بروسیا)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (کاهش ۴/۱۲ متر درختان توده و کاهش ۴/۶۶ متر گونه بروسیا) و عرصه شاهد (کاهش ۳/۱۱ متر درختان توده و کاهش ۳/۵۳ متر گونه بروسیا) بود. همچنین در ارتباط با متوسط افزایش زادآوری طبیعی در طول پنج سال به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد (افزایش ۱۳/۸۵ اصله در مترمربع)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (افزایش ۱/۰۸ اصله در مترمربع) و توده تنک‌شده به روش سوئیدی (کاهش ۵/۸۹ اصله در مترمربع) تعیین شد.

در ارزیابی کیفی با انجام آزمون کای‌اسکوئر دوبعدی در هریک از سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ مشخص شد که متوسط درصد فراوانی درختان توده جنگل‌کاری و گونه بروسیای تیمارهای مختلف در طبقات مختلف کیفی اختلاف معنی‌داری داشت (سطح احتمال ۰/۰۱). در مرحله بعد با استفاده از آزمون کالموگروف - اسمیرنوف تیمارهای مختلف مورد بررسی در سال ۱۳۹۶ به صورت دو به دو مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این آزمون نشان داد که کیفیت توده جنگل‌کاری و کیفیت درختان بروسیا در عرصه دست‌نخورده شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از عرصه‌های دارای تیمارهای دانمارکی و سوئیدی بوده است. البته بین کیفیت درختان در دو عرصه دانمارکی و سوئیدی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (سطح احتمال ۰/۰۵). همچنین آزمون کالموگروف - اسمیرنوف برای هریک از تیمارها به صورت مجزا و در بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ انجام شد. براساس مقادیر کالموگروف - اسمیرنوف برای توده جنگل‌کاری (۴/۵۸۵) و درختان بروسیا (۱/۳۷۳) در عرصه شاهد، میزان کاهش کیفیت درختان را در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۱ نشان داد. البته این کاهش کیفیت تنها در ارتباط با توده بروسیا معنی‌دار شد (سطح احتمال ۰/۰۵). از سوی دیگر در ارتباط با ارزیابی کیفی درختان در توده تنک‌شده به روش دانمارکی (۲/۷۳۱)، میزان افزایش کیفیت توده جنگل‌کاری 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 و براساس مقدار آزمون در توده تنک‌شده به روش سوئیدی، میزان افزایش کیفیت درختان توده در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال

۱۳۹۱ معنی‌دار بود (۲/۴۳۸). البته در ارتباط با درختان بروسیا اختلافی معنی‌داری وجود نداشت (۰/۶۵۴).

شایان ذکر است نتایج بررسی در سطح توده جنگل‌کاری بلندمازو نشان داد که کیفیت درختان توده و گونه اصلی عرصه شاهد پس از مدت پنج سال کاهش معنی‌داری یافت. به‌طوری‌که کیفیت درختان توده تنک‌شده به روش دانمارکی (توده و گونه اصلی) و توده تنک‌شده به روش سوئسی (گونه اصلی) افزایش داشت. البته کیفیت درختان توده و گونه اصلی پلت در توده تنک‌شده به روش دانمارکی بیشتر از توده تنک‌شده به روش سوئسی گردید (سطح احتمال ۰/۰۵). همچنین در مطالعه‌ای دیگر بررسی نتایج کیفی درختان پس از مدت پنج سال عملیات تنک‌کردن در توده سدر هیمالیا نشان داد که افزایش کیفیت درختان در توده تنک‌شده به روش دانمارکی در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۹ از لحاظ آماری معنی‌دار بود، ولی در ارتباط با توده تنک‌شده به روش سوئسی افزایش کیفی درختان در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۸۹ از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (۶).

#### جدول ۴- مشخصات کمی درختان در سطح توده جنگل‌کاری بروسیا با دو تیپ تنک‌کردن

در سال ۱۳۹۶

روش تنک‌کردن			متغیرهای مورد بررسی
انتخاب مثبت از بالا (سوئسی)	انتخاب از بالا و پایین (دانمارکی)	عرصه شاهد (بدون دخالت)	
۸۱۳/۳۳ (۲۱۷/۴۱) ns	۱۰۴۲/۷ (۳۹) ns	۱۱۰۰ (۱۹۵) ns	متوسط فراوانی درخت در هکتار
۵۲۸ (۸۸) ns	۶۰۵/۳۳ (۱۶۹/۰۱) ns	۶۰۲/۶۷ (۱۵۶/۴۳) ns	متوسط فراوانی گونه اصلی در هکتار
۱۶/۹۴ (۲/۷۰) ns	۱۷/۰۲ (۲/۳۳) ns	۱۵/۵۹ (۳/۶۸) ns	متوسط 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 جنگل‌کاری (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 ریزقطعه‌نمونه (اصلی)

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

## ب- وضعیت تنوع گونه‌ای گیاهان در توده جنگل‌کاری بروسیا

نتایج میزان متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان در سال ۱۳۹۶ بر اساس شاخص شانون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بود، به‌طوری‌که توده تنک‌شده به روش دانمارکی در بالاترین مرتبه جای داشته و توده تنک‌شده به روش سوئیدی در پایین مرتبه قرار گرفته و عرصه دست‌نخورده شاهد نیز حالتی بینابینی داشت. همچنین داده‌های جدول شش نشان داد که میزان تنوع گونه‌ای گیاهان شاخص سیمپسون در سال ۱۳۹۶ اگرچه فاقد اختلافی معنی‌دار بود، ولی مقادیر آن به‌ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی، توده تنک‌شده به روش سوئیدی 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 برحسب شاخص‌های شانون و سیمپسون در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ براساس آزمون تی مستقل مقایسه شد (جدول ۵). نتایج این آزمون نشان داده است که کلیه تیمارهای شاهد و تنک‌شده در طول مدت زمان پنج سال با افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان مواجه شده، به‌طوری‌که این اختلافات با سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. در ارتباط با متوسط افزایش شاخص تنوع گونه‌ای شانون در طول مدت پنج سال بین تیمارهای مختلف به‌ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با افزایش متوسط ۰/۵۷۵)، عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۴۴۸) و توده تنک‌شده به روش سوئیدی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۱) بود. در ارتباط با متوسط افزایش شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون در طول مدت پنج سال نیز به‌ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۱۱)، توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۵۷) و توده تنک‌شده به روش سوئیدی (با متوسط افزایش ۰/۱۱۰) شد. شایان ذکر است در ارتباط با متوسط افزایش شاخص یکنواختی هیپ به‌ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۷۹)، توده تنک‌شده به روش سوئیدی (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 به‌ترتیب برابر با عرصه شاهد (با متوسط کاهش ۱/۷۱۹)، توده تنک‌شده به روش سوئیدی (با متوسط کاهش ۱/۲۹۱) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط کاهش ۱/۲۳۶) شد. در مجموع براساس این مطالعه عملیات تنک‌کردن به روش دانمارکی موجب تقویت بیشتر تنوع



گونه‌ای گیاهان شده (شاخص شانون) و تأثیر مثبت روش دانمارکی بیشتر از روش سوئیدی بود. شایان ذکر است که انجام تحقیقاتی مشابه در توده‌های جنگل کاری‌های پلت در شرق مازندران (۷) و توده جنگل کاری سدر هیمالیا (۶) در مرکز مازندران تأثیر مثبت روش تنک کردن دانمارکی را در افزایش تنوع گونه‌ای گیاهان نسبت به روش تنک کردن سوئیدی و عرصه دست‌نخورده شاهد نشان داده است.

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

شاخص	روش تنک کردن		
	سویسی	دانمارکی	شاهد
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶	۲/۳۵۷ (۰/۳۸۴) b	۲/۷۲۳ (۰/۳۰۱) a	۲/۴۵۴ (۰/۲۱۴) ab
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۱	۲/۰۳۶ (۰/۲۴۲) ns	۲/۱۴۸ (۰/۳۰۳) ns	۲/۰۰۶ (۰/۵۵۰) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۶	۰/۸۸۱ (۰/۰۴۷) ns	۰/۹۱۶ (۰/۰۳۰) ns	۰/۸۹۳ (۰/۰۲۵) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۱	۰/۷۷۱ (۰/۰۵۰) ns	۰/۷۵۹ (۰/۰۸۷) ns	۰/۶۸۲ (۰/۱۵۷) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۶	۰/۷۹۷ (۰/۰۲۹) ns	۰/۷۹۰ (۰/۰۳۶) ns	۰/۷۷۰ (۰/۰۳۸) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۱	۰/۵۵۷ (۰/۰۵۱) ns	۰/۵۱۱ (۰/۰۹۸) ns	۰/۵۴۵ (۰/۱۳۵) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۶	۳/۴۷۷ (۱/۱۱۳) b	۴/۸۰۰ (۰/۹۲۳) a	۳/۷۹۶ (۰/۵۷۸) b
غنای مارگالف ۱۳۹۱	۴/۷۶۸ (۱/۳۱۶) ns	۶/۰۳۶ (۱/۱۴۰) ns	۵/۵۱۵ (۱/۸۵۳) ns

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

### ج- وضعیت تنوع بی‌مهرگان خاکزی در توده جنگل کاری بروسیا

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، بااین حال به ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش سوئیدی، عرصه دست‌نخورده شاهد و توده تنک‌شده به روش دانمارکی بود. شایان ذکر است که مقادیر شاخص‌های تنوع بی‌مهرگان خاکزی متأثر از مقادیر یکنواختی هیپ و غنای مارگالف بوده که همانند شاخص‌های تنوع اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارهای مختلف نداشته است (جدول ۶).

در مرحله بعد اختلاف مقادیر متوسط تنوع بی‌مهرگان خاکزی شاخص‌های شانون و سیمپسون در بین سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۶ و براساس آزمون تی مستقل مقایسه شد (جدول ۶). نتایج این آزمون نشان داد که میزان متوسط افزایش تنوع تیمارهای شاهد و تنک‌شده در طول مدت زمان پنج سال به‌طور 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)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۳۲۱) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۲۱۳) بوده است. همچنین در ارتباط با افزایش متوسط شاخص تنوع سیمپسون در طول مدت پنج سال به ترتیب کاهش برابر با عرصه شاهد (با متوسط افزایش ۰/۲۲۷)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط افزایش ۰/۱۹۱) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۱۵۵) شد. البته در ارتباط با شاخص یکنواختی هیپ به ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط افزایش ۰/۴۱۴)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (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)، توده تنک‌شده به روش سوئیسی (با متوسط کاهش ۰/۱۷۱) و توده تنک‌شده به روش دانمارکی (با متوسط کاهش ۰/۲۵۲) تعیین گردید.

جدول ۶- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاکزی در توده جنگل‌کاری بروسیا

شاخص	روش تنک‌کردن		
	سوییسی	دانمارکی	شاهد
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۶	۱/۳۶۵ (۰/۲۲۵) ns	۱/۲۷۹ (۰/۳۰۴) ns	۱/۳۴۹ (۰/۳۳۴) ns
تنوع شانون- وینر ۱۳۹۱	۱/۰۴۴ (۰/۱۳۴) ab	۱/۰۶۶ (۰/۲۱۲) a	۰/۸۸۲ (۰/۱۶۶) b
تنوع سیمپسون ۱۳۹۶	۰/۷۱۹ (۰/۰۵۹) ns	۰/۶۹۵ (۰/۱۰۱) ns	۰/۷۰۷ (۰/۰۸۷) ns
تنوع سیمپسون ۱۳۹۱	۰/۵۲۸ (۰/۰۵۶) ns	۰/۵۴۰ (۰/۰۸۴) ns	۰/۴۸۰ (۰/۰۸۴) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۶	۰/۹۲۶ (۰/۰۲۲) ns	۰/۹۴۲ (۰/۰۵۶) ns	۰/۸۷۷ (۰/۰۹۶) ns
یکنواختی هیپ ۱۳۹۱	۰/۵۲۳ (۰/۱۴۶) ns	۰/۵۲۸ (۰/۰۹۸) ns	۰/۵۱۷ (۰/۲۱۲) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۶	۱/۰۵۷ (۰/۲۷۴) ns	۰/۹۶۰ (۰/۳۸۵) ns	۱/۰۸۳ (۰/۳۹۲) ns
غنای مارگالف ۱۳۹۱	۱/۲۲۸ (۰/۴۰۱) ns	۱/۲۱۲ (۰/۳۷۵) ns	۱/۰۶۵ (۰/۳۴۴) ns

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

شایان ذکر است انجام تحقیقی مشابه در توده جنگل‌کاری پلت نشان داد که متوسط افزایش تنوع بی‌مهرگان خاکزی در طول مدت پنج سال پس از تنک‌کردن به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، توده تنک‌شده به روش دانمارکی و توده تنک‌شده به روش سوئیسی بود و

در ارتباط با توده جنگل‌کاری بلندمازو نیز به ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش سوئسی، توده تنک‌شده به روش دانمارکی و عرصه شاهد به دست آمد (۷). تنوع بی‌مهرگان خاکزی تحت تأثیر عوامل متعددی از قبیل نوع پوشش گیاهی، میزان تابش نور خورشید به عرصه، خصوصیات ادافیکی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، رطوبت و همچنین میزان تخریب خاک سطحی است (۷ و ۱۳). در همین راستا و به منظور ایجاد حداقل خسارت به محیط زیست بی‌مهرگان خاکزی عملیات تنک‌کردن باید با شدت ملایم و رعایت دقیق استانداردهای قطع و خروج چوب انجام شود. شایان ذکر است در تنک‌کردن سبک برداشت ۱۰ تا ۱۵ درصد رویه‌زمینی درختان انجام شده، در تنک‌کردن ملایم برداشت درختان برابر با ۱۵ تا ۲۰ درصد رویه‌زمینی و تنک‌کردن شدید شامل برداشت ۲۰ تا ۲۵ درصد رویه‌زمینی از درختان است (۴). همچنین اهمیت حفظ کیفیت توده‌های طبیعی و جنگل‌کاری تا به آنجا است که عملیات برداشت بهداشتی پیش از انجام عملیات تنک‌کردن سوئسی توصیه می‌گردد (۹).

نتایج ۲۰ ساله اجرای طرح تحقیقاتی سازگاری مهم‌ترین گونه‌های سوزنی‌برگ جهان در شمال کشور نشان داد که کاج بروسیا سازگار و مناسب مناطق پایین‌بند مرکز و شرق استان مازندران و همچنین مناطق پایین‌بند تا میان‌بند استان گلستان است (۵). نتایج ارزیابی توان اکولوژیک دو روش تنک‌کردن سوئسی و دانمارکی در توده جنگل‌کاری بروسیا در طول مدت پنج سال نشان داد که متوسط افزایش قطر توده جنگل‌کاری و قطر گونه کاج بروسیا به ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی، توده تنک‌شده به روش سوئسی و عرصه شاهد بود. از نظر متوسط ارتفاع توده جنگل‌کاری و ارتفاع کاج بروسیا نیز به ترتیب کاهش شامل عرصه شاهد، توده تنک‌شده به روش دانمارکی و توده تنک‌شده به روش سوئسی شد. همچنین کیفیت درختان در توده‌های تنک‌شده بیشتر از عرصه شاهد بود (سطح احتمال ۰/۰۵). متوسط تنوع گونه‌ای گیاهان نیز به ترتیب کاهش شامل توده تنک‌شده به روش دانمارکی، عرصه شاهد و توده تنک‌شده به روش سوئسی به دست آمد. البته در ارتباط با آماره تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان خاکزی به ترتیب کاهش برابر با توده تنک‌شده به روش سوئسی، عرصه شاهد و توده تنک‌شده به روش دانمارکی بود. در مجموع این مطالعه در سطح جنگل‌کاری‌های سنواتی شمال کشور بر انجام عملیات تنک‌کردن به روش دانمارکی و با شدت ملایم و مراقبت در ایجاد کمترین میزان تخریب خاک در مرحله قطع و خروج چوب تأکید دارد.

## منابع

- ۱- بی نام، ۱۳۸۷، کتابچه تجدیدنظر طرح جنگلداری، بخش دو جنگل‌های نکا، سری شش، اداره کل منابع طبیعی ساری، ۸۵ صفحه.
- ۲- ثاقب‌طالبی خسرو، ۱۳۹۳. گزارش طرح ملی بررسی سازگاری برخی از پهن‌برگان و سوزنی‌برگان مهم جهان در شمال کشور، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ۱۱۳ صفحه.
- ۳- رحمانی رامین و حسن زارع میوان، ۱۳۸۲، بررسی تنوع و ساختار اجتماع بی مهرگان خاکزی در تیپ‌های جنگلی راش، ممزر و بلندمازو - ممزر، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶ (۴): ۴۳۶-۴۲۵.
- ۴- سیاهی‌پور ذوقعلی، امان زاده بیت اله و خسرو ثاقب‌طالبی، ۱۳۸۹، نتایج مقدماتی تاثیر شدت‌های تنک کردن بر گونه پیسه‌آ در جنگل‌های دست کاشت اسالم، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۱): ۳۵-۴۵.
- ۵- قلی‌زاده محمدنبی، محمدنژادکیاسری شیرزاد و ارسلان همتی، ۱۳۹۴، گونه‌های سوزنی‌برگ سازگار در شمال ایران، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۸۹ صفحه.
- ۶- محمدنژادکیاسری شیرزاد، ۱۳۹۳، بررسی سازگاری سوزنی‌برگان و پهن‌برگان مهم جهان در شمال ایران (خانواده کاج: ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ۵۸ صفحه.
- ۷- محمدنژاد کیاسری شیرزاد، ۱۳۹۶، ارزیابی دو روش عملیات پرورشی (تنک‌کردن) در جنگلکاری‌های پهن برگ و سوزنی‌برگ پایین‌بند مازندران براساس تعیین توان اکولوژیک (مطالعه موردی: منطقه نکا)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ۸۲ صفحه.
- ۸- محمدنژادکیاسری شیرزاد، ثاقب‌طالبی خسرو، رحمانی رامین و عموزاد محمد، ۱۳۹۰، مقایسه تنوع بی مهرگان خاکزی در تیمارهای جنگل طبیعی و جنگلکاری‌های منطقه ساری (عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر)، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۶ (۲): ۶۹-۵۵.
- ۹- مروی‌مهاجر محمدرضا، ۱۳۸۵، جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.
- ۱۰- مصدق احمد، ۱۳۸۱، جنگل‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۱ صفحه.

- 11- Stankova, T. V., and Diéguez-Aranda, U., 2017. A two-component dynamic stand model of natural thinning, *Forest ecology and management*, 385: 264-280.
- 12- Sullivan, T. P., and D. S. Sullivan, 2016. Acceleration of old-growth structural attributes in lodgepole pine forest: Tree growth and stand structure 25 years after thinning, *Forest Ecology and Management*, 365: 96-66.
- 13- Zhang, J., J. Webster, D. H. Young and G. O. Fiddler, 2016. Effect of thinning and soil treatments on *Pinus ponderosa* plantations: 15-year results, *Forest Ecology and Management*, 368: 123-132.

**در تنک کردن تلفیقی یا دانمارکی، پایه‌های مزاحم  
درختان نخبه در آشکوب بالا و همچنین درختان  
نامناسب آشکوب‌های دیگر حذف می‌شوند.**

