

Research Article

Assessing the adaptability of different cultivars of open-crowned poplar in Mazandaran Province, Iran

Seyed Ehsan Sadati ^{1*}, Jamshid Mokhtari ² and Mojtaba Imani Rastabi ³

1* - Corresponding author, Associate Prof., Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. E-mail: sadati10@yahoo.com

2- Senior Expert, Research Division of Natural Resources, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

3- Researcher, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

Received: 29.05.2024

Revised: 28.08.2024

Accepted: 28.08.2024

Abstract

Background and objectives: Adaptability testing and evaluation of vegetative characteristics in various cultivars of poplar (*Populus* L.) are essential for identifying the most suitable clones under different ecological conditions. Due to the high number of species, cultivars, varieties, and clans within this genus, and their ease of hybridization, new cultivars can be developed and propagated under compatible conditions. *P. deltoides* W. Bartram ex Marshall, *P. × euramericana* (Dode) Guinier, and *P. × interamericana* Brockh. are among the most important Open-Crowned Poplar Clones (OCPC), showing strong adaptability with Iran's climate, particularly in the northern regions. Therefore, this study was conducted to assess the adaptability of different OCPC cultivars in Mazandaran Province, Iran.

Methodology: Adaptability tests were conducted at the Chamestan Forest and Pasture Research Station. Fifteen OCPC cultivars, including *P. deltoides*, *P. × euramericana*, and *P. × interamericana*, were planted at a spacing of 4×4 meters in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. After 10 years, several traits were evaluated, including diameter at breast height (DBH), tree height, number of main stems, sensitivity to pests and diseases, annual wood production, and trunk quality.

Results: ANOVA results indicated significant differences in survival and DBH at the 99% confidence level, and in tree height and annual wood production at the 95% confidence level among OCPC cultivars. However, no significant differences were found in pest/disease susceptibility, number of main stems, or trunk quality. Mean comparison revealed that clone *P. d. 63/10* had the highest survival rate (92%) and annual wood production (23.23 m³/ha), while clone *P. d. 67/51* had the greatest DBH (22.16 cm) and height (22.3 m). In contrast, clone *P. × 561/41* had the lowest survival rate (48%), height (10.5 m), and annual volume growth (1.9 m³/ha), while *P. × 87m.119* had the smallest DBH (10.5 cm). Clones *P. d. 63/10*, *P. d. 73/51*, and *P. d. 67/51* were grouped as top performers, while *P. × 87m.119* and *P. × 561/41* were placed in the lowest-performing group. In terms of pest resistance, *P. × interamericana* (23.3% infection), *P. × triplo* (37.61%), and *P. × canadensis* Pacher (25%) were the most resistant. The most pest- and disease-sensitive clones were *P. d. 73/51* and *P. d. 69/55*, with infection rates of 50% and 48.3%, respectively.

Conclusion: Overall, the findings indicated that *P. deltoides* clones had higher average DBH,



height, and volume among the OCPC cultivars studied in the Mazandaran plains. It is recommended to use high-performing clones such as P. d. 63/10 for wood farming development. Further research comparing OCPC cultivars at various altitudes above sea level is also suggested.

Keywords: Poplar clone, survival, stem quality, wood production.

بررسی سازگاری رقم‌های مختلف صنوبرهای تاج‌باز در استان مازندران

سیداحسان ساداتی^{۱*}، جمشید مختاری^۲ و مجتبی ایمانی راستابی^۳

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران. پست الکترونیک: sadati10@yahoo.com

^۲ - مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران

^۳ - محقق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: آزمایش‌های سازگاری و بررسی مشخصات رویشی با رقم‌های مختلف جنس صنوبر (*Populus L.*) برای تعیین مناسب‌ترین آن‌ها در شرایط مختلف بوم‌شناسی، مهم است. زیرا این جنس دارای گونه، کولتیوار، واریته و رقم‌های زیادی است. از طرفی، به دلیل سهولت دوره‌پذیری آن، قابلیت تولید رقم‌های جدید دارد که با ایجاد شرایط سازگاری می‌توان صفات مناسب را به نسل بعد منتقل کرد. رقم‌های صنوبر دلتوئیدس (*P. deltoides* W.Bartram ex Marshall)، اورآمریکن (*P. x euramericana* (Dode) Guinier) و اینترآمریکن (*P. x interamericana* Brockh.) از مهم‌ترین رقم‌های صنوبر تاج‌باز هستند که با شرایط اقلیمی کشور ایران به‌ویژه شمال کشور، سازگاری خوبی از خود نشان داده‌اند. پژوهش پیش‌رو با هدف تعیین وضعیت سازگاری رقم‌های مختلف صنوبر تاج‌باز در استان مازندران انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌های سازگاری کلن‌های صنوبر از رقم‌های تاج‌باز در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان انجام شد. برای این منظور، ۱۵ رقم تاج‌باز از صنوبرهای دلتوئیدس، اورآمریکن و اینترآمریکن با فاصله کاشت ۴×۴ متر مربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با سه تکرار بررسی شدند. صفات قطر برابر سینه، ارتفاع، تعداد ساقه اصلی، تولید سالانه چوب، حساسیت به آفات و بیماری‌ها و کیفیت تنه بین رقم‌های مورد نظر پس از ده سال مقایسه شدند.

نتایج: براساس نتایج تجزیه واریانس، بین رقم‌های تاج‌باز از نظر زنده‌مانی و قطر برابر سینه با احتمال ۹۹ درصد و ارتفاع و تولید سالانه چوب با احتمال ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما از نظر حساسیت به آفات و بیماری‌ها، تعداد ساقه اصلی و درجه کیفی تنه، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم *P. d. 63/10* با زنده‌مانی ۹۲ درصد و متوسط رویش حجمی سالانه ۲۳/۲۳ متر مکعب در هکتار و رقم *P. d. 67/51* با قطر برابر سینه ۲۲/۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۲/۳ متر، بیشینه صفات مذکور را به‌خود اختصاص دادند. کمینه این صفات در رقم *P. x. 561/41* با زنده‌مانی ۴۸ درصد، ارتفاع ۱۰/۵ متر و متوسط رویش حجمی سالانه ۱/۹ متر مکعب در هکتار و نیز *P. x. 87m.119* با قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر مشاهده شد. به این ترتیب در میان صنوبرهای تاج‌باز مورد مطالعه از نظر تولید سالانه چوب در واحد سطح، رقم‌های *P. d. 63/10*، *P. d. 73/51* و *P. d. 67/51* در گروه برتر و رقم‌های *P. x. 87m.119* و *P. x. 561/41* با کمترین تولید در گروه آخر قرار گرفتند. *P. x interamericana* با ۲۳/۳ درصد و *P. x. triplo 37/61* و *P. x canadensis* Pacher با ۲۵ درصد درختان آلوده به آفات، مقاوم‌ترین رقم‌ها از این نظر بودند. بیشترین آلودگی به آفات و بیماری‌ها نیز در *P. d. 73/51* و *P. d. 67/51* به ترتیب با آلودگی ۵۰ و ۴۸/۳ درصد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی: به‌طورکلی، نتایج نشان داد که بین رقم‌های صنوبر تاج‌باز مورد مطالعه در ناحیه جلگه‌ای مازندران، دلتوئیدس‌ها، میانگین رویش قطری، ارتفاعی و حجمی بیشتری داشتند. توصیه می‌شود که در ناحیه جلگه‌ای هیرکانی مانند چمستان از رقم‌های تاج‌باز صنوبر سازگار و پرتولید از جمله *P. d. 63/10* با هدف توسعه زراعت چوب استفاده شود. برای پژوهش‌های آینده نیز پیشنهاد می‌شود که صفات رویشی رقم‌های مختلف صنوبرهای تاج‌باز در ارتفاعات بالاتر از سطح دریا با نتایج این پژوهش مقایسه شوند.

واژه‌های کلیدی: تولید چوب، رقم صنوبر، زنده‌مانی، کیفیت تنه.

مقدمه

برنامه‌ریزی‌ها و تلاش‌هایی که در راستای تولید هرچه بیشتر چوب صورت می‌گیرد، ضمن معرفی رقم‌های پرمحصول و مقاوم برای مناطق آب و هوایی مختلف باید به کاهش دوره بهره‌برداری و افزایش کیفیت چوب نیز منجر شوند. به عبارتی دیگر، باید بتوان بیشینه تولید را با کیفیت مطلوب در کمینه زمان از واحد سطح به دست آورد تا بخشی از نیازهای چوبی جامعه از این طریق برطرف شود (Ghasemi & Modirrahmati, 2004). جنس صنوبر (*Populus L.*) به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند تندرستی، قدرت سازگاری زیاد، کیفیت مناسب چوب (قابل استفاده در صنایع چوب)، تنوع ژنتیکی و سهولت تکثیر به عنوان یکی از عناصر اصلی در زراعت چوب محسوب می‌شود. امروزه از گونه‌های مختلف آن به عنوان رقم‌های پرمحصول با اهداف مختلف تولید چوب استفاده می‌شود (Ghasemi & Modir Rahmati, 2003).

جنس صنوبر متعلق به خانواده (Salicaceae) از گیاهان چوبی دویایه محسوب می‌شود که با ۳۹ تا ۸۵ گونه اغلب در نیم کره شمالی پراکنش دارند (Eckenwalder, 1996). سهولت دورگه‌گیری میان گونه‌های این جنس در تحقیقات به نژادی صنوبر به تولید رقم‌ها و کولتیوارهای زیادی منجر شده است که مبنایی را برای بررسی‌های سازگاری رقم‌ها، بررسی تنوع و در نهایت، گزینش رقم برای مناطق موردنظر فراهم می‌کند. از طرفی، صنوبرها به دلیل رشد سریع، امکان کشت انبوه، رویش زیاد و دوره بهره‌برداری کوتاه در نقاط مختلف ایران کشت می‌شوند (Goodarzi et al., 2013).

آزمایش‌های سازگاری با رقم‌های مختلف صنوبر، اعم از بومی و خارجی برای تعیین مناسب‌ترین آن‌ها در شرایط مختلف بوم‌شناسی مهم است. چراکه جنس صنوبر دارای گونه، کولتیوار، واریته و رقم‌های زیادی است. از طرفی، به دلیل سهولت دورگه‌پذیری به طور مداوم رقم‌های جدیدی تولید می‌شوند که اغلب از صفات مناسب‌تری نسبت به والدین خود برخوردار هستند. گونه‌های مختلف صنوبر، میدان وسیع بوم‌شناختی دارند. حتی یک گونه ممکن است در شرایط

مختلف آب و هوایی از خود سازگاری نشان دهد و رشد مناسبی نیز داشته باشد. به عنوان مثال *P. euphratica* Olivier (پده) در نزدیکی کویر تا کلامکان در کشور چین و در آب و هوای گرم و قاره‌ای با دمای $\pm 40^\circ$ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی کمتر از ۵۰ میلی‌متر و با خاک شور (گاهی بیشتر از دو درصد) هنوز می‌تواند رشد ارتفاعی چشمگیری (بیشتر از ۱۵ متر) داشته باشد (Weisgerber, 2000). پژوهش‌های مرتبط با صنوبر در شمال ایران در قالب دو مرحله شامل بررسی‌های گزینش و انتخاب در خزانه طی سه تا چهار سال و انتخاب درختان مناسب براساس سازگاری در مناطق اقلیمی مختلف و توان تولید چوب آن‌ها انجام می‌شود (Calagari, 2018).

از میان ۵۰ کلن صنوبر متعلق به گونه‌های اورآمریکن (*P. euramericana* (Dode) Guinier و دلتوئیدس (*P. deltoides* W. Bartram ex Marshall) که در استان گیلان (ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته) بررسی شدند، ۱۵ کلن با متوسط رویش حجمی سالانه بیشتر از ۲۵ متر مکعب در هکتار از جمله *P. d.* 69/55، *P. d.* 77/51 و *P. e.* 45/51 به عنوان رقم‌های برتر به واحدهای اجرایی در استان‌های گیلان و مازندران معرفی و در سطوح تجاری کشت شدند (Lotfian, 1984). ارزیابی رویش ۱۵ کلن از صنوبرهای دلتوئیدس و اورآمریکن که طی سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۶ در اراضی شرکت سهامی جنگل شفاورد کشت شده بودند، نشان داد که کلن *P. d.* 69/55 با ۳۰ متر مکعب، بیشترین و کلن *P. e. rimirii* با ۱۰ متر مکعب، کمترین تولید سالانه چوب در واحد سطح را داشتند (Qurani, 1988). بررسی ۱۸ کلن از صنوبر تبریزی (*P. nigra* L.) و اورآمریکن طی مدت هفت سال (از ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۸) در اراضی حاشیه رودخانه گاماسیاب کرمانشاه نشان داد که در فاصله کاشت ۴×۴ متر مربع، دو کلن *P. eura.* 455 و *P. eura.* I-214 به ترتیب با تولید سالانه ۲۷ و ۲۵/۹۸ متر مکعب در هکتار و در فاصله کاشت ۳×۳ متر مربع، دو کلن *P. n.* 62/171 و *P. n.* 63/135 به ترتیب با تولید سالانه ۲۷ و ۲۵/۷۹ متر مکعب در هکتار، قابلیت بیشترین تولید چوب را داشتند (Hemmati &

سال است (Abedi et al., 2023).

باتوجه به اجرای برنامه موسوم به تنفس جنگل‌های هیرکانی کشور، تلاش‌ها برای افزایش تولید چوب در واحد سطح، تأمین نیازهای صنایع چوبی کشور، کاهش فشار بر عرصه جنگل‌های طبیعی، افزایش درآمد روستائیان و صنوبرکاران، توسعه صنایع چوبی، به‌ظرفیت رساندن صنایع راكد از طریق تأمین مواد اولیه آن‌ها، ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، افزایش انگیزه برای توسعه سطح صنوبرکاری‌ها در اراضی مستعد رهاشده و اراضی حاشیه رودخانه‌ها و بهبود عملکرد صنوبرکاری، افزایش یافته است (Haidari et al., 2023; Abbasi et al., 2024). بنابراین پژوهش پیش‌رو با هدف آزمایش مرحله نهایی سازگاری رقم‌های مختلف صنوبر (پوپل‌توم مقایسه‌ای) برای معرفی مناسب‌ترین آن‌ها برای کاشت در استان مازندران انجام شد. در این پژوهش سعی شد به سؤال‌های زیر پاسخ داده شود:

- ۱- از بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه، کدام یک از عملکرد رویشی مناسب‌تری برخوردار است؟
- ۲- از بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه، کدام رقم‌ها برای کاشت در شرایط جلگه‌ای استان مازندران مناسب هستند؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش طی اسفندماه ۱۳۸۹ تا مهرماه ۱۴۰۰ در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان واقع در ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان نور در استان مازندران با طول جغرافیایی $51^{\circ}55'$ تا $51^{\circ}59'$ شرقی و عرض $36^{\circ}25'$ تا $36^{\circ}29'$ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰ متر و شیب تا سه درصد (Sadati & Mostafanejad, 2009) اجرا شد. خاک منطقه، قهوه‌ای جنگلی با بافت رسی-لومی است (Naseri & Irani, 1991). میانگین درجه حرارت سالانه منطقه چمستان $16/3$ درجه سانتی‌گراد، میانگین کمینه سالانه $11/7$ و بیشینه آن $20/6$ درجه سانتی‌گراد است. منطقه مورد مطالعه با متوسط بارندگی سالانه $864/3$ میلی‌متر، آب و هوای معتدل و مرطوب دارد.

(Modir-Rahmati, 2002). بررسی سازگاری رقم‌های تاج‌باز صنوبر در سندج نشان داد که رقم‌های $P. d. 63/20$ ، $P. e. 561/41$ و $P. d. 63/10$ بیشترین عملکرد را از نظر قطر، ارتفاع و رویش حجمی داشتند (Yousefi & Modir-Rahmati, 2007). $P. e. 455$ و $P. a. 44/13$ و $P. a. 71/28$ به ترتیب با تولید سالانه $24/8$ ، $20/65$ و $20/12$ متر مکعب چوب در هکتار به عنوان رقم‌های موفق صنوبر در شمال شرق کشور معرفی شد (Bozorgmehr et al., 2019). در امکان‌سنجی توسعه زراعت چوب در استان مازندران، تولید انبوه صنوبرهای تاج‌باز با روش تنارد (Coppice shoots)، بسیار موفقیت‌آمیز گزارش کردند (Sadati, 2023). ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی درختان صنوبر در استان کردستان نشان داد که زمان بهره‌برداری صنوبرهای بومی $2/5$ برابر، تراکم کاشت درختان هشت تا 39 برابر و رشد قطری، ارتفاعی و حجم چوب آن‌ها نیز به ترتیب معادل 40 ، 54 و 45 درصد نسبت به صنوبرهای اصلاح‌شده کمتر بود (Yousefi & Kalagari, 2021). در پژوهشی با هدف تعیین مناسب‌ترین فاصله کاشت صنوبر در استان مرکزی، بیشترین رویش حجمی چوب در رقم $P. n. 62/154$ مشاهده شد (Goodarzi et al., 2023). به‌طوری‌که رقم مذکور در فاصله کاشت 2×1 متر مربع در پایان سال سوم توانست حدود 91 متر مکعب در هکتار چوب تولید کند. در پژوهشی با عنوان معرفی رقم‌های موفق و پرمحصول برای کشت در شمال کشور، از میان 60 طرح تحقیقاتی مربوط به رقم‌های بومی و خارجی صنوبر کشت‌شده در استان‌های مازندران، گیلان و گلستان مشخص شد که برخی از رقم‌های صنوبر دلتوئیدس به همراه رقم‌های دورگ اورآمریکن با متوسط تولید رویش حجمی سالانه 25 تا 30 متر مکعب چوب در هکتار با فرم مناسب کیفی تنه، سازگاری زیادی در استان مازندران دارند (Calagari, 2018). ارزیابی مناسب‌ترین سن بهره‌برداری صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان نشان داد که سن بهینه بهره‌برداری با در نظر گرفتن ارزش خالص فعلی چوب در این مناطق از شش تا نه سال و با در نظر گرفتن ارزش خالص فعلی کرین از 11 تا 15 سال و ارزش خالص فعلی چوب و کرین به‌طور توأم هفت تا 10

مشخصات صنوبرهای مورد مطالعه
تعدادی از کلن‌های صنوبرهای دلتوئیدس، اورآمریکن و اینترآمریکن (*P. x interamericana* Brockh.) از خزانه‌های سلکسیون مختلف صنوبر شامل ۱۵ رقم تاج‌باز در فاصله کاشت ۴×۴ متر مربع بررسی شدند (جدول ۱). نمایی از درختان بالغ رقم‌های تاج‌باز صنوبر در شکل ۱ آمده است.

جدول ۱- نام و مبدأ دریافت رقم‌های تاج‌باز صنوبر از ایستگاه تحقیقاتی البرز در کرج

Table 1- The name and origin of the open-crowned poplar clones from Alborz Research Station in Karaj city, Iran

The country of origin of cuttings	Clone name
Netherlands	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 69/55
Netherlands	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 72/51
The United States	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 67/51
Italy	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 77/51
Iran	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 63/10
The United States	<i>Populus deltoides</i> W.Bartram ex Marshall 73/51
Italy	CV. triplo 37/61 <i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier
Germany	<i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier CV. Blanc du poitou
Hybrid	<i>Populus x</i> 87m.119
Hybrid	<i>x interamericana</i> Brockh. <i>Populus</i>
Italy	<i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier CV. I-455
Italy	I-488 <i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier CV.
Italy	CV. I-214 casale (Dode) Guinier <i>Populus x euramericana</i>
Hybrid	<i>Populus x canadensis</i> Pacher
Netherlands	<i>Populus x euramericana</i> (Dode) Guinier CV. 561/41



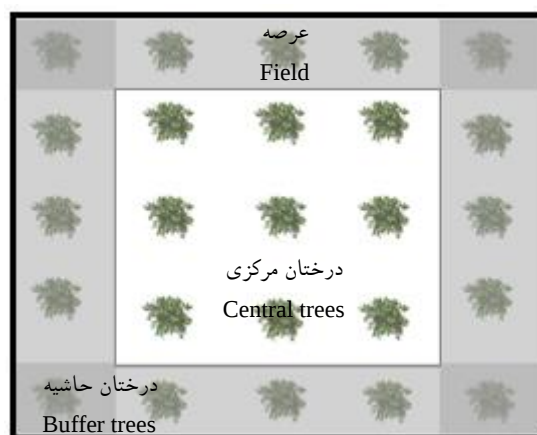
شکل ۱- نمایی از درختان صنوبر تاج‌باز در عرصه ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان

Figure 1. A view of open-crowned poplar trees in Chamestan Forest and Pasture Research Station

روش پژوهش

این پژوهش با ۷۵ اصله نهال یک‌ساله (ساقه و ریشه یک‌ساله) برای هر رقم با شرایط یکسان برای رقم‌های تاج‌باز

مورد مطالعه اجرا شد. آماربرداری‌های مورد نیاز فقط از نه اصله نهال میانی انجام شد و درختان دیگر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند (شکل ۲).



شکل ۲- شماتیکی از روش آماربرداری رقم‌های صنوبر

Figure 2. Schematic of the method of counting poplar clones

تا دقت میلی‌متر) و ارتفاع درختان (با استفاده شیب‌سنج) اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میانگین‌های قطر و ارتفاع، ریش حجمی سالانه محاسبه شد. حجم درختان سرپا با استفاده از روش برآورد حجم به روش ساده (Zobeiry, 2000) (زبیری، ۱۳۷۹) محاسبه شد (رابطه ۱).

در طی اجرای این پژوهش به مدت ده سال پس از کاشت رقم‌های مورد نظر، علاوه بر انجام عملیات داشت (در سال‌های اول شامل آبیاری، وجین علف‌های هرز و در سال‌های بعد اغلب مربوط به عملیات حفاظتی و مراقبتی بود) همه‌ساله در پایان فصل رویش، درصد زنده‌مانی درختان، قطر آن‌ها در محل ارتفاع برابر سینه (با استفاده از کولیس و نوار قطرسنج

$$V = \frac{\pi}{4} \times d_{1.30}^2 \times h \times f$$

رابطه (۱)

آماربرداری صددرصد انجام شد. پس از بررسی پراکنش نرمال داده‌ها براساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، آزمون‌های تجزیه واریانس دو طرفه (Two way ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. همچنین برای بررسی درجه کیفی تنه در رقم‌های تاج‌باز از آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده گردید.

که در رابطه فوق، V : حجم درخت سرپا (متر مکعب)، $d_{1.30}$: قطر برابر سینه (متر)، h : ارتفاع درخت و f : ضریب شکل است.

حساسیت به آفات و بیماری درختان نیز براساس مشاهده عینی شمارش شد و برحسب درصد گزارش شد. همچنین، کیفیت تنه درختان بر اساس سلامت و شادابی تنه، خمیدگی و انحناء، چندشاخگی و پوسیدگی بررسی شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با

نتایج

۹۵ درصد ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲)، اما اختلاف این رقم‌ها از نظر حساسیت به آفات و بیماری‌ها و تعداد ساقه‌های اصلی، معنی‌دار نبود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه از نظر زنده‌مانی و قطر برابر سینه با احتمال ۹۹ درصد ($P < 0.01$) و ارتفاع و تولید سالانه در هکتار با احتمال

جدول ۲- تجزیه واریانس دو طرفه صفات رویشی رقم‌های صنوبر تاج‌باز

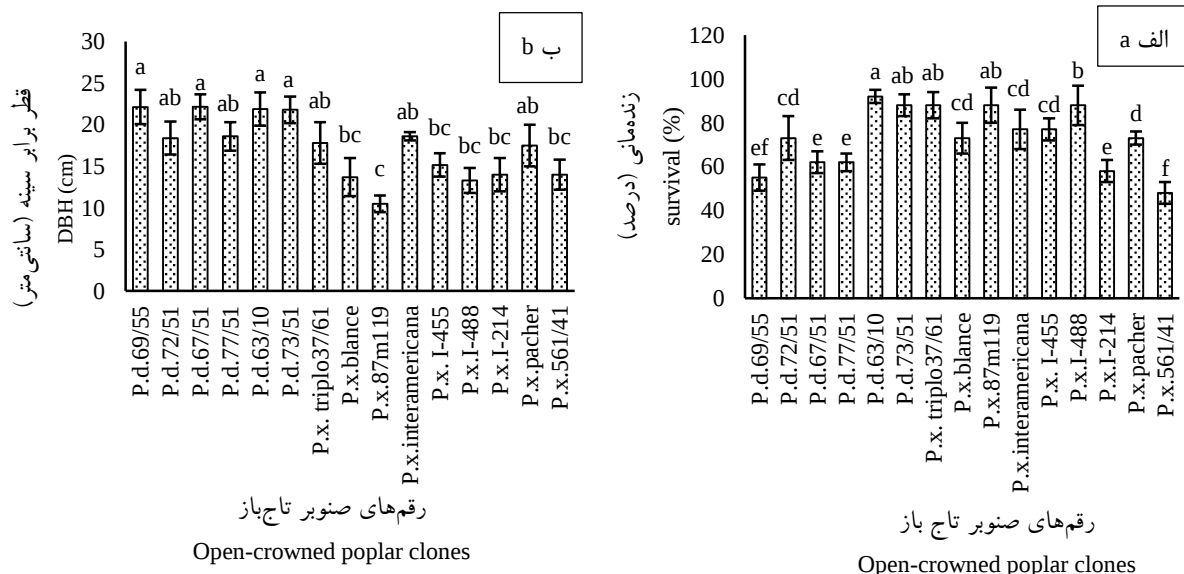
Table 2. Two-way variance analysis of vegetative traits of open-crowned poplar clones

Characteristics	Degrees of freedom	Mean of squar	F value
Survival	14	819.22	4.55**
Diameter at the breast height	14	45.733	3.33**
Height	14	488.5	896.34*
The number of main stems	14	0.789	2.01 ^{ns}
Susceptibility to pests and diseases	14	283.19	1.1 ^{ns}
Annual wood production per ha	14	116.354	2.45*

**: Significant at $p < 0.01$; *: Significant at $p < 0.05$; ns: non-significant

۲۲/۱۶، $P. d. 73/51$ و $63/10$ به ترتیب با میانگین قطری ۲۲/۱۳، ۲۱/۹ و ۲۱/۸ سانتی‌متر مشاهده شد. کمترین میانگین قطر (۱۰/۵ سانتی‌متر) نیز به رقم $P. x. 87m.119$ تعلق داشت (شکل ۲-ب).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم $P. deltoides$ ۶۳/۱۰ با زنده‌مانی ۹۲ درصد، بیشترین و رقم $P. x. 561/41$ با زنده‌مانی ۴۸ درصد، کمترین ماندگاری را در بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه به خود اختصاص دادند (شکل ۲-الف). بیشینه قطر در رقم‌های $P. d. 69/55$ ، $P. d. 67/51$

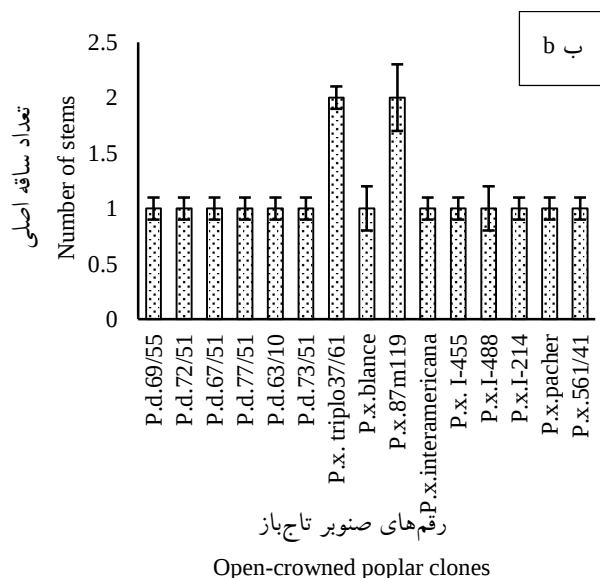


شکل ۲- مقایسه میانگین‌های الف- درصد زنده‌مانی و ب- قطر برابر سینه در میان رقم‌های صنوبر تاج‌باز مورد مطالعه حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

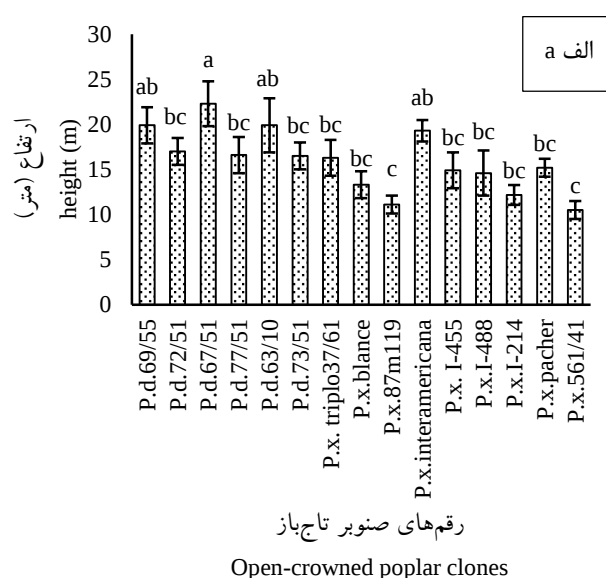
open- Figure 2. Comparison of the means of a- survival percentage b- the diameter at breast height (DBH) in crowned poplar clones

Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

شد. رقم‌های دیگر فقط یک ساقه اصلی داشتند. (شکل ۳-ب). هیچ اختلاف معنی‌داری بین رقم‌های تاج‌باز از نظر تعداد ساقه اصلی وجود نداشت. البته تعداد ساقه بیشتر از یک عدد، یک ویژگی منفی برای درخت است.



بیشترین و کمترین میانگین ارتفاع به ترتیب در رقم‌های *P. d. 67/51* (۲۲/۳ متر) و *P. x. 561/41* (۱۰/۵ متر) مشاهده شد (شکل ۳-الف). بیشترین تعداد ساقه اصلی در رقم‌های *P. x. triplo* و *P. x. 87m.119* با دو ساقه مشاهده



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های الف- ارتفاع و ب- تعداد ساقه اصلی رقم‌های تاج‌باز

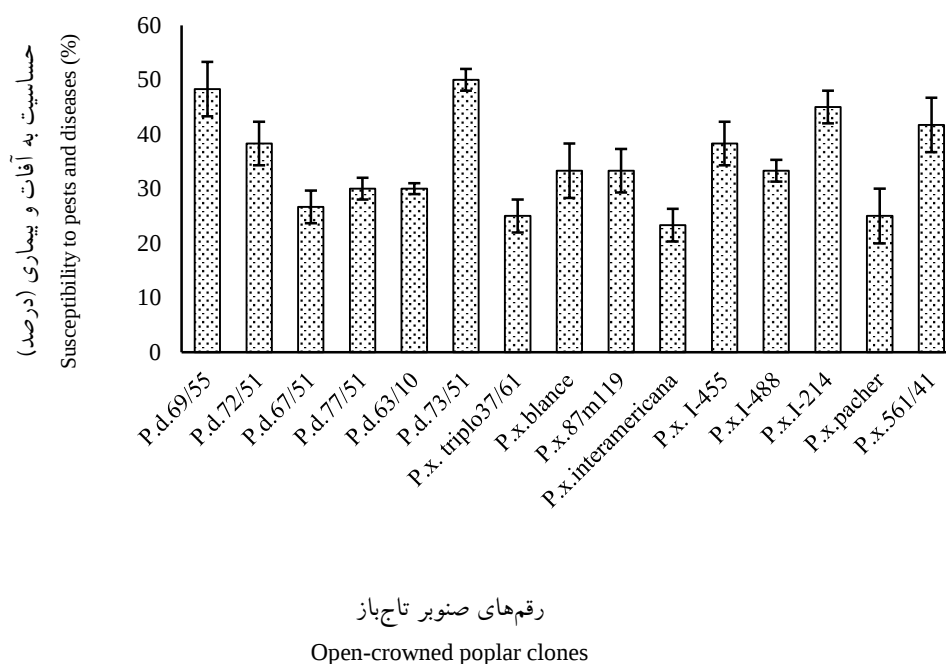
حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 3. Comparison of the means of a- height and b- the number of main stems in open-crowned poplar clones. Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

پروانه گال‌زای صنوبر (*Paranthrene tabaniformis*) و لاروهای برگ‌خوار (*Dicranura vinula* و *Amorpha popoli*) فعالیت برگ‌خواری داشتند. لارو آفت توری تبریزی (*Nyctea asiatica*) و لارو ابریشم‌باف ناجور (*Lymantria dispar*) نیز روی اغلب کلن‌های تاج‌باز مورد مطالعه مشاهده شدند که خسارت‌هایی هم به درختان وارد کردند (شکل ۵).

بیشترین تولید در رقم *P. d. 63/10* با متوسط رویش حجمی سالانه ۲۳/۲۳ متر مکعب در هکتار مشاهده شد. رقم *P. x. 561/41* با متوسط رویش حجمی سالانه ۱/۹ متر مکعب در هکتار، کمترین مقدار تولید چوب را در میان رقم‌های تاج‌باز به خود اختصاص داد (شکل ۶).

هرچند حساسیت به آفات و بیماری‌ها در بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری نداشت، اما حساس‌ترین رقم‌ها به آفات و بیماری‌ها *P. d. 69/55* و *P. d. 73/51* به ترتیب با درصد آلودگی ۵۰ و ۴۸/۳ بودند (شکل ۴). از سویی دیگر رقم *P. x. interamericana* با ۲۳/۳ درصد، *P. x. triplo37/61* و *P. x. Pacher* با ۲۵ درصد، *P. d. 63/10* و *P. x. I-455* با ۲۵ درصد درختان آلوده به آفات، مقاوم‌ترین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه بودند (شکل ۴). از سویی دیگر رقم *P. x. interamericana* با ۲۳/۳ درصد، *P. x. triplo37/61* و *P. x. Pacher* با ۲۵ درصد درختان آلوده به آفات، مقاوم‌ترین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه بودند (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های حساسیت به آفات و بیماری بین رقم‌های صنوبر تاج‌باز مورد مطالعه

Figure 4. Comparison of the pests and diseases sensitivity means between open-crowned poplar clones



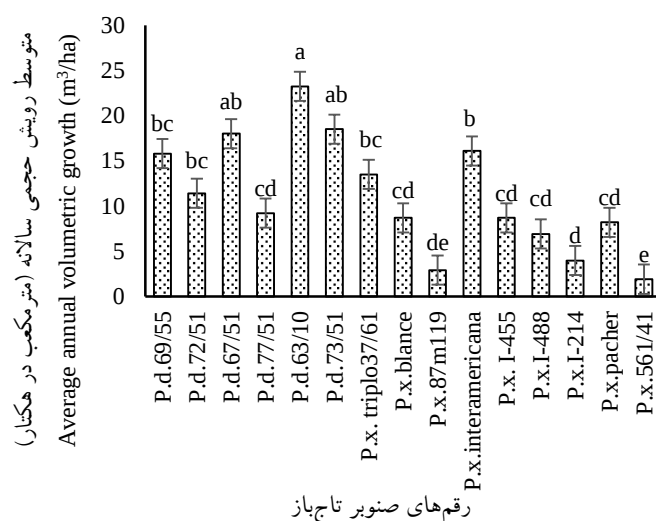
شکل ۵- الف) خسارت وارد شده به شاخه صنوبر توسط پروانه گال‌زای صنوبر و ب) لارو پروانه گال‌زای صنوبر در دالان لاروی شاخه

Figure 5. A) The damage caused to the trunk by the *Paranthrene tabaniformis* and B) The larvae of the *Sciapteron tabaniformis*

Figure 5. A) The damage caused to the trunk by the *Paranthrene tabaniformis* and B) The larvae of the *tabaniformis Paranthrene*

رقم‌های مختلف از این نظر معنی‌دار نیست (جدول ۳).

درجه کیفی تنه در رقم P. d. 67/51 نسبت به رقم‌های دیگر، بهتر و در رقم P. x. blanc کمتر بود، اما تفاوت بین



Open-crowned poplar clones

شکل ۶- مقایسه میانگین تولید سالانه رقم‌های تاج‌باز صنوبر

حرف‌های متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

Figure 6. Comparison of annual production opened-crown poplar clones
Different letters indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

جدول ۳- آزمون کروسکال والیس برای بررسی درجه کیفی تنه در رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه

Table 3. Kruskal-Wallis test of trunk quality in open-crowned poplar clones

Variable	Degrees of freedom	Chi-square	The significance level
Trunk quality	15	18.803	0.223 ^{ns}

ns: non-significant

بحث

P. x. I-214 به ترتیب ۹۷ و ۸۹ درصد گزارش شد (Goodarzi & Modir Rahmati, 2002) که در مقایسه با نتایج پیش‌رو (۷۷ و ۵۸ درصد) بسیار بیشتر است. اورآمریکن از رقم‌های تاج‌بازی است که از دلتوئیدس (به عنوان پایه ماده) و تبریزی (پایه نر) در برنامه دورگ‌گیری به وجود آمد، بنابراین بخشی از ژن اورآمریکن به تبریزی برمی‌گردد. باتوجه به خاستگاه اورآمریکن، این گونه به شرایط سرد و خشک نیاز دارد، بنابراین علت زنده‌مانی زیاد رقم‌های اورآمریکن در پژوهش Goodarzi و Modir Rahmati (۲۰۰۲) را می‌توان به رطوبت کم استان مرکزی نسبت داد. ضمن اینکه پژوهش مذکور در خزانه و شرایط نهالستان طی مدت چهار سال و با آبیاری منظم هفته‌ای یک بار و گاهی دوبار صورت گرفت، در حالی که پژوهش پیش‌رو در مدت ۱۰ سال و بدون آبیاری (به صورت دیم) انجام شد. هرچند دو گونه

توسعه و اصلاح صنوبرکاری‌ها، نیازمند آزمایش‌های سازگاری با هدف استفاده از پایه‌های مناسب در شرایط مختلف بوم‌شناختی با رقم‌های مختلف صنوبر است (Oliveira et al., 2020). همچنین، موفقیت در صنوبرکاری‌ها، مستلزم انتخاب ژنوتیپ‌های برتر هر رقم و استفاده از نهال‌های قوی، سالم و باکیفیت است (Stanturf et al., 2002). طبق نتایج به دست آمده از پژوهش پیش‌رو، رقم P.d. 63/10 در بین رقم‌های تاج‌باز، بیشترین درصد زنده‌مانی را داشت. براساس یافته‌های پژوهش‌های پیشین، این رقم حتی تحت تنش کم‌آبی نیز بیشینه زنده‌مانی (صد درصد) را داشت (Sadati et al., 2020) که بیانگر سازگاری و مقاومت زیاد این رقم است. در بررسی نهال‌های کلن‌های مختلف صنوبر در استان مرکزی، زنده‌مانی رقم‌های P. x. I-455 و

دلتوئیدس و اورامریکن به‌طور مستقل، مخصوص توسعه زراعت چوب در مناطق شمالی کشور هستند و نسبت به مناطق نیمه‌خشک، رویش بهتری دارند (Calagari, 2018).

براساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، مشخصه‌های کمی در رقم‌های مختلف دلتوئیدس در مقایسه با رقم‌های دورگه اینترآمریکن و اورآمریکن بهتر بودند. رقم‌های P.d. 67/51، P.d. 69/55، P.d. 63/10 و P.d. 73/51 بیشترین میانگین قطری و ارتفاعی را در بین رقم‌های تاج‌باز مورد مطالعه داشتند. هم‌راستا با این یافته‌ها، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که در شرایط اقلیمی شمال و به‌ویژه استان گیلان و غرب استان مازندران با بارندگی و رطوبت مناسب، رقم‌های صنوبر دلتوئیدس و در مناطق شرق استان مازندران و استان گلستان با رطوبت و بارندگی کمتر، رقم‌های دورگ اورآمریکن، عملکرد بهتری دارند (Calagari, 2018). افزایش قطر و ارتفاع و سازگاری بهتر رقم‌های دلتوئیدس با شرایط رطوبتی هوا و خاک مناسب ناحیه جلگه‌ای غرب مازندران همانند چمستان مرتبط است.

گروه‌بندی براساس مقدار تولید سالانه چوب در پژوهش پیش‌رو نشان داد که رقم P.d. 63/10 با میانگین رویش سالانه ۲۳/۲۳ متر مکعب در هکتار، بیشینه تولید چوب را داشته است و رقم برتر در این پژوهش محسوب می‌شود. رقم‌های P.d. 67/51، P.d. 73/51 و P.d. 69/55 در گروه بعدی قرار گرفته‌اند. بررسی مناسب‌ترین فاصله کاشت رقم‌های صنوبر در استان گیلان نشان داد که عملکرد تولید سالانه چوب در رقم‌های P.d. 67/51 و P.d. 77/51 با فاصله کاشت (۳×۳ متر مربع) به‌ترتیب ۳۰ و ۲۷ متر مکعب در هکتار و با فاصله کاشت (۴×۴ متر مربع) به‌ترتیب ۳۲/۲ و ۲۷ متر مکعب در هکتار و برای رقم P.d. 69/55 با فاصله کاشت (۴×۴ متر مربع) برابر با ۲۷ متر مکعب در هکتار بودند (Hemmati & Modir-Rahmati, 1999). هم‌راستا با این نتایج، در پژوهشی با عنوان معرفی کلن‌های موفق و پرمحصول صنوبر برای کشت در شمال کشور گزارش شد که در یک دوره ده‌ساله، رقم‌های دلتوئیدس ۶۷/۵۱، ۶۹/۵۵، ۶۳/۱۰ و ۷۷/۵۱ به‌ترتیب با ۲۴/۸، ۲۴/۹، ۲۸/۶ و ۲۴/۳

متر مکعب در هکتار، بیشترین عملکرد تولید چوب سالانه را داشتند (Calagari, 2018). براساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، دورگه اینترآمریکن با رقم‌های دلتوئیدس دیگر از نظر تولید چوب در گروه سوم قرار گرفتند. P. x. 561/41 و P. x. 87m.119 با کمترین تولید چوب در آخرین گروه جایی گرفتند. بررسی نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که برخی از ارقام تاج‌باز صنوبر از سازگاری، رشد و تولید مناسبی در منطقه چمستان برخوردار هستند. در این صورت در شرایط جلگه‌ای چمستان در استان مازندران توصیه می‌شود که از رقم‌های دلتوئیدس و تعدادی از دورگه‌های اورآمریکن و یک رقم اینترآمریکن که سازگاری و رویش متوسطی دارند، برای توسعه زراعت چوب استفاده شود. در همین راستا، نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان دادند که گونه‌های تاج‌باز مانند P. d. 63/51 (Mousavi Kopar, 2011) و رقم‌های P. euramericana و P. deltoides در صفرابسته گیلان (Lotfian, 1984) و کلن P.d. 69/55 در جنگل‌های شفاورد (Qurani, 1988) با هدف زراعت چوب و کاشت پربازده مناسب هستند.

باتوجه‌به اینکه اغلب رقم‌های تحت بررسی در پژوهش پیش‌رو، تنه صاف داشتند و درصد دوشاخگی در آن‌ها کم بود، هیچ اختلاف معنی‌داری بین کیفیت تنه رقم‌های تاج‌باز مشاهده نشد. نتایج مربوط به حساسیت به آفات نشان داد که اغلب ارقام تاج‌باز مورد مطالعه از مقاومت بالایی نسبت به این مشخصه داشتند به‌طوری که بیشنه آلودگی به آفات و بیماری در رقم P.d.3/51 (با ۵۰ درصد آلودگی) و کمینه آن در رقم P.x.interamericana با ۲۳/۳ درصد مشاهده گردید. در پژوهش‌های پیشین، مقاومت زیاد رقم‌های تاج‌باز در شمال کشور (Calagari, 2018) حتی در مناطق خارج از شمال کشور درمورد رقم P.d. 63/10 (در ایستگاه تحقیقات خرم‌آباد) (Jahanpour et al., 2022) گزارش شده است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو می‌توان عنوان کرد که در چمستان در استان مازندران، میانگین درصد زنده‌مانی، رویش قطری، ارتفاعی، حجمی و تولید چوب در صنوبرهای دلتوئیدس نسبت به رقم‌های اورآمریکن بیشتر

تولید زیاد برای مناطق جلگه‌ای غرب مازندران کاربرد دارد و می‌تواند در برنامه‌های صنوبرکاری سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور استفاده شود. در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود که رقم‌های اورآمریکن در ایستگاه‌ها و عرصه‌های میان‌بند، مناطق کوهستانی و بیلاقی شمال کشور و شرق مازندران در برنامه تحقیقات سازگاری و معرفی رقم‌های جدید و پرتولید آزمایش شوند.

هستند، بنابراین در راستای توسعه زراعت چوب در شرایط جلگه‌ای همانند چمستان پیشنهاد می‌شود که از رقم‌های صنوبر دلتوئیدس سازگار و پرتولید مانند P. d. 63/10 و P. d. 73/51 بیشتر استفاده شود. باتوجه به ممنوعیت برداشت درختان جنگلی در طرح تنفس جنگل‌های هیرکانی و نیاز مبرم به افزایش سطوح صنوبرکاری با هدف زراعت چوب و ضرورت تأمین چوب برای صنایع چوبی مختلف، نتایج این پژوهش در گسترش و توصیه رقم‌های تاج‌باز صنوبر موفق با

References

- Abbasi, H.R., Khaksarian, F., Bagheri, R., Salehi, A. and Asadi, F., 2024. Land suitability evaluation for poplar plantation. *Iranian Journal of Forest*, 16(1): 87-101 (In Persian with English summary).
- Abedi, T., Maskani, H.R., Abedi, R. and Bakhshandeh, B., 2023. Rotation age of *Populus deltoides* Marshall. based on optimizing net present value of timber and carbon sequestration at the finite series of identical in Guilan. *Iranian Journal of Forest*, 15(1): 107-124 (In Persian with English summary).
- Bozorgmehr, A., Modirrahmati, A., Ghasemi, R. and Kalagari, M., 2019. The introduction of successful poplar clones in the northeast of the country. *Journal of Iran nature*, 4(2): 51-63 (In Persian with English summary).
- Calagari, 2018. Introduction of high wood production poplar clones for cultivation in the north of country. *Journal of Iran Nature*, 3(2): 50-58 (In Persian with English summary).
- Eckenwalder, J.E. 1996. Systematics and evolution of *Populus*: 7-32. In: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D.Jr., Heilman, P.E. and Hinkley, T.M. (Eds.). *Biology of Populus and Its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, Canada, 539p.
- Ghasemi, R. and Modir Rahmati, A.R., 2003. Investigation on adaptability and wood production of different poplar clones (closed crown) in Karaj city. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 11(3): 359-390 (In Persian with English summary).
- Ghasemi, R. and Modirrahmati, A.R., 2004. Investigation on wood production of different poplar clones (wide crown clones) in Karaj area. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 12(2): 221-250 (In Persian with English summary).
- Goodarzi, Gh.R., Ahmadloo, F. and Calagari, M., 2023. Determining the most suitable planting spacing for superior poplar clones in Markazi province based on wood production performance. *Journal of Forest and Wood Products*, 76(1): 75-89. (In Persian with English summary).
- Goodarzi, Gh.R. and Modir Rahmati, A.R., 2002. An investigation on one-year old seedlings of different poplar clones at selection nurseries of Markazi province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 9(1): 37-82 (In Persian with English summary).
- Goodarzi, Gh.R., Modir-Rahmati, A.R. and Ahmadloo, F., 2013. Investigation on adaptability of open crown poplar clones in Markazi province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 256-267 (In Persian with English summary).
- Haidari, M., Jaafari, A., Calagari, M., Pourhashemi, M. and Yousefi, B., 2023. Overcoming challenges and formulating management strategies for wood farming development in Kurdistan Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(3): 169-185 (In Persian with English summary).
- Hemmati, A. and Modir Rahmati, A.R., 1999. The most suitable spacing of poplar clones North - Iran (Gilan province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 2(1): 53-78 (In Persian with English summary).
- Hemmati, A. and Modir Rahmati, A.R., 2002. Results of adaptation trial for high yielding poplar clones in Kermanshah's Gharb Paper Industries. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 8: 59-86 (In Persian with English summary).
- Jahanpour, F., Mansouri, M., Ramak, P. and 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): 245-255. (In Persian with English summary).

- Lotfian, H., 1984. Final report of research project, No. 45, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 72p (In Persian).
- Mousavi Kopar, S.A., Modir-Rahmati, A.R., Lashkar-Bolouki, E. and Kahneh, E., 2011. Adaptation of poplar clones in Safrabasteh, Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 326-339 (In Persian with English summary).
- Naseri, M.Y. and Irani, A., 1991. Precise and detailed pedological studies of the lands at Chamstan Noor Research Station. Soil and Water Research Institute of Iran, Tehran, Iran, 25p (In Persian).
- Oliveira, N., Pérez-Cruzado, C., Canellas, I., Rodríguez-Soalleiro, R. and Sixto, H., 2020. Poplar short rotation coppice plantations under Mediterranean conditions: The case of Spain. Forests, 11(12): 1352.
- Qurani, M., 1988. Studying compatibility and production rate of different poplar cultivars in the lands of Shafarood Forest Company, Guilan. Scientific Information Center, 5(1): 22-45 (In Persian).
- Sadati, E., 2023. *Populus tetard*, a sometimes reliable reserve for the supply of cuttings with the aim of developing timber farming. Journal of Sustainable Management of Hyrcanian Forests, 4(2): 7-14 (In Persian).
- Sadati, S.E., Mokhtari, J. and Asadi, F., 2020. Drought tolerant of seedlings of five clones of *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 27(4): 377-388 (In Persian with English summary).
- Sadati, S.E. and Mostafanejad, S.R., 2009. Qualitative and quantitative investigation on plantations of lime tree (*Tilia platyphyllos*) and Cappadocian maple (*Acer cappadocicum*) in Chamestan region, northern Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(3): 408-418 (In Persian with English summary).
- Sadati, S.E. and Mostafanejad, S.R., 2008. Investigation on compatibility of two species of Pine (*P. elliotii* and *P. radiata*) in Chamestan-Noor (Mazandaran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(1): 48-38.
- Stanturf, J.A., Van Oosten, C., Netzer, D.A., Coleman, M.D. and Portwood, C.J., 2002. Ecology and silviculture of poplar plantations: 153-206. In: Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalder, J.E. and Richardson, J. (Eds.). Poplar Culture in North America. NRC Research Press, Ottawa, Canada, 387p.
- Weisgerber, H., 2000. Monoklonkulturen und Formenvielfalt bei Pappeln – Über das Phänomen der Tolerierung vermeidbarer Anbaursiken. Die Holzzucht, 53, 1-4 (In German).
- Yousefi, B. and Kalagari, M., 2007. Survey of qualitative and quantitative characteristics of local *Populus* spp. trees (Case study: Kurdistan province). Iranian Journal of Forest, 13(3): 333-348 (In Persian with English summary).
- Yousefi, B. and Modir-Rahmati, A.R., 2007. Compatibility experiment of 10 poplar clones for introducing of most suitable clones to executive unit in Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 253-267 (In Persian with English summary).
- Zobeiry, M., 2000. Forest inventory measurement of tree and forest. University of Tehran, 424p.