DOI: 10.22092/irn.2026.371906

دیدگاه

تأثیر تغییرات اقلیمی و بحران کمبود آب بر انتخاب صنوبر تبریزی و کبوده در زراعت چوب

آزاده صالحی[1*]

مقدمه

ایران در منطقه‌ای واقع شده که سهم اراضی جنگلی آن اندک است و طی دهه‌های اخیر به دلایل متعدد با کاهش جدی سطح جنگل‌ها مواجه بوده‌ایم. زراعت چوب با گونه‌های درختی تندرشد نظیر بید، صنوبر، همچنین اکالیپتوس، می‌تواند به‌عنوان یکی از رویکردهای مهم برای جلوگیری از تخریب و نابودی بیشتر جنگل‌های باقی‌مانده مطرح باشد. از سوی دیگر، به دلایل متعدد نظیر واقع‌شدن کشور در کمربند خشک و نیمه‌خشک، تغییرات اقلیمی، همچنین بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، متأسفانه در سالیان اخیر با افت کمی و کیفی شدید منابع آبی مواجه شده‌ایم. بنابراین، با توجه به اهمیت آب در زراعت چوب از یک‌سو و محدودیت شدید منابع آبی و تغییرات اقلیمی پیش‌رو از سوی دیگر، برای افزایش درصد موفقیت زراعت چوب، باید ملزوماتی موردتوجه قرار گیرند.

در اولین قدم، باید گونه درختی مناسبی با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی حاکم بر منطقه، همچنین منابع آبی در دسترس انتخاب شود. تجربه و مطالعات انجام‌شده نشان داده است، با توجه به نیاز آبی، برای زراعت چوب در مناطق نیمه‌خشک گونه‌های صنوبر تبریزی و کبوده، در مناطق شمالی گونه‌های صنوبر دلتوئیدس و اورامریکن و در مناطق جنوبی کشور صنوبر پده و اکالیپتوس مناسب هستند. البته در این مناطق نیز با توجه به میکرواقلیم حاکم بر منطقه و شرایط آب‌وخاک، باید گونه درختی سازگار با حداکثر توان تولیدی انتخاب شود.

قدم بعدی برای موفقیت زراعت چوب همانند زراعت سایر محصولات کشاورزی، عملیات مراقبتی و مدیریتی نظیر آبیاری، وجین، هرس و کوددهی است. بنابراین، باید تک‌تک مؤلفه‌های مؤثر بر رشد و رویش، به‌درستی رعایت شوند تا متضمن یک تولید کافی و پایدار باشد.

همان‌طور که ذکر شد، برای زراعت چوب در مناطق نیمه‌خشک کشور، دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده مناسب‌تر به نظر می‌رسد. در ۴۰ سال اخیر تحقیقات زیادی بر کلن‌های مختلف گونه‌های تبریزی، اورامریکن و دلتوئیدس و سازگاری آن‌ها با شرایط آب‌وهوایی مختلف انجام شده است و رقم‌هایی چون رحمتی (*Populus deltoids* 69/55)، گیلدار (*P. deltoids* 77/51)، البرز (*P. nigra* var. *betulifolia* 17/13)، سالاری (*P. nigra* 62/1542) و صنوبر هیبرید مفید (*P. eu-phratica x P. alba*) معرفی شده‌اند، اما گزارش‌های منتشرشده کمتری در این خصوص درمورد گونه کبوده موجود است که همین امر لزوم انجام تحقیقات بیشتر و هدفمند را روی این گونه نشان می‌دهد.

مقایسه عملکرد تولید دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده براساس مطالعات پیشین نشان می‌دهد، در اغلب موارد، صنوبر تبریزی ازنظر زنده‌مانی در مراحل اولیه رویش (تولید نهال)، استقرار اولیه نهال، همچنین میزان تولید در هکتار در مناطق نیمه‌خشک کشور نسبت به صنوبر کبوده موفق‌تر بوده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۳)، اما با توجه به تنش‌های آبی و تغییرات اقلیمی حادث‌شده در سالیان اخیر، مطالعات موردی انجام‌شده نشان داده‌اند، کلن‌های پرمحصول صنوبر کبوده می‌توانند بازدهی کمی و کیفی بهتری نسبت به صنوبر تبریزی داشته باشند.

در این مقاله سعی شده است، عملکرد کمی و کیفی تولید چوب دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده با توجه به مشاهدات و یافته‌های تحقیقاتی پیشین و جدید مقایسه و پیشنهادهایی ارائه شود.

ضرورت توسعه زراعت چوب

جنگل‌ها کامل‌ترین، باارزش‌ترین و متنوع‌ترین پوشش گیاهی زمین را تشکیل می‌دهند که در پی میلیون‌ها سال تکامل جوامع گیاهی شکل گرفته‌اند.

ایران ازجمله کشورهای کم‌برخوردار از جنگل محسوب می‌شود و طی چند دهه اخیر به دلایل متعدد همچون افزایش جمعیت انسانی، توسعه شهرها و بهره‌برداری‌های بی‌رویه، فشار بسیاری به عرصه‌های جنگلی وارد شده است.

۱*– نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: az.salehi@rifr-ac.ir

در حال حاضر، میانگین مصرف سرانه چوب در دنیا ۰/۳ مترمکعب، در کشورهای توسعه‌یافته ۰/۷ مترمکعب و در ایران کمتر از ۰/۲ مترمکعب در سال برآورد شده است. باوجود مصرف کم سرانه چوب کشور در مقایسه با میانگین دنیا، عرصه‌های جنگلی کشور در معرض خطر و تخریب جدی هستند. ازاین‌رو با توجه به شرایط موجود و ارزش‌های متعدد محیط‌زیستی جنگل‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های موجود باید هم‌سو با کاهش برداشت چوب از عرصه‌های جنگلی باشد و برای تأمین نیازهای چوبی کشور، راهکارهای مناسب دیگری نظیر زراعت چوب اتخاذ شود (کلاگری و همکاران، ۱۴۰۱؛ صالحی، ۱۴۰۱).

سابقه بیش از پنجاه سال زراعت چوب در ایران نشان می‌دهد، مناطق مختلف کشور از ظرفیت‌های مناسبی برای کاشت درختان تندرشد برخوردار هستند (مدیررحمتی، ۱۳۹۵). بنابراین ضرورت دارد، افزایش سطح زراعت چوب در برنامه‌ریزی‌ها و اولویت‌های کلان کشوری قرار گیرد.

زراعت چوب با صنوبر

جنس صنوبر (*Populus* spp.) از خانواده Salicaceae دارای بیش از ۳۰ گونه است که در نیمکره شمالی انتشار دارند (Eckenwalder, 1996؛ Sterck *et al*., 2005). درختان جنس صنوبر غالباً دو پایه هستند، به‌طوری‌که گل‌های نر و ماده هر کدام روی پایه‌های جداگانه تشکیل می‌شوند.

چهار گونه صنوبر تبریزی (*P. nigra*)، کبوده (*P. alba*)، پده (*P. euphratica*) و سفیدپلت (*P. caspica*)، به‌صورت طبیعی، یا بومی‌شده در ایران حضور دارند و از دهه ۱۳۴۰ شمسی نیز بسیاری از گونه‌ها و کلن‌های صنوبر غیربومی با عملکرد رویشی بالا وارد کشور شده و در عرصه‌های تحقیقاتی موردارزیابی قرار گرفته‌اند (اسدی، ۱۳۹۸).

به‌طورکلی، دو گونه سفیدپلت و پده، از گونه‌های بومی به‌ترتیب در مناطق شمالی و جنوب غربی کشور هستند که ازنظر اقتصادی و محیط‌زیستی ارزش‌های بسیاری دارند. گونه‌های تبریزی و کبوده، از گذشته‌های بسیار دور در مناطق نیمه‌خشک کشور کشت‌وکار شده‌اند و درواقع گونه‌های بومی‌شده ایران هستند. گونه‌های صنوبر دیگر نظیر دلتوئیدس (*P. deltoides*) و اورامریکن (*P. euramericana*) که در مناطق شمالی کشور به علت نیاز آبی بالا کشت‌وکار می‌شوند، وارداتی هستند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۷).

صنوبرها به‌دلیل تندرشد بودن و تولید زی‌توده بالا، سازگاری خوب و توزیع گسترده جغرافیایی (Sixto *et al*., 2005؛ Zhang *et al*., 2020؛ Salehi *et al*., 2022)، از گونه‌های درختی موردتوجه در جنگل‌داری کوتاه‌مدت (Short rotation forestry) و زراعت چوب در سراسر جهان هستند. صنوبر به‌عنوان یک گونه درختی تندرشد چوب‌ده، از دیرباز توسط روستاییان در اغلب مناطق ایران در قالب زراعت چوب، حاشیه مزارع و بادشکن‌ها کشت شده است. البته اراضی مستعد کشور ازنظر توسعه زراعت چوب، بیشتر در اراضی جلگه‌ای شمال و مناطق غرب و شمال غرب کشور واقع شده است و برخی اراضی جنوبی کشور نیز می‌تواند به کشت صنوبر پده و اکالیپتوس اختصاص پیدا کند (کلاگری، ۱۴۰۱).

درختان صنوبر در تأمین مواد اولیه چوبی صنایع کاغذسازی، تخته‌خرده چوب، ام‌دی‌اف، روکش، کبریت، میز و صندلی و جعبه‌سازی نقش مهمی دارند. برای تولیدات غیرچوبی این درختان نظیر علوفه دام و عناصر دارویی نیز گزارش‌های متعددی وجود دارد. این درختان در تأمین خدمات محیطی مانند ایجاد سایه، احداث سریع فضای سبز در شهرها، حفاظت خاک‌وآب به‌ویژه در اراضی حاشیه رودخانه و به‌عنوان درخت پرستار برای استقرار گونه‌های دیگر، گیاه‌پالایی، ترمیم رویشگاه‌های تخریب‌شده، احیای اکوسیستم‌های شکننده، مبارزه با گسترش بیابان‌ها و بازسازی چشم‌اندازهای جنگلی نیز دارای ارزش‌های فراوانی هستند (اسدی، ۱۳۹۸).

براساس آمار و ارقام موجود، تولیدات سالانه درختان صنوبر با سطحی کمتر از ۱۰درصد سطح جنگل‌های کشور، بیش از سه برابر تولیدات جنگل‌های تجاری شمال کشور است. تا دو دهه پیش، عملکرد تولید در واحد سطح صنوبرکاری‌های کشور در حدود ۱۰ تا ۱۵ مترمکعب در هکتار در سال بود. در دهه‌های اخیر با توجه به انجام طرح‌های تحقیقاتی متعدد و معرفی ارقام پرمحصول و سازگار، عملکرد صنوبرکاری‌ها تحت شرایط بهینه اقلیمی می‌تواند به ۲۵ تا ۳۰ مترمکعب چوب در هکتار در سال و در برخی شرایط حتی به ۳۵ تا ۴۰ مترمکعب در هکتار در سال برسد (مدیررحمتی، ۱۳۹۵؛ صالحی، ۱۳۹۹).

به‌طورکلی زراعت چوب و کشت‌وکار با درختان صنوبر، به‌دلیل رشد سریع، تولید زی‌توده بالا، دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت، کاربرد گسترده چوب آن‌ها در صنایع مختلف و نیز با توجه به ریشه‌های سنتی و تاریخی زراعت آن‌ها در کشور، از گونه‌های بدون رقیب در برنامه‌های اقتصادی تولید چوب خارج از جنگل به‌شمار می‌آید.

دامنه پراکنش و ویژگی‌های اکولوژیکی دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده

صنوبر تبریزی در جهان پراکنش وسیعی دارد و بیشترین مساحت صنوبرهای جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Herpka, 1986). در اروپا این گونه را می‌توان تا شمال جزایر بریتانیا و در پایین تا سواحل مدیترانه پیدا کرد. در منتهی‌الیه جنوبی دامنه پراکنش، در بخش‌هایی از آفریقای شمالی و خاورمیانه یافت می‌شود و پراکنش آن در قسمت شرقی دامنه تا قزاقستان و چین امتداد دارد (Imbert & Lefevre, 2003). همچنین در هند در عرض‌های شمالی ۲۶ تا ۲۹ درجه کاشته می‌شود و در آمریکای شمالی و جنوبی نیز این گونه بومی‌سازی شده است (Praciak *et al*., 2013). این گونه صنوبر در جنگل‌های آمیخته همراه با صنوبر کبوده، بید، توسکا،

افرا، نارون و بلوط دیده شده است (Cagelli & Lefevre, 1995). در ایران نیز، در منطقه ارسباران و حیران، دامنه‌های جنوبی البرز، بختیاری، سروستان و در نقاط دیگر در کنار نهرها و جویبارها به‌صورت خودرو دیده می‌شود (ثابتی، ۱۳۷۳). صنوبر تبریزی یک درخت خزان‌کننده تندرشد است که ارتفاع آن می‌تواند به ۴۰ متر و قطر تنه آن تا ۲ متر برسد. درختان بالغ می‌توانند ۱۰۰ سال و حتی در مواردی ۴۰۰–۳۰۰ سال به حیات خود ادامه دهند (Praciak *et al.*, 2013). تاج درختی این گونه در واریته‌ها و کلن‌های مختلف متفاوت است. پوست آن قهوه‌ای تیره یا سیاه و دارای شکاف‌های متعدد است. برگ‌های این گونه اندازه و شکل متغیری دارند، اما معمولاً سبز و براق هستند (Mitchell, 1974). میوه آن کپسول است و شکوفایی آن از دو شکاف صورت می‌گیرد. گل‌ها قبل از رشد شاخه و برگ ظاهر می‌شوند (Vanden Broeck *et al.*, 2003). تولیدمثل این گونه می‌تواند به‌صورت زایشی (از طریق بذرهای پراکنده در آب یا باد)، یا از طریق رویشی (از طریق قلمه) انجام شود (Vanden Broek, 2003). کلن‌ها، واریته‌ها و هیبریدهای بسیار زیادی از این گونه وجود دارد که طبقه‌بندی آن را مشکل می‌سازد (Šiler *et al.*, 2014). این گونه ازنظر اقتصادی گونه درختی بسیار باارزشی است. همچنین به‌عنوان یک ذخیره والد (parent pool) برای برنامه‌های اصلاح نژاد در سراسر اروپا به‌ویژه برای تولید هیبرید صنوبر اورامریکن استفاده می‌شود (Cervera *et al.*, 2001). از این گونه در اکوسیستم‌های دشت سیلابی اغلب به‌صورت بادشکن و در حاشیه رودخانه‌ها برای کنترل فرسایش استفاده می‌شود، همچنین ازنظر خدمات اکوسیستمی نظیر تثبیت خاک و حفاظت از حوزه‌های آبخیز ارزش اکولوژیکی بالایی دارد (de Rigo *et al.*, 2016؛ Norris *et al.*, 2008).

صنوبر کبوده در جنگل‌های ساحلی و رودخانه‌ای اروپای مرکزی و جنوبی یافت می‌شود و سطح وسیعی را از شمال آفریقا تا لهستان و از شبه‌جزیره ایبری تا سیبری غربی و آسیای مرکزی پوشش می‌دهد (Praciak *et al.*, 2013). این گونه از قرن ۱۸ به‌عنوان درخت تولید سایه و زینتی به ایالات‌متحده وارد شده است و به‌تازگی در بسیاری از قاره‌های دیگر به‌صورت بومی‌شده کشت می‌شود. همچنین دامنه وسیعی از این گونه مدیترانه تا آسیای مرکزی را پوشش می‌دهد (Caudullo & de Rigo, 2016). این گونه به‌صورت خودرو در مناطق گرم معتدله و مدیترانه در امتداد دره‌های رودخانه، جایی که دسترسی کافی به آب فراهم باشد، حضور دارد (Isebrands & Richardson, 2014). این گونه نسبت به شرایط غرقابی تا زیستگاه‌های خشک و از خاک‌های اسیدی تا قلیایی قوی بردبار بوده، اما در این سایت‌ها رشد و توسعه آن محدود شده و به‌صورت بوته‌ای است. البته در مناطقی با شرایط بهینه که دسترسی خوبی به منابع آبی فراهم باشد، همراه با خاکی با بافت خوب و pH خنثی– قلیایی و غنی از مواد مغذی نرخ رشد بالایی خواهد داشت (Glass & Edgin, 2004). این گونه در نقاط استپی ایران کشت می‌شود و به نام‌های کبوده، سپیدار یا سفیدار معروف است، درختی با اندازه متوسط است که در سن بلوغ به ارتفاع ۳۰ متر و قطر ۱ متر می‌رسد. در موارد نادری این گونه می‌تواند به ارتفاع ۴۰ متر و طول دوره زندگی ۴۰۰–۳۰۰ سال نیز برسد (Praciak *et al.*, 2013). تاج آن به‌صورت نرمال گسترده و گرد با شاخه‌های بزرگ است. البته در کلن‌ها و واریته‌های متعدد با تاج باز و تخم‌مرغی تا تاج مخروطی و باریک دیده می‌شود. درختان جوان، پوستی به رنگ سفید مایل به کرم دارند و پوست تنه درختان مسن، تیره‌تر است. برگ‌ها متناوب و ازنظر مرفولوژی متغیر با ۳ تا ۵ لوب دندانه‌دار درشت با رنگ سبز تیره براق در سمت بالا و سفید با موهای متراکم در سمت پایین هستند. این گونه مانند سایر صنوبرها دو پایه است و گل‌ها قبل از برگ‌ها در اوایل بهار ظاهر می‌شوند (Mitchell, 1974؛ Praciak *et al.*, 2013). این گونه ریشه‌جوش زیادی تولید می‌کند و از این طریق می‌تواند تکثیر شود. ریشه‌زایی در قلمه‌های آن نسبت به صنوبر تبریزی سخت‌تر و کندتر است، به‌طوری‌که Hansen و Tolsted (۱۹۸۱) این گونه را به‌عنوان یک گونه سخت ریشه‌زا نام برده‌اند. این گونه به‌طور طبیعی می‌تواند با صنوبر لرزان (*P. tremula*) هیبرید ایجاد کند، هیبرید حاصل صنوبری است که ازنظر مرفولوژیکی گونه‌ای میانی است اما نسبت به والدین خود قدرت بیشتری را نشان می‌دهد (Mitchell, 1974). این گونه و هیبرید آن با صنوبر لرزان برای فرایند گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده استفاده می‌شود (Dix *et al.*, 1997). هرچند ازنظر تجاری گونه موردتوجهی نیست، اما به‌طور وسیع در برنامه‌های اصلاح نژاد بین‌گونه‌ای برای وارد کردن صفات باارزش به صنوبرهایی با اهمیت اقتصادی استفاده می‌شود. همچنین با توجه به بردباری آن به شوری و خاک شنی، در نزدیکی سواحل به‌عنوان بادشکن در برابر بادهای شور و برای تثبیت تپه‌های شنی استفاده می‌شود و در مناطقی با شرایط بحرانی می‌تواند خدمات کلیدی اکوسیستمی نظیر تثبیت خاک و حفاظت از حوزه‌های آبخیز را ایفا نماید (Caudullo & de Rigo, 2016).

تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی: نقش آن‌ها در انتخاب گونه صنوبر مناسب برای زراعت چوب

تغییر اقلیم که از اساسی‌ترین چالش‌های عصر حاضر است، به طیف وسیعی از پدیده‌های طبیعی همچون ذوب‌شدن یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر در فصول گل‌دهی گیاهان و رخدادهای شدید آب‌وهوایی اطلاق می‌شود که تحت تأثیر عوامل متعدد انسانی و پارامترهای اقلیمی طبیعی حادث شده است.

ازآنجایی‌که اقلیم میانگین بلندمدت تغییرات درجه حرارت، بارندگی و رطوبت است، درک و مشاهده تغییرات اقلیمی نامحسوس‌تر است، اما آنچه مسلم است حتی تغییرات کوچک اقلیمی می‌تواند آثار بزرگ و قابل‌توجه

بر بوم‌سازگان‌ها داشته باشد. متوسط درجه حرارت سطح زمین از سال ۱۹۱۰ تا ۲۰۱۰ حدود ۰/۸۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و علاوه‌برآن، میزان و الگوی بارندگی نیز تغییر پیدا کرده است (Forster *et al.*, 2021).

از سوی دیگر، کشور ما یکی از مناطق کم‌باران جهان است، به‌طوری‌که متوسط بارندگی در ایران به حدود یک‌سوم متوسط آن در جهان می‌رسد که توزیع همین مقدار بارندگی ناچیز نیز نامتعادل و نامتوازن است و با توجه به بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آبی، همچنین خشک‌سالی‌های رخ‌داده در دهه‌های اخیر، تنش و بحران در منابع آبی در اغلب نقاط کشور مشهود است.

تغییرات اقلیمی با تأثیر بر درجه حرارت، میزان و پراکنش بارندگی و افزایش وقوع خشک‌سالی‌ها می‌تواند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر پایداری و رشد گونه‌های گیاهی و ازجمله گونه‌های مختلف صنوبر مؤثر باشد. مطالعات نشان داده‌اند، در صورت تداوم روند گرمایش و خشک‌سالی، ممکن است زیستگاه‌های مناسب برای گونه‌های مختلف صنوبر در آینده محدودتر شوند یا حتی از برخی مناطق حذف شوند. از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی با کاهش توان تولید و قدرت تحمل و سازگاری درختان صنوبر نسبت به آفات و بیماری‌ها همراه خواهد بود. درنتیجه، همراه با تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی، بازنگری در انتخاب گونه‌های صنوبر مناسب در زراعت چوب، ضروری بوده و نیاز است که گونه‌ها و کلن‌هایی با قدرت سازگاری بالاتر با شرایط اقلیمی موردتوجه قرار گیرند.

برای یک انتخاب مناسب در شرایط خشک‌سالی حاضر، معیارهای کلیدی متعددی نظیر توان تولید در شرایط خشکی، مقاومت به تنش‌های کم‌آبی و خشکی و سازگاری با دوره‌های بلندمدت خشک‌سالی، امکان رشد و بازیابی بعد از ایجاد تنش، میزان کارایی مصرف آب در تولید زی‌توده چوبی، پتانسیل مقاومت به آفات و بیماری‌ها باید به‌صورت چندجانبه مدنظر قرار گیرد تا بقای زراعت و پایداری تولید تضمین شود. درواقع، گونه و کلن‌هایی که سازگاری بیشتری را با کاهش رطوبت خاک و تحمل دوره‌های بلندمدت خشک‌سالی دارند و از سوی دیگر پس از تنش، توانایی بازیابی رشد بیشتری دارند، گزینه‌های مناسب و بهتری محسوب می‌شوند.

مقایسه عملکرد تولید چوب در دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده با توجه به سوابق مطالعاتی

در سالیان اخیر، تحقیقاتی در رابطه با بررسی پاسخ‌های ژنتیکی، ساختاری و فیزیولوژیکی صنوبرها نسبت به تنش خشکی منتشر شده و ویژگی‌های مرتبط با سازگاری گونه‌ها در تغییرات اقلیمی موردبحث قرار گرفته است (Rosso *et al.*, 2023؛ Svystun & Jonsson, 2022).

گزارش‌های اندکی درزمینه مقایسه عملکرد کمی و کیفی تولید چوب دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده در زراعت چوب تحت شرایط مختلف اقلیمی موجود است. شباهت زیاد صنوبر کبوده به صنوبر سفیدپلت که بومی جنگل‌های شمال کشور است و وجود پایه‌های کهن از این گونه در برخی مناطق کشور، برخی محققان را بر این باور داشته که ممکن است بین این دو گونه قرابت ژنتیکی وجود داشته باشد و شاید بتوان آن را به‌عنوان یک گونه بومی صنوبر به‌حساب آورد.

باوجود سازگاری خوب صنوبر کبوده با شرایط آب‌وهوایی کشور به‌ویژه در سالیان اخیر با توجه به تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌ها، تحقیقات انجام‌شده روی این گونه و کلن‌های پرمحصول آن در زراعت چوب مغفول مانده است. اغلب یافته‌های گزارش‌شده نیز مربوط به شرایط بهینه محیطی است که دسترسی کافی به منابع آبی وجود دارد. با توجه به تغییرات اقلیمی سالیان اخیر و تنش آبی در اکثر نقاط کشور، میزان تحمل درختان صنوبر در قبال تنش‌های آبی و خشکی، همچنین میزان بردباری آن‌ها به تنش‌های ثانویه متعاقب مهم خواهد بود. تحت شرایط نرمال و بهینه اقلیمی، نتایج تحقیقات انجام‌شده در کشور نشان داده‌اند، کلن‌های پرمحصول صنوبر تبریزی ازنظر عملکرد تولید بر کلن‌های صنوبر کبوده ارجح هستند. برای مثال، بررسی ۶۷ کلن صنوبر از گونه‌های تبریزی و کبوده بومی موجود در کلکسیون پایه مادری در آذربایجان که نهال‌های آن‌ها در سال ۱۳۴۸ تحت شرایط یکسان کاشته شده بودند، نشان داد ۱۰ کلن برتر انتخاب‌شده همگی از صنوبر تبریزی بودند (سهیلی اصفهانی و فلاح، ۱۳۹۲). قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز با اجرای یک پروژه تحقیقاتی در ایستگاه تحقیقاتی البرز نشان دادند، صنوبر تبریزی- رقم سالاری (*P. nigra* 62/154) نسبت به صنوبر کبوده و سایر گونه/کلن‌های موردبررسی عملکرد تولید در هکتار بالاتری داشت. بیات کشکولی و همکاران (۱۴۰۰) نیز گزارش کردند، گونه‌های غالب زراعت چوب در استان‌های آذربایجان شرقی، کرمانشاه و اردبیل، صنوبر تبریزی بوده است. در مقابل، نتایج برخی گزارش‌های منتشرشده دیگر نشان می‌دهند، در برخی مناطق کشور، توده‌های بسیار خوبی از صنوبر کبوده با سن و تولید زیاد چوب وجود دارد. به‌طورمثال، حیدری صفری کوچی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند، در استان چهارمحال و بختیاری بیش از ۷۰۰۰ هکتار صنوبرکاری سنتی با کبوده وجود دارد. همچنین گزارش‌های موجود نشان می‌دهند، در منطقه زنجان‌رود، صنوبر کبوده به علت کیفیت بهتر و بردباری بیشتر در میان صنوبرکاران و خریداران از مقبولیت بیشتری برخوردار بوده است (باقری و همکاران، ۱۳۸۱). در برخی از مناطق کشور نظیر استان‌های چهارمحال و بختیاری، مناطقی از اصفهان، زنجان و آذربایجان غربی نیز کشاورزان به کشت صنوبر کبوده رغبت بیشتری دارند که می‌تواند ناشی از تجربه سازگاری و عملکرد بالاتر این گونه نسبت به صنوبر تبریزی در این مناطق باشد. تحقیقات حسامی و اسدی (۱۳۹۵) نیز نشان داده است، صنوبر کبوده در حاشیه رودخانه زاینده‌رود گسترش فراوانی داشته و از تنه واحد و خوش‌فرمی برخوردار است. در مطالعه دیگری گودرزی و همکاران (۱۳۹۲) عنوان کردند، کلن‌های

بومی صنوبر کبوده نسبت به گونه، یا کلن‌های صنوبر دیگر وضعیت رشدی متوسطی داشتند که مربوط به سرشت اکولوژیکی این گونه است ولی مقاومت آن‌ها نسبت به آفات بیشتر بود که از این نظر نسبت به گونه‌های دیگر برتری داشتند. در مطالعه دیگری، یوسفی و مدیررحمتی (۱۳۹۲) با بررسی سازگاری و تولید ارقام مختلف صنوبر تاج‌باز در پوپولتوم مقایسه‌ای سنندج گزارش کردند، گونه‌های تاج‌باز صنوبر ازجمله دلتوئیدس، اورامریکن، همچنین کبوده به‌واسطه برخورداری از تاج پراکنده و برگ‌هایی با سطح و وزن بیشتر، از نور خورشید بهتر استفاده می‌کنند، اسکلت‌بندی محکم‌تری دارد و بیوماس بیشتری نسبت به گونه‌های تاج‌بسته تبریزی تولید می‌کنند.

در ادامه، عملکرد کمی و کیفی تولید چوب کلن‌های مختلف دو گونه صنوبر تبریزی و کبوده مقایسه شده که نتیجه اجرای پروژه‌های تحقیقاتی در ایستگاه تحقیقاتی البرز (مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور) و تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران است.

آبیاری عرصه در ایستگاه تحقیقاتی البرز، با آب چاه به‌صورت قطره‌ای و در تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران با پساب تصفیه‌شده به‌صورت جوی- پشته انجام شده است. در هر دو عرصه، دور آبیاری براساس درجه حرارت ماه‌های مختلف فصل رویش، به‌صورت یک یا حداکثر دو بار در هفته بوده است. شایان‌ذکر است، این دو پروژه با اهداف دیگری در هر دو سایت انجام شده است، اما ازآنجایی‌که در طول اجرای هر دو پروژه، به‌دلیل تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌های اخیر، همچنین کافی نبودن میزان آبیاری درختان از سال سوم به بعد، آثار صدمات متعدد روی درختان صنوبر دو گونه مشاهده شد، فرصتی پیش آمد تا میزان تحمل کلن‌های مختلف دو گونه صنوبر نسبت به تنش‌های خشکی و آبی، همچنین تأثیرات ثانویه تنش‌ها (حمله آفات به‌واسطه ضعف درختان در اثر کم‌آبی) مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد.

نتایج به‌دست‌آمده از اجرای پروژه تحقیقاتی در ایستگاه تحقیقاتی البرز به مدت شش سال نشان داد، درختان صنوبر تبریزی (*P. nigra* 62/154) در سنین ابتدایی رشد، ازنظر پارامترهای رویشی (قطر و ارتفاع) و عملکرد تولید چوب در هکتار نسبت به درختان صنوبر کبوده (*P. alba* 20/45) از وضعیت بهتری برخوردار بودند. اما از فصل رویش چهارم به بعد، به علت خشک‌سالی و کم‌آبی‌های سال‌های اخیر و درنتیجه کافی نبودن میزان آبیاری، درختان صنوبر توده موردمطالعه در برخی از ماه‌های گرم سال به‌شدت دچار تنش خشکی و آبی شدند. ازآنجایی‌که تنش خشکی و کیفیت آب دلیل اصلی تغییرات فرایندهای فیزیولوژی درخت و رشد آن عنوان شده است (Al-Mefarrej, 2013)، نتایج سال چهارم پروژه نیز نشان داد، تنش خشکی و آبی ایجادشده در گام اول منجر به کاهش زنده‌مانی و رشد درختان صنوبر شد و در گام بعدی درختان صنوبر را مستعد ابتلا به برخی آفات کرد، اما نکته مهم و قابل‌توجه اینکه پاسخ دو گونه صنوبر نسبت به این تنش‌ها متفاوت بود. در درختان صنوبر تبریزی، کاهش درصد زنده‌مانی و خشکیدگی درختان به‌طور معنی‌داری بیشتر از درختان صنوبر کبوده بود. شکل ۱ نیز نشان می‌دهد در توده صنوبر موردمطالعه، در دو ردیف کنار هم، درختان صنوبر تبریزی تحت تنش آبی و خشکی دچار خشکیدگی شدند ولی در درختان صنوبر کبوده فقط کاهش رشد درختان مشاهده شد. در گام بعدی، درختان صنوبر تبریزی تحت تأثیر تنش‌ها به‌شدت به آفت سوسک چوب‌خوار که خسارت اقتصادی به درخت صنوبر وارد می‌کند، مبتلا شدند و همین امر موجب ضعیف‌شدن و حتی خشک‌شدن برخی دیگر از درختان آسیب‌دیده طی فصل‌های رویش بعدی شد. درواقع، تنش‌های خشکی و آبی موجب ضعف شدید درختان صنوبر تبریزی و درنتیجه مساعدشدن زمینه حمله گسترده آفت چوب‌خوار شد. در مقابل، تأثیر ثانویه تنش‌ها در درختان صنوبر کبوده با ابتلای درختان به آفت شته

شکل ۱- تأثیر تنش خشکی بر درختان صنوبر تبریزی (ردیف سمت راست) و کبوده (ردیف سمت چپ) (ایستگاه تحقیقاتی البرز، سال ۱۴۰۲)

شکل ۲- خسارت اقتصادی آفت سوسک چوب‌خوار به درختان تبریزی (سمت راست)، آفت شته مومی روی درختان کبوده (سمت چپ)
(ایستگاه تحقیقاتی البرز، سال ۱۴۰۲)

مومی تنه (آفتی با عدم ایجاد خسارت اقتصادی) نمود پیدا کرد (شکل ۲). این امر نشان می‌دهد، درختان صنوبر کبوده ازنظر ابتلا به آفت سوسک چوب‌خوار که خسارت اقتصادی به درخت وارد می‌کند، از درختان صنوبر تبریزی بسیار مقاوم‌تر هستند. درواقع، مرفولوژی پوست تنه درختان صنوبر کبوده اجازه حمله و طغیان آفت سوسک چوب‌خوار را به این درختان نمی‌دهد. در مقابل در صنوبر تبریزی، با توجه به وجود شکاف‌های عمیق در پوست تنه، درختی که تحت تأثیر تنش‌های محیطی ضعیف شود، به‌سرعت به این آفت مبتلا می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از اجرای پروژه تحقیقاتی در تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران به مدت چهار سال نشان داد، درختان صنوبر کبوده (*P. alba* 20/45 و *P. alba* 45/67) از همان سنین ابتدایی رشد، ازنظر زنده‌مانی و عملکرد تولید چوب وضعیت بهتری نسبت به درختان صنوبر تبریزی (*P. nigra* 62/167 و *P. nigra* 62/191) داشتند. تفاوت عملکرد رویشی دو گونه در این سایت متأثر از دو عامل درجه حرارت و میزان آبیاری توده در فصل رویش بود. در چند سال اخیر، ماه‌های بسیار گرمی را در فصل تابستان تجربه کرده‌ایم که نتیجه آن تنش‌های خشکی و آبی ایجادشده روی درختان بوده است. ازآنجایی‌که در جنوب شهر تهران درجه حرارت دو تا سه درجه نسبت به ایستگاه تحقیقاتی البرز بیشتر است، در این پروژه درختان صنوبر در طول فصل رویش با تنش گرمایی بیشتری مواجه بوده‌اند. همچنین متأسفانه در برخی از ماه‌های گرم سال، عرصه کاشت به‌دلیل عملیات داشت نامناسب و ناکافی بودن میزان آبیاری با تنش آبی روبه‌رو بوده است. نتیجه این شد که درختان صنوبر تبریزی و کبوده در سال اول ازنظر زنده‌مانی و رشد، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی از سال دوم تا چهارم، زنده‌مانی و رشد درختان تبریزی نسبت به درختان کبوده به‌طور معنی‌داری کمتر بود. در این سایت نیز مانند توده صنوبر ایستگاه تحقیقاتی البرز، درختان صنوبر تبریزی تحت تأثیر تنش‌های خشکی و آبی روی‌داده به‌شدت به آفت سوسک چوب‌خوار مبتلا شدند و همین امر باعث ضعیف‌شدن و حتی خشک‌شدن تعداد بیشتری از درختان شد. در مقابل، ابتلا به آفت خاصی روی درختان صنوبر کبوده مشاهده نشد. شکل ۳ درختان صنوبر کبوده و تبریزی را در تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران نشان می‌دهد.

شکل ۳- درختان کبوده (سمت راست) و درختان تبریزی (سمت چپ) در سایت تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران (سال ۱۴۰۳)

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

در سال‌های اخیر، به دلایل متعدد ازجمله تغییرات اقلیمی با کاهش سطح منابع آبی کشور، همچنین افزایش شدید دما در برخی از ماه‌های فصل سال مواجه بوده‌ایم. ازآنجایی‌که زراعت چوب و کشت‌وکار با گونه‌های تندرشد، وابستگی زیادی به منابع آبی دارد و ایجاد تنش‌های آبی و خشکی با تأثیرات اولیه و ثانویه می‌تواند موفقیت چنین کشت‌وکارهایی را تهدید کند، ضروری است گونه‌های درختی با توجه به شرایط حاکم بر منطقه، همچنین با توجه به میزان دسترسی به منابع آبی موجود انتخاب شوند.

با توجه به تغییرات اقلیمی حادث‌شده و نتایج حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی، در مناطقی از کشور که در فصل رویش با دوره‌های گرمایی طولانی‌مدت مواجه هستیم و دسترسی به منابع آبی برای دور آبیاری حداقل یک‌بار در هفته تا پایان سال دوم و دو بار در هفته از سال سوم به بعد با میزان کافی آبیاری در هر دور وجود ندارد، به‌منظور تضمین بقا و رشد درختان تا سنین شش تا هشت سالگی، کلن‌های پرمحصول صنوبر کبوده به‌دلیل زنده‌مانی و رشد بهتر در تنش‌های گرمایی و آبی و مقاومت بیشتر نسبت به آفات خسارت‌زا به‌ویژه آفت سوسک چوب‌خوار بر تبریزی ارجحیت دارند. درواقع، ازآنجایی‌که توسعه صنوبرکاری و افزایش بازدهی آن در گروی بررسی‌های چندجانبه اکولوژیکی، به‌زراعی، به‌نژادی، همچنین مدیریت آفات و بیماری‌هاست و از سوی دیگر با توجه به تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌های اخیر در کشور توصیه می‌شود، در گزینش گونه/کلن‌های پرمحصول صنوبر، مقاومت به تنش‌های دمایی و آبی موردتوجه جدی قرار گیرد.

منابع

اسدی، ف.، ۱۳۹۸. مبانی زراعت چوب صنوبر. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۲۴۲ صفحه.

باقری، ر.، نمیرانیان، م.، زبیری، م. و مدیررحمتی، ع.ر.، ۱۳۸۱. تهیه جدول حجم صنوبرهای بومی منطقه زنجان‌رود. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۹: ۱-۳۶.
DOI: 10.22092/IJFPR.2002.109684

بیات کشکولی، ع.، عزیزی، م. و فائزی‌پور، م.، ۱۴۰۰. بررسی و تحلیل کمی وضعیت صنوبرکاری چهار استان کشور (مطالعه موردی استان‌های آذربایجان شرقی، کرمانشاه و زنجان و اردبیل). صنایع چوب و کاغذ ایران، ۱۲: ۳۷۵-۳۸۹.
DOI: 20.1001.1.20089066.1400.12.3.6.1

ثابتی، ح. ا.، ۱۳۷۳. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران. دانشگاه یزد، ۸۷۶ صفحه.

حسامی، س.م. و اسدی، ف.، ۱۳۹۵. اثر تغییرات صفات رویشی کبوده (*Populus alba* L.) بر تولید چوب در حاشیه رودخانه زاینده‌رود اصفهان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۴: ۵۲۰-۵۲۸.
DOI: 10.22092/ijfpr.2016.107388

حیدری صفری کوچی، ا.، ایرانمنش، ی. و رستمی شاهراجی، ت.، ۱۳۹۵. اندوخته کربن روی زمینی و خاک کبوده در فاصله کاشت‌های مختلف در استان چهارمحال و بختیاری. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴: ۲۰۰-۲۱۳.
DOI: 10.22092/ijfpr.2016.106984

سهیلی اصفهانی، س. و فلاح، ا.، ۱۳۹۲. بررسی مشخصه‌های کمّی و کیفی درختان کبوده شیرازی (*Populus alba* L.) و تبریزی (*Populus nigra* L.) در توده‌های دست‌کاشت غرب استان اصفهان. جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷: ۲۳۳-۲۴۴. DOI: 10.22059/jfwp.2014.51543

صالحی، آ.، ۱۳۹۹. بررسی عملکرد تولید چوب و پتانسیل گیاه‌پالایی درختان صنوبر (*Populus nigra*) آبیاری‌شده با فاضلاب شهری در جنوب تهران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۶۵ صفحه.

صالحی، آ.، ۱۴۰۱. امکان‌سنجی و ترویج استفاده از فاضلاب در زراعت چوب. نشریه فنی. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۲۷ صفحه.

صالحی، آ.، کلاگری، م. و احمدلو، ف.، ۱۳۹۷. تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد درختان تبریزی (*Populus nigra*) سه‌ساله در جنوب تهران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۶: ۳۴۴-۳۵۴. DOI: 10.22092/ijfpr.2018.117738

قاسمی، ر.، مدیررحمتی، ع.ر.، باقری، ر.، کلاگری، م. و اسدی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی

فنولوژی، مرفولوژی و مشخصه‌های رویشی ارقام صنوبر در کلکسیون پایه مادری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. ۱۰۰ صفحه.

کلاگری، م.، میرآخورلو، خ.، صالحی، آ.، احمدلو، ف.، تیموری، س.، جعفری، ا.، اسکندری، س.، باقری، ر.، عراقی، م.ک.، خدایی، م.ب. و قاسمی، ر.، ۱۴۰۱. اجرای برنامه ملی توسعه زراعت چوب ضرورتی برای حفاظت جنگل‌ها و تأمین مواد اولیه چوبی کشور. طبیعت ایران. ۷: ۹-۱۹.
DOI: 10.22092/irn.2022.357162.1437

گودرزی، غ.ر.، مدیر رحمتی، ع.ر. و احمدلو، ف.، ۱۳۹۲. بررسی سازگاری کلن‌های صنوبر تاج‌باز در استان مرکزی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۲۵۶-۲۶۷.
DOI: 10.22092/ijfpr.2013.3856

مدیررحمتی، ع.ر.، ۱۳۹۵. توسعه زراعت چوب ضرورتی اجتناب‌ناپذیر و حیاتی برای کشور. طبیعت ایران، ۱: ۱۴-۲۱. DOI: 10.22092/irn.2016.107525

یوسفی، ب. و مدیررحمتی، ع.ر.، ۱۳۹۲. بررسی سازگاری و تولید ارقام مختلف صنوبر تاج‌باز در پوپولتوم مقایسه‌ای سنندج. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۱۷-۲۹.
DOI: 10.22092/ijfpr.2013.3207

Al-Mefarrej, H.A. 2013. Growth characteristics and some wood quality of Tamarix aphylla seedlings irrigated with primary treated wastewater under drought stress. Asian Journal of Plant Sciences, 12: 109-118. DOI: 10.3923/ajps.2013.109.118

Cagelli, L. and Lefevre, F. 1995. The conservation of *Populus nigra* and gene flow with cultivated poplars in Europe, Forest Genetics, 2: 135–144.

Caudullo, G. and de Rigo, D. 2016. Populus alba in Europe: distribution, habitat, usage and threats.

Cervera, M.T., Storme, V., Ivens, B., Gusmao, J., Liu, B.H., Hostyn, V.,Van Slycken, J., Van Montagu, M. and Boerjan, W. 2001. Dense genetic linkage maps of three Populus species (*Populus deltoides, P. nigra* and *P. trichocarpa*) based on AFLP and microsatellite markers. Genetics, 158: 787-809. DOI: 10.1093/genetics/158.2.787

de Rigo, D., Enescu, C., Durrant, T. and Caudullo, G. 2016. Populus nigra in Europe: distribution, habitat, usage and threats.

Dix, M.E.N., Klopfenstein, B., Zhang, J.W., Workman, S.W. and Kim, M.S. 1997. Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology of Populus, N. B. Klopfenstein, et al., eds. (U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1997), vol. RM-GTR-297 of Rocky Mountain Forest & Range Exp. Station: General Technical Reports (RM-GTR), pp. 206-211.

Eckenwalder, J. E. 1996. Systematics and evolution of *populus*, in Biology of populus. Eds. Stettler, R. F., Heilman, J. P. E., Hinckley, T. M. (Ottawa, Canada: National Research Council of Canada Research Press), 7-32.

Forster, P. et al., 2021. The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Chapter 7.

Glass, W. and Edgin, B. 2004. White poplar (*Populus alba* L.), Vegetation Management Guideline, vol. 1, n. 25.

Hansen, E.A. and Tolsted, D.N. 1981. Effect of cutting diameter and stem or branch position on establishment of a difficult-to-root clone of a Populus alba hybrid. Canadian Journal of Forests Research, 11 (3): 723-727. DOI: 10.1139/x81-101

Herpka, I. 1986. A survey of development and possibilities of growing: natural forests of poplars and willows, Poplars and Willows in Yugoslavia. Poplar Research Institute, Novi Sad, 21-36.

Imbert, E. and Lefevre, F. 2003. Dispersal and gene flow of Populus nigra (Salicaceae) along a dynamic river system. Journal of Ecology, 91: 447. DOI: 10.1046/j.1365-2745.2003.00772.x

Isebrands, J.G. and Richardson, J. 2014. Poplars and Willows. Trees for Society and the Environment. CAB International and FAO, Rome.

Mitchell, A. F. 1974. A field guide to the trees of Britain and northern Europe. Published by Collins.

Norris, J.E., Di Iorio, A., Stokes, A., Nicoll, B.C. and Achim, A. 2008. Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions, J. E. Norris, et al., eds. (Springer Netherlands, 2008). pp. 167–210.

Praciak, A. et al., 2013. The CABI encyclopedia of forest trees. CABI, Oxfordshire, UK.

Salehi, A., Calagari, M., Ahmadloo, F., Sayadi, M.H.J. and Tafazoli, M., 2022. Productivity of Populus nigra L. in two different soils over five rotations. Acta Ecologica Sinica, 42(4):332-337. DOI: 10.1016/j.chnaes.2022.02.002

Šiler, B., et al., 2014. Variability of european black poplar (populus nigra) in the Danube Basin, Tech. rep.

Sixto, H., Grau, J.M., Alba, N. and Alia, R. 2005. Response to sodium chloride in different species and clones of genus Populus L. Forestry, 78(1): 93-104. DOI:10.1093/forestry/cpi009

Sterck, L., Rombauts, S., Jansson, S., Sterky, F., Rouzé, P. and Van de Peer, Y. 2005. EST data suggest that poplar is an ancient polyploid. New Phytologist, 167(1): 165-170. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01378.x

Vanden Broeck, A., Cox, K., Quataert, P., Van Bockstaele, E. and Van Slycken, J. 2003. Flowering phenology of Populus nigra L., P. nigra cv. italica and P. x canadensis Moench. and the potential for natural hybridisation in Belgium. Silvae genetica, 52(5-6): 280-283.

Vanden Broek, A. 2003. Technical guidelines for genetic conservation and use of European Black Poplar (Populus nigra). Publisher: International Plant Genetic Resources Institute.

Zhang, Y.H., Tian, Y., Ding, S.H., Lv, Y., Samjhana, W. and Fang, S.Z. 2020. Growth, carbon storage, and optimal rotation in poplar plantations: a case study on clone and planting spacing effects. Forests, 11(8): 842. DOI: 10.3390/f11080842