مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال شانزدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۳
ص ۱۰۱-۸۷
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2023.351291.1880
مقاله پژوهشی

ارزیابی تناسب سرزمین برای کاشت صنوبر

حمیدرضا عباسی[۱*]، فرهاد خاکساریان[۲]، رضا باقری[۲]، آزاده صالحی[۳] و فرهاد اسدی[۴]

[۱] استادیار مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[۲] کارشناس ارشد، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[۳] استادیار مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[۴] دانشیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۸)

چکیده

مقدمه: با توجه به اجرای طرح استراحت جنگل‌های شمال کشور، تلاش‌ها برای افزایش تولید چوب در کشور با استفاده از درختان تندرشد مورد توجه قرار گرفته و تشویق مالکان اراضی برای کشت این درختان افزایش یافته است. صنوبرها به‌سبب ویژگی‌های بسیار ممتاز، همواره در میان تولیدکنندگان چوب جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند. پرسش اساسی این است که کدام اراضی برای کاشت گونه‌های تندرشد مناسب و اقتصادی است. هدف از این تحقیق با استفاده از روش کمّی ارزیابی اراضی برای گیاهان خاص، منتج از روش فائو، نیازهای گونهٔ صنوبر (*Populus nigra* L.) به‌عنوان یکی از رایج‌ترین گونه‌های تندرشد کشور تهیه و ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها: حدود نیازهای ادافیکی و اقلیمی این گونه با استفاده از منابع کتابخانه‌ای موجود، نتایج موجود در آزمایشگاه خاک مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و بازدیدهای میدانی (حفر خاک‌رخ) گردآوری و درجه‌بندی شد. درجه‌بندی کمّی ویژگی‌های اقلیمی و خاکی در پنج طبقهٔ مناسب (S_1)، تناسب متوسط (S_2)، تناسب کم یا بحرانی (S_3)، نامناسب نامشخص (N_1) و نامناسب دائمی (N_2) صورت گرفت. برای اعتبارسنجی نتایج، ارزیابی کمی تناسب اراضی برای صنوبرکاری در شش تیپ مهم خاک شامل قهوه‌ای جنگلی نوشهر، پدزولیک قهوه‌ای خاکستری با مواد آلی زیاد نوشهر، رگوسول آبرفتی چمستان، راندزین چمستان، پسدوگلی چالوس و کمبی‌سول آبرفتی کرج با روش پارامتریک (ریشهٔ دوم) انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که از نظر اقلیمی، صنوبر در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب به‌صورت دیم کشت می‌شود و مناطق دارای بارندگی بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر مناسب‌ترین شرایط را برای رشد به‌صورت دیم فراهم می‌کنند. در مناطق نیمه‌خشک با بارندگی کمتر به‌طور معمول از طریق آبیاری، نیاز آبی برآورده می‌شود. صنوبر از نظر دمایی به‌طور معمول در آب‌وهوای معتدل رشد می‌کند و مناسب‌ترین میانگین دما برای رشد آن بین ۱۶-۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد است. مناسب‌ترین خاک برای صنوبر، خاک دارای بافت سبک تا متوسط با ساختمان دانه‌ای یا مکعبی، با زهکشی مناسب تا سریع و نبود آب زیرزمینی زیاد با حضور کاتیون‌های کلسیم و منیزیم کافی است.

نتیجه‌گیری: خاک‌هایی با زهکشی ناقص و بافت سنگین تا خیلی سنگین شرایط مناسبی برای رشد صنوبر فراهم نمی‌کنند. از نظر ارزیابی کمّی نیز خاک‌های آبرفتی رگوسول با بافت متوسط که حاصل رسوبگذاری رودخانه‌ها در مخروط‌افکنه‌هاست مناسب‌ترین محیط را برای کاشت صنوبر فراهم کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، خاک، صنوبرکاری، سپیدار.

[*] نویسنده مسئول
شماره تماس: ۰۹۱۲۲۰۴۸۴۰۰
abbasi.hamidreza@ymail.com

مقدمه

منابع کرهٔ زمین محدود است و برای دستیابی به مناسب‌ترین تولید، ارزیابی تناسب اراضی ضرورت دارد (UN, 1986). ارزیابی سرزمین[1] (اراضی) پیش‌بینی عملکرد انواع خاص کاربری در طول زمان است (Van Diepen et al., 1991; Rossiter, 1996). ازآنجا که بیشتر روش‌های ارزیابی سرزمین در ابتدای سیر تحول خود توسط خاک‌شناسان ابداع شدند، نگاه اولیه بیشتر به‌سوی ارزیابی خاک‌ها بوده و با استفاده از خصوصیات خاک و برخی ویژگی‌های سرزمین، فرایند ارزیابی انجام گرفته است. با وجود این، تعیین همهٔ نیازهای رویشی گیاهان از نظر همهٔ جنبه‌های اکولوژیکی مانند نیازهای خاکی، اقلیمی، آبی و رویشگاهی به تحقیقات گسترده و متمرکز نیاز دارد. این تحقیقات در مورد گیاهان مرتبط با منابع طبیعی مانند گیاهان تندرشد و دارویی در مقایسه با محصولات کشاورزی بسیار کمتر انجام گرفته است.

به دنبال سیاستگذاری دولت در توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور و چالش تأمین نشدن چوب مورد نیاز صنایع، رویکرد زراعت چوب با استفاده از گونه‌های تندرشد مورد توجه قرار گرفته است. صنوبرها به سبب ویژگی‌های بسیار ممتاز، همواره در میان تولیدکنندگان چوب جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند (Calagari et al., 2022). بر این اساس تعیین نیازهای رویشی گونه‌های تندرشد در کشور می‌تواند به بهره‌بردارانی که تصمیم دارند اراضی خود را به زراعت چوب اختصاص دهند کمک شایانی کند. گونه‌های مختلف صنوبر، نیازهای اکولوژیکی متفاوتی دارند، ولی دو گونهٔ اورامریکن (*Poplus euramericana* (Dode) Guinier) و دلتوئیدس (*Populus deltoides* Marsh.) مخصوص مناطق شمالی کشور (گیلان و مازندران) و دو گونهٔ صنوبر تبریزی (*Populus nigra* L.) و صنوبر کبوده (*Populus alba* L.) برای زراعت چوب در مناطق نیمه‌خشک خارج از شمال کشور بیشتر مورد توجه هستند (Jahanpour et al., 2022; Yousefi & Kalagari, 2021; Goodarzi et al., 2013).

توان‌سنجی سرزمین برای استفاده‌های مختلف براساس ملاحظات فیزیکی، فنی و اقتصادی- اجتماعی را تناسب اراضی گویند (Makhdom, 2012). تناسب اراضی، هماهنگی بین ویژگی‌های سرزمین با نیازهای نوع خاصی از انواع استفاده‌هاست که در صورت منطبق بودن «مناسب»، و در صورت عدم تناسب به‌صورت «نامناسب» با درجه‌بندی‌های مختلف بیان می‌شود. برای بررسی ویژگی‌های سرزمین از «کیفیت اراضی[2]» استفاده می‌شود. برای بررسی ویژگی‌های سرزمین و تعیین تناسب اراضی از کیفیت اراضی[3] استفاده می‌شود. کیفیت اراضی با استفاده از چند خصوصیت اراضی[4] یا خاک به‌دست می‌آید، مانند آب قابل استفادهٔ خاک که با کمک نقطهٔ پژمردگی و ظرفیت زراعی محاسبه می‌شود. منظور از خصوصیت اراضی[5] ویژگی ساده سرزمین است که می‌توان آن را به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم (مانند دورسنجی، آماربرداری یا فهرست‌برداری) اندازه‌گیری کرد؛ مانند بافت خاک، مقدار سنگریزه، مادهٔ آلی، شیب، ارتفاع، جهت و غیره.

FAO (1976) در نشریهٔ *چارچوبی برای ارزیابی اراضی*، اراضی را به دو ردهٔ مناسب و نامناسب تقسیم کرده است. ردهٔ مناسب دارای سه کلاس کاملاً مناسب، تناسب متوسط و تناسب کم و ردهٔ نامناسب دارای دو کلاس نامناسب نامشخص و نامناسب دائمی است. Sys et al. (1993) نیازهای رویشی بیشتر محصولات کشاورزی را براساس ویژگی‌های خاک و اقلیم تهیه کرده و از روش‌های محدودیت ساده، حداکثر و روش پارامتریک (استوری و ریشهٔ دوم)[6]

1. Land

2. Land quality
3. Land quality
4. Land characteristic
5. Land characteristic
6. Storie and Square Root

برای تناسب اراضی استفاده کرده‌اند. این روش‌ها براساس نیازهای رویشی محصولات، تناسب اراضی را درجه‌بندی می‌کنند. نیازهای رویشی محصولات در دو دستهٔ ویژگی‌های اقلیمی (درجهٔ حرارت، رطوبت نسبی، تابش خورشید و بارندگی) و ویژگی‌های خاک و توپوگرافی (شیب، رطوبت، مشخصات فیزیکی خاک، مشخصات حاصلخیزی خاک و شوری و قلیایت) تهیه می‌شوند که ممکن است با توجه به اهداف ارزیابی، ویژگی‌های دیگری نیز اضافه یا کم شوند. در روش ارزیابی اراضی برای جنگلداری (FAO, 1984)، نیازهای رویشی تولید چوب شامل تابش، دما، رطوبت خاک، زهکشی، حاصلخیزی رویشگاه، شرایط توزیع ریشه، شوری و سدیمی، مواد سمی، خطرهای اقلیمی مانند آتش‌سوزی، یخزدگی، بادخیزی، خطرهای سیل‌گیری، لغزش و آفات و بیماری‌هاست.

پژوهش‌های به‌نسبت زیادی در داخل و خارج از کشور دربارهٔ تناسب اراضی با روش پارامتریک برای محصولات کشاورزی انجام گرفته است (Sys et al., 1993؛ Dialami & Givi, 2020؛ Shahbazi & Jafarzadeh, 2004؛ Sarmadian et al., 2004؛ Seyedmohammadi & Esmaeelnejad, 2014). اما برای گونه‌های مرتبط با بخش منابع طبیعی مانند گیاهان تندرشد (صنوبر، بید، اکالیپتوس) و دارویی، پژوهش‌ها بسیار محدود است. این در حالی است که بخشی از گونه‌های درختی و بوته‌ای ارزش اقتصادی فراوان دارند و کاشت آنها با توجه به تغییرات اقلیمی و افت کمی و کیفی منابع آبی، مزیت نسبی یافته‌اند. Dayawansa & Ekanayake (2003) برای شناسایی مناطق مناسب تولید چوب از ویژگی‌های اقلیم، شیب، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی در تهیهٔ نقشهٔ تناسب اراضی منطقه‌ای در سریلانکا بهره جستند. آنها گزارش کردند که بیشتر محدودهٔ بررسی‌شده برای تولید چوب نامناسب است. Dengiz et al. (2010) از روش پارامتریک برای ارزیابی تناسب چند گونهٔ جنگلی در جنوب غربی ترکیه بهره جستند. Asadi (2019) مهم‌ترین عوامل مؤثر بر صنوبرکاری را خاک، بارندگی، محدودیت‌های اقلیمی، استفاده در گذشتهٔ زمین، دوری و نزدیکی به بازار مصرف و وضعیت توپوگرافی می‌داند.

این مقاله سعی دارد نیازهای رویشی صنوبر را به‌عنوان رایج‌ترین گونهٔ تندرشد در کشور با استفاده از داده‌های کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی تهیه کند. در حال حاضر سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، مالکان اراضی غیرکشاورزی و جنگلی در شمال کشور را به کاشت صنوبر برای تولید چوب تشویق می‌کند و امید است این مقاله اطلاعات مناسبی را از دیدگاه خاک و تناسب اراضی در اختیار تولیدکنندگان صنوبر و کسانی که برای اولین بار تصمیم به کاشت آن دارند قرار دهد تا در انتخاب زمین مناسب برای تولید چوب دچار اشتباه نشوند؛ یعنی صنوبرکاران می‌توانند با استفاده از اطلاعات و نتایج تجزیهٔ خاک، تناسب زمین و تا حدودی میزان قابل انتظار تولید چوب را در مزارعی که قبلاً اختصاص به کاشت صنوبر نداشته پیش‌بینی کنند.

مواد و روش‌ها

شیوهٔ اجرای پژوهش

در ابتدا حدود نیازهای ادافیکی و اقلیمی صنوبر با استفاده از منابع کتابخانه‌ای موجود، نتایج موجود در آزمایشگاه خاک مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در قلمرو کاشت گونهٔ صنوبر و بازدیدهای میدانی (حفر خاک‌رخ) گردآوری و درجه‌بندی شدند. بدین منظور با تفسیر خصوصیات خاک و اقلیم در مهم‌ترین رویشگاه‌های صنوبر تبریزی کشور (استان‌های البرز، زنجان و آذربایجان غربی) براساس روش Sys et al. (1993)، درجه‌بندی شاخص‌های خاک و اقلیم به‌صورت کمّی صورت گرفت. مهم‌ترین خصوصیات خاک و اراضی مؤثر بر رشد صنوبر شامل توپوگرافی (درصد شیب)، رطوبت خاک (خطر

سیل‌گیری، کلاس زهکشی، سطح آب زیرزمینی، تعداد روزهای ماندابی شدن)، خصوصیات فیزیکی خاک (بافت، ساختمان، درصد سنگ و سنگریزه، عمق خاک، درصد آهک)، استعداد حاصلخیزی خاک (ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد اشباع بازی، مجموع کاتیون‌های اصلی، pH، درصد کربن آلی) و خطر شوری و سدیمی (EC و درصد سدیم تبادلی ESP) بین صفر تا ۱۰۰ درجه‌بندی و تعیین کلاس تناسب شدند. کلاس‌ها شامل مناسب (S_1) بین ۸۵ تا ۱۰۰، تناسب متوسط (S_2) بین ۶۰ تا ۸۵، تناسب کم یا بحرانی (S_3) بین ۴۰ تا ۶۰، نامناسب نامشخص (N_1) بین ۲۵ تا ۴۰ و بدترین شرایط یا نامناسب دائمی (N_2) بین ۰ تا ۲۵ هستند. منظور از نامناسب نامشخص، شرایطی است که ممکن است با صرف هزینه بتوان خاک را اصلاح کرد یک یا دو کلاس تناسب اراضی را بهبود بخشید. کلاس مناسب (S_1) به دو زیرکلاس شرایط کاملاً مطلوب (کاملاً مناسب) با درجهٔ بین ۹۵ تا ۱۰۰ و کلاس مناسب با درجهٔ بین ۸۵ تا ۹۵ تقسیم شده است. خصوصیات اقلیمی استفاده‌شده در ارزیابی تناسب اراضی شامل مجموع میانگین سالانهٔ بارش برحسب میلی‌متر و میانگین دما برحسب سانتی‌گراد با بررسی آمار هواشناسی ایستگاه‌های هواشناسی مهم‌ترین رویشگاه‌های صنوبر در کشور شامل کرج، زنجان، ارومیه، بجنورد، صومعه‌سرا، گلپایگان و خسبیجان اراک به‌دست آمد. برای درجه‌بندی کلاس‌های تناسب در بخش خاک، شش تیپ خاک برجسته در شمال کشور و کرج انتخاب و ارزیابی کمّی شدند. این تیپ‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که بیشتر قلمرو خاک‌های شمال و مرکز کشور را در برگیرد که ممکن است به کشت صنوبر اختصاص داده شوند. برای انتخاب این شش تیپ خاک، از نتایج موجود در منابع کتابخانه‌ای (گزارش‌های نهایی طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌ها) استفاده شد. این خاک‌ها شامل قهوه‌ای جنگلی (Mollic Hapludalfs)، پدزولیک قهوه‌ای خاکستری با مواد آلی زیاد (Aquic Hapludalfs) در منطقهٔ نوشهر (Kiadaliri, 2006)، رگوسول آبرفتی (Mollic Udifluvents) و راندزین (Typic Rendolls) در چمستان (Abbasi, 2002) و کمبی‌سول آبرفتی (Typic Haplocambids) در کرج Bagheri et al., (2012) هستند. برای تکمیل اطلاعات، یک خاک‌رخ در تیپ خاک پسدوگلی (Aquic Hapludalfs) در حاشیهٔ جنگل‌های پست جنوب غربی چالوس حفر و سه نمونه از افق‌های مختلف آن در آزمایشگاه خاک تجزیه و ارزیابی شد. برخی از برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و ویژگی‌های اراضی در جدول ۱ ارائه شده است.

در ادامه، ارزیابی تناسب کمی خاک به‌روش پیشنهادی فائو، ارزیابی پارامتریک ریشهٔ دوم (رابطهٔ ۱) انجام گرفت (FAO, 1983 & 1984). به‌طوری‌که ویژگی‌های شش خاک انتخابی با نیازهای خاک و اقلیم (جدول‌های ۳ و ۴) مقایسه و امتیازبندی شدند.

رابطهٔ ۱ $$FI = Rmin\sqrt{A\times B\times C\times .....}$$

FI: شاخص نهایی، R_{min}: کمترین درجه در بین خصوصیات مختلف و A، B، C: درجه‌های خصوصیات مختلف خاک هستند که از جدول‌های ۳ و ۵ به‌دست می‌آیند. در نهایت برای تعیین کلاس نهایی تناسب از جدول ۲ استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و اراضی بررسی‌شده

Table 1. Physical and chemical characteristics of the studied soils and lands

تیپ و موقعیت خاک‌ها Soil / خصوصیات فیزیکی و شیمیایی Soil Properties	قهوه‌ای جنگلی نوشهر (Mollic Hapludalfs)	پدزولیک قهوه‌ای خاکستری نوشهر (Aquic Hapludalfs)	پسدوگلی چالوس (Typic Hapludalfs)	رگوسول آبرفتی چمستان (Mollic Udifluvents)	رندزین چمستان (Typic Rendolls)	کمی‌سول آبرفتی Typic) (Haplocambids
شیب (درصد) Slop	2-5	5-8	2-5	0-2	5-8	0-2
کلاس زهکشی Drainage	خوب well	متوسط moderately	ضعیف weak	به نسبت سریع Slightly fast	خوب well	خوب well
عمق آب زیرزمینی (متر) Ground Water (m)	35	4	0.75	8	46	185
بافت خاک Texture	L	C.L	S.C.L	L	C.L	L
ساختمانStructure	دانه‌ای متوسط granular	مکعبی گوشه‌دار Sub angular block	توده‌ای massive	دانه‌ای به‌همراه مکعبی blocky with granular	دانه‌ای به‌همراه مکعبی blocky with granular	مکعبی block
سنگ و سنگریزه (درصد) Stone and gravel %	2	2	2	15-35	2-5	10-15
عمق خاک (سانتی‌متر) Depth (cm)	130	150	150	120	105	80-120
درصد آهک (T.N.V.)	0	0	0.5	3	4	28
pH	6.6	6.6	6.3	7.5	7.2	7.7
کربن آلی C (٪)	2.15	3.3	2.2	8	3	0.98
هدایت الکتریکی(ds/m) ECe	0.6	0.59	0.5	0.8	0.8	2.01
ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmol(+)/kg clay)	24	33	32	39	38	28

جدول ۲- کلاس‌های تناسب اراضی

Table 2. Land suitability classes

کلاس‌های تناسب	علامت	شاخص اراضی
مناسب (Suitable)	S_1	75-100
به‌نسبت مناسب (Moderately suitable)	S_2	50-75
تناسب بحرانی (Marginally suitable)	S_3	25-50
نامناسب (Non suitable)	N	0-25

نتایج

برای تعیین نیازهای رویشی صنوبر تبریزی، بیست خصوصیت خاک و دو شاخص اقلیمی درجه‌بندی شدند. ذکر این نکته ضروری است که خصوصیات خاکی ارائه‌شده برای صنوبرکاری‌های متمرکز و گسترده به‌منظور تولید چوب در سطح مزارع است، نه استقرار و زنده‌مانی به‌صورت پراکنده. ممکن است سطوح و درجات کلاس‌ها در آینده با پژوهش‌های بیشتر، تغییراتی جزئی کنند یا با شرایط محلی و گونه‌های دیگر صنوبر وفق داده شوند.

نیازهای اقلیمی

حدودبندی شاخص‌های میانگین مجموع بارش و متوسط دمای سالانه برای رشد صنوبر در جدول ۳ ارائه شده است. از نظر اقلیمی، صنوبر در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب به‌صورت دیم کشت می‌شود و

مناطق دارای بارندگی بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی‌متر مناسب‌ترین شرایط را برای رشد صنوبر به‌صورت دیم فراهم می‌کنند. در مناطق نیمه‌خشک با بارندگی کمتر به‌طور معمول از طریق آبیاری، نیاز آبی صنوبر برآورده می‌شود. تولید و بهره‌وری مصرف آب درختان، به میزان در دسترس بودن رطوبت بستگی دارد. با بروز فصل خشک و شرایط غرقابی، رشد صنوبر کاهش می‌یابد. Strenge et al. (2018) میانگین مصرف روزانهٔ آب *P. alba* در دره چوی قزاقستان را ۴/۸-۲/۶ میلی‌متر در روز گزارش کرده‌اند. Bagheri et al. (2012) نیاز آبی صنوبر تبریزی را در شرایط استان البرز (کرج) بین ۱۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر مکعب در سال برآورد کرده‌اند. همچنین مناطق دارای بارندگی کمتر از ۳۷۵ میلی‌متر در طول فصل رشد برای زراعت صنوبر در سطح گسترده مناسب نیستند، مگر آنکه رطوبت لازم از طریق آبیاری یا سفره‌های آب زیرزمینی تأمین شود (Asadi, 2019).

از نظر دمایی، صنوبرها گیاهانی هستند که به‌طور معمول در آب‌وهوای معتدل رشد می‌کنند. مناسب‌ترین دما برای رشد آنها در مناطق دارای میانگین سالانهٔ بین ۱۶-۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد است. نگاهی به میانگین دما (برحسب درجهٔ سانتی‌گراد) در مهم‌ترین مناطق صنوبرکاری در کشور مانند کرج (۱۴/۱)، زنجان (۱۲/۱)، ارومیه (۱۲/۵)، بجنورد (۱۴/۱)، صومعه‌سرا (۱۵)، گلپایگان (۱۲/۶)، خسبیجان اراک (۱۴) نیز این امر را نشان می‌دهد. این در حالی است که در مناطق گرم‌تر یا سردتر تولید صنوبر کمتر می‌شود، هرچند این‌گونه مناطق خنک را بر مناطق گرم ترجیح می‌دهد. این اطلاعات نیازمند تکمیل از نظر ساعات آفتابی و رطوبت نسبی با توجه به فنولوژی گونه در آینده است.

نیازهای خاکی

نتایج نیازهای خاکی صنوبر که با استفاده از اطلاعات خاک‌های تحت صنوبرکاری تهیه شد در جدول ۵ ارائه شده است. جنگلکاری‌های برجستهٔ صنوبر به‌طور معمول در محیط‌های آبرفتی دره‌ای و غیردره‌ای دشت‌های سیلابی و رسوبی مسطح واقع شده‌اند و هرچند توانایی استقرار در شیب به‌صورت تک‌پایه‌های منفرد یا چندتایی را نیز دارند، مناسب‌ترین رویشگاه‌ها دارای شیب بسیار کم و بدون جهت هستند. بنابراین دشت‌های مسطح فاقد شیب و جهت، مناسب‌ترین رویشگاه‌های این گونه هستند. بر این اساس از نظر توپوگرافی مناسب‌ترین مناطق برای صنوبرکاری‌های مجتمع کمتر از ۲ درصد که ویژگی بارز دشت‌های آبرفتی است در نظر گرفته شد. آبرفت‌های بادبزن‌شکل سنگریزه‌دار رودخانه‌ای نیز که محل مناسبی برای رشد صنوبر است کمتر از ۵ درصد شیب دارند. از نظر خطر سیل‌گیری، صنوبرها می‌توانند به‌طور محدود چند روز سیل را در مخروط‌افکنه‌های رودخانه‌ای تحمل کنند، ولی اگر زمان ماندابی شدن افزایش یابد گیاه آسیب می‌بینند. به‌طور معمول آب‌های جاری حاوی اکسیژن کافی برای ریشه‌های فعال مفید است، ولی آب‌های راکد ماندابی سبب خفگی ریشه‌های فعال می‌شوند. بر همین اساس محدودیت خطر سیل‌گیری ارائه‌شده از سوی FAO (1976) در مورد رویشگاه‌های صنوبر راستی‌آزمایی و استفاده شد. طبقات محدودیت‌های ناشی از سیل‌گیری در جدول ۴ آمده است.

جدول ۳- طبقه‌بندی تناسب ویژگی‌های اقلیمی برای صنوبر

Table 3. Classification of climate suitability evaluation for Poplar

علامت تناسب Code	S1		S2	S3	N1	N2
شرح کلاس تناسب Suitability Classes	بسیار مناسب Very Well	مناسب well	به‌نسبت مناسب Moderately suitable	تناسب کم Low suitable	نامناسب نامشخص Currently not suitable	نامناسب دائمی Permanently not suitable
امتیاز شاخص اراضی Value of land index	95-100	85-95	60-85	40-60	25-40	<25
بارندگی سالانه Rainfall(mm)	>1800	1500-1800	1000-1500	375-1000	-	<200
میانگین درجهٔ حرارت سالانه (سانتی‌گراد) (°C) Mean of temperature	13-14 14-15	11-13 15-16	8-10 16-17	5-7 17-18	-	<3 >22

جدول ۴- محدودیت‌های ناشی از عوارض سیل (Givi, 1997)

Table 4. The limitations or flooding hazard

محدودیت Limitation	شرح Description
بدون محدودیت (F0) Without	سطح زمین از بالاترین سطح آب جریان سطحی دست‌کم تا ۱ متر مرتفع‌تر است. The ground level is at least 1 meter above the highest surface water level
محدودیت کم (F1) Low	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 The land level is above the usual highest water level, but occasionally impacts the land briefly (less than 1-2 months).
محدودیت متوسط (F2) Moderate	متوسط بالاترین سطح آب تقریباً با سطح زمین برابری می‌کند و اغلب (بیش از ۵ سال در یک دهه) سیلاب زمین را برای یک دورهٔ ۱ تا ۳ ماهه تحت تأثیر قرار می‌دهد. The average highest water level is nearly the same as the land surface, and floods often impact the land for 1 to 3 months, occurring more than 5 times in a decade..
محدودیت شدید (F3) Severe	سطح زمین ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از متوسط بالاترین سطح آب پایین‌تر است، به‌طوری‌که هرساله سیلاب زمین را به‌مدت ۲ تا ۴ ماه می‌پوشاند. The ground level is 20 to 30 cm lower than the average highest water level, so that every year the flood covers the ground for 2 to 4 months.
محدودیت خیلی شدید (F4) Very severe	سطح زمین بیش از ۳۰ سانتی‌متر از متوسط بالاترین سطح آب پایین‌تر است، به‌طوری‌که هرساله سیلاب زمین بیش از ۲ ماه و در اغلب سال‌ها بیش از ۴ ماه تحت هجوم سیل است. The land surface lies over 30 cm below the average highest water level, causing annual flooding for over 2 months and often exceeding 4 months

خطر ماندابی شدن کامل نیمرخ خاک برای بیش از یک هفته می‌تواند به ریشه‌های صنوبر آسیب برساند. در بررسی خاک رخ‌ها، موقعیت قرارگیری افق گلی[1] که با حرف g مشخص می‌شود نشان‌دهندهٔ شرایط ماندابی است و اهمیت خاصی در صنوبرکاری دارد. به‌طور معمول افق‌های Bg و Cg در خاک‌های گلی، پسدوگلی که دارای لکه‌های رنگی (ماتلینگ) هستند نشان‌دهندهٔ حالت ماندابی است. لکه‌های رنگی قرمز، خاکستری و سیاه در اثر شرایط اکسیداسیون و احیای آهن، کروم و منگنز به وجود می‌آیند و برای صنوبر مناسب نیستند. برای تعیین محدودیت زهکشی خاک، باید به سطح آب زیرزمینی و نیز به موقعیت لایه‌های با نفوذپذیری کم (بافت‌های خیلی سنگین و سنگین) در پروفیل خاک توجه شود. اگر وسعت لکه‌های رنگی بیش از ۶۰ درصد افق یا لایه را تشکیل داده باشند خاک دارای شرایط هیدرومورفی است که برحسب اینکه در چه اعماقی از خاک این شرایط مشاهده شود محدودیت‌های مربوط به

1. Gely

زهکشی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند. اگر لکه‌های رنگین در عمق ۲/۱ - ۲ سانتیمتری باشند، خاک دارای محدودیت زهکشی کم، اگر در عمق ۷۵ – ۱/۲ سانتیمتری باشند، خاک دارای محدودیت زهکشی متوسط و اگر در عمق کمتر از ۷۵ سانتیمتری از سطح خاک باشند، خاک دارای محدودیت زهکشی زیاد است.

کلاس‌های زهکشی به‌ترتیب خیلی سریع، سریع، خوب، متوسط، ناقص، ضعیف و خیلی ضعیف است که کلاس‌های زهکشی ضعیف و خیلی ضعیف برای توسعهٔ صنوبر نامناسب‌اند. اگر زهکشی خاک ناقص بوده و آب زیرزمینی بین ۳۰ تا ۷۵ سانتی‌متری سطح خاک نوسان داشته باشد، مقدار تولید و رشد گیاه کاهش می‌یابد. اگر سطح آب زیرزمینی در فصل رویش کم باشد مقدار تأثیر آن کم است که در این شرایط بافت خاک اثر مهمی دارد.

مهم‌ترین مشخصات فیزیکی خاک که بر رشد تأثیر دارند، بافت، ساختمان، درصد سنگ و سنگریزه، عمق خاک، مقدار آهک و گچ است. تأثیر بافت خاک از نظر تأمین مواد غذایی و زهکشی بر صنوبرکاری اهمیت دارد. مقدار رس به‌عنوان یکی از سه جزء تشکیل‌دهندهٔ بافت خاک در تأمین حاصلخیزی خاک اهمیت دارد؛ ولی از سوی دیگر بافت‌های سنگین که دارای رس زیاد هستند در صورت مرطوب بودن، زهکشی ناقصی دارند. مناسب‌ترین بافت‌های خاک برای صنوبرکاری لومی شنی و لومی شنی ریز و سپس لومی، لومی رسی شنی و لومی شنی درشت است که در مجموع جزو گروه بافت‌های سبک تا متوسط هستند. بافت‌های بسیار سنگین رسی و رسی سیلتی که بیش از ۶۰ درصد رس دارند به‌دلیل ایجاد شرایط ضعیف زهکشی و نبود تهویه، مناسب نیستند. بافت‌های متوسط سیلتی دارای تناسب متوسطی برای صنوبرکاری هستند.

بهترین ساختمان خاک در کشاورزی ساختمان دانه‌ای است که دانه‌های خاک طوری کنار هم آرایش یافته‌اند که عبور آب‌وهوا به‌راحتی امکان‌پذیر است. بدترین ساختمان از نظر رویشی نیز ساختمان‌های ستونی و منشوری است که در خاک‌های شور و سدیمی مشاهده می‌شود. وجود قطعات درشت سنگ و سنگریزه تا ۱۵ درصد تأثیر مهمی بر رشد صنوبر ندارد و مقدار بیشتر از آن به‌سبب ایجاد دشواری در استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی، ایجاد محدودیت می‌کند. خاک‌های بیش از ۷۵ درصد سنگ و سنگریزه برای صنوبرکاری نامناسب‌اند. برای محاسبهٔ مقدار سنگ و سنگریزه باید به عامل وزنی توجه شود (Givi, 1997). برای خاک‌های کمتر از ۲۵ سانتی‌متر متوسط حجمی آن ارزیابی می‌شود و برای دیگر خاک‌ها عامل وزنی برای درختان در عمق ۱۵۰ سانتی‌متری یا بیشتر از لایهٔ نفوذناپذیر محاسبه می‌شود.

عمق خاک تأثیر بسزایی در رشد گیاه دارد. خاک‌های عمیق تکامل‌یافته بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر محیط مناسبی برای رشد ریشه فراهم می‌کنند. سخت‌لایه‌هایی که مانع رشد ریشه می‌شوند در محدود کردن رشد صنوبر تأثیر دارند. سخت‌لایه‌ها به‌طور معمول از مواد نرم مانند رس، گچ و آهک یا از جنس سخت سنگ بستر مانند پتروکلسیک و پتروجیپسیک تشکیل شده‌اند. عمق قرارگیری سخت‌لایه‌ها اندازهٔ عمق قابل استفادهٔ ریشه را مشخص می‌کند.

گونهٔ صنوبر به آهک خاک تمایل دارد، ولی اگر مقدار کربنات کلسیم به بیش از ۵ درصد برسد در جذب تعداد بی‌شماری از عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، روی و منگنز اختلال ایجاد می‌کند (Zarinkafsh, 2008). بر همین اساس طبقه‌بندی تناسب به‌نحوی صورت گرفت که مقدار آهک کمتر از ۵ درصد، مناسب و بیشتر از آن با کاهش درجات تناسب همراه است. گچ تا کمتر از ۵ درصد هیچ نوع تأثیری بر کاهش عملکرد ندارد (FAO, 1983)، ولی شاید بهترین مقدار ۲ درصد باشد (Zarinkafsh, 2008). افزایش بیش از ۵ درصد گچ به سبب افزایش اسیدیتهٔ خاک موجب کاهش عملکرد می‌شود. خاک‌های بیش از ۷۵ درصد گچ برای رویش کاملاً نامناسب‌اند.

مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر حاصلخیزی خاک

صنوبرکاری‌ها شامل ظرفیت تبادلی کاتیونی، درصد اشباع بازی، اسیدیته و کربن آلی خاک است. عناصر حاصلخیزکنندهٔ ازت، فسفر و پتاسیم به دلیل امکان استفاده از کود و اعمال مدیریت در خاک توسط صنوبرکاران، در بررسی تناسب کیفی استفاده نمی‌شوند. به‌نظر می‌رسد که گونهٔ صنوبر از نظر کودی پرتوقع نیست. برای مثال Amin Amlashi (2019)اضافه کردن کودهای شیمیایی در خزانه‌های صنوبر را به‌سبب شیوع آفات و بیماری‌ها لازم ندانسته است. از نظر تنوع کودی نیز Bagheri (2010) تفاوت معنی‌داری در رشد کلن‌های مختلف صنوبر در مقابل ترکیبات کودی مختلف در ایستگاه البرز مشاهده نکرده است. محیط‌های آبرفتی رودخانه‌ای که محل مناسبی برای صنوبرکاری است نیز به‌طور پیوسته توسط آب‌های جاری شست‌وشو می‌شوند. Nelson (1987) معتقد است که بیشترین نیاز کودی صنوبرها به‌صورت کشت انبوه بین پنج تا شش‌سالگی اتفاق می‌افتد.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) شاخصی مفید برای حاصلخیزی خاک است، زیرا توانایی خاک را برای تأمین سه عنصر غذایی مهم کلسیم، منیزیم و پتاسیم برای گیاه نشان می‌دهد. غلظت کاتیون‌ها برحسب سانتی‌مول بار مثبت به‌ازای هر کیلوگرم خاک (cmol(+)/kg) بیان می‌شود. این اندازه‌گیری معادل واحد میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک (me/100) است که قبلاً استفاده می‌شد. مقدار بیشتر از ۱۰ سانتی‌مول بار مثبت به‌ازای هر کیلوگرم خاک برای تولید گیاه ترجیح داده می‌شود. به‌طور معمول خاک‌های با بافت سنگین با مقدار زیاد رس متورم دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بیش از ۲۵ سانتی‌مول بار مثبت به‌ازای هر کیلوگرم خاک هستند و چون صنوبر در خاک‌های سنگین و بسیار سنگین محدودیت رشد دارد، حد بالایی ۲۴ سانتی‌مول بار مثبت به‌ازای هر کیلوگرم خاک مناسب‌ترین مقدار در نظر گرفته شد. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق ۵۰ سانتی‌متری به بالا باید اندازه‌گیری شود.

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

مناسب‌ترین pH برای صنوبرکاری ۷-۵/۵ یعنی محدودهٔ خاک‌های خنثی است (Asadi, 2019). pHهای بیشتر و کمتر از این محدوده موجب اختلال در جذب عناصر غذایی می‌شود. در pHهای زیاد، جذب فسفر، آهن و منگنز دچار اختلال می‌شود و pH های کمتر از ۴/۵ برای صنوبرکاری نامناسب‌اند (Asadi, 2019). با افزایش و کاهش اسیدیته شرایط برای جذب برخی عناصر محدود می‌شود که کاهش تولید را در پی دارد.

مقدار رشد صنوبر در خاک‌های مبتلا به شوری کاهش می‌یابد (Salehi et al., 2018; Salehi & Ahmadloo, 2022; Calagari et al., 2017). مقدار هدایت الکتریکی بر اساس تعریف ارائه‌شده توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده برای خاک‌های شور، حداکثر ۲ دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است، ولی در ایران مقدار کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر برای خاک‌های بدون محدودیت شوری در نظر گرفته شده است. با افزایش هدایت الکتریکی از ۲ دسی‌زیمنس بر متر مقدار تولید صنوبر کاهش می‌یابد و در بیشتر از ۵ دسی‌زیمنس بر متر، صنوبرها با محدودیت رشد مواجه می‌شوند و تنها واریته‌های مقاوم به شوری توانایی رشد دارند (Jafari Mofidabadi, 2015). خاک‌های سدیمی دارای اسیدیتهٔ بیشتر از ۸/۵ و مقدار درصد سدیم تبادلی (ESP) بیش از ۱۵ درصد، برای کاشت صنوبر نامناسب‌اند. مناسب‌ترین خاک‌ها برای استقرار صنوبر کمتر از ۸ درصد سدیم تبادلی هستند.

جدول ۵- طبقه‌بندی تناسب ویژگی‌های خاکی صنوبر

Table 5. Classification of soil suitability for Poplar

کیفیت اراضی Land quality	خصوصیات خاک Soil Characteristics	کلاس‌های خاک، درجه محدودیت‌ها و دسته‌بندی (Soil classes, Limitations and groups)					
تناسب Suitability	علامت Code	S_1 (Suitable)		S2 (Moderately)	S3 (Low)	N_1 (Currently not suitable)	N_2 (Permanently not suitable)
	کلاس Class	بسیار مناسب	مناسب	به‌نسبت مناسب	تناسب کم	نامناسب نامشخص	نامناسب دائمی
	امتیاز شاخص اراضی Land index	95-100	85-95	60-85	40-60	25-40	<25
توپوگرافی (t) Topography	شیب (درصد)Slop	0-1	1-2	2-5	5-8	-	>12
رطوبت Soil moisture	سیل‌گیری Flooding	F0	-	F1	F2	F3	F4
	زهکشی Drainage	خوب well	خوب well	متوسط Moderately	ناقص و با تهویه Weak	ضعیف اما قابل زهکشی Weak	خیلی ضعیف و غیرقابل زهکشی Very Weak
	سطح آب زیرزمینی Ground water (m)	>5	>3	>2	>1	-	-
	زمان ماندابی شدن (هفته در سال) Ponding (w/y)	<1	1-2	3-5	6-9	-	>10
مشخصات فیزیکی خاک (s) Soil Physical properties	بافت Texture	-لومی شنی -لومی شنی ریز LS, fSL	- لومی -لومی رسی شنی لومی شنی درشت cSL, SCL, L	-سیلتی -لومی سیلتی SiL, Si	-شنی S -شنی ریز fS -لومی رسی سیلتی SiCL	-رسی شنی -لومی رسی SC, CL	- رسی C -رسی سیلتی - بیش از ۶۰ درصد رس SiC
	ساختمان Structure	دانه‌ای granular	مکعبی زاویه‌دار blocky	مکعبی زاویه‌دار با گوشه Sub angular block	بشقابی، توده‌ای، پراکنده Massive	منشوری Prismatic	ستونی Columnar
	سنگ و سنگریزه Gravel%	<10	<15	15-35	35-55	>55	>75
	عمق خاک Depth (cm)	>150	!20-150	80-120	50-80	10-25	<10
	آهک (%) T.N.V	0-3	3-5	6-10	11-20	-	>60
	گچ (%) CaSo4	0-3	3-5	6-10	11-15	-	>75
مشخصات حاصلخیزی خاک Soil fertility characteristics	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmol(+)/kg clay)	>24	16-24	<(-)16	<(+)16	-	-
	درصد اشباع بازی BS(%)	>50	35-50	20-35	<20	-	-
	مجموع کاتیون‌های اصلی Tc (cmol(+)/kg soil)	>4	2.8-4	1.6-2.8	<1.6	-	-
	pH (الکترود آب)	6-6.5	5.5-6 6.5-7	5.0-5.4 7.1-7.5	4.5-4.9 7.6-8	<4.4 -	- >8.5
	کربن آلی (C)%	>2	1.2-2	0.8-1.2	<0.8	-	-
شوری و قلیاییت Salinity	هدایت الکتریکی ECe (ds/m)	0-1	1-2	2-3	3-4	-	>5
	درصد سدیم تبادلی ESP	0-5	5-8	9-13	13-15	-	>20

ارزیابی کیفی خاک‌ها

ارزیابی هفت تیپ خاک مهم در شمال کشور و کرج در جدول ۶ به‌صورت کمّی نشان داده شده است. اولین تیپ خاک، نوعی خاک قهوه‌ای جنگلی در اطراف نوشهر است. این نوع خاک‌ها بخش بزرگی از خاک‌های شمال کشور را تشکیل می‌دهند که بیشتر در زیر جنگل‌های اشکوب میانی جنگل‌های هیرکانی یافت می‌شوند. این خاک‌ها به‌سبب داشتن زهکشی مناسب، عمق مناسب، وجود عناصر حاصلخیزکننده، کلسیم و منیزیم کافی (به‌شرط وجود سنگ بستر آهکی یا دولومیت) و ظرفیت تبادل کاتیونی مناسب دارای شرایط مناسبی برای صنوبرکاری است. بافت خاک در خاک بررسی‌شده سنگین است که سبب کاهش تناسب می‌شود. البته این بدان معنا نیست که خاک‌های قهوه‌ای جنگلی شمال کشور که به جنگل اختصاص دارند باید به صنوبرکاری تبدیل شوند. مناطقی که قبلاً دارای جنگل بوده و در حال حاضر بدون پوشش جنگلی است، مانند اطراف روستاها، اگر صنوبرکاری شود دارای توان مناسب (S_1) خواهد بود. دومین تیپ خاک بررسی‌شده، خاک پدزولیک قهوه‌ای خاکستری یا قهوه‌ای شسته‌شده در اطراف نوشهر است که به‌دلیل داشتن زهکشی ضعیف و بافت خاک سنگین، تناسب کمی برای کاشت صنوبر دارند. همچنین خاک‌های پسدوگلی شمال کشور که شرایط زهکشی خیلی ضعیف، به‌دلیل خطر ماندابی شدن کامل نیمرخ خاک برای چند هفته که به ریشه‌ها آسیب می‌رساند، از نظر تولید صنوبر نامناسب است. در نیمرخ این خاک‌ها وجود افق گلی و لکه‌های سیاه که نشان‌دهندهٔ اکسید منگنز است کاملاً محرز است.

جدول ۶- نتایج ارزیابی تناسب اراضی براساس عامل‌های خاک و زمین برای صنوبر

Table 6. The results of evaluating land suitability based on soil and land factors for poplar

تیپ خاک Soil Types	خصوصیات خاک و اراضی (Soil and land characteristics)															ضریب نهایی Final factor	کلاس تناسب Final class
	شیب slope	سیل گیری Flooding	زهکشی Drainage	آب زیرمینی Water table	ماندابی ponding	بافت Texture	ساختمان Structure	قطعات درشت Grave	عمق خاک Soil Depth	آهک (T.N.V(Caso4	pH	کربن آلی Organic Carbon	ECe	CEC		
قهوه‌ای جنگلی نوشهر Mollic Hapludalfs	90	100	100	100	100	95	100	100	100	100	90	100	100	100	83	S1
پدزولیک قهوه‌ای خاکستری نوشهر Aquic Hapludalfs	75	100	80	70	80	90	90	100	100	100	100	100	100	100	37	S3
پسدوگلی چالوس Aquic Hapludalfs	80	100	40	20	30	20	100	40	100	100	95	100	100	100	2	N
رگوسول آبرفتی چمستان Mollic Udifluvents	100	85	100	100	100	100	100	100	100	80	100	100	100	100	85	S1
راندزین چمستان Typic Rendolls	60	100	100	100	100	55	100	100	90	80	90	100	100	100	36	S3
کمبی‌سول ایستگاه البرز کرج Typic Haplocambids	100	100	100	100	100	90	90	90	90	85	85	85	95	100	53	S2

بحث

خاک‌های عمیق با بافت سبک رگوسول آبرفتی که در حاشیهٔ رودخانه‌ها تشکیل می‌شود به‌دلیل انطباق بر شرایط رشد صنوبرها مناسب‌ترین اراضی برای گسترش صنوبرکاری است. مهم‌ترین محدودیت این خاک‌ها سیل‌گیری است که به‌دلیل جاری بودن آب که حاوی اکسیژن است و همچنین کوتاه بودن زمان ماندابی کامل، آسیب جدی به صنوبرها نمی‌رساند. Habibi Kaseb (1992) نیز خاک‌های آبرفتی حاصل از رسوبگذاری رودخانه‌ها در سه استان گیلان، مازندران و گلستان را که دارای سفرهٔ آب زیرزمینی عمیق هستند مناسب‌ترین مناطق برای صنوبرکاری می‌داند. نمونهٔ این تیپ خاک، رگوسول در حاشیهٔ وازرود در شمال چمستان، حوضهٔ آبخیز وازرود ارزیابی شد.

خاک‌های راندزین زهکشی مناسب دارند، ولی به‌دلیل محدودیت‌های توپوگرافی، بافت سنگین و همچنین آهک بیش از ۵ درصد در برخی افق‌ها، تناسب کم تا متوسط برای صنوبرکاری دارند. این خاک‌ها به‌طور معمول روی شیب‌ها با سنگ مادر آهکی تشکیل می‌شوند. مهم‌ترین محدودیت خاک‌ها در خارج از قلمرو شمال کشور، محدودیت اقلیمی و کمبود بارندگی است که باید توسط آبیاری جبران شود. خاک‌های غیر دره‌ای و آبرفتی مانند خاک‌های قهوه‌ای دشت کرج دارای آهک زیاد و اسیدیتهٔ قلیایی هستند و از نظر بافت خاک نیز سنگین تا خیلی سنگین‌اند.

نتیجه‌گیری

مناسب‌ترین شرایط خاکی برای صنوبر، بافت خاک سبک تا متوسط (لومی شنی، لومی و لومی رسی شنی)، با ساختمان مناسب (دانه‌ای یا مکعبی)، شرایط زهکشی مناسب تا سریع و نبود آب زیرزمینی زیاد در کنار حضور کاتیون‌های کلسیم و منیزیم کافی است. خاک‌های با زهکشی ناقص و بافت سنگین تا خیلی سنگین شرایط مناسبی برای رشد صنوبر فراهم نمی‌کنند. از نظر اقلیمی بهترین رویشگاه‌های صنوبر دارای دمای بین ۱۱ تا ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد هستند و در صورت کشت دیم به ۱۸۰۰-۱۵۰۰ میلی‌متر بارندگی نیاز دارند. هر چقدر به محدودیت‌های خاک افزوده شود مقدار تولید صنوبر کاهش و کلاس تناسب افزایش می‌یابد.

سپاسگزاری

نگارندگان از مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌دلیل حمایت مالی و تامین زیرساختهای پژوهشهای مرتبط با این این مقاله و همچنین از آزمایشگاه خاک مناطق خشک بخش تحقیقات بیابان، برای در اختیار قرار دادن نتایج نمونهٔ خاک‌های مرتبط با رویشگاه‌های صنوبر سپاسگزاری می‌کنند.

References

Abbasi, H.R. (2002). Pedogenesis and soil classification in relation with plant cover in a part of Northern forests ecosystem of Iran, Case Study; Vaz experiment forest. *Pajouhesh & Sazandegi*, *15*, 96-103. (In Persian)

Amin Amlashi, M. (2019). The effect of fertilizer on vegetative traits of *Populus deltoides* Marsh. saplings and the rate of their resistance to pests and diseases in Kiashshahr nursery. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research***,** *26*, 565-576. (In Persian) DOI: 10.22092/IJFPR.2018.118586

Asadi, F. (2019). Fundamentals of Poplar Wood Farming. Research Institute of Forests and Rangelands. 245p. (In Persian)

Bagheri, R., Ghasemi, R., Calagari, M., & Merrikh, F. (2012). Effect of different irrigation intervals on superior poplar clones yield. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *20*, 357-369. (In Persian) doi: 10.22092/IJFPR.2011.107443

Bagheri, R. (2010). Evaluation of the effect of different fertilizers (N, P, K) on the production of superior clones of poplars in short-term exploitation periods. Technical report of Research Institute of Forests and Rangelands, 37 pp. (In Persian)

Calagari, M., Mirakhorlou, K., Salehi, A., Ahmadlou, F., Teymuri, S., Jafari, A., Eskandari, S., Bagheri, R., Araghi, M., Khodayi, M., & Ghasemi, R. (2022). Implementation of the national plan for the development of wood farming is essential for forests conservation and the supply of wood raw materials in the country. *Iran Nature, 7*(1), 9-19. (In Persian) doi: 10.22092/IRN.2022.357162.1437

Calagari, M., Salehi shanjani, P., & Banj Shafiei, S. (2017). Growth comparison of two poplar species (*Populus alba* and *Populus euphratica*) and their hybrid in the saline and non-saline soils. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 30*(1), 143-154. (In Persian) Doi: 20.1001.1.23832592.1396.30.1.13.2

Dayawansa, N.D.K., & Ekanayake, G.K., (2003). Land suitability identification for a production forest through GIS Techniques. Forestry and Biodiversity, Map India Conference.

Dengiz, O., Göl, C., Sarıoğlu, 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*, 1482-1496. https://doi.org/10.5897/AJAR.9000521

Dialami, H., & Givi, J. (2020). Qualitative land suitability evaluation for date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv Kabkab) cultivation in Fars province. *Water and Soil, 34*(4), 921-932. (In Persian) Doi: 10.22067/JSW.V34I4.84162

FAO (1976). A Framework for Land Evaluation, FAO Soils Bulletin 32, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, 72 p.

FAO (1983). Freshwater aquaculture development in China. Report of the FAO/UNDP study tour organized for French- speaking African countries, 22 April- 20 May 1980. FAO Fish. Tech., pp. 125-215.

FAO (1984). Land evaluation for forestry. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry, Rome, Italy. pp. 48-123.

Givi, J. (1997). Qualitative assessment of land suitability for agricultural and garden plants. Soil and Water Research Institute, Technical magazine 105. (In Persian)

Goodarzi, G.R., Modir-Rahmati, A.R., & Ahmadloo, F. (2013). 'Investigation on adaptability of open crown poplar clones in Markazi province'. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21*(2), pp. 256-267. (In Persian) . doi: 10.22092/ijfpr.2013.3856

Jafari Mofidabadi, A. (2015). 'Production of inter-specific hybrid between Populus caspica and P.nigra using mature embryo culture', *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 23*(1), pp. 49-55. (In Persian) doi: 10.22092/ijrfpbgr.2015.101535.

Jahanpour, F., Mansouri, M., Ramak, P., & Badehian, Z. (2022). 'Investigation of Wood production of different cultivars of open-crown poplar in the comparative population of of Khorramabad station'. *Iranian Journal of Forest, 14*(3), pp. 245-255. (In Persian) doi: 10.22034/ijf.2022.295175.1794

Kiadaliri, Sh., Tabari, M., Sarmadian, F., & Ziabari Ziaee, S.F. (2006). A Comparison of Populus X. euramericana Growth on Different Soils in Western Mazandaran Plain. Iranian Journal of Natrual Resources, 58(4), 823-830. SID. (In Persian). https://sid.ir/paper/23012/en

Habibi Kaseb, H. (1992). Basics of Forest Soil Science. Tehran University Publications, 424p. (In Persian)

Makhdom Farkhondeh, M. (2012). Fundamental of land use planning, Tehran University, 330p. (In Persian)

Nelson, L.E., Switzer, G.L., & Lockaby, B.G., (1987). Nutrition of *Populus deltoids* plantation during maximum production. *Ecological Management*, 20, 25-41.

Rossiter, D.G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, *72*, 165-190. Doi: https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6

Salehi, A., Calagari, M., & Ahmadloo, F. (2018). Effect of some soil properties on growth of three-year black poplar (*Populus nigra* L.) trees in poplar plantations in south of Tehran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *26*(3), 344-354. (In Persian) doi: 10.22092/IJFPR.2018.117738

Salehi, A., & Ahmadloo, F. (2022). 'Study on the performance of two white poplar clones grown in heavy-metal contaminated soil and irrigated with municipal effluent', *Iranian Journal of Forest*, *14*(2), pp. 119-133. (In Persian) doi: 10.22034/ijf.2022.284216.1781

Sarmadian, F., Fatehi, Sh., & Mahmoudi, Sh. (2004). An Investigation for the determination of qualitative land suitability for irrigated wheat, barley and cotton in Eshtehard area. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *35*, 657-666. (In Persian)

Seyedmohammadi, J., & Esmaeelnejad, L. (2014). Qualitative and quantitative land suitability evaluation for rice production in central areas of Guilan province. *Water and Soil Science*, *24*(1), 165-181, (In Persian).

Shahbazi, F., & Jafarzadeh, A. (2004). Qualitative evaluation of land suitability in khuheh-mehr region of Bonab for wheat, barley, alfalfa, onion, sugarbeet and maize. *Journal of Agricultural Science*, *14*(4), 69-86. (In Persian)

Strenge, E., Thevs, N., Aliev, K., Eraaliev, M., Lang, P., & Baibagysov, A., (2018). Water consumption of *Populus alba* trees in tree shelterbelt systems in central Asia. *Central Asian Journal for Water Resources*, *4*, 48-62. doi: 10.29258/CAJWR/2018-RI.v4-1/48-62.eng

Sys, C., Vanrast, E., Debaveye, J., & Beernaert, F., (1993) Land Evaluation. Part III: crop requirements, Agricultural Publications n° 7, G.A.D.C., Brussels, Belgium, 1993, 191 p.

UN (1986). World Population Prospects. Estimates and Projections as Assessed in (1984). Population Studies. International Economic and Social Affairs, Statistical Office. United Nations, New York. 98p.

Van Diepen, C.A., Van Keulen, H., Wolf, J., & Berkhout, J.A.A. (1991). Land Evaluation: From Intuition to Quantification. In: Advances in Soil Science, ed. BA Stewart, Springer, New York, pp. 139-204.

Yousefi, B., & Kalagari, M. (2021). Survey of qualitative and quantitative characteristics of local Populus spp. trees (Case study: Kurdistan province)', *Iranian Journal of Forest*, *13*(3), pp. 333-348. (In Persian) doi: 10.22034/ijf.2021.250147.1741

Zarinkafsh, M. (2008). Evaluating the suitability, classification and aptitude of lands. Publication of Jahangir, 174p. (In Persian)

DOI: 10.22034/ijf.2023.351291.1880

Iranian Journal of Forest
Vol. 16, No. 1, Spring 2024
pp. 87-101
Research Article

Land suitability evaluation for poplar plantation

H.R. Abbasi[1*], F. Khaksarian[2], R. Bagheri[2], A. Salehi[3] , and F. Asadi[4]

[1] Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
[2] Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
[3] Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
[4] Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

(Received: 27.07.2022; Accepted: 19.08.2023)

Abstract

Introduction: The implementation of the forest restoration plan in the northern region of Iran has led to an increase in efforts to enhance wood production through the cultivation of poplar seedling. Particularly, poplar trees hold a significant position among wood producers due to their distinctive features. The key consideration revolves around identifying suitable and cost-effective lands for planting fast-growing species. Purpose of this study focuses on assessing the land suitability for poplar (Populus nigra L.), a prevalent forest species in the country, through a quantitative land evaluation method based on the FAO approach.

Material and Methods: The research gathered and classified the edaphic and climatic requirements of poplar tree by utilizing various library resources, data from the soil laboratory of the Research Institute of Forests and Ranglands, and field survey (Soil Profiles). The climatic and soil characteristics were quantitatively classified into five categories: highly suitable (S1), moderately suitable (S2), low/critically suitable (S3), The Quantitative Classification of soil and climate properties was done in five classes: suitable (S1), moderate suitability (S2), low or critical suitability (S3), currently not suitable (N1) and permanent not suitable (N2). For validation, a quantitative assessment of land suitability for poplar cultivation was performed across six soil types, including Nowshahr forest brown, Nowshahr gray brown pedzolic rich in organic matter, Chamestan alluvial regosol, Chamestan Rendezina, Chalous Pseudogley , and Karaj alluvial cambisol, using a parametric method (second root).

Results: Results indicate that spruce thrives in wet and semi-humid regions in a dry-type manner, with ideal conditions found in areas receiving 1500-1800 mm of rainfall. In drier, semi-arid zones, irrigation is essential for meeting water requirements. Optimal growth temperatures for spruce range from 11-16 degrees Celsius in moderate climates. Poplar flourishes in soils with a light to medium texture, granular or cubic structure, good to fast drainage, and low underground water levels with adequate calcium and magnesium cations.

Conclusion: The study showed that the most suitable soils for poplars have a light to medium texture with a granular or crumb structure, with adequate drainage, the absence of high groundwater and the sufficient amount of calcium and magnesium cations in the soil. Soils with incomplete drainage and heavy texture do not provide suitable conditions for poplar plantations. In terms of quantitative evaluation, Mollic Udifluvents soils with medium texture had the highest score for poplar plantations.

Keywords: Land suitability, Poplar plantation, *Populus*, Soil.

*Corresponding author Tel: +98 2632735695 Email: abbasi.hamidreza@ymail.com