بسم الله الرحمن الرحیم

راه حل‌های پیشنهادی
برای
رفع برخی از نواقص فنی صنوبرکاری‌های استان مازندران

نگارش

فرهاد اسدی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

۱۳۹۹

عنوان پروژه منتج به نشریه فنی	کد مصوب
بررسی نواقص فنی و ارائه راهکارهای مناسب در صنوبرکاری‌های استان مازندران	۹۳۱۱۴- ۰۹- ۶۰- ۲

عنوان نشریه فنی: راه حل‌های پیشنهادی برای رفع برخی از نواقص فنی صنوبرکاری‌های مازندران

نگارش: فرهاد اسدی – دانشیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویرایش علمی: رفعت اله قاسمی و فاطمه احمدلو

ویرایش فنی: اصغر احمدی

تهیه شده در: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران/ موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی / بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی 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

شماره نشریه: ۱۱

این نشریه به شماره ۵۸۳۰۹ در تاریخ ۱۳۹۹/۰۷/۰۹ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است

ISBN:978-964-473-431-1

مخاطبان

کارشناسان منابع طبیعی، کشاورزی، دانشجویان، صاحبان صنایع چوب و مروجان منابع طبیعی و کشاورزی

شما با مطالعه این نشریه با موارد زیر آشنا می‌شوید

اهمیت زراعت چوب

ملاحظات ضروری برای انتخاب زمین در صنوبرکاری

ملاحظات ضروری برای انتخاب کلن در صنوبرکاری

ملاحظات ضروری برای عملیات کاشت در صنوبرکاری

ملاحظات ضروری برای عملیات داشت در صنوبرکاری

ملاحظات ضروری برای عملیات برداشت در صنوبرکاری

فهرست مطالب

مقدمه ۵
روش و نتایج اجرای طرح تحقیقاتی مرتبط ۸
اهمیت زراعت چوب ۸
ملاحظات ضروری برای انتخاب زمین در صنوبرکاری ۹
بافت و زهکشی خاک ۹
مقادیر بارش ۱۱
موقعیت مکانی ۱۲
ملاحظات ضروری برای انتخاب کلن در صنوبرکاری ۱۲
ملاحظات ضروری برای عملیات کاشت در صنوبرکاری ۱۵
تعداد در هکتار یا فاصله کاشت ۱۸
بادشکن‌ها ۲۴
ملاحظات ضروری برای عملیات داشت در صنوبرکاری ۲۶
کوددهی ۲۶
توصیه‌هایی برای کوددهی ۲۷
آبیاری ۲۹
آبیاری قطرهای ۳۲
آبیاری با آب لوله کشی ۳۴
آبیاری با تانکر ۳۴
آبیاری غرقابی ۳۵
ملاحظات ضروری برای عملیات برداشت در صنوبرکاری ۳۶
سن بهره‌برداری ۳۶
روش بهره برداری ۳۷
تعاونی‌های تولید چوب ۳۸
نتیجه‌گیری و خلاصه ۳۸
منابع مورد استفاده ۴۲

مقدمه

به دلیل سیاست‌های جدید دولت در توقف بهره‌برداری از جنگل‌های تجارتی کشور، توسعه زراعت چوب در سال‌های آینده اجتناب‌ناپذیر است. یکی از شرایط کلیدی برای تضمین موفقیت زراعت چوب، بهبود سطح آموزش صنوبرکاران است. اما اطلاعات علمی در مورد زراعت چوب درختان تند رشد در ایران به راحتی برای کشاورزان، صنوبرکاران و دست‌اندرکاران زراعت چوب قابل دسترس نیست و کمبود منابع و اطلاعات مکتوب در این زمینه از سویی و گستردگی اراضی و تنوع ارقام مختلف درختان تند رشد به‌ویژه صنوبرها از سوی دیگر، فرایند زراعت چوب را به امری پیچیده، غیر قابل پیش‌بینی و در برخی موارد نگران‌کننده تبدیل کرده است. اگر درختان بر روی اراضی با خاک مناسب کشت شوند و عملیات مراقبتی و مدیریتی مانند آبیاری، وجین، هرس و کوددهی به موقع انجام شود، آنگاه انتظار درآمد مناسب کاملاً منطقی خواهد بود. چنین مدیریتی در سیستم‌های مختلف زراعت چوب مانند کشت تلفیقی درخت با محصولات زراعی– علوفه‌ای (آگروفارستری)، دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت، کشت‌های علوفه‌ای درختان تند رشد به‌منظور تعلیف دام، تولید بیوماس و بیوانرژی و کشت سنتی امکان‌پذیر است. موفقیت هریک از این سیستم‌ها در درجه اول به انتخاب درخت مناسب بستگی دارد. اگر همه مؤلفه‌های مؤثر در رویش به درستی هدایت شوند، ولی درخت مناسبی انتخاب نشود، تولید مطلوب محقق نخواهد شد. همچنین اگر زمین اختصاص داده شده مناسب نباشد، رعایت سایر مؤلفه‌ها نیز تضمین‌کننده یک رشد خوب نخواهد بود. بنابراین تک تک مؤلفه‌های مؤثر در رویش باید به درستی رعایت شوند تا تضمین‌کننده یک تولید کافی و پایدار باشند.

مدیریت صحیح و توسعه صنوبرکاری‌ها یکی از محورهای مهم برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است که باید بخش جداناپذیر برنامه جنگل‌داری ملی نیز باشد (سولرس، ۱۳۸۶). نقش درختان خارج از جنگل[1] در تولید چوب با اهمیت‌تر از جنگلهای طبیعی است (Ahuja, 2012). از سوی دیگر می‌توان اصلاح حاصلخیزی خاک، حفاظت تنوع زیستی، ترسیب کربن و تولید بیوانرژی را از مزایای اکولوژیکی و اقتصادی پرورش صنوبر در اراضی زراعی برشمرد. انتخاب تراکم مناسب درختان مبتنی بر سرشت گونه یا کلن، خصوصیات رویشگاه و عملیات پرورشی است. البته هر چقدر به سن درختان افزوده می‌شود، فواصل کاشت بالاتر از موجودی بیشتری برخوردار می‌شوند (Christersson,

[1] Trees Out of Forest

2008). بر اساس آمار و ارقام موجود سالانه بیش از ۵۰ میلیون درخت صنوبر در کشت‌های تلفیقی کشور هندوستان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند که سطحی برابر ۳۰۰ هزار هکتار داشته و تولیدی برابر ۳/۶ میلیون متر مکعب چوب هر ساله ارائه می‌نمایند. این آمار نشان می‌دهد که تراکم متوسط نهایی برابر ۱۶۶ درخت در هکتار و متوسط رویش حجمی در این صنوبرکاری‌ها برابر ۱۲ مترمکعب است. این در حالی است که علاوه بر تولیدات چوبی در فضای بین ردیف‌های درختان، محصولات زراعی نیز تولید می‌شود. اسدی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی کشت تلفیقی صنوبر کلن *P. nigra* betulifolia و یونجه در تیمارهای مختلف نشان دادند که فاصله کاشت ۶×۳ متر صنوبر با یونجه، ضمن تولید ۴ تن ماده خشک یونجه در سال و هکتار و نیز تولید ۱۱ مترمکعب چوب بهترین عملکرد را ارائه داده است. Asadi و Nouri (۲۰۱۲) با انتخاب ۸ توده از صنوبرکاری‌های حاشیه رودخانه‌های کرمانشاه و ایجاد ۱۰۵ قطعه نمونه به بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌ها پرداخته و مقادیر رویش سالانه چوب را بین ۱۰/۳ تا ۳۸ مترمکعب در هکتار در توده‌های مختلف اعلام نمودند. همچنین برای درختان همین توده‌ها Alimohammadi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که به‌دلیل قرابت ژنتیکی این درختان، هر گونه تفاوت رویش می‌تواند ناشی از اثر عوامل فنی و نیز خصوصیات رویشگاهی باشد. مختاری (۱۳۷۹) نیز بر لزوم رعایت اصول فنی کاشت، داشت و برداشت در صنوبرکاری‌ها تأکید می‌نماید. کلاگری و همکاران (۱۳۹۶) رعایت نکات فنی کاشت، داشت و برداشت صنوبر را در افزایش تولید ضروری اعلام کردند. نتایج طرح کلکسیون پایه مادری با تعداد ۱۵ کلن پس از ۱۷ سال در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته گیلان، میزان رویش حجمی سالیانه بیش از ۲۵ مترمکعب در هکتار در سال را نشان داده است. به‌طوری‌که سه کلن آن به نام‌های *Populus deltoides* 69/55، *P. deltoides* 77/51 و *P.euramericana* I-214 به‌عنوان ارقام برتر و پرمحصول معرفی شدند و در سطح وسیع در صنوبرکاریهای استان گیلان و مازندران کشت می‌شوند (لطفیان، ۱۳۶۴). ازاین‌رو صنوبرکاری‌های شمال کشور را عمدتاً این سه کلن تشکیل داده‌اند. در قسمت غرب مازندران ایستگاه خوشامیان در سالهای ۱۳۴۹ تا ۱۳۶۳ تعداد ۱۰ کلن از صنوبر به فاصله کاشت ۴×۴ متر مورد بررسی قرار گرفتند. کلن‌های *P. euramericana* 488 و *P. euramericana* I–214 بعد از ۱۴ سال به‌ترتیب ۲۵/۶ و۲۵/۱ مترمکعب در هکتار و در سال تولید داشته‌اند (ضیایی و همکاران، ۱۳۶۹). در استان کرمانشاه در اراضی حاشیه رودخانه گاماسیاب تعداد ۹ کلن از گروه صنوبرهای دورگ اورامریکن برای مدت ۷ سال (۱۳۷۲ تا ۱۳۷۸) مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد که در فاصله کاشت

۴×۴ متر دو کلن دورگ صنوبر *P. euramericana* I-214 و *P. euramericana* 455 به‌ترتیب با ۲۷ و ۲۵/۸ مترمکعب در هکتار و در سال جزء ارقام پرمحصول معرفی شده‌اند (همتی و مدیررحمتی، ۱۳۸۱).

میزان تولید در صنوبرکاری‌های سنتی بین ۱۰ تا ۱۵ مترمکعب در سال و در هکتار برآورد می‌شود. این در حالی است که نتایج بررسی‌های متعدد نشان داده است که امکان تولید بیش از ۲۵ مترمکعب با همان نهاده‌ها میسر است. ازاین‌رو به نظر می‌رسد تولید ناکافی و اندک صنوبرکاری‌های موجود می‌تواند ناشی از عملیات کاشت، داشت و برداشت نامناسب باشد و نتیجه آن کاهش رغبت کشاورزان برای صنوبرکاری است.

بر اساس راهبردهای زراعت چوب کشور، استان مازندران تا سال ۱۴۰۴ باید بیش از ۴۰ هزار هکتار بر صنوبرکاری‌های خود بیفزاید که این مهم بدون رفع نواقص و ایرادات فنی نمی‌تواند محقق شود. تعیین نواقص فنی صنوبرکاری می‌تواند در ارائه پیشنهادها برای افزایش تولید در هکتار و بهبود بهره‌وری بسیار مفید و مؤثر باشد. از سوی دیگر با توجه به عدم امکان توسعه سطح زیر کشت، شناخت موانع افزایش تولید در هکتار صنوبرکاری‌های سنتی می‌تواند ما را در رفع آن موانع یاری دهد تا موجب افزایش درآمد روستائیان و کاهش وابستگی به واردات چوب و کاهش فشار بر جنگلهای طبیعی شود، ازاین‌رو انجام این تحقیق ضرورت داشت.

با توجه به شباهت‌های بسیار زیاد در میزان تولید کلن‌های مورد استفاده و خصوصیات رویشگاهی صنوبرکاری‌های مازندران می‌توان تفاوت‌های موجود در عملکرد ارقام مختلف صنوبر را تا حد زیادی به تأثیر عوامل فنی مرتبط دانست. همان‌طور که در بررسی سوابق تحقیق مشاهده می‌شود، نتایج تحقیقات مختلف حکایت از امکان افزایش عملکرد با رعایت مسائل فنی دارد. تحقیق مرتبط با این نشریه فنی با ارزیابی دقیق صنوبرکاری‌های سنتی، عدم انطباق سیستم‌های کاشت، داشت و برداشت موجود را با اصول علمی مطالعه کرده و در نهایت با تجزیه همبستگی و تجزیه علیت، روابط علت و معلولی متغیرهای فنی (مستقل) و متغیر تولید (وابسته) را تعیین نموده و راهکارهای اصلاحی را در ادامه ارائه داده است.

روش و نتایج اجرای طرح تحقیقاتی مرتبط

برای روشن شدن نواقص فنی صنوبرکاری‌های مازندران، ابتدا در ۳۰ توده صنوبرکاری دارای شرایط سنی و پراکنش مناسب در استان مشخصات قطر تمامی درختان و مؤلفه‌های ارتفاع، حجم در هکتار و رویش حجمی به روش نمونه‌برداری اندازه‌گیری و محاسبه شد. داده‌های فنی شامل فاصله کاشت، عمق کاشت، زمان کاشت، منشأ تهیه قلمه و نهال، دخالتهای احتمالی در توده، کوددهی، آبیاری، زمان بهره‌برداری، نحوه فروش و میزان رضایتمندی صنوبرکاران به همراه مؤلفه‌های محاسباتی مانند رویش در سال و در هکتار به مترمکعب به روش پرسش و پیمایش میدانی جمع‌آوری و محاسبه شد. ضرایب همبستگی دوگانه بین متغیرها نیز تعیین شد. با استفاده از تجزیه علیت روابط علت و معلولی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته رویش حجمی مشخص شد و اثرهای مستقیم هریک از مؤلفه‌ها به همراه اثرهای غیرمستقیم آنها بر رویش مشخص گردید. بر اساس نتایج حاصل مساحت توده‌ها بین ۰/۳ تا ۴ هکتار متغیر بود. در بیش از ۶۰ درصد توده‌ها فاصله کاشت کمتر از ۲×۲ متر بود. درصد زنده‌مانی بدون هیچگونه دخالتی در ۶۳ درصد از توده‌ها کمتر از ۵۰ درصد بود. در ۷۰ درصد توده‌ها ارتفاع اولیه نهال در زمان کاشت خارج از محدوده استاندارد بود. متوسط مقدار رویش سالانه چوب برابر ۱۴/۳ مترمکعب در سال و در هکتار محاسبه شد. تنها ۱۰ درصد از توده‌ها رویش بیش از ۲۵ مترمکعب داشتند و در ۷۰ درصد توده‌ها رویش سالانه کمتر از ۱۵ مترمکعب در سال و در هکتار بود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که کم شدن فاصله کاشت مهمترین اثر را در کاهش رویش دارد. در میان صفات مدیریتی در تجزیه همبستگی شدت آبیاری بالاترین میزان همبستگی مثبت را با رویش نشان داد. همچنین تراکم اولیه بیشترین اثر همبستگی منفی را با قطر و ارتفاع نشان داد. در تجزیه علیت نیز تراکم اولیه بیشترین اثر مستقیم منفی را بر رویش نشان داد. شدت آبیاری بالاترین اثر غیرمستقیم مثبت را بر میزان رویش ارائه کرد. با توجه به نتایج ذکرشده عمده‌ترین نواقص صنوبرکاری‌های موجود به‌ترتیب فاصله کاشت کم و آبیاری کم است.

اهمیت زراعت چوب

درختان صنوبر امروزه جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی و جنگل‌داری جهان دارند. این درختان در تأمین مواد اولیه چوبی صنایع کاغذسازی، تخته‌خرده چوب، ام دی اف، روکش، کبریت، میز و صندلی،

مبلمان، جعبه‌سازی و به‌تازگی به‌طور فزاینده‌ای در بیوماس و بیوانرژی مطرح هستند. برای تولیدات غیرچوبی این درختان مانند علوفه دام و عناصر دارویی نیز گزارش‌های متعددی وجود دارد. این درختان در تأمین خدمات محیطی مانند جان‌پناه و سایه، احداث سریع فضای‌سبز در شهرها، حفاظت خاک و آب به‌ویژه در اراضی حاشیه رودخانه و به‌عنوان درخت پرستار برای استقرار سایر گونه‌های مراحل توالی، دارای ارزش‌های فراوانی هستند. برای گیاه‌پالایی، ترمیم رویشگاه‌های تخریب‌شده، احیاء اکوسیستم‌های شکننده، مبارزه با گسترش بیابان‌ها و بازسازی چشم‌اندازهای جنگلی نیز اهمیت روزافزونی دارند. به‌عنوان درخت تندرشد در تثبیت و ترسیب کربن و نیز به‌دلیل برخورداری از تنوع گونه‌ای در جهان، برای سازگاری و تسکین اثرهای تغییر اقلیم نقش مؤثری دارند. صنوبرها در توسعه اقتصادی-اجتماعی و معیشت پایدار جوامع روستایی نیز نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند. این درختان در کشورهای مختلف کاشته شده و اغلب همراه با محصولات کشاورزی و علوفه‌ای و نیز دام و طیور به صورت تلفیقی مدیریت می‌شوند. در چنین وضعیتی فضای بین ردیف‌های درختان به‌ویژه در سال‌های اولیه درآمدهای مستمری را برای زارعان به ارمغان خواهد آورد.

ملاحظات ضروری برای انتخاب زمین در صنوبرکاری

بافت و زهکشی خاک

اغلب کلن‌های صنوبر نیازمند خاک‌های با زهکشی مناسب هستند تا بتوانند به‌خوبی رشد کنند (Castiglione et al., 2009). ضعف تهویه خاک به دلیل سنگین بودن آن (خاک‌های رسی) باعث کمبود اکسیژن در خاک شده و بر عملکرد ریشه تأثیر منفی می‌گذارد. درختان جوان‌تر به زهکشی ضعیف خاک حساس‌ترند. در یک فصل رویش مرطوب و بر روی یک خاک با زهکشی مناسب، رشد درخت به‌طور محسوسی افزایش خواهد یافت و برگ‌ها شاداب و سبز خواهند ماند. خاک‌های لومی - رسی و لومی - رسی - سیلتی از خاک‌های مناسب برای صنوبرها محسوب می‌شوند، اما می‌توان خاک‌های با بافت درشت‌تر را تا حدودی مناسب‌تر دانست، زیرا مهمترین مشکل بافت‌های لومی- رسی و لومی – رسی- سیلتی عدم موفقیت در مبارزه با علف‌های هرز مستقر در این خاک‌هاست و این همان دلیلی است که خاک‌های با زهکشی ناقص لومی - رسی و لومی - رسی- سیلتی امروزه در مناطق با رطوبت فراوان نامناسب تشخیص داده می‌شوند. چون علاوه بر اثرهای منفی زهکشی ضعیف، کنترل مکانیکی علف‌های هرز در خاک‌های مرطوب و گل‌آلود در استان‌های شمالی با دیسک یا کولتیواتور اغلب امکان‌پذیر نخواهد بود. به‌هرحال دسترسی به تجهیزات برای همه صنوبرکاری‌ها میسر نیست. در چنین

وضعیتی که امکان مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز وجود ندارد، اگر نتوان با حجم زیاد علف‌های هرز مبارزه کرد، به‌طور طبیعی زنده‌مانی نهال‌ها کاهش یافته و از رشد مطلوب نیز فاصله خواهند گرفت. علاوه بر نوع بافت خاک، متغیرهای دیگری مانند بارش، رطوبت عمقی خاک و سطح سفره آب زیر زمینی بسیار قابل توجه هستند، اما اثرهای آنها بر روی رویش با اهمیت بافت خاک در برخی از کلن‌ها قابل مقایسه نیست، زیرا برخی از کلن‌ها به بافت خاک حساسیت بیشتری نشان می‌دهند.

خاک‌های با زهکشی ضعیف دارای خلل و فرج اشباع از آب بوده و دوره‌های غیر هوازی در این خاک‌ها مشاهده می‌شود که به آن شرایط هیدرومورفی هم اطلاق می‌شود. به‌ویژه اینکه در شمال کشور خاک‌های آبرفتی به دو دسته بدون هیدرومورفی و با هیدرومورفی تقسیم می‌شوند. دسته اول از رسوبات آبرفتی جدید تشکیل شده که در بستر اغلب رودخانه‌ها وجود دارد، جایی که رویشگاه و جایگاه اصلی صنوبرها می‌باشد. در چنین شرایطی به دلیل وجود سفره آبی کم و بیش عمیق که دارای نوسانهای فصلی است، در فصل تابستان آب به اندازه کافی پایین رفته، ازاین‌رو خطر خفه شدن صنوبرها وجود ندارد. اما در فصل زمستان هرچند شرایط زهکشی نامناسب می‌شود اما به دلیل همزمانی با دوره خواب گیاه و یا رشد بطئی آن، امکان ادامه حیات درخت وجود دارد. این خاک‌ها هم از نظر مواد معدنی غنی هستند و هم از نظر تغذیه آبی مساعدند و می‌توانند به خوبی برای صنوبرکاری مورد استفاده قرار گیرند (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱). بنابراین باید دقت شود که وجود قلوه‌سنگها در خاک مانع ریشه‌دوانی درخت در این اراضی نگردد. ازاین‌رو بهتر است به هنگام کاشت درخت در صورت وجود قلوه‌سنگها در خاک، آنها را جدا کرد. اما در خاک‌هایی که شرایط هیدرومورفی دائمی دارند، به‌ویژه در مناطق جلگه‌ای گیلان و غرب مازندران، جایگاه مناسبی برای صنوبرها نیستند، اما گونه سفیدپلت می‌تواند در آن استقرار یابد. به اعتقاد حبیبی کاسب (۱۳۷۱) صنوبرکاری در این خاک‌ها اصولاً مناسب نیست، زیرا به علت غیر قابل نفوذ بودن افق‌ها و معدنی شدن ضعیف ازت و اشکال جذب پتاسیم در آن ریشه‌ها نمی‌توانند به خوبی توسعه یابند. زهکشی خاک نه تنها به بافت خاک، بلکه به لایه‌های زیرین خاک، عمق، شیب و ساختمان خاک نیز بستگی دارد. همانند ذرات رس، مواد آلی نیز دارای یک ظرفیت تبادل کاتیونی هستند که معیار قابلیت حاصلخیزی خاک محسوب می‌شوند. افزودن مواد آلی به سطح خاک، علاوه بر اصلاح حاصلخیزی خاک منجر به بهبود خلل و فرج خاک و مقاومت آن به فرسایش می‌گردد. البته در برخی موارد و در سطوح محدود امکان اصلاح خاک وجود دارد. در خاک‌های با زهکشی ضعیف، ایجاد یک گودال، زهکش یا شخم عمیق می‌توانند گزینه‌های مناسبی

باشند که بر اساس وضعیت خاک و هزینه‌ها قابل اجرا هستند. ساب سویلر یا ریپر زدن عمیق می‌تواند یک روش مناسب برای افزایش عمق خاک و شکستن لایه‌های سخت زیر خاک باشد، این کار منجر به اصلاح نفوذ آب در خاک و ظرفیت نگهداری آب، حداقل برای یک یا دو فصل رویش می‌شود. شخم عمیق در جهت ردیف درختان می‌تواند بسیار مفید واقع شود. از معایب خاک‌های با زهکشی ضعیف می‌توان به عدم ریشه‌دوانی عمیق صنوبرها اشاره کرد. در این زمینه اراضی شالیزاری یکی از نامناسب‌ترین عرصه‌ها هستند که به‌دلیل سطحی بودن ریشه درختان صنوبر، احتمال بادافتادگی و ریشه‌کن شدن در آنها بسیار زیاد است (شکل ۱).

شکل ۱- ریشه‌کن شدن صنوبرها در اراضی با زهکشی ضعیف شالیزاری
(عکس از کانال تلگرامی آمل و نور)

مقادیر بارش

یک رویشگاه مناسب برای یک گیاه خاص، فقط بر اساس خصوصیات خاک مانند pH، بافت یا حاصلخیزی ارزیابی نمی‌شود، بلکه عوامل اقلیمی به‌ویژه مقادیر بارش در طول فصل رویش و عوامل سرزمینی معیارهای دیگری هستند که باید مورد توجه قرار گیرند. عواملی مانند بارندگی، آبیاری و شوری خاک نیز باید مورد توجه قرار گیرند. دانستن اطلاعات هواشناسی و داده‌های مربوط به بارش

(اعم از باران و برف) یک عامل مهم محسوب می‌شود. مناطق با بارندگی کمتر از ۳۷۵ میلی‌متر در فصل رشد برای زراعت چوب صنوبر در مقیاس وسیع مناسب نیستند، مگر آنکه رطوبت مورد نیاز از طریق آبیاری یا سفره‌های آب زیرزمینی در دسترس گیاه قرار گیرد. مناطق با بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در طول فصل رشد یا ۴۰۰ میلی‌متر سالیانه یا کسری رطوبت بیش از ۴۰۰ میلی‌متر به‌طور معنی‌داری برای کشت درختان صنوبر مناسب نیستند، مگر آنکه آبیاری یا سطح سفره آب زیرزمینی کمبود رطوبت را جبران نماید. در مورد شوری خاک نیز معمولاً هدایت الکتریکی بیش از ۲ دسی زیمنس در متر، محدودیت‌هایی برای رشد صنوبرها ایجاد می‌نماید و مقادیر بیش از ۴ به‌طور معنی‌داری از رشد صنوبرها می‌کاهد. نتیجه یک تحقیق نشان داده است که برای برخی از کلن‌های صنوبر به‌ازاء افزایش هر واحد در EC بین ۷/۹ درصد تا ۱۰/۴ درصد از رشد ارتفاعی درختان صنوبر کاسته شده است (Van Oosten, 2006).

موقعیت مکانی

برای انتخاب زمین برای صنوبرکاری علاوه بر مسائل ذکرشده باید به فاصله زمین از جاده، فاصله زمین از منابع آب برای آبیاری، سنگلاخی نبودن زمین، عدم عبور خطوط انتقال آب، برق، نفت و گاز در زمین، شکل و ابعاد آن، تاریخچه استفاده در گذشته، مشکل جانوران اهلی و وحشی، ناهنجاری‌های آب و هوایی، شیب و درصد آن نیز توجه شود. در شرایطی که طول شیب کمتر از ۵۰ متر باشد، می‌توان در شیب بالاتر از ۱۰ درصد نیز کاشت صنوبر را انجام داد. اما اگر طول شیب بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر باشد، کاشت درخت حتی در شیب‌های ملایم‌تر مانند ۶ تا ۱۰ درصد نیز محدودیت‌های جدی در کاشت و مدیریت مزرعه ایجاد می‌نماید. البته برای طول شیب بیش از ۱۰۰ متر، درصد قابل قبول برای تخصیص زمین به صنوبرکاری، شیب کمتر از ۵ درصد است.

ملاحظات ضروری برای انتخاب کلن در صنوبرکاری

به‌طور نسبی اغلب صنوبرکاری‌ها به‌صورت تک کلنی کاشته می‌شوند که البته چندین دلیل برای این نوع کشت وجود دارد. مدیریت آسان یک مجموعه تک کلنی همچنین انتخاب قلمه‌ها از یک درخت واحد توسط زارعان به‌طور سنتی ازجمله آن دلایل هستند، اما مزایا و معایب متعددی برای روش تک کلنی وجود دارد. در روش تک کلنی که مبتنی بر انتخاب قلمه‌های فراوان از یک درخت است، سطح تنوع ژنتیکی به‌شدت پایین می‌آید، در نتیجه آن احتمال حساسیت به آفات و بیماری‌ها،

بادافتادگی، ضعف فیزیولوژیک گسترده و بروز سایر صدمات توسط عوامل زنده مانند آفات و بیماری‌ها و غیر زنده مانند باد و طوفان افزایش خواهد یافت. در عین حال از مزایای روش تک‌کلنی می‌توان به مدیریت ساده‌تر و یکنواخت‌تر به‌دلیل مواجهه با یک کلن با سرشت یکنواخت، تولید انبوه محصول همزمان و سهولت در مدیریت زمان بهره‌برداری اشاره کرد.

تفاوت‌های عمده بین کلن‌ها تنها در مزرعه آزمایشی، جایی که نهال‌های متعلق به کلن‌های مختلف در قالب طرح‌های آزمایشی تکراردار کاشته می‌شوند، قابل ارزیابی هستند. در غیر این صورت مشاهده تفاوت‌ها نمی‌تواند چندان پشتوانه علمی داشته باشد. به‌طور مشخص کلن خاصی که در همه مناطق از بالاترین رشد برخوردار باشد، تاکنون گزارش نشده است. بنابراین انتخاب یک کلن مناسب باید مبتنی بر اطلاعات محلی یا آزمایشی در منطقه باشد. حتی یک کلن بسیار خوب اگر به‌خوبی مدیریت نشود، نمی‌تواند از رویش مناسبی برخوردار باشد. اما بعضی از کلن‌ها مانند

P. deltoides 69/55

P. deltoides 77/51

P. euramericana I. 214

P. euramericana 488

P. euramericana 561/41

P. euramericana triplo

P.euramericana 45/51

در مناطق مختلف شمال کشور سازگاری بیشتری نشان دادند و متداول‌تر بودند. اما به دلیل عدم توجه نهالستان‌ها به تفکیک این کلن‌ها، امروزه امکان تشخیص نوع کلن استفاده شده در صنوبرکاری‌های مردمی وجود ندارد. در واقع یک به هم ریختگی و آشفتگی در توزیع کلن‌ها به دلیل فعالیت نهالستان‌های متفرقه در کشور اتفاق افتاده است. در مجموع بر اساس مطالعات مختلف مراکز تحقیقاتی سه استان شمالی (لشکربلوکی، ۱۳۹۰؛ همتی و مدیررحمتی، ۱۳۷۸؛ ضیایی ضیابری و همکاران، ۱۳۶۹؛ قرآنی، ۱۳۶۷؛ لطفیان، ۱۳۶۴؛ غلامی، ۱۳۹۰)، مناسب‌ترین کلن‌ها در سه استان شمالی شامل:

استان گیلان

در نواحی جلگه‌ای کلن‌های *P. deltoides* 73/51، *P. deltoides* 77/51 و *P. deltoides* 69/55 در نواحی میان‌بند کلن‌های *P. euramericana* robusta، *P. euramericana* triplo و *P. euramericana* 45/51

استان مازندران

در مناطق جلگه‌ای غربی استان کلن‌های *P. deltoides* 72/51، *P. deltoides* 73/51 و *P. deltoides* 69/55 و در مناطق جلگه‌ای شرقی استان کلن‌های *P. euramericana* robusta، *P. euramericana* 488، *P. euramericana* triplo و *P. euramericana* 92/40 در میان‌بند مازندران کلن‌های *P. euramericana* 488، *P. euramericana* costanzo، *P. euramericana* 214 و *P. euramericana* 561/41

استان گلستان

در مناطق جلگه‌ای و میان‌بند استان گلستان *P. euramericana* costanzo، *P. euramericana* triplo و *P. euramericana* vernirubensis به‌عنوان گونه‌ها و کلن‌های مناسب هستند.

برای ارتفاعات هر سه استان به دلیل فقدان نتایج طرح‌های تحقیقاتی گسترده، ترجیحاً از پایه‌های تبریزی (*P. nigra*) همان مناطق می‌توان استفاده کرد. با توجه به ادامه‌دار بودن معرفی کلن‌های مناسب و جدید در مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های کشور، شایسته است برای انتخاب کلن‌های مناسب با کارشناسان این مراکز تحقیقاتی مشورت شود. در حال حاضر بخش تحقیقات صنوبر و درختان تند رشد مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و برخی از ایستگاه‌های تحقیقاتی وابسته مانند ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان و ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته گیلان، تنها مراجع تولید نهال‌های شناسنامه‌دار کشور هستند و ضرورت دارد بخش اجرا برای توسعه زراعت چوب از این ایستگاه‌ها راهنمایی بگیرد. اغلب مردم تصور می‌کنند تنها سه یا چهار نوع اصلی صنوبر وجود دارد که می‌توانند در مناطق مختلف بکارند. اما بیش از ۱۰۰ کلن صنوبر در کشور وجود دارد که برای هر منطقه می‌توان تنها از تعداد معدودی از آنها استفاده کرد.

شکل ۲ تنوع گونه‌ای و کلنی صنوبرها را بر اساس شکل برگ آنها نشان می‌دهد.

شکل ۲– تنوع در برگ گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر (عکس از رفعت ا... قاسمی)

با وجود تعداد زیادی از کلن‌های مورد مطالعه در طرح‌های تحقیقاتی، مطالعات مختلف (اسدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Alimohammadi *et al.*, 2012) نشان داده است که در عرصه‌های صنوبرکاری مردمی به دلیل تکثیر غیرجنسی (توسط قلمه) تنها از کلن یا کلن‌های محدودی استفاده شده است. این امر منجر به آسیب‌پذیری صنوبرهای بومی شده است.

ملاحظات ضروری برای عملیات کاشت در صنوبرکاری

ابتدایی‌ترین موضوع در مرحله کاشت، تهیه نهال‌های استاندارد است. هزینه‌های تولید نهال و دوری و نزدیکی به مراکز مصرف در تعیین قیمت نهال تأثیرگذار است. از سوی دیگر نوع گونه و درجه سختی در تکثیر آن به همراه رعایت ضوابط استاندارد نهال که از سوی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال منتشر شده است و شناسنامه‌دار بودن نهال در تعیین قیمت باید مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس اگر برای برخی از گونه‌ها یا کلن‌های سخت ریشه‌زا قیمت‌های بیشتری مطرح شود، نباید چندان دور از انتظار باشد. بر اساس استانداردهای مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، نهال‌های کوچک‌تر از ۱/۵ متر و بلندتر از ۲/۵ متر گونه تبریزی نمی‌توانند نهال‌های درجه یک محسوب شوند.

برای گونه‌های سخت ریشه‌زا مانند سفید پلت به‌دلیل فقدان منابع رویشی کافی، نهال‌های تولید شده می‌توانند گران‌تر باشند. همچنین نهال‌های تولید شده از ریشه‌چه هم گران‌تر هستند. در مناطق سردتر به‌دلیل نیاز به عملیات حفاظت نهال در زمستان در مقابل خطر یخزدگی، نهال‌ها گران‌ترند. جدول ۱ مشخصات کمی و کیفی نهال‌های استاندارد دو گونه صنوبر را که توسط مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال و با مشارکت نگارنده در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در سال ۱۳۸۷ تهیه شده نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات کمی و کیفی نهال‌های استاندارد دو گونه صنوبر (بی‌نام، ۱۳۸۷)

نام	نام علمی	مشخصات کمی					مشخصات کیفی				
		سن انتقال نهال**	ارتفاع نهال (سانتیمتر)		قطریقه (میلیمتر)	حداقل حجم ریشه (سانتیمترمکعب)	ساقه	جوانه انتهایی	سایر	عاری از	
			درجه ۱	درجه ۲						آفات	بیماری
تبریزی	*P. nigra*	۱/۱ یا ۲/۱	۱۵۰-۲۵۰	۱۲۰-۱۵۰ و ≥۲۵۰	≥۱۰	۲۰×۲۰×۲۵	تک تنه	سالم و شاداب	تاج متقارن	چوبخوار، برگخوار، شته مومی، سنک و ...	
صنوبر	*P. deltoides*	۱/۱ یا ۱/۲	۲۰۰-۳۵۰	۱۵۰-۲۰۰ یا ۳۵۰-۴۵۰	≥۱۰	۲۰×۲۰×۲۵	تک تنه	سالم و شاداب	تاج متقارن		

*: حجم ریشه نهال بر حسب اندازه گلدان مورد نیاز برای تولید گلدانی برآورد شده است.

**: منظور از ۱/۱ نهالی با ریشه و ساقه یکساله و ۱/۲ نهالی با ریشه ۲ ساله و ساقه یکساله است.

مطابق جدول بالا برای گونه *P. nigra* نهال‌های با ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متر درجه یک، ارتفاع بین ۱/۲ تا ۱/۵ متر و نهال‌های بلندتر از ۲/۵ متر درجه دو محسوب می‌شوند. برای گونه *P. deltoides* نهال‌های با ارتفاع ۲ تا ۳/۵ متر درجه یک، ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متر و نهال‌های بلندتر از ۳/۵ متر درجه دو محسوب می‌شوند. قطر یقه همه نهال‌ها باید از یک سانتی‌متر بیشتر باشد. نهال‌ها باید با حجم ریشه کافی، ساقه واحد، جوانه انتهایی شاداب، تاج متقارن و البته عاری از آفات و بیماری باشند.

تعداد در هکتار یا فاصله کاشت

پس از تهیه نهال‌های استاندارد، تعیین تعداد در هکتار یا فاصله کاشت مناسب اهمیت دارد. تراکم به‌معنی فاصله پایه‌ها در ردیف و بین ردیف‌هاست و نحوه استقرار نیز بیانگر وضعیت قرارگیری ردیف‌ها و جهت آنهاست.

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، در فاصله کاشت ۱/۵ ×۱/۵ مترمربع تعداد در هکتار ۴۴۴۴ اصله نهال خواهد بود. برای فاصله کاشت ۳/۳ متر در ۴ متر تراکم یا تعداد ۷۵۸ اصله نهال است. بسیاری از صنوبرکاران فاقد ایده‌ای کارآمد برای انتخاب مناسب‌ترین تراکم هستند. اغلب مشاهده می‌شود که تراکم انتخاب شده بدون در نظر گرفتن مسائل فنی و بازار چوب بوده است. البته در زمینه بازار چوب برخی مؤلفه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. ازجمله آنها قطر درخت در محل برابر سینه (۱/۳ متری) است. مؤلفه دیگر نسبت قطر به ارتفاع (d/h) است. به‌عنوان مثال در درختی با قطر برابر سینه ۱۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ متر، این نسبت برابر ۱/۰۶ خواهد شد که برای یک درخت غالب بسیار خوب است. این عدد برای تراکم ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درخت در هر هکتار بسیار مناسب به نظر می‌رسد. جدول ۲ تعداد در هکتار را برای فاصله کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به این جدول در فاصله کاشت ۱×۱ متر تعداد ۱۰۰۰۰ اصله نهال در هکتار خواهیم داشت. برای فاصله کاشت ۲×۲ متر این تعداد به ۲۵۰۰ اصله در هکتار کاهش می‌یابد. وقتی فاصله کاشت ۵×۵ متر باشد تعداد نهال در هکتار به ۴۰۰ اصله تنزل خواهد یافت. انتخاب فاصله کاشت مناسب علاوه بر نگاه ویژه به محصول چوبی آینده، در کاهش هزینه‌های کاشت و داشت نیز کمک شایانی خواهد کرد.

جدول ۳ نسبت قطر به ارتفاع را برای حالت‌های مختلف نشان می‌دهد. بنابراین باید توجه داشت درختی که نسبت قطر به ارتفاع آن بالاتر از ۱/۳ باشد، نشان می‌دهد که تراکم در آن توده بسیار کم است. اگر این مقدار از ۰/۷ کمتر باشد نشان‌دهنده متراکم بودن توده است (Van Oosten, 2011). به‌عنوان مثال در مورد درختی با ارتفاع ۱۴ متر، قطر درخت نباید کمتر از ۱۲ سانتی‌متر باشد. این امر مستلزم انتخاب فاصله کاشت یا تراکم مناسب است. به‌طوری‌که بهترین حالت آن است که مقدار قطر از نظر عددی برابر ارتفاع باشد. برای نمونه درختی با ارتفاع ۱۰ متر، قطری برابر ۱۰ سانتی‌متر داشته باشد یا درختی با ارتفاع ۱۸ متر دارای قطر ۱۸ سانتی‌متر باشد. در این حالت نسبت d/h برابر یک

است.

شکل ۳ وضعیت نامناسب درختان از نظر تراکم در یکی از توده‌های صنوبرکاری را نشان می‌دهد که منجر به کاهش رویش قطری درختان شده است.

شکل ۳- وضعیت نامناسب درختان از نظر تراکم و میزان علف‌های هرز در یکی از توده‌های صنوبرکاری ۹ ساله

شکل ۴ نیز وضعیت فاصله کاشت مناسب درختان صنوبر در یک توده را نشان می‌دهد.

شکل ۴– فاصله کاشت مناسب ۴×۴ متر درختان در یک توده صنوبرکاری ۹ ساله

جدول ۲- تعداد درخت در هکتار برای فاصله کاشت‌های مختلف (تبدیل فاصله کاشت به تراکم)

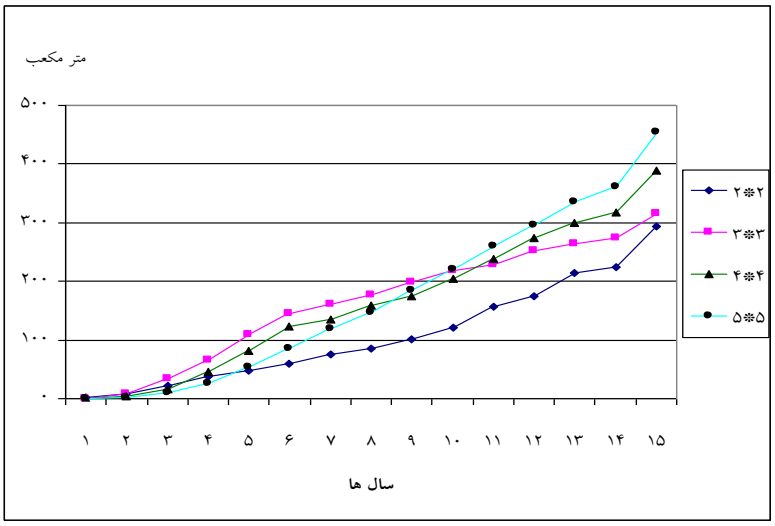
فاصله کاشت (متر)	۱	۱/۲	۱/۵	۱/۸	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶
۱	۱۰۰۰۰											
۱/۲	۸۳۳۳	۶۹۴۵										
۱/۵	۶۶۶۶	۵۵۵۵	۴۴۴۴									
۱/۸	۵۵۵۵	۴۶۲۹	۳۷۰۳	۳۰۸۶								
۲	۵۰۰۰	۴۱۶۶	۳۳۳۳	۲۷۷۷	۲۵۰۰							
۲/۵	۴۰۰۰	۳۳۳۳	۲۶۶۶	۲۲۲۲	۲۰۰۰	۱۶۰۰						
۳	۳۳۳۳	۲۷۷۷	۲۲۲۲	۱۸۵۱	۱۶۶۶	۱۳۳۳	۱۱۱۱					
۳/۵	۲۸۵۷	۲۳۸۰	۱۹۰۴	۱۵۸۷	۱۴۲۸	۱۱۴۲	۹۵۲	۸۱۶				
۴	۲۵۰۰	۲۰۸۳	۱۶۶۶	۱۳۸۸	۱۲۵۰	۱۰۰۰	۸۳۳	۷۱۴	۶۲۵			
۴/۵	۲۲۲۲	۱۸۵۱	۱۴۸۱	۱۲۳۴	۱۱۱۱	۸۸۸	۷۴۰	۶۳۴	۵۵۵	۴۹۳		
۵	۲۰۰۰	۱۶۶۶	۱۳۳۳	۱۱۱۱	۱۰۰۰	۸۰۰	۶۶۶	۵۷۱	۵۰۰	۴۴۴	۴۰۰	
۶	۱۶۶۷	۱۳۸۹	۱۱۱۱	۹۲۶	۸۳۴	۶۶۶	۵۵۵	۴۷۶	۴۱۷	۳۷۰	۳۳۳	۲۷۸

جدول ۳– نسبت قطر به ارتفاع (d/h) برای تعیین شدت تراکم

قطر در ارتفاع برابر سینه (۱/۳ متری) به سانتی‌متر										
ارتفاع (متر)	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸
۸	۱/۲۵									
۹	۱/۱۱	۱/۳۳								
۱۰	۱	۱/۲۰	۱/۴							
۱۱	۰/۹۱	۱/۰۹	۱/۲۷							
۱۲	۰/۸۳	۱	۱/۱۷	۱/۳۳						
۱۳	۰/۷۷	۰/۹۲	۱/۰۸	۱/۲۳	۱/۳۸					
۱۴	۰/۷۱	۰/۸۶	۱	۱/۱۴	۱/۲۹					
۱۵		۰/۸۰	۰/۹۳	۱/۰۷	۱/۲۰	۱/۳۳				
۱۶		۰/۷۵	۰/۸۸	۱	۱/۱۳	۱/۲۵	۱/۳۸			
۱۷		۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۹۴	۱/۰۶	۱/۱۸	۱/۲۹			
۱۸			۰/۷۸	۰/۸۹	۱	۱/۱۱	۱/۲۲	۱/۳۳		
۱۹			۰/۷۴	۰/۸۴	۰/۹۵	۱/۰۵	۱/۱۶	۱/۲۶	۱/۳۷	
۲۰			۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۱	۱/۱۰	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۴۰
۲۱			۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۸۶	۰/۹۵	۱/۰۵	۱/۱۴	۱/۲۴	۱/۳۳
۲۲				۰/۷۳	۰/۸۲	۰/۹۱	۱	۱/۰۹	۱/۱۸	۱/۲۷
۲۳				۰/۷۰	۰/۷۸	۰/۸۷	۰/۹۶	۱/۰۴	۱/۱۳	۱/۲۲
۲۴				۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۹۲	۱	۱/۰۸	۱/۱۷
۲۵					۰/۷۲	۰/۸	۰/۸۸	۰/۹۶	۱/۰۴	۱/۱۲

برای موفقیت اقتصادی، کشاورزان باید نسبت به مکان‌های مصرف چوب، حجم و ابعاد چوب مورد نیاز آنها اطلاعات کافی داشته باشند. به‌عنوان مثال اگر در منطقه‌ای واحدهای صنعتی مصرف کننده چوب‌های کم قطر مانند تخته‌خرده چوب مستقر هستند، بهتر است از تراکم بالا استفاده شود. به‌هرحال انتخاب یک تراکم کاشت و تولید چوب‌های با قطر مشخص می‌تواند همراه با خطر باشد. در مواردی حتی بهتر است از تراکم‌های مختلف استفاده شود. هرچند این امر در بسیاری از موارد به‌دلیل کوچک بودن سطح اراضی زارعان امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر نیاز زارع به درآمد در دوره‌های

زمانی کوتاه‌مدت نیز نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. در واقع این هنر زارع است که با تکیه بر اطلاعات مختلف نسبت به انتخاب تراکم داوری نماید. بر اساس نتایج بدست‌آمده از کاشت صنوبرهای دلتوئیدس در تراکم‌های مختلف در طرح‌های تحقیقاتی متعدد، شکل ۵ به‌دست آمد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود در سال‌های اولیه فواصل کاشت کم مانند ۳×۳ متر و ۲×۲ متر از وضعیت موجودی چوب بهتری برخوردارند. اما این مقادیر بالای چوب اغلب دارای ابعاد کوچکی هستند. ازاین‌رو این فواصل کاشت برای دستیابی به چوب‌های کم قطر برای استفاده در صنایع مصرف کننده چوب‌های نازک می‌توانند مفید باشند. البته این‌چنین فواصل کاشتی می‌توانند در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت به‌منظور تولید بیوماس و بیوانرژی به سمت فواصل کاشت کمتر نیز هدایت شوند. انتخاب تراکم مناسب این سیستم‌های بهره‌برداری خود مبحث جداگانه‌ای است که مبتنی بر سرشت گونه یا کلن و خصوصیات رویشگاه و عملیات پرورشی است (Christersson, 2008). مطابق شکل ۵ هر چه که به سن درختان افزوده می‌شود، فواصل کاشت بالاتر از موجودی بیشتری برخوردار می‌شوند. برای نمونه تا سال دهم فاصله کاشت ۳×۳ متر در مقام اول قرار دارد ولی از سال دهم تا سال پانزدهم به رتبه سوم تنزل می‌یابد. در واقع از سال یازدهم به بعد موجودی چوب به همان ترتیب افزایش فاصله کاشت، افزایش می‌یابد. البته فاصله کاشت ۲ x۲ متر به‌ویژه در کلن‌های تاج باز فقط تا سال چهارم توجیه اقتصادی دارد. این وضعیت با مختصری تغییر برای گونه‌های مختلف صنوبر و در رویشگاه‌های مختلف نیز اتفاق افتاده است.



شکل ۵- میزان چوب تولیدی در سال‌ها و فواصل کاشت مختلف

مطالعه اسدی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که در ۵۷ درصد توده‌های صنوبرکاری استان مازندران

فاصله کاشت درختان کمتر از ۲/۵×۲ متر بوده است. آنان این وضعیت را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نواقص فنی صنوبرکاری‌های استان معرفی کردند.

بادشکن‌ها

در اغلب صنوبرکاری‌ها مشاهده می شود که درختان حاشیه از رویش بیشتری برخوردار هستند. این موضوع توجه بیشتر به نقش بادشکن‌ها را ضروری می‌سازد. به‌طور سنتی کشاورزان از دیرباز به دلایل مختلف در حاشیه اراضی زراعی، باغی، منازل و حتی مراتع خود نسبت به کاشت یک تا چند ردیف از درختان اقدام می‌کردند. تعیین مرز با اراضی مجاور، برخورداری از سایه درختان، بهره‌مندی از چوب تولید شده و محافظت محصولات در مقابل بادهای منطقه، ازجمله دلایل احداث بادشکن‌ها هستند. البته تراکم طولی و عرضی در بادشکن بر اساس هدف از احداث آن می‌تواند متفاوت باشد. به‌طور ویژه درختان تاج‌بسته مانند تبریزی‌ها از اقبال بیشتری برای کاشت به‌عنوان بادشکن برخوردارند. شناختن مسیر بادهای غالب برای احداث بادشکن ضروریست. برای این کار بادشکن حتما باید عمود بر مسیر بادهای غالب احداث شود. از آنجا که اغلب بادهای کشور در مسیر غرب به شرق می‌وزد، احداث بادشکن در جهت شمالی – جنوبی ارجحیت دارد. حجم چوب تولیدی در بادشکن‌ها به دلایل مختلف قابل ملاحظه خواهد بود. از یکسو به‌دلیل کاهش رقابت با درختان مجاور و از سوی دیگر برخورداری از هرزآب‌های حاصل از آبیاری مزارع بر عملکرد این درختان خواهد افزود (اسدی، ۱۳۹۸).

بادشکن‌ها (Windbreak) باید دارای چند ردیف درخت و درختچه باشند تا در مقابل باد، حرارت، برف یا بهمن و سروصدا از مزارع، ساختمان‌ها، دام‌ها و منازل روستائیان حفاظت کنند. امروزه نقش بادشکن‌ها در حفاظت از حیات وحش، کنترل فرسایش و به‌عنوان چپر زنده برای مقابله با شروع بهمن[1] و محافظت از جاده‌ها در برابر هرزآب‌ها نیز مطرح هستند. یک بادشکن مسافتی حدود ۱۰ برابر ارتفاع خود را محافظت می‌کند. بادشکن‌های با هدف چندگانه حفاظتی[2] حداقل باید ۳ ردیف درخت داشته باشند. یک ردیف از درختان درست مقابل باد غالب (Windward)، یک ردیف دیگر از درختان یا بیشتر در قسمت میانی و یک ردیف دیگر از درختان در قسمت داخلی عرصه (Leeward) لازم است تا نقش حفاظتی بادشکن اعمال شود. در صورتی که تعداد ردیف‌ها بیشتر باشد فاصله ۳ متری درختان از هم در درون ردیف‌ها و فاصله ۲ تا ۴ متری بین ردیف‌ها مناسب است. ردیف میانی در بادشکن‌های

1. Snow fence
1. Shelterbelts

حفاظتی می‌تواند از سوزنی‌برگان انتخاب شود. این سوزنی‌برگان به‌دلیل رشد کمتر از صنوبرها، با مقاومت بیشتر در مقابل باد می‌توانند نقش خوبی در بادشکن‌های سه ردیفه ایفا نمایند. البته بر اساس نوع اقلیم می‌توان از گونه‌های درختی با تاج متراکم با رشد ارتفاعی سالانه کمتر از نیم متر استفاده کرد. اما در بادشکن‌های با هدف تولید چوب[1] به‌دلیل تعداد ردیف‌های بیشتر نیازی به حضور درختان کندرشد میانی نیست و بهتر است از همان درختان تند رشد صنوبر استفاده گردد. در این حالت ۴ تا ۸ ردیف از درختان علاوه بر تولید چوب، برای حفاظت از عرصه در مقابل باد نقش ارزنده‌ای ایفا می‌کنند. کشت درخت به‌صورت نواری در اطراف دامداری‌ها، مرغداری‌ها و کارخانه‌ها علاوه بر سایر جنبه‌های مثبت می‌تواند در جذب گرد و خاک، بو و سایر آلودگی‌های منتشر شده نقش مؤثری داشته باشد. درختان پهن‌برگ در جذب بو و آلودگی‌ها (در فصل رویش) و سوزنی‌برگان در جذب گرد وخاک (در تمام سال) تأثیر بیشتری دارند. البته طراحی مناسب و ترکیب مناسب گونه‌ها در حصول موفقیت اهمیت فراوانی دارد. برای اهداف اخیر استفاده از سوزنی‌برگان در ردیف میانی انتخاب مناسبی است. یک مدل از بادشکن در حاشیه بسیاری از رودخانه‌های کشور دیده می‌شود. این درختان در کنترل فرسایش خاک و پایداری حاشیه رودخانه، حفظ کیفیت آب و حتی بهبود آن، کاهش خطرهای سیل، محافظت از زیستگاه آبزیان، افزایش تولید چوب و سایر محصولات و نیز تفرج نقش ارزنده‌ای دارند. بر اساس گزارش کمیسیون بین‌المللی صنوبر بیش از ۲۵ درصد تولیدات چوبی صنوبرها در جهان از طریق احداث بادشکن حاصل می‌شود. در نگاه اول شاید نتوان انتظار تولید چوب فراوان از بادشکن‌ها داشت. اما به دلایل مختلف احداث بادشکن می‌تواند نسبت به کشت توده‌ای صنوبرها در بسیاری از موارد مزیت‌های بیشتری داشته باشد. ازجمله این دلایل می‌توان به نکات زیر اشاره کرد.

اختصاص کل یک زمین زراعی به کشت صنوبر، کشاورز را از بهره‌برداری و درآمد سالانه از زمین محروم می‌کند. در حالی‌که با احداث بادشکن، زارع می‌تواند در زمین اصلی همه ساله کاربری زراعی را اعمال نماید.

در احداث بادشکن به عملیات سنگین آماده‌سازی زمین مانند شخم و دیسک مجزا نیازی نیست. حداقل در دو جهت یک زمین زراعی امکان احداث بادشکن بدون ایجاد مزاحمت وجود دارد.

دسترسی به آب و نور کافی برای درختان بادشکن بیشتر است.

---

2. Timberbelt

در مناطق بادخیز، احداث بادشکن موجب افزایش محصولات زراعی می‌شود.
میزان رشد درخت در بادشکن بیشتر از درختان داخل توده است.

برای یک زمین یک هکتاری، با فرض امکان کاشت درخت در دو ضلع زمین، حداقل ۲۰۰ درخت می‌توان کاشت. این تعداد درخت در یک فاصله کاشت ۳×۴ متر برابر ۰/۲۵ هکتار زمین است. بنابراین بدون اینکه یک زارع مزیت تولید کشاورزی را از دست دهد، می‌تواند برابر ۰/۲۵ هکتار از حاشیه زمین خود را (حتی بدون کاهش محصول زراعی) به صنوبر و تولید چوب اختصاص دهد (اسدی، ۱۳۹۸).

ملاحظات ضروری برای عملیات داشت در صنوبرکاری

رعایت همه نکات فنی در مرحله کاشت نهال، اگر با رعایت اصول پرورش نهال‌ها (عملیات داشت مناسب) ادامه نیابد، صنوبرکاری ممکن است به موفقیت نرسد. عملیات داشت در صنوبرکاری‌ها شامل کوددهی مبتنی بر آزمایش خاک، آبیاری، هرس، وجین و مبارزه با آفات و بیماری‌هاست. علاوه بر این موارد، حفاظت از درختان در مقابل جانوران اهلی و وحشی نیز در مرحله داشت ضرورت دارد.

کوددهی

آزمایش خاک عرصه قبل از شروع صنوبرکاری یک ضرورت است تا کمبودهای احتمالی در خاک و مقادیر عناصر غذایی لازم برای آن عرصه مشخص شود. شایسته است نتیجه آزمایش خاک توسط یک خاک‌شناس مورد مطالعه قرار گیرد، سپس دستورالعمل کوددهی تنظیم گردد. کود دادن در صنوبرکاری‌هایی که آبیاری نمی‌شوند، چندان ضرورتی ندارد (Zalesny et al., 2009). در خاک‌های خوب نیاز به کود به حداقل می‌رسد. در خاک‌های با کیفیت پایین‌تر، کوددهی با ازت (نیتروژن) نتایج خوبی درپی دارد. در یک تحقیق اثر افزودن کود ازت به خاک در ۵ رویشگاه مختلف صنوبر در ایالت مینسوتا ۴۳ تا ۸۲ درصد بر تولید بیوماس اثر مثبت داشته است (Coleman et al., 2006). عناصر غذایی دیگر مانند فسفر و پتاسیم نیز در خاک‌های ضعیف کم هستند. در برخی از کلن‌ها که سازگاری بالایی با شرایط رویشگاهی منطقه ندارند، کوددهی هم چندان تأثیری نخواهد داشت. به‌طوری‌که عمل کوددهی برای اصلاح نواقص و محدودیت‌های عناصر غذایی موجود در خاک است تا در نهایت منجر به بهبود عملکرد درخت شود.

کمبود عناصر غذایی اغلب بدون اینکه اثرهای ظاهری مشخصی داشته باشد، منجر به کاهش تولید می‌شود. وضعیت ظاهری یک درخت صنوبر ممکن است نرمال به نظر برسد، اما قادر به رشد و تولید در

حد توان خود نیست. این وضعیت شاید با افزودن ازت هم قابل تغییر نباشد، یعنی تغییری در رویش ایجاد نکند. عدم افزایش رویش حتی با وجود افزودن ازت می‌تواند نتیجه کمبود بحرانی سایر عناصر غذایی باشد. به‌هرحال وجود تعادل بین عناصر غذایی مختلف بسیار مهم است؛ از این وضعیت به گرسنگی نهفته[1] تعبیر می‌شود. تنها راه برای تعیین وضعیت عناصر غذایی درخت، تجزیه برگ است. همانند کشاورزی سنتی هنوز روش تشخیصی مناسبی برای مشخص کردن حاصلخیزی خاک به‌منظور مدیریت عناصر غذایی وجود ندارد. برای دستیابی به این روش‌ها و تعیین مقادیر واقعی حاصلخیزی، انجام مطالعات عمیقی مورد نیاز است. یک عامل پیچیده در این موضوع، وجود تفاوت‌ها میان کلن‌های صنوبر در پاسخ آنها به کودهاست که مانع دستیابی به یک دستورالعمل واحد می‌شود. گاهی اوقات اگر کمبود عناصر غذایی به حدی زیاد باشد که در شکل ظاهری گیاه قابل تشخیص باشد، می‌تواند موجب مرگ درخت گردد. اما زمانی که شناسایی کمبود عناصر غذایی مشکل است، تجزیه برگ ضرورت دارد تا پس از آن توصیه‌های لازم ارائه گردد. سپس امکان اصلاح نواقص ظاهری شروع می‌شود که با این کار یک جهش در میزان رشد صنوبرها به وقوع می‌پیوندد. اثر کود در مورد صنوبرها با اصلاح شرایط خاک، بیشتر از آنچه که در مورد گیاهان زراعی دیده می‌شود، نمود می‌یابد (Guillemette & DesRochers, 2008). با اصلاح نواقص خاک در سال‌های بعد، درختان صنوبر از آن بهره‌مند خواهند شد. بنابراین اگر قبل از وقوع نواقص قابل مشاهده بتوان نسبت به کوددهی مناسب اقدام نمود، نتایج ارزشمندتری حاصل خواهد شد. در این صورت هیچ کاهش محصولی اتفاق نخواهد افتاد. اما تشخیص نواقص مشکل است. این تشخیص به تجربه و دقت نظر زیادی بستگی دارد تا فرد قادر به شناسایی علت اصلی نواقص گردد. گاهی یک نقص ظاهری ناشی از یک بیماری، آفت و یا یک ماده شیمیایی است.

توصیه‌هایی برای کوددهی

برای عملیات کوددهی یک دستورالعمل واحد برای همه عرصه‌ها وجود ندارد. بلکه مبانی عمده که باید در کوددهی اراضی مورد توجه قرار گیرند، شامل موارد زیر است.

کوددهی با ازت به تنهایی، بدون افزایش فسفر و احتمالاً پتاسیم نتایج رضایت‌بخشی در افزایش

1. Hidden hunger

تولید ارائه نخواهد کرد. در عرصه‌های صنوبرکاری بزرگ‌تر از یک هکتار بهتر است قبل از کاشت نهال و هنگام آماده‌سازی زمین طی عملیات شخم و دیسک بر اساس نوع خاک مقدار ۱۱۰ تا ۱۴۵ کیلوگرم کود P2O5 و ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم K2O را در هر هکتار استفاده کرد (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱).

اگر غلظت عناصر غذایی برگ نزدیک به سطوح مندرج در جدول ۴ باشد، نیازی به کوددهی نیست. برای تعیین گرسنگی پنهان باید سن درختان به هنگام نمونه‌برداری بیش از ۳ سال باشد. بنابراین در سال‌های اولیه استفاده از آزمایش خاک ارجحیت دارد.

فسفر

وقتی که کود دادن به هنگام کاشتن نهال انجام شود، قرار دادن کود نزدیک منطقه ریشه درخت موفقیت‌آمیزتر و کارآمدتر از پیش‌بینی‌ها خواهد بود. به‌عنوان مثال در یک آزمایش، استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار برای یک توده با تراکم ۱۱۰۰ اصله درخت در هکتار (برای هر درخت ۹۰ گرم) اثرهای مثبتی را در رشد نشان داد (Zhao et al., 2010). در آزمایش‌های کشت عمیق در بریتیش کلمبیا، نسبت ۲۵ گرم برای هر درخت به‌طور موفقیت‌آمیزی منجر به افزایش رویش شد. نتایج مشابهی هم در ایالت کبک حاصل شد. از آنجا که کود فسفات بسیار غیر محلول است و عمدتاً در خاک غیر قابل حرکت است. بنابراین قرار دادن آن در نزدیکی ریشه درخت و دور از دسترس علف‌های هرز بسیار اهمیت دارد. استفاده از آمونیوم فسفات با رعایت کمترین صدمه به ریشه درختان بسیار موفقیت‌آمیز است. مقادیر کم ازت در محلول‌های مونوآمونیوم فسفات برای دو فصل اول رشد باعث تحریک رشد می‌شود. البته استفاده از ۲۳۰ تا ۳۴۰ کیلوگرم مونوآمونیوم فسفات در هکتار که بین ۵۰ تا ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار تأمین می‌نماید، توصیه می‌شود.

کود اوره (ازت)

افزودن ازت برای درختان ۳ تا ۵ ساله که در حال بستن تاج‌پوشش هستند، بسیار مفید است. آزمایش برگ (تجزیه برگ) در اواسط تیر تا اوایل مرداد سال دوم رویش می‌تواند برای تعیین کمبود عناصر غذایی خاک مفید باشد. البته اثر مقادیر اندک ازت موجود در مونوآمونیوم فسفات در زمان کاشت چندان قابل توجه نیست. اگر سطوح مقادیر عناصر غذایی نزدیک به مقادیر جدول ۴ باشد و کوددهی جداگانه مورد توجه قرار نگیرد، تجزیه برگ در سال‌های سوم و چهارم رشد لازم است تا

مقادیر مورد نیاز ازت را تعیین نماید. مقادیر توصیه شده ازت ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است. اوره یک کود خوب است که از ۳۲۵ تا ۴۳۰ کیلوگرم در هکتار مناسب‌تر است. زمان توصیه شده برای کوددهی ازت شروع سومین یا چهارمین فصل رشد است (Fortier et al., 2010). کود اوره که در آب و هوای گرم بیشتر فرار است، باید وارد خاک شود. بنابراین بهتر است به‌صورت نواری و بین ردیف‌های درختان به‌کار رود و با دیسک به زیر خاک منتقل شود. اگر بعد از کودپاشی یک باران خوب ببارد، نیازی به دیسک هم نخواهد بود. البته استفاده از کود حیوانی در نظام کشاورزی سنتی دارای مزایای زیادی ازجمله اصلاح خاک است که می‌توان در صنوبرکاری‌ها از آن حتی همراه با کود شیمیایی هم استفاده کرد.

جدول ۴- مقادیر حداقل درصد عناصر غذایی برگ در صنوبر

عنصر غذایی	درصد بحرانی عنصر (٪)	محدوده متوسط
	الگو *P. euramericana*	
ازت	۳	۲-۳/۴
فسفر	۰/۳۳	۰/۳-۰/۳۸
پتاسیم	۱/۵	
کلسیم	۰/۶۳	
منیزیم	۰/۱۵	
گوگرد	۰/۵	

Hansen, 1994

آبیاری

در مناطق نیمه‌خشک استرالیا (Pryor and Wlling, 1982) دوره‌های ۴ تا ۵ روزه را برای آبیاری صنوبرها در شرایطی که ریشه به آب‌های زیرزمینی دسترسی ندارد، مناسب دانسته و فواصل ۱۱ تا ۱۲ روزه را در این سرزمین گرم ناکافی معرفی کردند. باقری و همکاران (۱۳۸۹) برای تعیین نیاز آبی صنوبرها و بررسی وضعیت کمی و کیفی رویش ارقام مختلف صنوبر در رژیم‌های آبیاری مختلف و بررسی مناسبترین دوره‌های زمانی آبیاری، سه دوره زمانی آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ روز (با میزان آبیاری متداول و یکسان در هر دوره)، برای تعداد ۹ رقم از ارقام برگزیده و برتر در منطقه کرج، طرح را در قالب طرح اسپلیت پلات در سه تکرار اجرا کردند. نتایج آنان نشان داد در شرایط کرج رویش قطری،

ارتفاعی و حجمی صنوبرهای دو تیمار ۴ و ۸ روزه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته و هر دوی آنها با تیمار ۱۲ روزه تفاوت معنی‌داری داشتند. این در حالی است که در تیمار ۴ روزه سالانه ۷۵۰۰ مترمکعب آب بیشتری مصرف شده است. همه کلن‌ها در تیمار ۱۲ روزه با کاهش شدید تولید و ابعاد درختی مواجه شده و می‌توان گفت دوره آبیاری ۱۲ روزه به هیچ عنوان برای صنوبرکاری با هدف تولید چوب در منطقه کرج مناسب نیست. البته نه تنها دور آبیاری در استقرار، زنده‌مانی و عملکرد صنوبرها اهمیت ویژه‌ای دارد، بلکه شیوه آبیاری نیز در تأمین نیازهای آبی درخت و کاهش تنش خشکی دارای اهمیت زیادی است. چه‌بسا در یک دوره آبیاری مناسب، آب کافی در دسترس درخت قرار نگیرد و یا آنقدر آب در حالت ایستا به درخت تزریق گردد که برای آن مشکل هوادهی یا تهویه خاک بوجود آید. بر اساس بررسی‌های انجام شده شش روش آبیاری در صنوبرکاری‌های سنتی مشاهده می‌شود. این روش‌ها شامل آبیاری نهری، آبیاری با تانکر، آب لوله‌کشی، غلام‌گردشی و غرقابی هستند. البته در سال‌های اخیر روش آبیاری قطره‌ای نیز به‌طور نسبتاً مدرن و با شرایط خاص در برخی از صنوبرکاری‌ها استفاده می‌شود.

آبیاری نهری

در بسیاری از مناطق کشور، کشاورزان برای کاشت صنوبر ابتدا نهرهایی ایجاد می‌کردند و به‌دلیل کشت مستقیم قلمه در مسیر نهر، مبنای آبیاری‌های آینده نیز همان نهرها بودند. در این روش اغلب نهال‌ها در یک سوی نهر قرار می‌گیرند. از مزایای این روش آبیاری نسبتاً یکسان نهال‌هاست. اما در صورت وجود شیب در مسیر نهر و طولانی بودن آن امکان شسته شدن خاک بیشتر شده و علاوه بر آن به‌دلیل سرعت آب، مدت زمان کمتری آب در دسترس درخت قرار می‌گیرد. بنابراین در این روش تأکید می‌شود در صورت طولانی بودن مسیر نهر، هر چند متر یک مانع قرار گیرد تا از سرعت حرکت آب بکاهد. البته در برخی موارد که نهال‌کاری انجام و پس از آن نسبت به احداث نهر اقدام می‌شود، شایسته است آب از دو سوی نهال در دسترس گیاه قرار گیرد (شکل ۶). شکل ۷ هم آبیاری نهری نهال‌های صنوبر در درون نهر را در ایستگاه تحقیقات البرز کرج نشان می‌دهد.

شکل ۶- آبیاری درختان از دو سوی نهر در ایستگاه تحقیقات البرز کرج (عکس از رفعتا... قاسمی)

شکل ۷- آبیاری نهری نهال‌های صنوبر در درون نهر در ایستگاه تحقیقات البرز کرج (عکس از رفعتا... قاسمی) آبیاری غلام‌گردشی

در آبیاری غلام‌گردشی که یک نوع آبیاری نهری است، در مسیر ردیف درختان نهرهایی ایجاد می‌شود که با تبعیت از شیب مختصر زمین در انتهای هر ردیف نهر، آب به سمت ردیف مجاور هدایت می‌گردد و به این ترتیب تا انتهای توده یک نهر پیوسته دور زننده وجود دارد که آب از ابتدای توده تا انتهای توده با سرعت ملایم همه درختان را سیراب می‌کند. مزیت این روش آن است که نیاز به نیروی کارگری به حداقل می‌رسد. اما مصرف آب در آن بالاست (شکل ۸).

شکل ۸– آبیاری به روش غلام‌گردشی در یک توده تبریزی در ارتفاعات کرمانشاه

آبیاری قطره‌ای

از روش‌های نوین در آبیاری درختان می‌توان به آبیاری قطره‌ای اشاره نمود. این روش به‌طور معنی‌داری باعث کاهش فرسایش، نفوذ کمتر آب در خاک و آبشویی کمتر املاح می‌شود. همچنین در مناطق مستعد، آبیاری قطره‌ای مانع گسترش علف‌های هرز می‌شود، زیرا بی‌جهت آب در فضای بین درختان جاری نمی‌شود. آبیاری قطره‌ای دارای خصوصیاتی است که ازجمله آن، مرطوب شدن تنها محدوده درخت است. در این روش تبخیر از سطح خاک به حداقل می‌رسد. در اجرای این روش موارد زیر باید مورد توجه قرار بگیرد.

آب آبیاری باید مطلوب و عاری از املاح سنگین باشد. در صورت وجود املاح زیاد در آب امکان

بسته شدن قطره‌چکان‌ها وجود دارد که هزینه آبیاری را بالا می‌برد.

در کشت‌های متراکم (مانند دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت، بیوماس و بیوانرژی) آبیاری قطره‌ای قابلیت اجرا ندارد، چون نیازمند شبکه گسترده لوله‌کشی است.

برای مناطق خشک و نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب و حتی در شرایط گلخانه‌ای قابل اجراست. به‌طور کلی برای تمام مناطقی که بارندگی آنها کمتر از نیاز آبی درخت است می‌توان این روش را اجرا نمود.

در این روش، آب بر نقطه‌ای از سطح خاک از قطره‌چکان می‌چکد و به‌صورت عمودی و کمی به‌صورت جانبی نفوذ می‌نماید. البته هر چه خاک شنی‌تر باشد پهنای نفوذ آب کمتر و عمق نفوذ بیشتر است و هر چه خاک رسی‌تر باشد، پهنای نفوذ آب بیشتر و عمق آن کمتر است (شکل ۹).

در خاک‌های نیمه شور خطر تجمع نمک در محدوده ریشه وجود دارد.

به‌هرحال اجرای این روش بدون استفاده از نظرات کارشناسان خبره محلی جایز نیست.

از آنجا که اغلب اراضی تخصیص داده شده به زراعت چوب، رویشگاه‌هایی با کیفیت پایین‌تر از اراضی زراعی درجه اول هستند، اقدامات آبیاری و کوددهی برای جبران کمبود آب و عناصر غذایی خاک ضرورت دارد. در روش آبیاری قطره‌ای میزان مصرف آب در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری به مراتب کمتر است.

شکل ۹– آبیاری قطره‌ای در نهالستان ایستگاه تحقیقات البرز کرج (عکس از رفعت ا.. قاسمی)

آبیاری با آب لوله‌کشی

در مجاورت بسیاری از اراضی صنوبرکاری دسترسی به آب لوله‌کشی وجود دارد. با وجود اینکه آب لوله‌کشی به‌عنوان آب‌شرب دارای ارزش‌های اقتصادی بالایی است و استفاده از آن در کشاورزی پسندیده نیست، اما در شرایط خاص امکان آبیاری درختان با اتصال شیلنگ به آن میسر است. در این روش نیز صرفه‌جویی در میزان مصرف آب بالاست.

آبیاری با تانکر

در مواردی که دسترسی به منابع آب وجود نداشته باشد. استفاده از تانکر آب و حمل آن با تراکتور یا خودرو امکان‌پذیر است. در این روش نیز مانند آبیاری قطره‌ای در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود، اما هزینه آبیاری به دلیل لزوم استفاده از ماشین‌آلات نسبتاً بالاست (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- آبیاری با تانکر

آبیاری غرقابی

در این روش با استفاده از منابع آب جاری مانند رودخانه‌ها و نهرهای بزرگ حجم زیادی آب به یکباره وارد عرصه شده و به‌صورت مانداب به مدت یک تا چند روز باقی می‌ماند. در این روش هرچند آب کافی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، اما با هدررفت فراوان آب و کاهش هوادهی خاک و نیز سطحی شدن ریشه اثرهای بدی مانند کاهش رشد و احتمال ریشه‌کن شدن درختان را در اثر وزش باد و طوفان به‌دنبال دارد.

شکل ۱۱- آبیاری غرقابی در نهالستان کرج (عکس از رفعت ا.. قاسمی)

هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که بر اساس میزان دسترسی به آب، محدودیت آب، زمان آبیاری، نیاز آبی و غیره می‌توان مناسب‌ترین شیوه را انتخاب کرد.

ملاحظات ضروری برای عملیات برداشت در صنوبرکاری

سن بهره‌برداری

سن بهره‌برداری تابعی از متغیرهای قطر هدف، نیاز صنایع، نیاز مالی زارع (صنوبرکار)، فاصله کاشت، توان رویشگاه، نوع کلن و شرایط اقلیمی است. اگر هدف از زراعت چوب دستیابی به درآمد سریع است، بهترین سن بهره‌برداری با کمترین فواصل کاشت (کمتر از ۱×۱ متر) می‌تواند ۳ سالگی باشد. در چنین وضعیتی به‌دلیل تراکم بالا، تعداد در هکتار به بیش از ۱۰۰۰۰ نهال خواهد رسید که هزینه‌های کاشت و داشت را نیز افزایش خواهد داد. هرچند تعداد دوره بهره‌برداری در این فاصله کاشت دو تا سه مرتبه بیشتر از فواصل کاشت دیگر است، اما اگر قطرهای بالاتر که ارزش افزوده بیشتری دارند مد نظر باشد، به‌طور طبیعی بهترین سن بهره‌برداری می‌تواند بر اساس فواصل کاشت بیشتر به ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵ یا ۲۰ سال افزایش یابد. آنگاه به‌ترتیب فواصل کاشت ۲×۲، ۳×۳، ۴×۴، ۵×۵ و ۶×۶ متر قابل توصیه است. به همان ترتیب تعداد در هکتار به ۲۵۰۰، ۱۱۱۱، ۶۲۵، ۴۰۰ و ۲۷۸ درخت تقلیل خواهد یافت. به‌طور طبیعی مدیریت درخت کمتر آسان‌تر است. ضمن آنکه در سال‌های اولیه امکان استفاده از فضای بین ردیف‌ها برای اختصاص به محصولات زراعی – علوفه‌ای امکان‌پذیر است.

در بسیاری از توده‌های صنوبرکاری استان‌های شمالی و غربی کشور، گاهی مشاهده شده است که یک توده صنوبرکاری با فاصله کاشت ۳×۳ متر بیش از ۳۰ سال بدون هیچ بهره‌برداری در عرصه باقی مانده است. این کار از نظر علمی و اقتصادی اشتباه است، زیرا در حدود سن ۱۰ سالگی درختان در این فاصله کاشت به بیشترین مقادیر قطر و ارتفاع رسیده‌اند و نگهداری آنها بعد از ۱۰ سالگی توجیه اقتصادی نخواهد داشت. نوری و همکاران (۱۳۹۴) به‌منظور انتخاب و معرفی کلن‌های برتر صنوبر، ۱۰ کلن از گونه *P. nigra* که در خزانه سلکسیون برتری خود را نشان داده بودند، طی یک مرحله هشت ساله در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در فواصل کاشت ۳×۳ متر در ایستگاه تحقیقات مهرگان کرمانشاه مورد مطالعه قرار دادند. پس از اتمام مرحله اول رویش به مدت هشت سال و بهره‌برداری از درختان موجود و تولید جست‌های جدید از کنده‌های باقی‌مانده در سال اول، همه جست‌ها به‌جز بهترین و قوی‌ترین آنها حذف شدند. این جست باقی‌مانده در دوره دوم رویش از وضعیت بسیار بهتری برخوردار بود. کلن‌های مختلف در آن تحقیق بین ۳۰ تا ۴۶ مترمکعب در هکتار و در سال رویش را نشان دادند. در تحقیقی دیگر کرد و کرد (۱۳۸۷)، با هدف بررسی تعیین

مناسب‌ترین سن بهره‌برداری درختان صنوبر دلتوئیدس بر اساس خواص بنیادی چوب، تعداد ۳ اصله درخت سالم صنوبر در زمان‌های مختلف بهره‌برداری ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ سال را به‌طور تصادفی از جنگل آموزشی-پژوهشی (دکتر بهرام‌نیا) واقع در شصت‌کلاته گرگان قطع کردند. ویژگی‌های آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی هریک از درختان اندازه‌گیری و مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت و نتیجه گرفتند که مناسب‌ترین سن بهره‌برداری درختان صنوبر دلتوئیدس (کلن 77/51) در منطقه شصت‌کلاته استان گلستان، ۱۲ سالگی است.

محمدی لیمایی و همکاران (۱۳۹۲) در یک تحقیق برای تعیین سن بهره‌برداری بهینه صنوبر یعنی سنی که در آن مقدار ارزش خالص فعلی جنگل‌کاری با توجه به قیمت چوب سرپا، درصد سود بانکی و میزان رویش سالیانه به حداکثر برسد، با استفاده از داده‌های رویش سالیانه، قیمت چوب سرپا و درصد سود بانکی مدل رویش صنوبر را برآورد کردند. نتایج آنان نشان داد که سن برداشت بهینه صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان در فواصل کاشت مختلف و به‌ازای سودهای مختلف بانکی بین ۸ تا ۲۵ سال تغییر می‌کند. همچنین رحمانی و همتی (۱۳۷۷) برای تعیین مناسب‌ترین سن بهره‌برداری صنوبر کلن 77/51 *P. deltoides*، در زمینی به مساحت ۴ هکتار در ۴ تکرار و با ۴ تیمار اصلی دوره بهره‌برداری ۲، ۴، ۶ و ۱۲ ساله را در قالب طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده نهالهای این کلن کاشتند. تراکم نهال در واحد سطح به‌عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شد. در طول اجرای طرح، دوره ۲ ساله با ۶ بار قطع، دوره ۴ ساله با ۳ بار قطع، دوره ۶ ساله با ۲ بار قطع و دوره ۱۲ ساله یکبار قطع و توزین گردید. نتایج نشان داد که دوره ۴ ساله با ۳ بار قطع و تولیدی برابر ۲۷۴ تن در هکتار بهترین شرایط را داشته است. فاصله کاشت منتخب در این تیمار ۳×۴ متر بوده است.

نتیجه تحقیقات بالا در زمینه زمان بهره‌برداری مؤید ارتباط زیاد بین فاصله کاشت و سن بهره‌برداری است. همانطور که اشاره شد بهترین سن بهره‌برداری می‌تواند بر اساس فواصل کاشت ۲×۲، ۳×۳، ۴×۴، ۵×۵ و ۶×۶ متر به‌ترتیب ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵ یا ۲۰ سال انتخاب شود. در چنین فواصل کاشتی تعداد در هکتار ۲۵۰۰، ۱۱۱۱، ۶۲۵، ۴۰۰ و ۲۷۸ درخت خواهد بود.

روش بهره‌برداری

در مورد صنوبرکاری‌ها روش بهره‌برداری به نحوه فروش چوب وزنی یا حجمی اشاره دارد.

در روش وزنی ساده‌ترین کار قطع درختان و توزین آنهاست. اما بسیاری از واسطه‌های حرفه‌ای

فاصله زمانی قطع درخت تا توزین آن را بیشتر می‌کنند تا مقادیر زیادی از رطوبت چوب و وزن آن کاسته شود. بنابراین مناسب‌ترین روش برای فروش چوب توسط زارعان روش حجمی است. البته این روش و محاسبه آن برای زارعان سخت‌تر است. به همین دلیل جدول‌های حجمی توسط محققان تهیه شده است که به‌سادگی می‌توان با استفاده از آنها میزان حجم چوب یک درخت را برآورد نمود. اطلاعات تکمیلی در این مورد در کتاب مبانی زراعت چوب صنوبر (اسدی، ۱۳۹۸) آمده است. کشاورزان اغلب در مورد تقاضای بازار برای خرید چوب‌های تولیدی خود سئوال می‌کنند. اطلاعات در مورد بازار چوب برای موفقیت در زراعت چوب نقش اساسی ایفا می‌نماید و به‌عنوان یک فعالیت اقتصادی جدید در مقایسه با فعالیت‌های دیگر باید از نظر بازار جذابیت کافی داشته باشد.

تعاونی‌های تولید چوب

در جای جای این نوشتار در مورد نواقص و نارسایی‌های زراعت چوب در کشور بحث شد. از نواقص در عملیات کاشت شامل انتخاب زمین، انتخاب کلن، فاصله کاشت و منابع کاشت (نهال یا قلمه) گرفته تا فعالیت‌های مربوط به عملیات نگهداری شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری، کوددهی و غیره بررسی شد. هدف از طرح همه این مسائل افزایش بهره‌وری در تولید چوب و در نهایت افزایش تولیدات چوبی و افزایش درآمد زارعان است. اگر همه این فعالیت‌ها به درستی اصلاح و اجرا شوند، ولی زارع نتواند چوب تولیدی را به درستی بهره‌برداری نموده و به فروش برساند، قطعاً ضرر خواهد کرد و سود حاصل از زراعت چوب به جیب واسطه‌ها خواهد رفت. واسطه‌هایی که به‌دلیل حمایت نامحسوس برخی صاحبان صنایع از آنها، در یک بازار انحصاری چوب را با قیمتی پایین از زارعان خریداری کرده و بیشترین منفعت را می‌برند. بنابراین به‌منظور اعمال سیاست‌های حمایتی از صنوبرکاران، ایجاد تعاونی‌های تولید چوب منطقه‌ای و کشوری ضرورت دارد. البته شاید یک انجمن صنفی تولیدکنندگان چوب بتواند حامی صنوبرکاران کشور باشد. صاحبان صنایع نیز اگر به فکر استمرار فعالیت زراعت چوب هستند باید با خرید عادلانه چوب از صنوبرکاران حمایت کنند.

نتیجه‌گیری و خلاصه

صنوبرکاری یک فعالیت زراعی است که در آن اقداماتی شامل انتخاب زمین، انتخاب کلن، عملیات

کاشت، داشت و برداشت نیازمند دانش کافی برای اجرای موفقیت‌آمیز آن است. به‌طور خلاصه برای انتخاب زمین اطلاع از نیازهای رویشگاهی و اقلیمی گونه، بارندگی و میزان آب در دسترس، توپوگرافی، دسترسی به جاده، عبور احتمالی خطوط انتقال آب، نفت، گاز و برق در عرصه، شکل و ابعاد زمین، نوع استفاده در گذشته از زمین، وجود یا عدم وجود حیوانات اهلی و وحشی اهمیت دارد. برای انتخاب کلن نیز میزان سازگاری کلن بر اساس سوابق پژوهشی، پایداری رشد کلن، تاج بسته یا تاج باز بودن کلن، حساسیت به تنش‌های عوامل زنده و یا غیر زنده بسیار مهم هستند. برای کاشت نیز مواردی مانند آماده‌سازی زمین، عمق کاشت، تراکم و فاصله کاشت، قطر هدف، برنامه تنک کردن، کشت‌های متراکم، تلفیقی، بادشکن، آرایش کاشت، کاشت مکانیزه یا دستی و فصل کاشت باید مد نظر باشند. برای عملیات داشت، آبیاری، وجین، کوددهی، هرس و در صورت لزوم مبارزه با آفات و بیماری‌ها مهم هستند و برای عملیات برداشت نیز تعیین سن بهره‌برداری، روش بهره‌برداری سنتی یا مکانیزه، فروش حجمی یا وزنی، استفاده از جدولهای حجم، اندازه‌گیری و برآورد حجم، تجزیه‌وتحلیل اقتصادی، تعیین مراکز مصرف و پرهیز از فروش چوب به واسطه‌ها (با تأسیس تعاونی صنوبرکاران)، همگی می‌توانند موفقیت یک صنوبرکاری را تضمین نمایند. آنچه که در توده‌های صنوبرکاری استان مازندران مشاهده نشد، رعایت اغلب معیارهای ذکرشده بود. همان‌طور که در نتایج آمده است در بیش از نیمی از توده‌های فعلی صنوبرکاری در گذشته برنج‌کاری می‌شد. این اراضی به دلیل سنگین بودن بافت خاک برای صنوبرها مناسب نیستند. در هیچ‌یک از توده‌ها از صنوبرهای شناسنامه‌دار استفاده نشده بود. ابعاد نهال‌های استفاده شده فقط ۳۰ درصد توده‌ها در محدوده استاندارد (۱/۵ تا ۲/۵ متر) قرار داشتند. ۷۰ درصد نهال‌ها بلندتر از حد استاندارد بودند که در مورد این نهال‌ها به دلیل اینکه نهال‌ها به‌صورت غیر مکانیزه کنده می‌شوند، اغلب نسبت ریشه به ساقه کمتر بوده و درنتیجه ریشه توانایی تغذیه ساقه بلند را ندارد. در بیش از ۷۴ درصد از توده‌ها فاصله کاشت کمتر از ۳×۴ متر بوده است. به دلیل تراکم بالای درختان در فاصله کاشت کم، رقابت شدید بین پایه‌ها به صورت طبیعی منجر به کاهش شدید زنده‌مانی نهال‌ها گردید. به‌طوری‌که درصد زنده‌مانی نهال‌ها در برخی از توده‌ها کمتر از ۲۰ درصد بود. با عنایت به صرف هزینه زیاد برای احداث چاله کاشت، خرید نهال و عملیات کاشت برای تعداد زیادی از نهال‌ها (متوسط ۳۰۳۷ نهال در هر توده و بیشینه ۲۰۰۰۰ نهال) و میانگین درصد زنده‌مانی ۵۴ درصد که در توده‌ها مشاهده شد، می‌توان ادعا کرد که علاوه بر هزینه بی نتیجه در کاشت نهال‌های فراوان در تراکم بالا، اثرهای منفی بیشتری بر رویش نهایی توده‌ها حاصل شده است. این اثرها در

تجزیه علیت قابل مشاهده است. به‌نحوی‌که تراکم اولیه بالاترین اثر مستقیم منفی در بین صفات مدیریتی را بر روی رویش داشته است. بنابراین یکی از مهمترین و تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها در افزایش رویش سالانه چوب در هکتار تراکم اولیه یا فاصله کاشت است. اثر زیاد فاصله کاشت در تولید در تحقیقات خضریان (۱۳۹۴) به اثبات رسیده است. نتایج تحقیقات خضریان (۱۳۹۴) نشان داد که با رعایت استاندارد اقتصادی کاشت (فاصله کاشت) و برداشت (سن مناسب بهره‌برداری) تولید کل هر دوره ۶۹/۲ درصد در هکتار و ارزش مورد انتظار هر هکتار صنوبرکاری ۱۶۷ درصد افزایش می‌یابد. حجارین و همکاران (۱۳۹۲) و حیدری صفری و همکاران (۱۳۹۴) فاصله کاشت ۲×۲ متر، ریاحی‌فر و همکاران (۱۳۸۷) فاصله کاشت ۳×۳ متر، محمدی لیمایی و همکاران (۱۳۹۲) فاصله کاشت ۴×۴ متر و Keca و همکاران (۲۰۱۲) فاصله کاشت ۳×۶ متر را بهترین فاصله کاشت در تحقیقات خود معرفی کردند. دلیل اختلاف در معرفی فاصله کاشت مناسب در تحقیقات مختلف به دلیل فقدان انواع فاصله کاشت‌ها در یک محیط است و آنچه که در تحقیقات گذشته معرفی شده، اغلب بر اساس مدلسازی ارائه شده است. از نظر مقادیر رویش حجمی توده‌ها، ۱۰ درصد توده‌ها کمتر از ۴ مترمکعب رویش داشتند. ۳۳ درصد توده‌ها رویشی کمتر از ۱۰ مترمکعب و تنها ۱۰ درصد توده‌ها در وضعیت نسبتاً مطلوب بیش از ۲۵ مترمکعب رویش سالانه در هکتار داشتند. متوسط رویش توده‌های مختلف نیز ۱۴/۳ مترمکعب در سال و در هکتار بود که از مقادیر ارائه شده توسط Zakhariev و همکاران (۱۹۷۵)، ۳۲/۸ مترمکعب، قرآنی (۱۳۶۷)، ۳۰ مترمکعب، سالاری و همکاران (۱۳۷۶)، ۲۷/۶ مترمکعب، همتی و مدیررحمتی (۱۳۸۱)، ۲۷ مترمکعب، قاسمی و مدیررحمتی (۱۳۸۲)، ۳۰ مترمکعب، نوری و همکاران (۱۳۸۵)، ۳۵/۸ مترمکعب و اسدی و همکاران (۱۳۹۴)، ۳۸ مترمکعب بسیار کمتر است. بنابراین ضرورت اصلاح شیوه‌های مدیریتی صنوبرکاری‌ها را گوشزد می‌کند. هر چند در ظاهر به نظر می‌رسد میزان درآمد سالانه صنوبرکاری‌ها تابعی از مقادیر رویش باشد، اما عوامل اساسی دیگری در این زمینه نقش دارند. عواملی مانند قیمت چوب، عرضه و تقاضا و فعالیت واسطه‌ها نیز در برخی موارد بسیار مهم هستند. بعضی از صنوبرکاران اظهار داشتند که صاحبان صنایع از خرید مستقیم چوب از آنها امتناع ورزیده و چوب را به‌طور غیرمستقیم از واسطه‌ها خریداری می‌کنند. این امر علاوه بر آنکه قدرت چانه‌زنی صنوبرکاران را کاهش می‌دهد و بخشی از سود و زحمت چند ساله صنوبرکار را به جیب واسطه‌ها سرازیر می‌کند، بلکه با ایجاد یک بازار کاملاً انحصاری به ضرر صنوبرکاران وارد عمل خواهد شد. به این ترتیب با کم شدن سوددهی صنوبرکاری، قطعاً امکان توسعه زراعت چوب در عرصه‌های

مردمی به حداقل خواهد رسید. این موضوع همان چشم‌انداز نگران کننده صنوبرکاری در آینده است که با تأسیس تعاونی‌های تولیدکنندگان چوب (صنوبرکاران) تا حدودی بهبود خواهد یافت.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به دلیل عدم رعایت بدیهی‌ترین اصول فنی زراعت چوب در صنوبرکاری‌های مردمی مازندران، مانند عدم تأمین نیازهای آبی و عدم رعایت فاصله کاشت مناسب، کاهش چشمگیری در مقادیر رویش سالانه چوب در هکتار مشاهده شده است. ازاین‌رو رعایت حداقل فاصله کاشت ۳×۴ متر برای دستیابی به درختان دارای ابعاد مناسب در سن بهره‌برداری ۱۰ سال لازم است. همچنین تأمین حداقل نیاز آبی صنوبرها در فصل رشد با انجام سه تا چهار مرحله آبیاری نهری و نه غرقابی (در مازندران) ضرورت دارد. توده‌های صنوبر این بررسی عمدتاً در اراضی شالیزاری استقرار یافته‌اند که به‌دلیل سنگین بودن خاک و غرقابی بودن آن به هیچ‌وجه برای صنوبرکاری مناسب نیستند. منشأ تهیه نهال، اغلب به صورت متفرقه بوده و نهال‌ها فاقد شناسنامه و اصالت بودند. اغلب نهال‌ها از نظر ابعاد نیز خارج از محدوده استاندارد (۱/۵ تا ۲/۵ متر) بودند. اغلب درختان در توده‌های مختلف فاقد آرایش لازم و هرس بودند. علاوه بر موارد ذکرشده، رعایت اصول فنی زراعت چوب مانند انتخاب زمین برای صنوبرکاری (دسترسی به مراکز مصرف، به خاک مناسب، به آب مناسب و ...)، انتخاب کلن (سازگار و شناسنامه‌دار)، عملیات کاشت مناسب (تراکم، کشت تلفیقی، بادشکن، کوتاه مدت یا علوفه‌ای)، عملیات داشت مناسب (آبیاری، کوددهی و وجین) و بهره‌برداری (سن مناسب بهره‌برداری، قطر هدف، برآورد حجم و بازاریابی) می‌تواند تولید و درآمد صنوبرکاری را بسیار افزایش دهد. با رعایت اصول فنی زراعت چوب که بخشی از آنها در بالا آمده است، بی‌تردید امکان افزایش رویش و درنتیجه افزایش درآمد به بیش از دو برابر وجود دارد. علاوه بر آن با استمرار رعایت اصول فنی، امکان تغذیه بیشتر صنایع چوبی (افزایش تولید و اشتغال) و کاهش فشار بر جنگلهای طبیعی وجود خواهد داشت. به‌طوری‌که با افزایش تولیدات چوبی و عرضه فراوان‌تر چوب در بازار از خروج مبالغ زیادی از ارز نیز برای واردات چوب ممانعت خواهد شد و پدیده قاچاق چوب نیز به حداقل خواهد رسید. علاوه بر نکات فنی، کوتاه کردن دست واسطه‌ها با تشکیل تعاونی‌های تولیدکنندگان چوب یا صنوبرکاران می‌تواند سوددهی و استمرار صنوبرکاری را تضمین نماید.

منابع مورد استفاده

اسدی، ف.، ۱۳۹۸. مبانی زراعت چوب صنوبر. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۲۴۵ صفحه.

اسدی، ف، کلاگری، م، قاسمی، ر، و باقری،ر. ۱۳۹۱. نتایج نهایی کشت تلفیقی صنوبر و یونجه در کرج. مجله جنگل ایران. ۴ (۱) :۴۴-۳۳.

اسدی، ف و میرزایی ندوشن، ح. ۱۳۹۰. ارزیابی تیمارهای مختلف در تولید مثل جنسی سفید پلت به منظور گسترش اساس ژنتیکی این گونه در طبیعت . فصلنامه علمی پژوهشی فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. شماره ۳، جلد ۱۹. ۴۵۲-۴۴۱.

اسدی، ف، نوری، ف، و یوسفی، ب. ۱۳۹۴. تغییرات رویشی صنوبر *Populus nigra* در حاشیه رودخانه‌های استان کرمانشاه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۳ (۲):۲۲۲-۲۰۹.

باقری، ر.، مدیر رحمتی، ع، ر.، اسدی، ف.، قاسمی، ر.، کلاگری، م.، و صادقی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر دوره‌های مختلف آبیاری در عملکرد ارقام برتر صنوبر. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۳۴ صفحه.

بی نام، ۱۳۸۷. شاخص‌های استاندارد نهال گونه‌های غیر مثمر جنگلی. کارگروه تدوین استاندارد نهال غیر میوه‌ای.مؤسسه تحقیقات ثبت و گوتهی بذر و نهال کرج. ۵۷ صفحه.

حبیبی کاسب، ۱۳۷۱. مبانی خاکشناسی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۴ صفحه.

حجاریان، م، حشمت الواعظین، س. م.، -آراندا، ا. د.، نمیرانیان، م.، و اعتماد، و.،۱۳۹۲. برازش معادلات رشد برای سطح مقطع برابر سینه صنوبر دلتوئیدس در صومعه‌سرا-گیلان، مجله جنگل ایران، ۳ (۵)، ۲۸۱-۲۹۴.

حیدر صفری کوچی، ا.، رستمی شاهراجی، ت.، ایرانمش، ی.، و مرادیان فرد، ف.، ۱۳۹۵. مقایسه تولید، بیوماس و نوع مصرف چوب صنوبر کبوده در چهار فاصله کاشت، مجله جنگل ایران، ۸(۲): ۱۴۱-۱۵۲.

رحمانی، ا.، و همتی، ا.، ۱۳۷۷. تعیین مناسب¬ترین دوره بهره¬برداری صنوبر کلن *Populus deltoides* 77/51.مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. شماره انتشار ۲۰۳: ۹۲-۶۹.

ریاحی‌فر، ن.، فلاح، ا.، محمدی سمانی، ک.، وگرجی بحری، ی.، ۱۳۸۷. مقایسه رویش دو گونه صنوبر و پالونیا در فواصل کاشت مختلف در شمال، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ، ۳ (۱۶): ۴۵۴-۴۴۴.

خضریان، ب. ۱۳۹۴. تعیین سن اقتصادی کلن های اصلاح شده صنوبر در استان آذربایجان غربی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۱۱ ص.

سولرس، ژ.، ۱۳۸۶. محیط های کشت صنوبر(شناخت، کاشت، داشت، برداشت و مصارف). ترجمه امانی، م. ناشر راه سبحان. ۲۸۰ صفحه

ضیایی، ف.، گرجی بحری، ی.، ثاقب طالبی، خ.، ۱۳۶۹. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی آزمایش فاصله ای ۱۰ کلن صنوبر دورگه اروپا – امریکایی در ایستگاه تحقیقات خوشامیان (غرب مازندران- نوشهر) مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۳۸ صفحه.

غلامی، غ، ع. ۱۳۹۰. بررسی سازگاری کلن‌های صنوبر (پوپولتوم مقایسه‌ای) در استان گلستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۷۶ صفحه.

قرآنی، م. ۱۳۶۷. بررسی سازگاری و میزان تولید ارقام مختلف صنوبر در اراضی شرکت جنگل شفارور. فصلنامه جنگل شماره ۵.

کرد، ب.، و کرد، ب.، ۱۳۸۷. تعیین مناسب¬ترین سن بهره¬برداری درختان صنوبر دلتوئیدس کلن ۵۱/۷۷بر اساس خواص بنیادی چوب آن. پژوهش و سازندگی دوره ۲۱، شماره ویژه نامه (منابع طبیعی): ۷۷-۷۳.

کلاگری، م.، باقری، ر.، و قاسمی، ر. ۱۳۹۶. دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت صنوبر. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۷۸ صفحه.

لشکربلوکی، ا.، مدیررحمتی، ع.، موسوی کوپر، س.،.، و کهنه، ا. ۱۳۹۰. مطالعه قابلیت تولید چوب گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر در اراضی جنگلی شمال (مطالعه موردی: منطقه سیاهکل گیلان). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۹ (۴): ۵۰۱-۵۰۹.

لطفیان، ح.، ۱۳۶۴. گزارش نهایی طرحهای تحقیقاتی صنوبر مجموعه مقالات سمینار اهمیت صنوبر. نشریه شماره ۴۵ ، مؤسسه تحقیقات جنگلها ومراتع کشور

محمدی لیمایی، س.، بهرام¬آبادی، ز.، رستمی شاهراجی، ت.، ادیب¬نژاد، م.، و موسوی کوپر، س. ع.، ۱۳۹۲. تعیین سن بهره¬برداری اقتصادی صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. شماره ۱: ۶۳-۷۵.

مختاری. ج.، ۱۳۷۹. زراعت چوب صنوبر، یک راهکار عملی در تولید انبوه چوب. اولین گردهمایی جنگلکاری با گونه های سریع الرشد در شمال کشور. ۱۷ اسفند ۱۳۷۹. کلارآباد. مازندران. ۷۲ صفحه.

نوری، ف.، خداکرمی، ی.، مدیررحمتی، ع. ر.، ۱۳۹۴. مقایسه مشخصات رویشی و چوب تولیدی ۱۰ کلن ثنوبر تاج بسته *Populus nigra* در دوره دوم بهره¬برداری. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، دوره ۲۳، شماره ۱: ۱۴۲-۱۳۴.

همتی، ا.، و مدیررحمتی، ع.، ۱۳۸۱. گزارش بررسی سازگاری و میزان تولید چوب ارقام مختلف صنوبر در اراضی شرکت صنایع کاغذ غرب (کرمانشاه)، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ،۸: ۵۹-۸۶.

همتی، ا، و مدیررحمتی، ع. ۱۳۷۸. بررسی مناسب‌ترین فاصله کاشت ارقام صنوبر در استان گیلان. نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. شماره ۱: ۷۸-۵۳.

Ahuja, G. 2012. Poplar - A Multifarious Tree Species for Wood Industries, Rural Livelihoods and Nature Conservation. International Poplar Commission. 24th Session. Dehradan, India, 30 October- 2 November 2012. 62p.

Alimohammadi, A., Asadi, F., and Aghdaei, R.T. 2012. Genetic diversity in *Populus nigra* plantations from west of Iran. Annals of Forest Research. 56(1): 165-178.

Asadi, F and Nouri, F. 2012. Poplar Growth Characteristics in Riverbanks Of Kermanshah Province. International Poplar Commission. 24th Session. Dehradan, India, 30 October- 2 November 2012. 63p.

Castiglione, S., Todeschini, V., Franchin, C., Torrhgiani, P., Gastaldi, D., Cicatelli, A., Rinaudo C. B. S., and Lingua, G., 2009. Clonal differences in survival capacity, copper and zinc accumulation, and correlation with leaf polyamine levels in poplar: A large-scale field trial on heavily polluted soil. Environmental Pollution, 157(7): 2108-2117.

Christersson, L. (2008). Poplar plantations for paper and energy in the south of Sweden. Biomass and Bioenergy, *32*(11), 997-1000.

Coleman, M.D., Tolsted, D., Nichols, T., Johnson, W.D., Wene, E.G., and Houghtaling, T., (2006) Pestablishment fertilization of Minnesota hybrid poplar plantations. *Biomass and Bioenergy*740–749.

Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B., and Lambert, F.,(a) 2010. Biomass and volume yield after 6 years in multiclonal hybrid poplar riparian buffer strips. Biomass and Bioenergy, 34(7): 1028-1040.

Hansen, E.A.,1994. A Guide for Determining When to Fertilize Hybrid Poplar Plantations. USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Research paper NC-319.

Guillemette, T., and DesRochers, A., 2008. Early growth and nutrition of hybrid poplars fertilized at planting in the boreal forest of western Quebec. Forest Ecology and Management, *255*(7), 2981-2989.

Keca, L., Keca, N., & Pantic, D. (2012), Net present value and internal rate of return as indicators for assessment of cost-efficiency of poplar plantations: a Serbian case study. *International Forestry Review, 14*(2), 145–156.

Pryor, L. D., and Willing, R. R.,1982. Growing and breeding poplar in Australia. National Library of Australia Cataloging. 79 p. Van Oosten, C. 2011. Hybrid poplar manual for the prairie provinces. Saskatchewan Forest Centre.Nanaimo. B. C. 228p.

Van Oosten, C., 2006. Hybrid Poplar crop manual for the Prairie provinces. Report for the Saskatchewan Forest Center. SilviConsult Woody Crops Technology, Inc., Nanaimo, British Columbia, Canada. 231 p.

Zakhariev, B., Iliev, S. & Miter, T., (1975). Growth and productivity of some hybrid black poplar clones in Bulgaria on sites close to rivers and dry site away from rivers. *Gorskostopanska Nauka, 12*(2), 16-22.

Zalesny, Jr, R. S., Wiese, A. H., Bauer, E. O., and Riemenschneider, D. E., 2009. Ex situ growth and biomass of *Populus* bioenergy crops irrigated and fertilized with landfill leachate. Biomass and Bioenergy, *33*(1), 62-69.

Zhao, Q., Zeng, D. H., and Fan, Z. P., 2010. Nitrogen and phosphorus transformations in the rhizospheres of three tree species in a nutrient-poor sandy soil. Applied Soil Ecology, 46(3): 341-346.