

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبر کاری

نگارش:

حمیدرضا عباسی^۱ و فاطمه احمدلو^۲

- ۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- ۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

عنوان طرح منتج به نشریه	کد مصوب
تعیین اراضی مستعد زراعت چوب در اراضی غیرجنگلی در استان‌های شمالی کشور	۹۸۰۲۰۵-۰۰۶-۰۹-۰۹-۲



عنوان نشریه: اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری نگارش:

حمید رضا عباسی - استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

فاطمه احمدلو - استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستار ادبی: اصغر احمدی

شمارگان: الکترونیکی

نوبت و سال انتشار: اول / ۱۴۰۳

قیمت: رایگان

نشانی: 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: ۱۳۱۸۵-۱۱۶ **تلفن:** ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱ **وبسایت:** www.rifr-ac.ir

این نشریه به شماره ۶۵۷۸۶ در تاریخ ۱۴۰۳/۰۴/۳۰ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی به

ثبت رسیده است.

ISBN : 978-964-473-541-7



9 789644 735417

➤ مخاطبان نشریه:

صنوبرکاران، تولیدکنندگان و بهره‌برداران زراعت چوب
کارشناسان و مروجان دستگاه‌های مرتبط با امور منابع طبیعی و محیط زیست
اعضای هیأت علمی، محققان و دانشجویان علاقه‌مند در زمینه گیاهان تندرشد چوب

➤ اهداف آموزشی:

فرآیند تناسب اراضی
نیازهای اقلیمی صنوبر
نیازهای خاکی صنوبر
ویژگی‌های فیزیکی خاک در صنوبرکاری
فاکتورهای مؤثر بر حاصلخیزی خاک در صنوبرکاری
میزان شوری و قلیائی بودن خاک در صنوبرکاری

فهرست مطالب

۱.....	خلاصه
۱.....	مقدمه
۳.....	فرآیند تناسب اراضی در صنوبرکاری‌ها
۴.....	نیازهای اقلیمی صنوبر
۴.....	شرایط دمایی
۸.....	میزان بارندگی سالانه
۹.....	میزان بارندگی در فصل رویش
۱۰.....	نیاز آبی و دور آبیاری
۱۱.....	نیازهای خاکی صنوبر
۱۱.....	توپوگرافی و میزان شیب
۱۲.....	سیل‌گیری
۱۳.....	زهکشی خاک
۱۴.....	سطح آب زیرزمینی
۱۴.....	ویژگی‌های فیزیکی خاک در صنوبرکاری‌ها
۱۵.....	بافت خاک
۱۵.....	ساختمان خاک
۱۶.....	عمق خاک
۱۶.....	آهک خاک
۱۷.....	فاکتورهای مؤثر بر حاصلخیزی خاک در صنوبرکاری‌ها
۱۷.....	ظرفیت تبادل کاتیونی
۱۷.....	درصد اشباع بازی خاک
۱۸.....	اسیدیته
۱۸.....	کربن آلی خاک
۲۰.....	میزان شوری و قلیائی بودن خاک در صنوبرکاری‌ها
۲۱.....	نتیجه‌گیری
۲۲.....	منابع

خلاصه

تلاش‌ها برای تولید چوب در داخل کشور با استفاده از درختان تندرشد افزایش یافته است که با توجه به ویژگی‌های ممتاز صنوبرها، کاشت این درختان همواره مدنظر تولیدکنندگان چوب بوده است. در این رابطه سؤال اساسی آن است که چه اراضی و خاک‌هایی برای کاشت صنوبر مناسب و اقتصادی است. براین اساس در این نشریه سعی شد با استفاده از روش کمی ارزیابی اراضی برای گیاهان خاص، منتج از روش فائو، نیازهای گونه‌های صنوبر (*Populus sp.*) مورد بررسی قرار گیرد و حدود نیازهای اقلیمی و خاکی درجه‌بندی شوند. درجه‌بندی کمی ویژگی‌های اقلیمی و خاکی در پنج کلاس مناسب (S1)، تناسب متوسط (S2)، تناسب کم یا بحرانی (S3)، نامناسب نامشخص (N1) و نامناسب دائمی (N2) صورت گرفت. از نظر اقلیمی، صنوبر در مناطقی که بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر بارندگی دارا می‌باشند به‌صورت دیم و بدون هیچ‌گونه توقف رشدی در تمام دوره رویش، بیشترین تولید را خواهند داشت. میانگین دامنه دمایی متوسط مناسب برای رشد صنوبر ۱۱-۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و گرما و سرمای زیاد موجب کاهش عملکرد تولید چوب می‌شود. مناسب‌ترین خاک‌ها برای صنوبر دارای بافت سبک تا متوسط (لومی شنی تا لومی) با ساختمان دانه‌ای یا مکعبی، با زهکشی مناسب تا سریع و عدم وجود آب زیرزمینی بالا و وجود کلسیم و منیزیم کافی در خاک است. خاک‌هایی با زهکشی ناقص و بافت سنگین تا خیلی سنگین شرایط مناسبی برای رشد صنوبر فراهم نمی‌کنند. براین اساس خاک‌های آبرفتی با بافت متوسط که حاصل رسوب‌گذاری رودخانه‌ها در مخروط افکنه‌ها می‌باشند برای کاشت صنوبر و توسعه آن بسیار مناسب است.

مقدمه

به دنبال سیاست‌گذاری دولت در توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور و چالش عدم تأمین چوب موردنیاز صنایع، رویکرد زراعت چوب با استفاده از گونه‌های تندرشد مورد توجه قرار گرفته است. مدیررحمتی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کرده‌اند که تا پایان برنامه ششم توسعه، حوزه صنعت ۱۳

میلیون مترمکعب مصرف چوب نیاز خواهد داشت، درحالی‌که توان تأمین چوب حداکثر ۵ تا ۶ میلیون مترمکعب است. بنابراین باوجود توسعه روزافزون صنعت چوب، این حوزه با مشکل محدودیت تولید چوب مواجه است. زراعت چوب باید با هدف حفظ جنگل و تأمین نیازهای صنعت پربازده و پراشتغال به‌عنوان یکی از مسائل استراتژیک کشور درنظر گرفته شود، چرا که در کشور صنایع وابسته زیادی وجود دارند که اشتغال زیادی هم ایجاد کرده‌اند. در این راستا، صنوبرها (*Populus sp.*) به سبب ویژگی‌های بسیار ممتاز، همواره در میان تولیدکنندگان چوب دارای محبوبیت زیادی هستند. زراعت چوب با گونه‌های تندرشد به‌عنوان منابع مهم در تولید چوب به شمار می‌رود که نقش مهمی را در حمایت از معیشت مردم روستایی و اشتغال، کمک به توسعه پایدار و تأمین مواد اولیه خام در صنایع چوب و کاغذ دارد (کلاگری و همکاران، ۱۴۰۱). تعیین نیازهای رویشی صنوبر از نظر تمام جنبه‌های مختلف اکولوژیکی مانند نیازهای خاکی، اقلیمی، آبی و رویشگاهی به صنوبرکاران کمک می‌کند تا بتوانند اصول علمی و فنی را برای افزایش عملکرد چوب اعمال نمایند.

در حال حاضر دو گونه صنوبر تبریزی (*P. nigra*) و صنوبر کبوده (*P. alba*) برای زراعت چوب در مناطق نیمه‌خشک خارج از شمال کشور و دو گونه اورامریکن (*P. euramericana*) و دلتوئیدس (*P. deltoides*) مخصوص مناطق شمالی کشور (گیلان، مازندران و گلستان) مورد توجه می‌باشند. مطابق با آخرین تحقیقات انجام شده، بیشترین سطح کل صنوبرکاری‌های کشور در استان گیلان (۱۲۱۷۹ هکتار) و در شهرستان صومعه‌سرا به‌میزان ۶۹۴۴ هکتار با گونه دلتوئیدس می‌باشد و دهستان ضیابر به میزان ۲۹/۶۵ درصد رتبه اول درصد تخصیص سرزمین به صنوبرکاری را به خود اختصاص داده است (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۰). مقدار بارش و بارندگی مناسب در فصل رشد، زمینه کشت دیم صنوبر توسط مردم محلی در شهرستان صومعه‌سرا را فراهم کرده است. مقدار رویش سالانه صنوبرکاری استان گیلان ۱۲۶۳۱۰۷ متر مکعب می‌باشد که می‌تواند سالانه حدود ۱۰/۲۹ درصد از مصرف چوب کشور را تأمین کند (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی،

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری / ۳

زنجان، چهارمحال و بختیاری، همدان، اردبیل و کردستان به ترتیب بیشتر از ۱۰۰۰ هکتار صنوبرکاری با گونه‌های تبریزی و کبوده دارند (میرآخورلو، ۱۳۹۸).

با توجه به اهمیت زراعت چوب در تأمین نیازهای صنایع چوبی کشور و مستعد بودن بسیاری از مناطق شمال، شمال غربی و مناطق مرکزی کشور، اطلاعات این نشریه فنی به گونه‌ای فراهم شده است که ویژگی‌های اقلیمی و خاکی گونه‌های مختلف صنوبر با قابلیت تولید چوب را به‌طور عمومی پوشش دهد تا نتایج آن در اختیار کارشناسان بخش اجرا، بهره‌برداران و زارعان چوب قرار گیرد. هرچند برخی از گونه‌های صنوبر دارای نیازهای اکولوژیکی متفاوتی می‌باشند و یا گونه‌های جدید دورگ هیبریدی به همت نتایج تحقیقات جدید در بازار عرضه شده‌اند که نیاز به تکمیل اطلاعات خاکشناسی آنها در آینده می‌باشد.

فرآیند تناسب اراضی در صنوبرکاری‌ها

تعیین نیازهای اقلیمی و خاکی مورد نیاز صنوبر قبل از فرآیند تناسب اراضی ضروری است (Sys و همکاران، ۱۹۹۳). منظور از تناسب اراضی تعیین توان سرزمین برای صنوبرکاری براساس ملاحظات فیزیکی، فنی و اقتصادی – اجتماعی می‌باشد که در صورت منطبق بودن "مناسب" و در صورت عدم تناسب به صورت "نامناسب" با درجه‌بندی‌های مختلف بیان می‌شود. درجه‌بندی در پنج کلاس مناسب (S1)، تناسب متوسط (S2)، تناسب کم یا بحرانی (S3)، نامناسب نامشخص (N1) و نامناسب دائمی (N2) صورت گرفته است. بهترین شرایط مربوط به کلاس مناسب و بدترین شرایط برای نامناسب دائمی می‌باشد که در جدول ۱ نشان داده شده است. معمولاً در تناسب اراضی برای محصولات کشاورزی کلاس مناسب (S1) به دو زیر کلاس بسیار مناسب و مناسب تقسیم می‌شود.

جدول ۱- کلاس‌های تناسب اراضی

علامت	کلاس‌های تناسب
S1	مناسب (Suitable)
S2	نسبتاً مناسب (Moderately suitable)
S3	تناسب بحرانی (Marginally suitable)
N1	نامناسب نامشخص (Currently non suitable)
N2	نامناسب دائمی (Permanently Non suitable)

در این نوشتار نیز بهترین شرایط خاکی و اقلیمی برای تولید صنوبر با استفاده از نتایج گزارشات نهایی و آنالیز خاک‌های موجود در آزمایشگاه خاک موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع استنتاج و ارایه گردیده است (عباسی و همکاران، ۱۴۰۲).

نیازهای رویشی صنوبر در دو دسته ویژگی‌های اقلیمی و ویژگی‌های خاک و توپوگرافی اراضی تهیه شدند. این نیازهای رویشی شامل سه پارامتر اقلیمی (شرایط دمایی و میزان بارندگی سالانه و بارندگی در فصل رویش) و ۲۰ ویژگی خاک می‌باشند. ذکر این نکته ضروریست که ویژگی‌های خاکی ارائه شده برای صنوبر کاری‌های متمرکز و گسترده به‌منظور تولید چوب در سطح مزارع است و استقرار و زنده‌مانی به‌صورت پراکنده را شامل نمی‌شود. لازم به ذکر است که سطوح و درجات کلاس‌ها در آینده ممکن است با پژوهش‌های بیشتر و تغییرات اقلیمی منطقه، تغییراتی جزئی نمایند و یا با شرایط محلی و با گونه‌های دیگر صنوبر وفق داده شوند.

نیازهای اقلیمی صنوبر

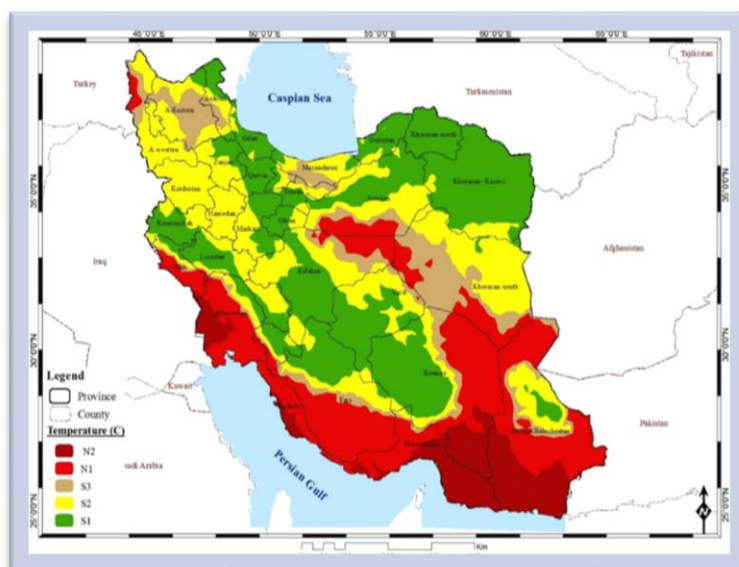
شرایط دمایی

از نظر دمایی، صنوبرها درختانی هستند که معمولاً در آب و هوای معتدل به‌طور مناسب رشد می‌کنند. مناسب‌ترین دما برای رشد آنها، مناطقی است که دارای میانگین سالانه بین ۱۶-۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشند (جدول ۲ و شکل ۱). نگاهی به میانگین دما (بر حسب درجه سانتی‌گراد) در

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری / ۵

ایستگاه‌های تحقیقاتی و مناطق مستعد صنوبرکاری در کشور مانند کرج (۱۴/۱)، زنجان (۱۲/۱)، ارومیه (۱۲/۵)، بجنورد (۱۴/۱)، صومعه‌سرا (۱۵)، گلپایگان (۱۲/۶) و خسبیجان اراک (۱۴) نیز این امر را نشان می‌دهد. میزان تولید صنوبر در مناطق گرم‌تر یا سردتر به‌دلیل طولانی بودن و یا کوتاه بودن دوره رویشی و یا بروز فصل خشک، کاهش می‌یابد هرچند این گونه مناطق خنک و معتدل را بر مناطق گرم ترجیح می‌دهد و در مناطق گرم بایستی میزان و نوبت آبیاری را بیشتر کرد. اگرچه در شکل ۱، برخی از مناطق جنوبی کشور از نظر دما برای صنوبرکاری مناسب نشان داده شده است ولیکن به‌دلیل کمبود بارش و خشک بودن هوا، این مناطق مستعد کشت صنوبر نمی‌باشند و این مسأله بیانگر این است که علاوه بر دما و بارندگی، ویژگی‌های خاک نیز در صنوبرکاری مؤثرند.

شکل ۲، شکاف طولی ایجاد شده در تنه صنوبر در اثر سرمازدگی را نشان می‌دهد البته این عمل بیشتر در کشت درختان به‌صورت حاشیه اتفاق می‌افتد و در کشت به‌صورت توده به‌دلیل میکروکلیمای ایجاد شده، تنش سرمازدگی کمتر رخ می‌دهد. همچنین شرایط وقوع سرما و گرما از نظر مدت، زمان و شدت سرما و گرما متفاوت است که کاهش عملکرد و در نهایت مرگ گیاهان را به‌دنبال خواهد داشت.



شکل ۱- تناسب اراضی کشور از نظر دما برای صنوبرکاری

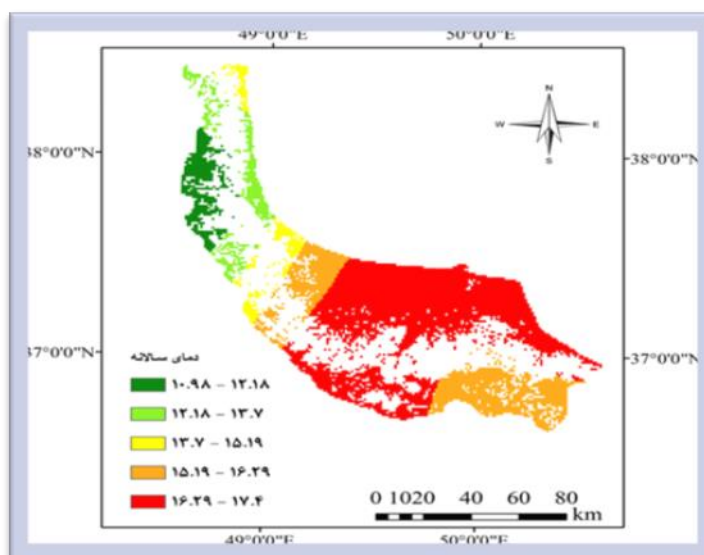
در بین گونه‌های جنس صنوبر، درختان پده قابلیت زنده‌مانی قابل توجهی را نشان می‌دهد و در درجه حرارت شدید (۴۵- درجه سانتی‌گراد تا ۵۴+ درجه سانتی‌گراد) و خشکی، بازده رشد بالایی را نشان می‌دهد و به‌عنوان درخت متحمل به دماهای بالا در رویشگاه‌های طبیعی شناخته شده است (Silva-Correia و همکاران، ۲۰۱۲). دماهای بالا سبب خشکی زیاد می‌شود که این عمل ابتدا سبب ریزش برگ درختان صنوبر در تابستان می‌شود و سپس در اثر تداوم خشکیدگی و گرمای زیاد، مرگ درختان اتفاق می‌افتد. نمایی از ریزش برگ درختان صنوبر در تابستان در اثر تنش گرما در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۲- شکاف طولی ایجاد شده در تنه صنوبر در اثر سرمازدگی



شکل ۳- ریزش برگ درختان صنوبر در تابستان در اثر تنش گرما

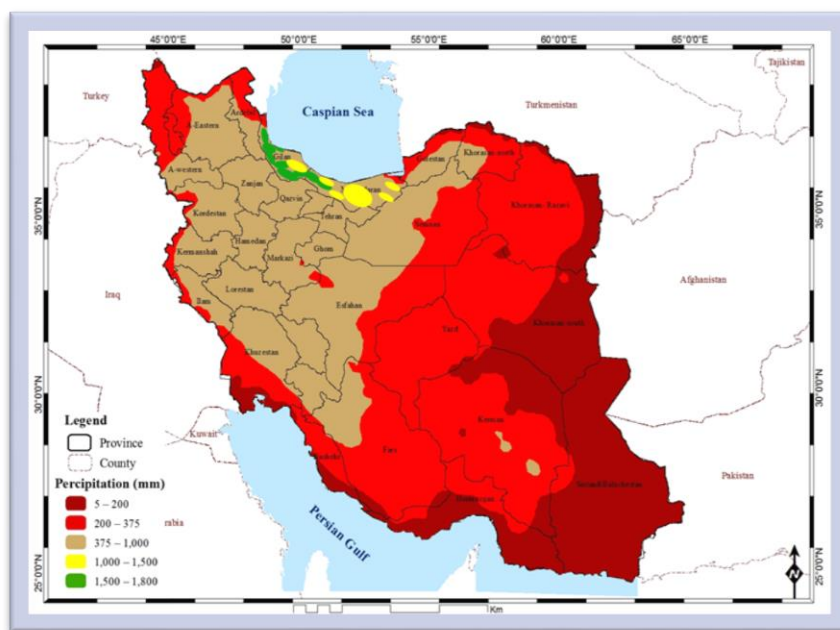


شکل ۴- درجه‌بندی دما در استان گیلان به‌عنوان قطب صنوبرکاری کشور

در شکل ۴، درجه‌بندی دما در استان گیلان به‌عنوان قطب صنوبرکاری کشور آورده شده است به‌طوری‌که بیشترین سطح صنوبرکاری استان مربوط به شهرستان صومعه‌سرا و کمترین آن مربوط به رودبار می‌باشد البته در ارتفاعات و مناطق جنگلی شرایط رودبار به‌دلیل افزایش میزان بارندگی بسیار مساعد برای صنوبرکاری است.

میزان بارندگی سالانه

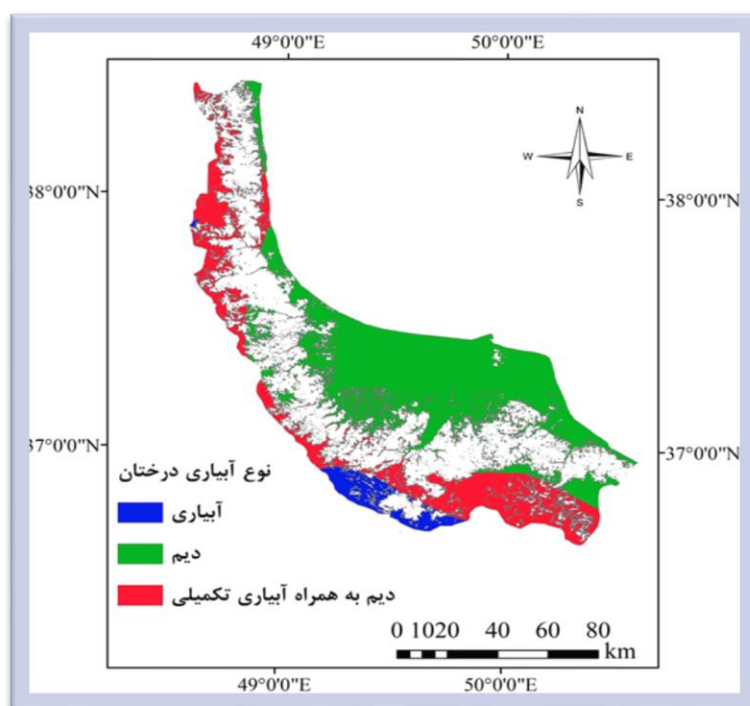
از نظر اقلیمی، صنوبر در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب به‌صورت دیم کشت می‌شود و نیازی به آبیاری ندارند. مناطقی که دارای بارندگی بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر می‌باشند مناسب‌ترین شرایط را برای رشد صنوبر به‌صورت دیم دارد. در مناطق نیمه خشک با بارندگی کمتر معمولاً از طریق آبیاری، نیاز آبی صنوبر برآورده می‌شود. تولید و بهره‌وری مصرف آب درختان وابسته به میزان در دسترس بودن رطوبت دارد. با بروز فصل خشک و شرایط غرقابی (ماندابی)، رشد صنوبر کاهش می‌یابد که با آبیاری تکمیلی در فصول تابستان جبران می‌شود (شکل ۵). درختان صنوبر تبریزی و کبوده تحمل تنش خشکی بیشتری نیز نسبت به دلتوئیدس و اورامریکن دارند (Marron و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی در ۱۹ استان کشور صنوبر کاری انجام می‌شود که به جز در شمال کشور، در سایر مناطق فقط از طریق آبیاری دوره‌ای کاشت صنوبر انجام می‌شود.



شکل ۵- تناسب اراضی کشور از نظر بارندگی برای کاشت صنوبر

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری / ۹

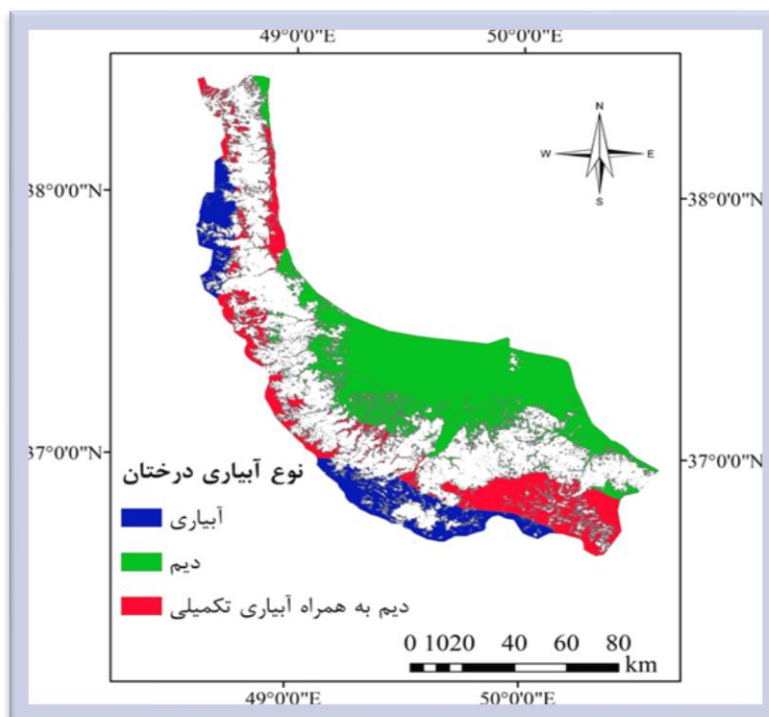
نقشه میانگین بارش سالانه استان گیلان در شکل ۶ براساس نیازهای اکولوژیک صنوبر به سه صورت دیم (بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۴۶۵۴۹۷/۲ هکتار، دیم به‌همراه آبیاری تکمیلی (۷۰۰-۱۰۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۲۲۹۸۷۳ هکتار و آبیاری (۵۰۰-۷۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۴۳۱۷۷/۳ هکتار ارائه شده است. کشت صنوبر با آبیاری فقط در شهرستان رودبار و قسمت کوچکی از شهرستان تالش است.



شکل ۶- نقشه میانگین بارش سالانه استان گیلان و درجه‌بندی آن از لحاظ دیم، دیم به همراه آبیاری تکمیلی و نیاز به آبیاری

میزان بارندگی در فصل رویش

نقشه میانگین بارش در فصل خشک استان گیلان در شکل ۷ به سه صورت دیم (بیش از ۴۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۴۱۵۶۴۰ هکتار، دیم به‌همراه آبیاری تکمیلی (۳۰۰-۴۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۲۰۱۱۷۵/۱۱ هکتار و آبیاری (۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متر) با مساحت ۱۲۳۶۷۱/۲ هکتار طبقه‌بندی شد.



شکل ۷- نقشه میانگین بارش سالانه استان گیلان و درجه‌بندی آن از لحاظ دیم، دیم به همراه آبیاری تکمیلی و نیاز به آبیاری

نیاز آبی و دور آبیاری

Strengé و همکاران (۲۰۱۸) میانگین مصرف روزانه آب *P. alba* در دره چوی قزاقستان را ۴/۸- ۲/۶ میلی‌متر در روز (حدود ۱۶۸۰۰ - ۹۵۰۰ مترمکعب در سال) گزارش کرده‌اند. باقری و همکاران (۱۳۹۱) نیاز آبی صنوبر تبریزی را در شرایط استان البرز در مجتمع تحقیقاتی کرج بین ۱۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ مترمکعب با روش آبیاری شیاری در سال برآورد کرده‌اند. این در حالی است که گودرزی و همکاران (۱۴۰۲) نیاز ناخالص آبیاری این گونه را با روش قطره‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک حدود ۹۲۰۰ مترمکعب در سال و با سیستم آبیاری تیپ ۶۲۰۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری کرده است. همچنین نیاز آبیاری هیبریدهای صنوبر در منطقه نیمه خشک با استفاده از سیستم آبیاری بارانی بسته به شرایط و نحوه مدیریت آبیاری بین ۷۰۰۰-۱۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر می‌باشد (Shock و همکاران ۲۰۰۲). بدین ترتیب با کاهش بارندگی کمتر از ۱۵۰۰ میلی‌متر، در گرمترین ماه

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری / ۱۱

سال، یک دوره خشک به وجود خواهد آمد که در صورت عدم آبیاری موجب توقف رشد خواهد شد. همچنین مناطقی که دارای بارندگی کمتر از ۳۷۵ میلی‌متر در طول فصل رشد باشند برای زراعت صنوبر در سطح گسترده مناسب نیستند مگر آنکه رطوبت مورد نیاز از طریق آبیاری یا سفره‌های آب زیرزمینی تأمین شود (اسدی، ۱۳۹۸).

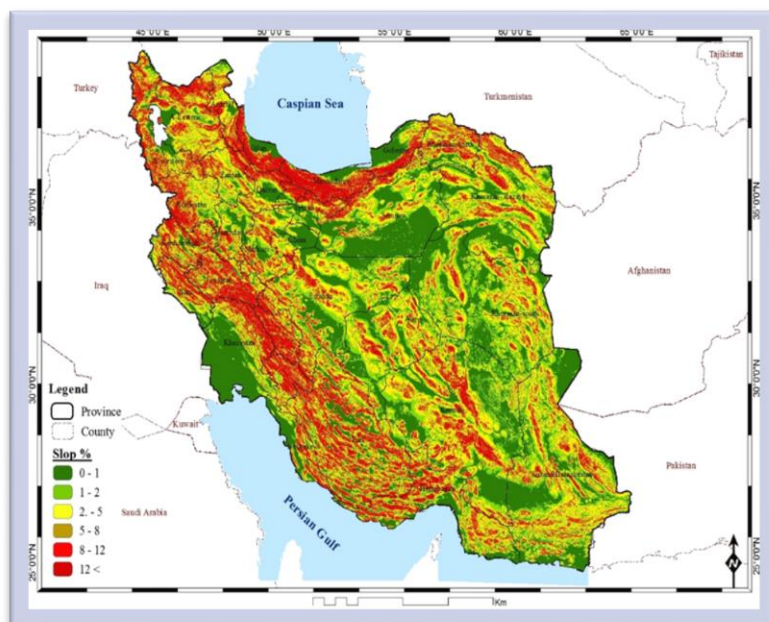
جدول ۲- طبقه‌بندی تناسب ویژگی‌های اقلیمی برای کاشت صنوبر

S1		S2	S3	N1	N2	علامت تناسب
بسیار مناسب	مناسب	نسبتاً مناسب	تناسب کم	نامناسب نامشخص	نامناسب دائمی	شرح کلاس تناسب
۱۸۰۰ >	۱۵۰۰-۱۸۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۳۷۵-۱۰۰۰	-	۲۰۰ <	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)
۱۳-۱۴	۱۱-۱۳	۱۰-۸	۷-۵	-	۳ <	میانگین درجه حرارت سالانه (سانتی‌گراد)
۱۴-۱۵	۱۵-۱۶	۱۷-۱۶	۱۸-۱۷		۲۲ >	

نیازهای خاکی صنوبر

توپوگرافی و میزان شیب

مناسب‌ترین اراضی برای صنوبرکاری معمولاً در محیط‌های آبرفتی دره‌ای و غیردره‌ای دشت‌های سیلابی و رسوبی مسطح واقع شده‌اند. هر چند صنوبر توانایی استقرار در شیب به صورت تک پایه‌های منفرد و یا چندتایی را دارد ولی مناسب‌ترین رویشگاه‌ها دارای شیب بسیار کم و بدون جهت می‌باشند. بنابراین دشت‌های مسطح، مناسب‌ترین مناطق کاشت برای این درختان است. براین اساس از نظر توپوگرافی، مناسب‌ترین مناطق برای رشد صنوبر کمتر از ۲ درصد که ویژگی بارز دشت‌های آبرفتی است در نظر گرفته شد (Dengiz و همکاران، ۲۰۱۰). آبرفت‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار رودخانه‌ای نیز که محل مناسبی برای رشد صنوبر است کمتر از ۵ درصد شیب دارند. شکل ۸ کلاس‌های مختلف شیب را در سطح کشور نشان می‌دهد.



شکل ۸- تغییرات شیب در سطح کشور

سیل‌گیری

از نظر خطر سیل‌گیری، صنوبرها می‌توانند به‌طور محدود چند روز سیل را در مخروط افکنه‌های رودخانه‌ای تحمل کنند. معمولاً آب‌های جاری حاوی اکسیژن کافی برای ریشه‌های فعال می‌باشند و سیلاب نمی‌تواند باعث خفگی صنوبر شود ولی آب‌های راکد ماندابی باعث خفگی ریشه‌های فعال مناسب می‌شوند. در چنین شرایطی اگر زمان ماندابی شدن از یک هفته افزایش یابد گیاه آسیب می‌بیند و در روند رشد خلل ایجاد می‌شود. این امر برای آب‌های جاری حاوی اکسیژن متفاوت است که گیاه اکسیژن مورد نیاز خود را می‌تواند تأمین کند. درجه‌بندی محدودیت‌های مربوط به سیل‌گیری در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- محدودیت‌های ناشی از عوارض سیل (گیوی، ۱۳۷۶)

شرح	کلاس محدودیت
سطح زمین از بالاترین سطح آب جریان سطحی حداقل تا ۱ متر بالاتر است.	بدون محدودیت (F_0)
سطح زمین از متوسط بالاترین سطح آب بالاتر است ولی گاهی برای مدت کوتاهی (کمتر از ۱ تا ۲ ماه) زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد	محدودیت کم (F_1)
متوسط بالاترین سطح آب تقریباً با سطح زمین برابری می‌کند و اغلب (بیش از ۵ سال در یک دهه) سیلاب زمین را برای یک دوره ۱ تا ۳ ماه تحت تأثیر قرار می‌دهد.	محدودیت متوسط (F_2)
سطح زمین ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از متوسط بالاترین سطح آب پایین‌تر است به طوری که هرساله سیلاب زمین را به مدت ۲ تا ۴ ماه می‌پوشاند.	محدودیت شدید (F_3)
سطح زمین بیش از ۳۰ سانتی‌متر از متوسط بالاترین سطح آب پایین‌تر است به طوری که هرساله سیلاب زمین بیش از ۲ ماه و در اغلب سال‌ها بیش از ۴ ماه تحت تأثیر قرار می‌دهد	محدودیت شدید (F_4)

زهکشی خاک

کلاس‌های زهکشی خاک به‌ترتیب خیلی سریع، سریع، خوب، متوسط، ناقص، ضعیف و خیلی ضعیف می‌باشند. صنوبرها خاک‌های دارای زهکشی خوب را ترجیح می‌دهند و کلاس‌های زهکشی ضعیف و خیلی ضعیف برای توسعه آنها نامناسب می‌باشند. در کلاس زهکشی خوب، آب به راحتی از خاک خارج شده و حالت ماندابی در نیمرخ خاک وجود ندارد. در خاک‌های با زهکشی ناقص، آب در خاک باقی می‌ماند و برای مدت زمان طولانی اشباع از آب می‌باشد. سطح آب زیرزمینی در این خاک‌ها بالاتر از یک متری عمق خاک است و نیمرخ خاک برای بیشتر سال خیس و مرطوب می‌باشد. این خاک‌ها مکان مناسبی برای صنوبرکاری نیستند (جدول ۴). صنوبرکاری با گونه تبریزی در شهرستان الیگودرز- روستای جوشان در شکل ۹ نشان داده شده است که به‌دلیل زهکشی کم، درختان از رویش مناسب قطری و ارتفاعی برخوردار نیستند.



شکل ۹- صنوبرکاری با گونه تبریزی در شهرستان الیگودرز- روستای جوشان

سطح آب زیرزمینی

اراضی که سطح آب زیرزمینی در عمق بیش از ۵ متر باشد مناسب‌ترین شرایط را برای رشد صنوبر دارا هستند. هر چقدر عمق آب زیرزمینی به سطح خاک نزدیکتر شود تناسب اراضی کاهش می‌یابد. سطح آب زیرزمینی بالاتر از ۱ تا ۱/۵ متر برای رشد صنوبر محدودیت زیادی ایجاد می‌کند (Dengiz و همکاران، ۲۰۱۰) و صنوبرکاری در این خاک‌ها با شکست مواجه خواهد شد زیرا ریشه‌ها در سطح خاک گسترش می‌یابند و باعث باد افتادگی آنها خواهند شد (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱).

ویژگی‌های فیزیکی خاک در صنوبرکاری‌ها

مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها که بر رشد صنوبر تأثیر دارند بافت، ساختمان، درصد سنگ و سنگریزه، عمق خاک، میزان آهک و گچ می‌باشند.

بافت خاک

تأثیر بافت خاک از نظر تأمین مواد غذایی و زهکشی بر صنوبرکاری اهمیت دارد. میزان رس به‌عنوان یکی از سه جزء تشکیل‌دهنده بافت خاک در تأمین حاصلخیزی خاک اهمیت دارد ولی از سوی دیگر بافت‌های سنگین که دارای رس زیاد می‌باشند در صورت مرطوب بودن، زهکشی ناقصی دارند و برای صنوبرکاری نامناسب هستند (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱). مناسب‌ترین بافت‌های خاک برای صنوبرکاری لومی شنی، لومی شنی ریز، و سپس لومی، لومی رسی شنی و لومی شنی درشت می‌باشند که در مجموع جزو گروه بافت‌های سبک تا متوسط قرار دارند. بافت‌های بسیار سنگین رسی و رسی سیلتی که بیش از ۶۰ درصد رس دارند به‌دلیل ایجاد شرایط ضعیف زهکشی و عدم تهویه هوا، مناسب نیستند. بافت‌های متوسط سیلتی دارای تناسب متوسطی برای صنوبرکاری می‌باشند.

ساختمان خاک

به طرز شکستن ذرات خاک در حالت خشک و کمی مرطوب، ساختمان خاک گویند. برای تشخیص ساختمان خاک کافی است به دیواره خاک‌رخ (پروفیل) با استفاده از چکش خاکشناسی چند ضربه وارد و شکل ذرات جدا شده تشخیص داده شود. بهترین ساختمان خاک برای صنوبرکاری ساختمان دانه‌ای (مانند چای کله مورچه‌ای) و مکعبی (تقریباً شبیه قند خرد شده) است که دانه‌های خاک طوری کنار هم آرایش یافته‌اند که آب و هوا براحتی عبور می‌کند. بدترین ساختمان از نظر رویشی نیز ساختمان‌های ستونی و منشوری است که در خاک‌های شور و سدیمی مشاهده می‌شود. دیگر ساختمان‌های خاک تناسب متوسطی برای رشد صنوبر فراهم می‌کنند. وجود قطعات درشت سنگ و سنگریزه تا ۱۵ درصد تأثیر مهمی بر رشد صنوبر ندارد و مقدار بیشتر از آن به سبب ایجاد دشواری در استفاده از ماشین آلات کشاورزی، ایجاد محدودیت می‌کند.

عمق خاک

عمق خاک تأثیر بسزایی در رشد گیاه دارد. خاک‌های عمیق تکامل یافته بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر محیط مناسبی برای رشد ریشه فراهم می‌کنند. وجود سخت لایه‌هایی که مانع رشد ریشه می‌شوند در محدود کردن رشد صنوبر تأثیر دارند. سخت لایه‌ها معمولاً یا از مواد نرم مانند رس، گچ و آهک و یا از جنس سخت سنگ بستر، یا سخت لایه‌های آهکی (پتروکلسیک) و سخت لایه گچی (پتروچیپسیک) تشکیل شده‌اند. عمق قرارگیری سخت لایه‌ها، میزان عمق قابل استفاده ریشه را مشخص می‌نماید. خاک‌های با عمق کمتر از ۱ متر در رشد صنوبر ایجاد محدودیت می‌کنند و تولید در آنها کم می‌شود. هنگامی که عمق خاک از ۲۵ سانتی‌متر به واسطه عمق آب زیرزمینی بالا یا سخت لایه کمتر شود مانند خاک‌های غرقابی در شمال کشور که اختصاص به برنجکاری دارند برای صنوبرکاری نامناسب دائمی می‌باشند (FAO، ۱۹۷۶؛ Sys و همکاران، ۱۹۹۳؛ Dengiz و همکاران، ۲۰۱۰).

آهک خاک

گونه صنوبر به آهک خاک تمایل دارد و خاک‌هایی که کمتر از ۵ درصد کربنات کلسیم دارند به علت کلسیم و منیزیم کافی شرایط مناسبی برای صنوبرکاری دارند. افزایش بیشتر آهک در جذب برخی از عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، روی و منگنز اختلال ایجاد می‌کند (زرین کفش، ۱۳۸۷) و رشد درختان صنوبر را کاهش می‌دهد. گچ تا کمتر از ۵ درصد هیچ‌گونه تأثیر منفی بر عملکرد گیاهان ندارد (FAO، ۱۹۷۶)، ولیکن مقدار کمتر از ۲ درصد گچ در خاک، مناسب‌ترین شرایط است (زرین کفش، ۱۳۸۷). افزایش بیش از ۵ درصد گچ به سبب افزایش اسیدیته خاک (pH) موجب کاهش عملکرد می‌شود. خاک‌های بیش از ۷۵ درصد گچ برای رویش صنوبرها کاملاً نامناسب می‌باشند.

فاکتورهای مؤثر بر حاصلخیزی خاک در صنوبرکاری‌ها

مهمترین فاکتورهای مؤثر بر حاصلخیزی خاک در صنوبرکاری‌ها ظرفیت تبدالی کاتیونی، درصد اشباع بازی، اسیدیته و کربن آلی خاک می‌باشند.

ظرفیت تبادل کاتیونی

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) یک شاخص مفید برای حاصلخیزی خاک است زیرا توانایی خاک برای تأمین سه عنصر غذایی مهم کلسیم، منیزیم و پتاسیم را برای گیاه نشان می‌دهد که برای صنوبر اهمیت زیادی دارد. غلظت کاتیون‌ها بر حسب سانتی‌مول بار مثبت به ازای هر کیلوگرم خاک ($\text{cmol}(+)/\text{kg}$) بیان می‌شود. این اندازه‌گیری معادل میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک ($\text{meq}/100$) است. مقدار بالاتر از ۱۰ سانتی‌مول بار مثبت به ازای هر کیلوگرم خاک برای تولید گیاه ترجیح داده می‌شود. معمولاً خاک‌های با بافت سنگین با مقدار زیاد رس متورم دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بیش از ۲۵ سانتی‌مول بار مثبت به ازای هر کیلوگرم خاک می‌باشند و به دلیل اینکه صنوبر در خاک‌های سنگین و بسیار سنگین محدودیت رشد دارد (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱؛ اسدی، ۱۳۹۸؛ Dengiz و همکاران، ۲۰۱۰)، از این رو حد بالایی ۲۴ سانتی‌مول بار مثبت به ازای هر کیلوگرم خاک مناسب‌ترین مقدار در نظر گرفته شد. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک به بالا بایستی اندازه‌گیری شود.

درصد اشباع بازی خاک

درصد اشباع بازی خاک، مجموع کاتیون‌های بازی (Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^{+} و Na^{+}) است که به صورت تبدالی بر روی کلونیدهای خاک قرار دارند. هنگامی که کاتیون‌های مذکور بیش از ۵۰ درصد از مجموع کاتیون‌های اطراف کلونیدها خاک را تشکیل دهند مناسب‌ترین شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک برای در اختیار گذاشتن رطوبت و مواد مغذی فراهم است.

اسیدیته

مناسب ترین pH برای صنوبرکاری ۵/۵-۷ یعنی محدوده خاک‌های خنثی تا کمی اسیدی است (اسدی، ۱۳۹۸). مقادیر pH بالاتر و پایین تر این محدوده موجب اختلال در جذب عناصر غذایی می‌شوند. در اسیدیته‌های بالا جذب فسفر، آهن و منگنز دچار اختلال می‌شود و اسیدیته‌های کمتر از ۴/۵ برای صنوبرکاری نامناسب می‌باشند (اسدی، ۱۳۹۸). با افزایش و کاهش اسیدیته شرایط برای جذب برخی عناصر محدود می‌شود که باعث کاهش تولید می‌شود. Bona و همکاران (۲۰۰۸) پائین بودن pH خاک را عامل مهم در رشد کم درختان صنوبر عنوان می‌کنند که می‌توان آن را به دلیل نقش مهم pH خاک در جذب عناصر غذایی به‌خصوص فسفر و نیتروژن، فعالیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده لاشبرگ و معدنی شدن مواد آلی دانست.

کربن آلی خاک

عناصر حاصلخیزکننده ازت، فسفر و پتاسیم به‌دلیل امکان استفاده از کود و اعمال مدیریت در خاک توسط صنوبرکاران، در بررسی تناسب کیفی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. به نظر می‌رسد که گونه صنوبر از نظر کودی پرتوقع نیست به‌طور مثال، امین‌الملشی (۱۳۹۷) اضافه کردن کودهای شیمیایی در خزانه‌های صنوبر را به سبب شیوع آفات و بیماری‌ها ضروری ندانسته است. از نظر تنوع کودی نیز، باقری (۱۳۸۹) تفاوت معنی‌داری در رشد کلن‌های مختلف صنوبر در مقابل ترکیبات کودی مختلف در سال‌های اولیه رشد در ایستگاه تحقیقات البرز مشاهده نکرده است. محیط‌های آبرفتی رودخانه‌ای که محل مناسبی برای صنوبرکاری است دائماً توسط آب‌های جاری شستشو می‌شوند و امکان ذخیره ازت در آنها فراهم نیست. Nelson و همکاران (۱۹۸۷) معتقد هستند که بیشترین نیاز کودی صنوبرها در کشت‌های متراکم با دوره بهره‌برداری کوتاه بین ۵ تا ۶ سالگی اتفاق می‌افتد.

جدول ۴- طبقه‌بندی تناسب ویژگی‌های خاکی صنوبر

کلاس‌های خاک، درجه محدودیت‌ها و دسته‌بندی						خصوصیات خاک	کیفیت اراضی
N ₂	N ₁	S ₃	S ₂	S ₁		علامت	تناسب
نامناسب دائمی	نامناسب نامشخص	تناسب کم	نسبتا مناسب	مناسب	بسیار مناسب	کلاس	
>۱۲	-	۵-۸	۲-۵	۱-۲	۱-۰	شیب٪	توپوگرافی (t)
F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	-	F ₀	سیل گیری	رطوبت (w)
خیلی ضعیف و غیر قابل زهکشی	ضعیف اما قابل زهکشی	ناقص و با تهویه	مناسب	خوب	خوب	زهکشی	
-	-	>۱m سطح ایستایی	>۲m سطح ایستایی	>۳ m سطح ایستایی	>۵ m سطح ایستایی	سطح آب زیرزمینی	
>۱۰	-	۶-۹	۳-۵	۱-۲	<۱	زمان ماندابی شدن (هفته در سال)	
- رسی - رسی سیلتی - بیش از ۶۰ درصد رس C, SiC	- رسی شنی - لومی رسی SC, CL	- شنی - شنی ریز - لومی رسی سیلتی SiCL, S, fS	- سیلتی - لومی سیلتی SiL, Si	- لومی - لومی رسی شنی لومی شنی درشت cSL, SCL, L	- لومی شنی - لومی شنی ریز LS, fSL	بافت	مشخصات فیزیکی خاک (s)
ستونی	منشوری	بشقابی، توده‌ای، پراکنده	مکعبی زاویه‌دار با گوشه	مکعبی زاویه‌دار	دانه‌ای	ساختمان	
>۷۵	>۵۵	۳۵-۵۵	۱۵-۳۵	<۱۵	<۱۰	قطعات درشت (٪) سنگ و سنگریزه عمق خاک (cm)	
<۱۰	۱۰-۲۵	۵۰-۸۰	۸۰-۱۲۰	۱۵۰-۱۲۰	>۱۵۰	آهک (٪)	
>۶۰	-	۱۱-۲۰	۶-۱۰	۳-۵	۰-۳	گچ (٪)	
>۷۵	-	۱۱-۱۵	۶-۱۰	۳-۵	۰-۳	ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol(+)/kg (clay)	مشخصات حاصلخیزی خاک (f)
-	-	<۱۶(+)	<۱۶(-)	۱۶-۲۴	>۲۴	درصد اشباع بازی (٪)	
-	-	<۱/۶	۱/۲-۶/۸	۲/۸-۴	>۴	مجموع کاتیون‌های اصلی (cmol(+)/kg soil)	
-	<۴/۴	۴/۵-۴/۹	۵/۰-۵/۴	۵/۵-۶	۶-۶/۵	pH (الکترو د آب)	
>۸/۵	-	۷/۶-۸/۰	۷/۱-۷/۵	۶/۵-۷		کربن آلی (٪)	
-	-	<۰/۸	۰/۸-۱/۲	۱/۲-۲	> ۲	ECe (ds/m)	شوری و قلیایت (n)
>۵	-	۳-۴	۲-۳	۱-۲	۰-۱	ESP (%)	
>۲۰	-	۱۳-۱۵	۹-۱۳	۸-۵	۰-۵		

علامت (-) نشان‌دهنده خاک‌های با اسیدیته خنثی تا قلیایی و علامت (+) نشان‌دهنده خاک‌های اسیدی است. چون صنوبر خاک‌های دارای کلسیم و منیزیم را ترجیح می‌دهد خاک‌های با اسیدیته خنثی تا قلیایی شرایط مناسب‌تری برای رشد صنوبر فراهم می‌کنند.

میزان شوری و قلیائی بودن خاک در صنوبرکاری‌ها

میزان رشد صنوبر در خاک‌های مبتلا به شوری کاهش می‌یابد (کلاگری و همکاران، ۱۳۹۶؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۷). مقدار هدایت الکتریکی بر اساس تعریف ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده برای خاک‌های شور، حداکثر ۲ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است ولی در ایران مقدار کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر برای خاک‌های بدون محدودیت شوری در نظر گرفته شده است. با افزایش هدایت الکتریکی از ۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان تولید صنوبر کاهش می‌یابد و در خاک‌های بیشتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر صنوبرها با محدودیت رشد مواجه می‌شوند و تنها واریته‌های مقاوم به شوری مانند گونه صنوبر پده (*Populus euphratica*) و دورگ صنوبر مفید (*P. euphratica* × *P. alba*) توانایی رشد دارند. در تحقیق صالحی و همکاران (۱۳۹۷) در توده صنوبرکاری جنوب تهران میزان شوری خاک ۴/۴۳ دسی‌زیمنس بر متر بر ویژگی‌های رویشی درختان صنوبر نیگرا تأثیر منفی گذاشت. نتیجه یک تحقیق نشان داده است که برای برخی از کلن‌های صنوبر به ازاء افزایش هر واحد در EC بین ۷/۹ درصد تا ۱۰/۴ درصد از رشد ارتفاعی درختان صنوبر کاسته شده است (Van Oosten, ۲۰۰۶). گونه‌های صنوبر از نظر تحمل به شوری متغیر می‌باشند، به‌طوری‌که گونه پده تحمل بالایی در برابر شوری دارد. درخت پده قادر است تا ۴۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را بدون کاهش رشد و عوارض جانبی تحمل کند در حالی که گونه اورامریکن بیشترین حساسیت به تنش شوری و گونه کبوده حساسیت متوسط را در برابر تنش شوری دارند (Marron و همکاران، ۲۰۰۲). اثر مقادیر مختلف نمک کلرور سدیم بر سه کلن صنوبر دلتوئیدس مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه گرفته شد که این کلن‌ها به شوری حساس هستند (Yadava, ۱۹۹۵). دانشور و مدیررحمتی (۱۳۸۸) نتیجه گرفتند که تحمل به شوری کبوده بومی (*P. alba* 44/9) نسبت به کلن‌های دلتوئیدس، اورامریکن و نیگرا بیشتر است. سازگاری به محیط‌های شور در پده مرتبط با توانایی انطباق با تنش اسمزی بالاتر با حفظ یکپارچگی سلولی و کنترل مؤثر سمیت یونی است (Gu و همکاران،

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبرکاری / ۲۱

۲۰۰۴). در سطوح شوری خیلی بالا به دلیل اثر سمی یون‌های سدیم و کلر و همچنین به هم خوردن تعادل عناصر غذایی ناشی از این یون‌ها رشد گیاه کاهش و مرگ گیاه اتفاق می‌افتد. خاک‌های سدیمی که دارای اسیدیته بالاتر از ۸/۵ و میزان درصد سدیم تبادلی (ESP) بیش از ۱۵ درصد باشند برای کاشت صنوبر نامناسب هستند. مناسب‌ترین خاک‌ها برای استقرار صنوبر کمتر از ۸ درصد سدیم تبادلی دارا می‌باشند.

نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های انجام شده، میانگین دامنه دمایی مناسب برای رشد صنوبر ۱۱-۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در دمای بالاتر از ۲۲ درجه درختان صنوبر استقرار پیدا نمی‌کند و گرمای زیاد موجب آسیب رساندن به گیاه و کاهش تولید چوب می‌شود. البته برخی از گونه‌ها مانند صنوبر پده در استان خوزستان قادر است تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در تابستان را تحمل کند. همچنین دمای پایین و سرمای شدید به گیاه صدمه می‌رساند. کل میزان بارندگی مورد نیاز برای گیاه دامنه ۱۸۰۰-۱۵۰۰ میلی‌متر در سال است و کمتر از این مقدار به دلیل وجود دوره خشکی در تابستان باید آبیاری تکمیلی صورت گیرد.

خاک‌های با بافت سبک تا متوسط (لومی شنی، لومی و لومی رسی شنی) برای رشد صنوبر مناسب هستند. بافت خاک لومی شنی مناسب‌ترین شرایط را برای رشد گیاه فراهم می‌کند. خاک‌های با بافت سنگین تا خیلی سنگین با زهکشی ناقص شرایط نامناسبی برای رشد صنوبر می‌باشد. حداقل عمق خاک برای صنوبرکاری حدود یک متر است و عمق مناسب خاک از ۱/۵ متر به بالا می‌باشد. همچنین برای رشد صنوبر شرایط زهکشی مناسب و عدم وجود آب زیرزمینی بالا با حضور کاتیون‌های کلسیم و منیزیم کافی در خاک ضروری است. دامنه مناسب pH برای رشد صنوبر بین ۵/۵-۷ است که بیشتر شرایط خنثی تا کمی اسیدی را نیز می‌پسندد.

به نظر می‌رسد با توجه به چالش‌های جدی مربوط به تغییرات اقلیمی و کمبود آب در کشور، توسعه زراعت چوب به‌ویژه صنوبرکاری به‌صورت متمرکز و صنعتی در مناطق مستعد و در مناطقی که دارای تراکم کارخانه‌های بزرگ چوب، کارخانه‌های صنایع سلولزی و صنایع مربوط به فرآوری چوب صنوبر برای سهولت در فروش چوب باشد، با یک برنامه فراگیر و ملی می‌تواند علاوه بر تأمین نیازهای چوبی کشور و تأمین معیشت مردم، از جنگل‌های طبیعی نیز حفاظت کرد. چوب محصولی راهبردی و نیاز مبرم کشور است و سبب راه‌اندازی و فعالیت بسیاری از صنایع مرتبط می‌شود که برنامه‌ریزی برای تولید دائمی آن جزء اولویت‌های اصلی ارگان‌های اجرایی کشور است. نتایج این پژوهش برای مدیریت و برنامه‌ریزی کاشت و توسعه زراعت چوب در سطح کلان، ملی و منطقه‌ای بسیار کاربردی است.

منابع

- احمدلو، ف.، دهقان، ر.، صالحی، آ.، اسکندری، س. ۱۴۰۲. مساحی و بررسی متغیرهای زیست‌سنجی صنوبرکاری‌های استان گیلان. مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۱۵(۳): ۲۱۰-۱۹۵.
- احمدلو، ف.، رضایی، ع.، فرحپور، م.، کلاگری، م.، محرابی، آ. ۱۴۰۰. بررسی سطح و تولید صنوبرکاری‌های شهرستان صومعه‌سرا با استفاده از داده‌های میدانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۹(۱۸): ۱۵۹-۱۶۸.
- اسدی، ف. ۱۳۹۸. مبانی زراعت چوب صنوبر. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۲۴۲ صفحه.
- امین‌الملشی، م. ۱۳۹۷. تأثیر کود بر صفات رویشی نهال‌های صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides* Marsh.) و میزان ابتلا به آفات و بیماری‌های آن‌ها در نهالستان کیشهر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۶(۴): ۵۷۶-۵۶۵.
- باقری، ر. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کودهای مختلف (N,P,K) بر تولید ارقام برتر صنوبر در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه مدت ۴ ساله. گزارش نهایی طرح پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۳۷ صفحه.
- باقری، ر.، قاسمی، ر.، کلاگری، م.، مریخ، ف. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر دوره‌های مختلف آبیاری در عملکرد ارقام برتر صنوبر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۳): ۳۵۷-۳۶۹.

اراضی و خاک‌های مناسب صنوبر کاری / ۲۳

- حبیبی کاسب، ح. ۱۳۷۱. مبانی خاکشناسی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۴ صفحه.
- دانشور، ح.ع.، مدیررحمتی، ع.ر. ۱۳۸۸. اثر نمک‌های کلرور سدیم و کلرور کلسیم بر صفات رویشی و تجمع عناصر در برگ چهار ژنوتیپ صنوبر. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۲): ۲۰۹-۲۰۰.
- زرین کفش، م. ۱۳۸۷. ارزیابی تناسب، طبقه‌بندی و استعداد اراضی. انتشارات جهانگیر، ۱۷۴ صفحه.
- صالحی، آ.، کلاگری، م.، احمدلو، ف. ۱۳۹۷. تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد درختان تبریزی (*Populus nigra*) سه‌ساله در جنوب تهران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۶(۳): ۳۵۴-۳۴۴.
- عباسی، ح.ر.، خاکساریان، ف.، باقری، ر.، صالحی، آ.، اسدی، ف. ۱۴۰۲. ارزیابی تناسب سرزمین برای کاشت صنوبر. مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، تحت چاپ
- کلاگری، م.، صالحی شانجانی، پ.، بانج شفیعی، ش. ۱۳۹۶. مقایسه رشد دو گونه صنوبر (*Populus alba* و *Populus euphratica*) و هیبرید بین آنها در عرصه شور و غیر شور. مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۳۰(۱): ۱۵۴-۱۴۳.
- کلاگری، م.، میرآخورلو، خ.، صالحی، آ.، احمدلو، ف.، تیموری، س.، جعفری، ا.، اسکندری، س.، باقری، ر.، عراقی، م.ک.، خدایی، م.ب.، قاسمی، ر. ۱۴۰۱. اجرای برنامه ملی توسعه زراعت چوب ضرورتی برای حفاظت جنگل‌ها و تأمین مواد اولیه چوبی کشور. نشریه طبیعت ایران، ۷(۱): ۱۹-۹.
- گودرزی، غ.ر.، احمدلو، ف.، کلاگری، م. ۱۴۰۲. تعیین مناسب‌ترین فاصله کاشت کلن‌های موفق صنوبر در استان مرکزی براساس عملکرد تولید چوب. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۶(۱): ۸۹-۷۵.
- گیوی، ج. ۱۳۷۶. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی. نشریه فنی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب. شماره ۱۰۱۵، ۱۰۰ صفحه.
- مدیررحمتی، ع.ر.، پناهی، پ.، اعتماد، و.، امین‌پور، ط.، آقاجانی، ع. ۱۳۹۷. زراعت چوب، راهی مطمئن و پایدار برای تأمین چوب مورد نیاز کشور. نشریه طبیعت ایران، ۳(۲): ۷۶-۶۲.
- میرآخورلو، خ. ۱۳۹۸. بررسی پراکنش و مساحی صنوبرکاری‌های کشور با استفاده از داده‌های ماهواره Sentinel-2. گزارش نهایی طرح پژوهشی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۶۰ صفحه.

- Bona, K.A., Burgess, M.S., Fyles, J.W., Camire, C., Dutilleul, P. 2008. Weed cover in hybrid poplar (*Populus*) plantations on Quebec Forest soils under different lime treatments. *Forests Ecology and Management*, 255(7): 2761-2770.

- Dengiz, O., Gol, C., Sarioğlu, F.E., Ediş, S. 2010. Parametric approach to land evaluation for forest plantation: a methodological study using GIS model. *African Journal of Agricultural Research*, 5(12): 1482-1496.
- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation, *Soils Bulletin* 32. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, 72 p.
- Gu, R., Liu, Q., Pei, D., Jiang, X. 2004. Understanding saline and osmotic tolerance of *Populus euphratica* suspended cells. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 78(3): 261-265.
- Marron, N., Delay, D., Petit, J.M., Dreyer, E., Kahlem, G., Delmotte, F.M., Brignolas, F. 2002. Physiological traits of two *Populus × euramericana* clones, Luisa Avanzo and Dorskamp, during a water stress and re-watering cycle. *Tree Physiology*, 22(12): 849-858.
- Marron, N., Gielen, B., Brignolas, F., Gao, J., Johnson, J.D., Karnosky, D.F., Polle, A., Scarascia- Mugnozza, G., Schroeder, W.R., Ceulemans, R. 2014. Abiotic stresses: 337-442. In: Isebrands, J.G. and Richardson, J., (Eds.). *Poplars and Willows, Trees for Society and the Environment*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and CABI, Rome, Italy, 634 p.
- Nelson, L.E., Switzer, G.L., Lockaby, B.G. 1987. Nutrition of *Populus deltoides* plantation during maximum production. *Forest Ecology and Management*, 20(1-2): 25-41.
- Shock, C.C., Feibert, E.B.G., Seddigh, M., Saunders, L.D. 2002. Water requirements and growth of irrigated hybrid poplar in a semi-arid environment in eastern Oregon. *Western Journal of Applied forestry*, 17(1): 46-53.
- Silva-Correia, J., Azevedo, H., Lino-Neto, T., Manuel Tavares, R. 2012. Understanding heat stress tolerance of suspended cells in the model plant *Populus euphratica*. *International Scholarly Research Network*, ISRN Forestry, 5 p.
- Streng, E., Thevs, N., Aliev, K., Eraaliev, M., Lang, P., Baibagyssov, A. 2018. Water consumption of *Populus alba* trees in tree shelterbelt systems in Central Asia – a case study in the Chui Valley, South Eastern Kazakhstan. *Central Asian Journal for Water Resources*, 4(1): 48-62.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J., Beernaert, F. 1993. Land evaluation, Part III. Crop requirements. *Agricultural Publications* No. 7, General administration for development cooperation, Brussels, Belgium, 191 p.
- 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.
- Yadava, R.B. 1995. Effect of soil salinity and sodicity on growth and mineral nutrition of some poplar clones. *Indian Forester*, 121(4): 283-288.