پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱۴۰۴،(۱۸)۱۰، ۲۴-۳۱

پژوهش و فناوری محیط‌زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۳۰۶۰-۲۶۷۶

ارزیابی توان تولید چوب کلن‌های مختلف صنوبر و نقش آن در توسعه پایدار منابع جنگلی

سید عبدالله موسوی کوپر[1]✉، محمود بیدار لرد[1]

۱- استادیار بخش جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۷/۱۵

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۴/۱۲/۰۴

کلید واژه‌ها:
توسعه پایدار،
تولید چوب،
جنگل،
زراعت چوب،
خودکفایی

چکیده

جنگل‌ها، شناخته‌شده‌ترین عامل پایداری اکوسیستم‌های طبیعی هستند. آنها عامل کلیدی در توسعه پایدار بخش کشاورزی و به مثابه سرمایه ملی می‌باشند. گرم شدن کره زمین، افزایش آلاینده‌های منو و دی‌اکسید کربن، بروز سیلاب‌های مخرب که عمومی‌ترین ناهنجاری محیط زیستی تلقی می‌شوند، ناشی از تخریب جنگل‌ها و کاهش بی وقفه سطح آنهاست. نیاز به چوب، اصلی‌ترین عامل تخریب جنگل‌ها به‌شمار می‌رود. نیاز فراوان به مواد اولیه چوبی رویکرد نوینی را می‌طلبد تا نگاه به عرصه‌های جنگلی برای تولید چوب، دگرگون شود. بخشی از این نیاز فراوان، با کشت درختان تند رشد صنوبر تحت عنوان زراعت چوب قابل جبران است. اختصاص اراضی کم بازده جنگلی در سامانه‌های مشرف به اراضی غیرجنگلی برای زراعت چوب، می‌تواند بخشی از نیاز مواد اولیه چوبی موردنیاز صنایع را تأمین کرده و خودکفایی در زمینه تولیدات چوبی را بهبود بخشد. این رویکرد تخریب جنگل‌ها را با هدف قطع و برداشت چوب کاهش داده و حیات و بقاء و پایداری آنها را تضمین می‌کند. در مطالعه حاضر کلن‌های مختلف از دو گونه دلتوئیدس (P. d. 69.55, P. d. 77.51) و اورآمریکن (P. e. 45.51, P.simonii, P. e. Triplo, P. e. I- 214) و پلت (*Acer velutinum*) به‌عنوان شاهد در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرا بسته با فاصله کاشت ۴×۴ متر، در سه تکرار و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی کاشت شده را در طی فرآیند ارزیابی توان تولید چوب آن‌ها از سال ۱۳۷۲ الی ۱۳۸۵ مورد آماربرداری و اندازه گیری قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داده است که کلن‌های مقایسه شده در چهار گروه دسته‌بندی شدند. کلن *P.e.45/51* در گروه نخست و گونه *P.trichocarpa* در گروه دوم از نظر توان تولید قرار گرفتند. گونه پلت (شاهد) در گروه آخر قرار گرفت. بنابراین، به‌واسطه نتایج به‌دست آمده ترویج توسعه کشت ارقام صنوبرهای فوق در نواحی شمال کشور با استدلال بهتری صورت خواهد گرفت.

✉پست الکترونیکی نویسنده مسئول: abdy_mo@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, 10(18)2025. 24-31

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 2676-3060

Evaluation of wood production potential of different Poplar Clones and Its Role in Sustainable Development of Forest Resources

Seyed Abodllah Mousavi Koupar[1]✉, Mahmoud Bidarlord[1]

1-Assistant Professor, Forests, Rangelands and Watershed Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Rasht, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
2025/05/06
Accepted:
2025/10/07
Available online:
2026/02/23

Keywords:
Sustainable development,
Wood production,
Forest,
Wood farming,
Self-sufficiency

Abstract

Forests are the most recognized factor for maintaining the stability of natural ecosystems. They play a key role in the sustainable development of the agricultural sector, representing a significant national asset. Global warming, the increase of mono- and carbon dioxide pollutants, and destructive floods, which are considered the most common environmental abnormalities, are caused by deforestation and the continuous reduction of forest areas. The need for wood is considered the main factor in the destruction of forests. The immense demand for wood as a raw material requires a new approach to transform the perspective on forest areas for wood production. A part of this immense need can be compensated by cultivating fast-growing poplar trees as part of wood farming. Allocating low-yield forest lands within forest ecosystems adjacent to non-forest areas for wood cultivation can supply a portion of the wood raw material needs for industries and enhance self-sufficiency in wood product manufacturing. This approach reduces forest degradation for the purpose of wood harvesting and guarantees their life, survival, and sustainability. In the present study, different clones of two species—*Populus deltoides* (P. d. 69.55, P. d. 77.51) and Euro-American poplars (P. e. 45.51, P. simonii, P. e. Triplo, P. e. I-214)—as well as maple species (*Acer velutinum*) as a control at the Safarabad Poplar Research Station, with a planting distance of 4x4 meters, in three replications, and planted within a randomized complete block design statistical framework. These plantings were surveyed and measured from 1993 to 2006 in order to evaluate their wood production potential. The results showed that the compared clones were classified into four groups. The clone P.e.45/51 ranked in the first group, and the species *P. trichocarpa* ranked in the second group in terms of production potential. The maple species (control) was placed in the last group. Therefore, based on the obtained results, promoting the cultivation expansion of these poplar varieties in the northern regions of the country can be supported with stronger justification.

✉ Corresponding author E-mail address: abdy_mo@gmail.com

مقدمه

جنگل‌ها از مهم‌ترین عناصر حیات‌بخش محیط زیست و عامل اساسی در تأمین رفاه، امنیت زیستی و توسعه‌ی پایدار جوامع انسانی به‌ویژه در بخش کشاورزی هستند (یخکشی، ۱۳۵۶؛ بیدارلرد و همکاران، ۱۴۰۰). در میان کارکردهای متعدد جنگل، نقش اقتصادی آن به‌ویژه از طریق تولید چوب به وضوح آشکار است. چوب، یکی از محصولات ارزشمند و مؤثر در روند تکامل زیستی و فرهنگی بشر است؛ به‌طوری‌که در آثار تاریخی ایران باستان و مصر قدیم، قدمت مصرف و اهمیت آن در پایداری تمدن‌ها به‌خوبی مشهود است (پرلین[1]، ۲۰۰۵). در واقع، تاریخ تولید و ساخت بشر از چوب آغاز شده و سپس به سایر مواد گسترش یافته است.

با وجود اهمیت بالای جنگل‌ها، سطح آنها در جهان طی دهه‌های اخیر با کاهش چشمگیری همراه بوده است؛ به‌گونه‌ای که مساحت جنگل‌های جهان در سال ۱۹۹۰ حدود ۳/۵ میلیارد هکتار و در سال ۲۰۱۰ برابر با ۴۰۳۳۰۶۰ هزار هکتار برآورد شده است (فائو[2]، ۲۰۱۰). کاهش سطح جنگل‌ها، پیامدهای زیست‌محیطی گسترده‌ای چون افزایش آلاینده‌ها، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشدید گرم شدن زمین را در پی داشته است. کنفرانس تغییرات اقلیمی پاریس در سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵) که با شعار «زنده‌باد سیاره زمین» برگزار شد، بر همین نگرانی جهانی درباره‌ی ضرورت حفاظت از جنگل‌ها و کنترل گرمایش تأکید کرد (ای‌پی‌سی‌سی[3]، ۲۰۲۱؛ روسن[4] و همکاران، ۲۰۲۵).

افزایش تقاضای چوب در صنایع مختلف از جمله مبلمان، خمیر کاغذ و تخته‌چندلا (ضیایی، ۲۰۱۰ کومار[5] و همکاران، ۲۰۱۶؛ فرانسیس[6] و همکاران، ۲۰۰۶) در شرایط کاهش منابع‌طبیعی، نیاز به رویکردهای جایگزین همچون زراعت چوب را دوچندان کرده است. در این میان، صنوبر به‌عنوان گونه‌ای سریع‌الرشد، سازگار با اقلیم‌های گوناگون و دارای قابلیت تکثیر بالا، نقش محوری در زراعت چوب ایفا می‌کند (بال[7] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ورانی[8] و همکاران، ۲۰۰۸). سطح جهانی کشت صنوبر در سال ۲۰۰۷ حدود ۷۹/۱ میلیون هکتار برآورد شد (دربوکا[9]، ۲۰۱۲). چوب صنوبر به‌دلیل دارا بودن مواد لیگنوسلولزی فراوان، ماده‌ی اولیه‌ی مناسبی برای صنایع مختلف نظیر خمیر کاغذ، تخته‌فیبر، روکش و محصولات صنعتی است (و انگ[10] و همکاران، ۲۰۱۲؛ بلاتینز و کرتچمن[11]، ۲۰۰۱).

در ایران، محدودیت منابع جنگلی و پایین بودن سرانه‌ی جنگل حدود ۰/۲ هکتار در برابر میانگین جهانی ۰/۸ هکتار (فرهمند[12]، ۲۰۱۲) ایجاب می‌کند که بخش قابل‌توجهی از نیاز کشور از طریق زراعت چوب تأمین شود. تنوع گونه‌ها و رویشگاه‌های صنوبر از مناطق شمالی مرطوب تا اقلیم‌های خشک با آبیاری کنترل‌شده، فرصت مناسبی برای گسترش این زراعت فراهم کرده است. پژوهش‌های انجام شده در این زمینه نشان داده‌اند که ترکیب کاشت صنوبر با گونه‌های بومی می‌تواند کیفیت خاک، تولید چوب و پایداری زیستگاه را بهبود بخشد (صیاد و همکاران[13]، ۲۰۰۶؛ جلالی و همکاران، ۱۳۸۲؛ پیتو[14] و همکاران، ۲۰۰۴؛ اوسنی[15] و همکاران، ۲۰۰۷).

---

[1] Perlin
[2] FAO
[3] IPCC
[4] Rosen
[5] Kumar
[6] Francis
[7] Ball
[8] Verani
[9] Derbowka
[10] Wang
[11] Balatinecz and Kretschman
[12] Farahmand
[13] Sayyad
[14] Piotto
[15] Oseni

به‌علاوه، ویژگی‌های ژنتیکی متنوع صنوبرها و توانایی تولید دورگ‌های مختلف (ولجانوسکی و همکاران، ۲۰۱۳) امکان سازگاری آنها با بسترها و شرایط گوناگون را فراهم کرده است (پلگرینو[1] و همکاران، ۲۰۱۱). کلن‌های مختلف این گونه از نظر رشد، بازده چوب و مقاومت در برابر تنش‌های اقلیمی متفاوت عمل می‌کنند و انتخاب کلن‌های بهینه می‌تواند گامی مؤثر در مدیریت پایدار منابع جنگلی و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی باشد (فائو، ۲۰۲۲).

بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی توان تولید چوب کلن‌های مختلف صنوبر و ارزیابی نقش آن در کاهش برداشت از جنگل‌های طبیعی و تأمین مواد اولیه‌ی صنایع چوب انجام گرفت. شناخت کلن‌های برتر و سازگار، می‌تواند مسیر توسعه‌ی اقتصادی، حفظ تنوع ژنتیکی و پایداری منابع‌طبیعی کشور را هموار سازد.

مواد و روش‌ها

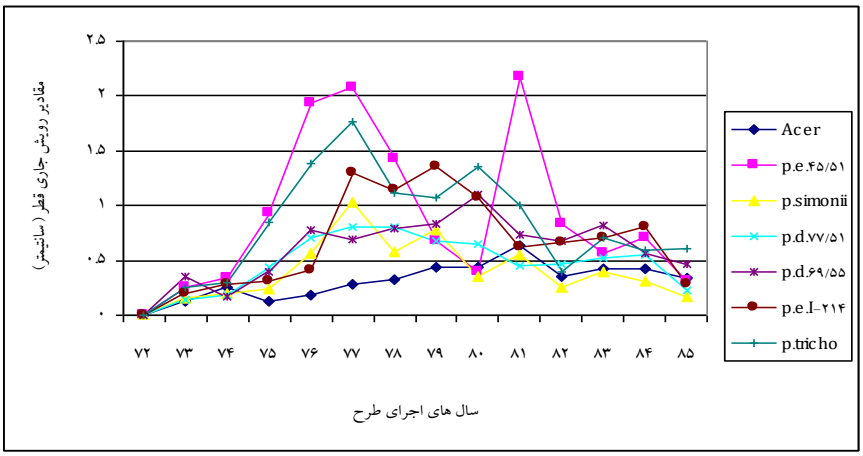
کلن‌های مختلف از دو گونه دلتوئیدس (*P. d. 69.55, P. d. 77.51*) و اورآمریکن (*P. e. 45.51, P.simonii, P. e. Triplo, P. e. I- 214*) و گونه پلت (*Acer velutinum*) به‌عنوان شاهد در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرا بسته در طی فرآیند ارزیابی توان تولید چوب آنها از سال ۱۳۷۲ الی ۱۳۸۵ مورد پژوهش و بررسی قرار گرفتند. ایستگاه تحقیقات صفرابسته در استان گیلان، در ارتفاع حدود ۱۰ متر از سطح دریا، دارای اقلیم مرطوب خزری، با میانگین دمای سالیانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد، بارندگی بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال و خاک آبرفتی عمیق با زهکش مناسب است.

برای بررسی توان تولید چوب کلن‌های مختلف صنوبر، نهال‌های یک‌ساله صنوبر از کلن‌های یاد شده و پلت (*Acer velutinum*) به‌عنوان شاهد به‌صورت گروهی در فاصله کاشت ۴×۴ متر، در سه تکرار و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی کاشته شدند (صالحی و همکاران[a,b]، ۱۳۹۹). اندازه‌گیری عامل‌های رشدی قطر برابر سینه و ارتفاع کل درختان به‌ترتیب با ابزار نوار قطرسنج و شیب سنج سن تو به‌طور سالیانه انجام شد. حجم یابی درختان با استفاده از فرمول حجم یابی اسمالیان انجام و مقایسه میانگین داده‌های قطر، ارتفاع و حجم درختان با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. این فرمول به‌دلیل دقت بالا و کاربرد رایج در مطالعات مشابه انتخاب شده است.

یافته‌های پژوهش

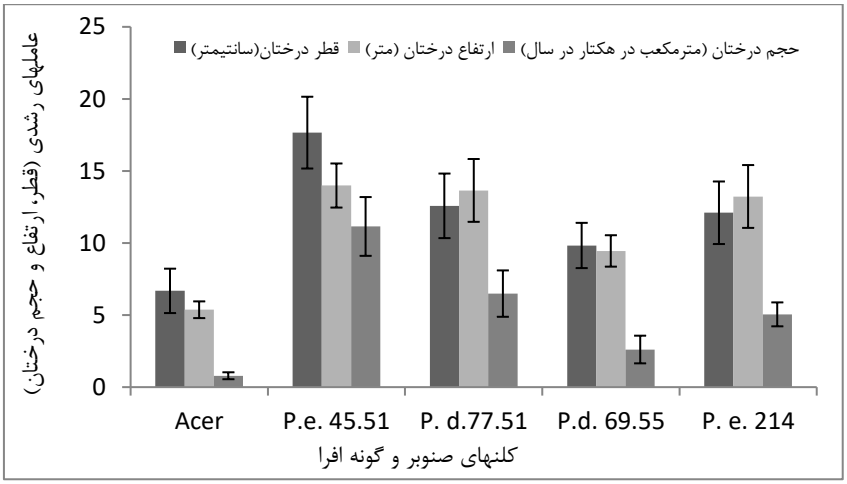
رشد قطری، ارتفاعی و حجمی درختان صنوبر

نتایج بررسی و مقایسه میانگین عامل‌های رشدی (قطر، ارتفاع و حجم) کلن‌های مختلف صنوبر نسبت به پلت (*Acer velutinum*) نشان داد که صنوبرها به‌علت تندرشد بودن برتری نمایانی دارند.

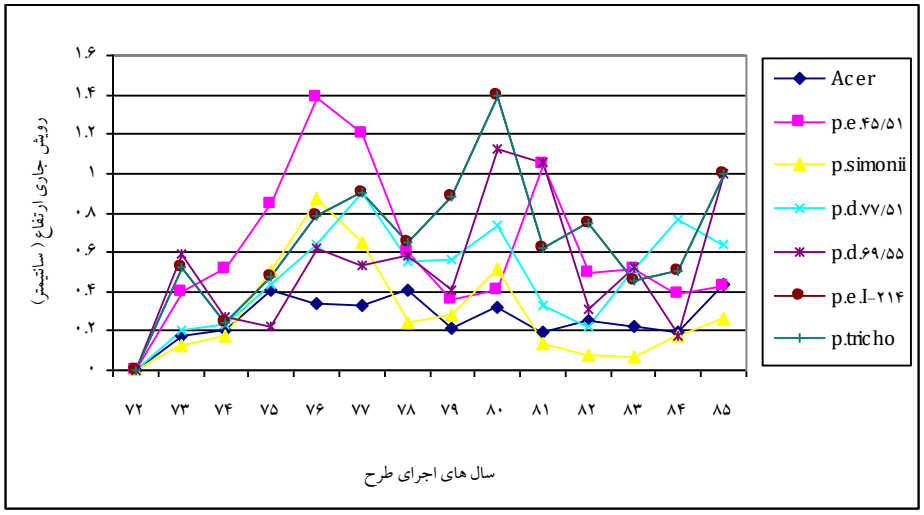


شکل (۱) مقایسه میانگین رویش جاری قطر کلن‌های مختلف صنوبر نسبت به پلت (*Acer velutinum*)

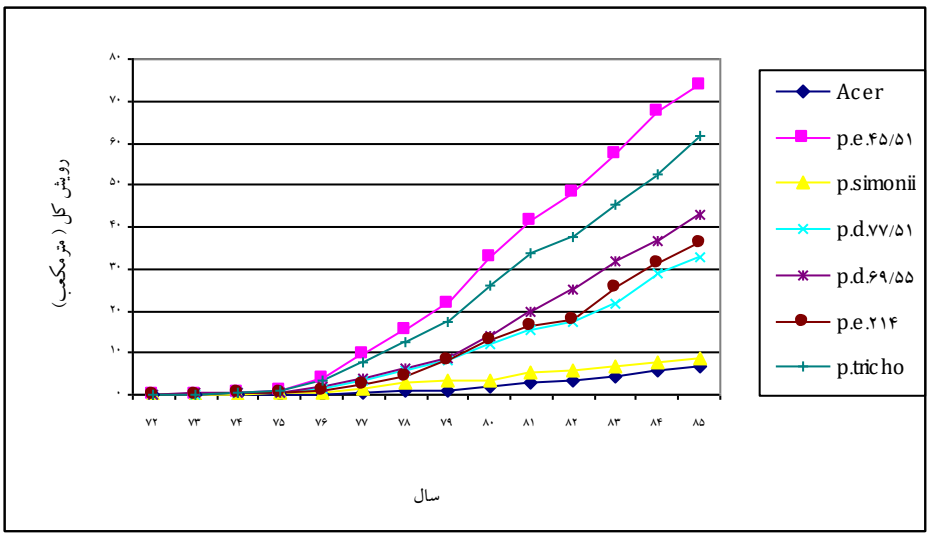
[1] Pellegrino



شکل (۲) مقایسه رشد قطری، ارتفاعی و حجمی کلن‌های مختلف صنوبر نسبت به پلت (*Acer velutinum*)



شکل (۳) مقایسه میانگین رویش جاری ارتفاع کلن‌های مختلف صنوبر نسبت به پلت (*Acer velutinum*)



شکل (۴) مقایسه میانگین رویش حجمی کلن‌های مختلف صنوبر نسبت به پلت (*Acer velutinum*)

بحث و نتیجه‌گیری

نقش بی‌بدیل جنگل در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی نظیر جلوگیری از تخریب روان آب‌ها، تعدیل دما، پالایش ریزگردها، ترسیب گازکربنیک (لی[1] و همکاران، ۲۰۰۹) و جلوگیری از رانش زمین ضرورت حفظ و توسعه آنها را آشکار می‌سازد (فائو، ۲۰۲۲). این مهم در کشور ایران که در ردیف کشورهای کم‌برخوردار جنگلی قرار دارد، ضرورتی اجتناب‌ناپذیرتر است. ورود کلن‌های خارجی اصلاح شده صنوبر در گیلان تحولی چشمگیر برای تولید چوب در عرصه‌های غیر جنگلی شد (پولادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدی لیمایی و همکاران، ۱۳۹۲). تا جایی که به‌طور مشخص مصارف روستایی که از درختان جنگلی تأمین می‌شد، به تولیدات چوب صنوبر معطوف و منحصر شد. این رویکرد تا حدودی فشار برداشت از جنگل‌ها را کاهش داد و بستر مساعد تولید مواد اولیه موردنیاز صنایع چوب استان‌های شمالی کشور و سایر استان‌ها را پاسخ داد. زیرا توان تولید چوب ارقام تندرشد صنوبر در مزارع چوب از ۴ تا ۸ برابر بیشتر توان تولید گونه‌های جنگلی برآورد شد (شکل ۱ ،۲،۳). این راندمان با رعایت اصول به‌زراعی در کاشت و داشت آن‌ها به مقدار فراوان‌تری قابل افزایش است. بنابراین، برداشت چوب از جنگل‌ها با هدف مصارف صنعتی آنها به‌عنوان کارگاه تولید چوب چندان خردورزانه نیست. زیرا ثروت آفرینی جنگل‌ها را نباید به تولید چوب آن بسنده کنیم (چاندرا[2]، ۲۰۱۱) که متأسفانه تاکنون چنین کردیم. چون عامل اصلی تخریب جنگل‌ها در ایران با هدف تولید چوب انجام می‌شود (مدیر رحمتی و پناهی، ۱۳۹۷).

از این رو، نقش اقتصادی صنوبر نه فقط در زراعت چوب بلکه در صنایع چوب انکارناپذیر است (ورانی و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش میزان تولید چوب صنوبر، بازده تولیدی صنایع چوب را افزایش می‌دهد و این صنایع را از قرار گرفتن در چالش‌های ناشی از کمبود مواد اولیه باز می‌دارد. زیرا کارخانجات صنایع چوب، تعطیلی موقت در شرایط نبود مواد اولیه را بارها تجربه کرده‌اند. در گیلان معادل یک پنجم عرصه‌های جنگلی به‌ویژه در سامانه‌های مشرف به اراضی جلگه‌ای، جنگل‌های تخریب‌یافته و کم بهره‌ای وجود دارد که می‌تواند فرصت اشتغال برای فارغ‌التحصیلان رشته‌های منابع‌طبیعی را سامان دهی کند (محمدی لیمایی و همکاران، ۱۳۹۲). بخشی از اراضی یاد شده را به‌شرط درخت‌کاری و فعالیت در حوزه زراعت چوب به‌صورت استیجاری در اختیار علاقمندان قرار داده تا کمبود مواد اولیه صنایع چوب را جبران نموده و جنگل‌های کم بهره را به سودآوری اقتصادی رساند. این راهکار می‌تواند، وضعیت ناخوشایند اشتغال در گیلان را بهبود بخشیده و جنگل‌های تخریب یافته را احیا نماید. بنابراین، می‌توان پذیرفت، همانطوری که جنگل‌ها پشتوانه کشاورزی پایدار و حیات اجتماعی انسان‌ها هستند، زراعت چوب با صنوبر کاری پشتوانه حیات و بقاء جنگل محسوب‌می‌شود.

معرفی کلن‌های برتر درختان سریع‌الرشد و سازگار با شرایط آب وهوایی کشوری تواند ضمن کمک احیا و توسعه صنوبر کاری‌ها، در ایجاد اشتغال و افزایش درآمد نیز مؤثر باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۹). اما بهره گیری از ارقام یکسان در دراز مدت می‌تواند مزارع را نسبت به آفات و بیماری‌ها آسیب‌پذیر سازد (فراهانی و همکاران، ۱۴۰۳، رجبی مظهر و صادقی، ۱۴۰۳). بنابرین، توصیه می‌شود، به‌منظور تولید برآورد چوب مورد نیاز جامعه، فرایند معرفی رقم‌های جدید درختان سریع الرشد و به‌کارگیری کشت آمیخته (گل[3] و همکاران، ۲۰۱۰؛ پتیت و مونتاگنینی[4]، ۲۰۰۶) پیوسته از اولویت‌های زراعت چوب هر ناحیه از کشور باشد.

منابع

بیدار لرد، محمود؛ دهدار درگاهی، محمد؛ جلیلی، عادل (۱۴۰۰). پوشش گیاهی جنگل‌های میان‌بند هیرکانی (مطالعه موردی: جنگل تولی نساء، استان گیلان). *تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۳(۴۶)*، ۷۸–۵۷.

[1] Lee
[2] Chandra
[3] Gol
[4] Petit and Montagnini

پولادی، نسترن؛ دلاور، محمدامیر؛ گلچین، احمد؛ موسوی کوپر، سید عبدالله (۱۳۹۱). بررسی تأثیر نوع جنگل‌کاری بر ویژگی‌های کیفی و ذخیره کربن خاک در ایستگاه صفرابسته، استان گیلان. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۱)*، ۹۵–۸۴.

جلالی، سید غلامعلی؛ حسینی، سید محسن؛ اکبرینیا، مسلم؛ اشکیکی، ربیع (۱۳۸۲). بررسی مقایسه‌ای جنگل‌کاری خالص و آمیخته صنوبر از نظر تولید کمی و کیفی چوب. *پژوهش و سازندگی، ۵۸*، ۸۹–۸۲.

رجبی مظهر، علیرضا؛ صادقی، سید ابراهیم (۱۴۰۳). شته مومی صنوبر. *مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، نشریه فنی ۶۹*.

صالحی[a]، منصور؛ قدس خواه، مهرداد؛ امان زاده، بیت‌الله؛ موسوی کوپر، سید عبدالله (۱۳۹۹). ارزیابی خسارت پروانه گال زای صنوبر (*Paranthrene tabaniformis* Rott. (Lep.: *Sessiidae*)و پروانه توری تبریزی *Nycteola asiatica* Krul. (Lep.: *Noctuidae*)روی گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر در نهالستان‌ها و صنوبرکاری‌های استان گیلان. *نشریه علمی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱۸ (۲)*، ۲۴۳-۲۳۳.

صالحی[b]، منصور؛ قدس خواه، مهرداد؛ امان زاده، بیت‌الله؛ موسوی کوپر، سید عبدالله (۱۳۹۹). مقایسه عملکرد گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر در استان گیلان. جنگل و فرآورده‌های چوب، *مجله منابع‌طبیعی ایران، ۷۳ (۲)*، ۲۱۱-۲۰۱.

فراهانی، سمیرا؛ زمانی، سیده معصومه؛ کلاگر، مهدی؛ نقوی، اویس؛ علیزاده علی‌آبادی، علی؛ محمدپور، پریسا (۱۴۰۳) خسارت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت (*Ostrinia nubilalis* Hübner) در نهالستان‌های صنوبر و مدیریت آن. *مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور*، نشریه فنی ۷۴.

محمدی لیمایی، سلیمان؛ بهرام آبادی، زهرا؛ رستمی شاهراجی، تیمور؛ ادیب‌نژاد، مصطفی؛ موسوی کوپر، سید عبدالله (۱۳۹۲). تعیین سن بهره‌برداری اقتصادی صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان، ۲۱(۱): ۷۵-۶۳.

مدیر رحمتی، علیرضا؛ پناهی، پریسا (۱۳۹۷). زراعت چوب، راهی مطمئن و پایدار برای تأمین چوب موزد نیاز کشور. *نشریه طبیعت ایران ۳ (۳)*، ۷۶-۶۲.

یخکشی، علی (۱۳۵۶). ارزش اجتماعی و اقتصادی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران.

Balatinecz, J. J., & Kretschmann, D. E. (2001). Properties and utilization of poplar wood. In D. I. Dickmann, J. G. Isebrands, J. E. Eckenwalder, & J. Richardson (Eds.), Poplar culture in North America (Part A, Chap. 9, pp. 277–291). NRC Research Press.

Ball, J., Carle, J., & Del Lungo, A. (2008). *Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development*. FAO Forestry Department.

Chandra, J. P. (2011). Development of poplar‐based agroforestry system. *Indian Journal of Ecology*, 38, 11–14.

Derbowka, D. R. (2012). Poplar and willow cultivation and utilization in Canada 2008–2011: Canadian country progress report. International Poplar Commission.

FAO. (2010). Global forest resources assessment 2010: Main report (FAO Forestry Paper 163). Food and Agriculture Organization.

FAO. (2022). The state of the world's forests 2022. FAO.

Farahmand, K. (2012). Economic analysis of optimal utilizing at northern forest of Iran. *International Journal of Agriscience*, 2(4), 374–384.

Francis, R. C., Hanna, R. B., Shina, S. J., Brown, A. F., & Riemenschneider, D. E. (2006). Papermaking characteristics of tree *Populus* clones growing in the north-central United States. *Biomass and Bioenergy,* 30, 803–808.

Gol, C., Cakir, M., & Baran, A. (2010). Comparison of soil properties between pure and mixed Uludag fir stands in Ilgaz Mountain National Park. *Ekoloji, 19*(75), 33–40.

IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

Kumar, P., Mishra, A. K., Chaudhari, S. K., Singh, R., Singh, K., Rai, P., Pandey, C. B., & Sharma, D. K. (2016). Biomass estimation and carbon sequestration in *Populus deltoides* plantations in India. *Journal of Soil Salinity and Water Quality, 8*(1), 25–29.

Lee, S. K., Son, Y., Noh, N. J., Yoon, T. K., Lee, A. R., Seo, K. W., Hwang, Y., & Sae, S. W. (2009). Carbon storage of pure and mixed pine-deciduous oak forests in Gwangneung, Central Korea. *Journal of Ecology and Field Biology, 32*(4), 237–247.

Oseni, O. A., Ekperigin, M. M., Akindahunsi, A. A., & Oboh, G. (2007). Studies of physicochemical and microbial properties of soils from rainforest and plantation in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research, 2*(11), 605–609.

Pellegrino, E., Di Bene, C., Tozzini, C., & Benari, E. (2011). Impact on soil quality of a 10-year-old short rotation coppice poplar stand compared with intensive agricultural and uncultivated systems in a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 140*, 245–254.

Perlin, J. (2005). A forest journey: The role of wood in the development of civilization (Revised ed.). Countryman Press.

Petit, B., & Montagnini, F. (2006). Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of Costa Rica. *Forest Ecology and Management, 233*(2–3), 338–343.

Piotto, D., Viques, E., Montagnini, F., & Khanna, M. (2004). Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management, 190*, 359–372.

Rosen, M. A., Kioumarsi, H., & Gholipour Fereidouni, H. (2025). Climate action and net-zero emissions. *European Journal of Sustainable Development Research, 9*(4), em0334. https://doi.org/10.29333/ejosdr/16864

Sayyad, E., Hosseini, S. M., Mokhtari, J., Mahdavi, R., Jalali, S. G., Akbarinia, M., & Tabari, M. (2006). Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure and mixed stands of *Populus deltoides* and *Alnus subcordata*. *Silva Fennica, 40*(1), 27–35.

Veljanovski, V., & Constabel, C. P. (2013). Molecular cloning and biochemical characterization of two UDP-glycosyltransferases from poplar. *Phytochemistry, 91*, 148–157.

Verani, S., & Speradio, G. (2008). *International poplar commission thematic papers*. FAO Forestry Department.

Wang, Z. J., Zhu, J. Y., Zalesny, R. S., & Chen, K. F. (2012). Ethanol production from poplar wood through enzymatic saccharification and fermentation by dilute acid and SPORL pretreatments. *Fuel, 95*, 606–614.