

بررسی سازگاری و عملکرد تولید کلن‌های پرمحصول تبریزی (*Populus nigra L.*) در استان مرکزی

غلامرضا گودرزی^{۱*}، فاطمه احمدلو^۲ و محسن چقایی^۳

*۱- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران. پست الکترونیک: goodarzi44@yahoo.com

۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
 ۳- کارشناس ارشد جنگل، اداره جنگل‌کاری و جنگل‌داری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵

چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف معرفی کلن‌های پرمحصول و سازگار صنوبر در نهالستان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی اجرا شد. ده کلن تبریزی (*Populus nigra L.*) غیربومی تاج‌بسته برای یک دوره ۱۱ ساله در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در فاصله کاشت ۲×۳ متر مربع برای آزمایش سازگاری بررسی شدند. در پایان هر فصل رویش، مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع کل، حجم کل، مساحت تاج، میانگین رویش‌های قطری، ارتفاعی و حجمی، درصد زنده‌مانی، کیفیت تنه، تراکم شاخه در تنه و مقاومت به آفات اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه مشخصه‌های مورد بررسی (به جز ارتفاع کل)، تفاوت معنی داری بین کلن‌های مختلف داشتند. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین قطر برابر سینه، موجودی حجمی، رویش ارتفاعی و رویش حجمی در کلن *P.n.62/154* و کمترین قطر برابر سینه، موجودی حجمی، مساحت تاج، رویش‌های قطری و حجمی و درصد زنده‌مانی در کلن *P.n.56/32* مشاهده شد. مشخصه‌های خمیدگی تنه، تراکم شاخه در تنه و حساسیت به آفات در *P.n.56/33* به‌طور معنی‌داری بیشتر از کلن‌های دیگر بود. باتوجه به نتایج این پژوهش، *P.n.62/154*، *P.n.56/75* و *P.n.62/172* به ترتیب با رویش سالانه حجمی ۸۰/۶۳، ۶۸/۶۸ و ۶۲/۲۹ متر مکعب در هکتار به‌عنوان کلن‌های تبریزی با تولید زیاد چوب و مناسب کاشت در استان مرکزی معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: کیفیت تنه، مساحت تاج، مقاومت به آفات، میانگین رویش حجمی، نهالستان اراک.

مقدمه

(*et al.*, 2008). کشت صنوبر در استان مرکزی از گذشته مرسوم بوده است. عمده صنوبرکاری‌های این استان در حاشیه رودخانه قره‌چای از پل دوآب تا انتهای دشت شرا، قم‌رود و قره‌کهریز قرار دارند. در حاشیه این رودخانه، رقم‌ها و گونه‌های مختلفی از صنوبرهای بومی با توان تولیدی کم به‌صورت متراکم و یا پراکنده کشت شده‌اند. بیشتر از ۹۵ درصد توده‌های صنوبر این استان جزء تبریزی (*Populus nigra L.*) با تاج بسته (در

یکی از راهکارهای تأمین چوب کشور، توسعه زراعت چوب با گونه‌های تندرشد، پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه کاشت است که باید برمبنای یافته‌های پژوهشی و رعایت اصول فنی کاشت، داشت و برداشت انجام شود. ازجمله این گونه‌ها می‌توان به صنوبر اشاره کرد که به‌منظور رفع نیازهای چوبی برای مصارف مختلف روستایی و شهری کاشته می‌شود (Goodarzi

شهرستان‌های خنداب، ساوه، کمیجان و تفرش) و تاج باز (در شهرستان‌های شازند و خمین) و حدود پنج درصد نیز از صنوبر کبوده (*P. alba* L.) هستند. بیشتر صنوبرکاری‌ها در شمال غربی، غرب و جنوب غربی استان مرکزی در شهرستان‌های شازند، خنداب، ساوه و خمین گسترش دارند، درحالی‌که مناطق شرقی و شمالی شرقی این استان به دلیل درجه حرارت زیاد و کمبود منابع آبی برای کشت صنوبرهای تجاری مناسب نیستند. براین اساس از سال ۱۳۷۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی با پژوهش در خزانه سلکسیون و سپس، پویوتوم مقایسه‌ای و انجام آزمایش‌های سازگاری، کلن‌های برتر و پرتولید صنوبر معرفی شد. عملکرد ده‌ساله تولید چوب تبریزی در این استان ۳۲۸/۶ متر مکعب (رویش سالانه حدود ۳۳ متر مکعب) در هکتار گزارش شد (Goodarzi et al., 2010).

بررسی صنوبرکاری نه‌ساله با فاصله کاشت ۳×۳ متر مربع در ایستگاه تحقیقات کهنه‌کند بجنورد حاکی از عملکرد بهتر کلن‌های P.n.63/135، P.n.62/127 و P.n.62/191 به ترتیب با تولید سالانه ۲۷/۲۹، ۲۷/۰۸ و ۲۶/۷۴ متر مکعب در هکتار بود (Bozorgmehr et al., 2019). در بررسی هشت‌ساله سازگاری نهایی ۱۰ کلن صنوبر تاج‌بسته در استان کرمانشاه با کاشت ۲۵ نهال در هر پلات و آماربرداری از نه نهال میانی، کلن‌های P.n. var. 56/75، P.n.63/135، P.n.62/154 و betulifolia.17/13 به ترتیب با تولید سالانه ۳۹/۲، ۳۷/۴، ۳۷/۲ و ۳۷/۲ متر مکعب در هکتار در ایستگاه تحقیقاتی مهرگان و کلن P.n.56/72 با ۲۰/۷ متر مکعب در هکتار در ایستگاه اسلام‌آباد غرب برای کشت انبوه معرفی شدند (Noori et al., 2007). در ادامه همان پژوهش طی مرحله دوم بهره‌برداری پس از شش سال در ایستگاه مهرگان، کلن‌های برتر شامل P.n.56/75، P.n.63/135، P.n.56/52 و P.n.56/32 بودند که میانگین تولید سالانه چوب آن‌ها به ترتیب ۴۶/۶۵، ۳۴/۰۳، ۳۰/۱۸ و ۳۰/۰۳ متر مکعب در هکتار گزارش شد (Noori et al., 2010). در آماربرداری از یک توده صنوبر ۳۲ساله واقع در حاشیه رودخانه ولگا در روسیه، متوسط ارتفاع و موجودی حجمی درختان تبریزی به ترتیب ۲۸ متر و ۴۱۸ متر مکعب در هکتار به دست آمد (Popivshchy et al., 1997).

تاریخچه به نسبت طولانی تولید چوب صنوبر در کشور، تأمین بخش عمده نیازهای چوبی و سلولزی حاشیه فلات مرکزی ایران از این گونه با ارزش به همراه رویکرد اخیر مسئولان به زراعت چوب به دلیل طرح تنفس جنگل و عدم بهره‌برداری از جنگل‌های هیرکانی و تأمین حدود نیمی از چوب مورد مصرف صنایع چوب و کاغذ کشور از واردات، همگی دلالت بر ضرورت توسعه صنوبرکاری در مناطق مستعد را دارند. در این راستا، کلن‌های برتر و متناسب با وضعیت

کشت تبریزی در ارومیه با فاصله کاشت ۴×۴ متر مربع طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۷۳ نشان داد که کلن‌های P.n.62/154 و P.n.56/75 به ترتیب با ۲۷/۵۶ و ۲۵/۷ متر مکعب در هکتار، بیشترین رویش حجمی سالانه را داشتند (Salari, 1997). بیشینه تولید سالانه چوب در زمین‌های حاشیه رودخانه گاماسیاب استان کرمانشاه طی مدت هفت سال (۱۳۷۲ تا ۱۳۷۸) در فاصله کاشت ۳×۳ متر مربع برای کلن‌های P.n.62/171 و P.n.63/135 (به ترتیب ۲۷ و ۲۵/۷۹ متر مکعب در هکتار) گزارش شد (Hemmati & Modir-Rahmati, 2002). در ایستگاه تحقیقات البرز در کرج، کشت کلن‌های مختلف تبریزی در سال ۱۳۶۸ با فاصله کاشت ۳×۳ متر مربع نشان داد که پس از ده‌سال، متوسط رویش حجمی سالانه در P.n. var. betulifolia.17/13 (۳۰/۸۳ متر مکعب در هکتار) بیشتر از کلن‌های دیگر بود (Ghasemi & Modir

Goodarzi et al., 2010).

با دبی ۲۵ لیتر در ثانیه، آب نهالستان مذکور را تأمین می‌کند. نهالستان مورد مطالعه با شیب متوسط صفر تا ۱۲ درصد در جهت عمومی شمال قرار دارد. براساس طبقه‌بندی گوسن، زمستان‌های شهر اراک، سرد و تابستان‌های آن، ملایم است. پیش از شروع پژوهش پیش‌رو، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نهالستان مورد مطالعه در آزمایشگاه خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در سه تکرار اندازه‌گیری شد (جدول ۱). در این پژوهش، هدایت الکتریکی با EC متر، اسیدیته با pH متر، رسوبات اشباع به روش تیتراسیون (Bouyoucos, 1962)، کربنات کلسیم به روش کلسیمتری (Nelson, 1982)، کربن آلی با روش سرد والکی بِلک (Nelson, 1982)، ازت کل به روش کج‌دال (Bremner, 1996)، پتاسیم قابل جذب با فلیم‌فتمتر با کاربرد روش استات‌آمونیم (Helmeke & Sparks, 1996)، فسفر قابل جذب به روش اولسون با دستگاه اسپکتروفتومتر (Rowell, 1994) و بافت خاک به روش هیدرومتر با یکاس (Bouyoucos, 1962) تعیین شدند.

اقلیمی هر استان باید شناسایی و برای کاشت وسیع توصیه شوند تا بتوان منابع‌های تولید چوب را تقویت کرد. هدف اصلی پژوهش پیش‌رو، معرفی رقم‌های پرمحصول، باکیفیت و مقاوم تبریزی در شرایط اقلیمی استان مرکزی با هدف افزایش تولید در واحد سطح، تأمین نیازهای صنایع چوب، توسعه درآمد روستائیان و بهره‌وری از منابع بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای پژوهش

پژوهش پیش‌رو در نهالستان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی واقع در پنج کیلومتری شمال شرقی شهر اراک اجرا شد. این نهالستان در موقعیت جغرافیایی $24^{\circ} 34' 9''$ عرض شمالی و $49^{\circ} 42' 19''$ طول شرقی و ارتفاع ۱۷۱۵ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی و درجه‌حرارت سالانه این منطقه در بازه زمانی ۴۰ ساله (۱۳۵۷ تا ۱۳۹۷) به ترتیب برابر با ۳۳۱ میلی‌متر و $13/2$ درجه سانتی‌گراد بودند (Choghaei, 2019). یک حلقه چاه عمیق

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای پژوهش پیش‌رو

بافت	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ازت کل (درصد)	ماده آلی (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)	رسوبات اشباع (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق خاک (سانتی‌متر)
لومی-شنی	۱۷/۷	۵۸۲	۰/۱۴	۱/۴۱	۱۹/۲۴	۳۵/۵	۷/۸۱	۰/۸۸	۰-۳۰
لومی-رسی	۱۶/۳	۵۱۶	۰/۱	۰/۹۵	۱۸/۸۷	۴۲/۵	۷/۹۳	۱/۰۷	۳۰-۶۰

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی در اراک به‌دست آمد. سپس، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، کوددهی (کود حیوانی پوسیده) به مقدار ۴۰ تن در هکتار، تسطیح و ایجاد جوی و پشته انجام شد. پس از حفر چاله‌هایی با اندازه‌های 70×70 سانتی‌متر مربع، نهال‌های صنوبر تبریزی با اندازه مناسب و یکنواخت در اسفندماه ۱۳۸۸ در فاصله 2×3 متر مربع (فاصله بین ردیف‌ها سه متر و داخل ردیف‌ها دو متر) در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در نهالستان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان

روش پژوهش

در پژوهش پیش‌رو، ۱۰ کلن تبریزی غیربومی تاج‌بسته با مبدأ ترکیه شامل *P.n.62/191*, *P.n.62/154*, *P.n.56/72*, *P.n.62/172*, *P.n.56/32*, *P.n.56/33*, *P.n.62/140*, *P.n.62/171* و *P.n.62/149* و *P.n.56/75* به مدت ۱۱ سال بررسی شدند. ابتدا قلمه کافی از هریک از کلن‌های مذکور از بخش تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور تهیه شد. با کاشت این قلمه‌ها، نهال‌های مورد نیاز (ساقه و ریشه یک‌ساله) در خزانه نهالستان

عمودبرهم (کمترین و بیشترین) اندازه‌گیری شد. در طول هر فصل رویش، کیفیت تنه، تراکم شاخه در تنه و حساسیت کلن‌های مختلف به آفات بررسی شد. کلن‌ها از نظر کیفیت تنه به چهار درجه کیفی شامل صاف و مستقیم، خمیدگی کم، خمیدگی متوسط و خمیدگی زیاد و از نظر تراکم شاخه در تنه به سه درجه کیفی کم، متوسط و زیاد تقسیم شدند (Goodarzi *et al.*, 2013). با توجه به تأثیر مجموع آفات (چوب‌خوار، برگ‌خوار و مکنده) و آماربرداری‌های سالانه، همه کلن‌ها از نظر مقاومت به آفات به پنج درجه کیفی شامل درجه یک (کاملاً حساس)، درجه دو (۲۵ درصد مقاوم)، درجه سه (۵۰ درصد مقاوم)، درجه چهار (۷۵ درصد مقاوم) و درجه پنج (صددرصد مقاوم) تفکیک شدند. پس از نمره‌دهی کلن‌های مختلف، تجزیه واریانس مشخصه‌های کیفی در کلن‌های مختلف برحسب درصد انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با آزمون‌های کولموگروف-سمیرنوف و لون بررسی شد. به منظور ارزیابی تفاوت آماری داده‌های کمی از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای مشخصه‌های کیفیت تنه، تراکم شاخه در تنه و مقاومت به آفات پس از تبدیل درجه آن‌ها به درصد، مقایسه‌های کلی و چندگانه به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کروسکال والیس (Kruskal-Wallis) و من‌ویتنی یو (Mann-Whitney U) انجام گرفت. از طریق رابطه (۲)، اندازه اثر صفت یا مربع اتای جزئی (η^2) (Partial Eta squared) نیز برآورد شد. مقدار زیادتر آن نشان‌دهنده تأثیر بیشتر مشخصه مورد بررسی در تعیین کلن‌های برتر و موفق است.

$$\text{Partial Eta squared } (\eta^2) = \frac{SS_{\text{effect}}}{SS_{\text{effect}} + SS_{\text{error}}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن، SS_{effect} بیانگر مجموع مربعات تیمار و SS_{error} نشان‌دهنده مجموع مربعات خطا هستند.

مرکزی کاشته شدند. از هر کلن، ۲۷ اصله نهال یک‌ساله در سه بلوک، نه اصله در هر بلوک به صورت گروهی و در مجموع، ۲۷۰ اصله برای متغیر کلن و ۱۵۶ اصله نیز به عنوان بافر کشت شدند. عملیات داشت طی دوره پژوهش مانند آبیاری هر پنج روز یک‌بار به مدت شش ساعت و به صورت غلام‌گردشی، خاک دادن پای نهال‌ها، حذف پاجوش‌ها و ریشه‌جوش‌ها، مبارزه با علف‌های هرز از طریق مکانیکی، شخم زدن و وجین دستی به دفعه‌های مورد نیاز و هرس نیز از سال‌های سوم تا هفتم هر سال به مقدار یک تا ۱/۵ متر ارتفاع پایه‌ها (در مجموع، پنج سال تا ارتفاع ۷/۵ متر از سطح زمین) به طور منظم و یا در صورت نیاز انجام شد.

هرساله در پایان فصل رویش، قطر درختان در محل ارتفاع برابر سینه (۱/۳ متر از سطح زمین که پیش‌تر اندازه‌گیری و رنگ‌آمیزی شده بود) با کولیس و نوار قطرسنج تا دقت میلی‌متر و ارتفاع پایه‌ها با شیب‌سنج سونتو تا دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. حجم هر پایه (v) به متر مکعب نیز از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \times h \times f \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، d و h به ترتیب نشان‌دهنده قطر برابر سینه و ارتفاع به متر هستند. ضریب شکل (f) نیز ۰/۵ در نظر گرفته شد. پس از محاسبه حجم همه درختان و با احتساب درصد زنده‌مانی و فاصله کاشت، حجم در سطح تیمار محاسبه شد و به سطح هکتار تعمیم داده شد. سپس، رویش‌های قطری، ارتفاعی و حجمی کلن‌ها به تفکیک برای سال‌های مختلف محاسبه شد و میانگین ۱۱ ساله آن‌ها به دست آمد. به منظور محاسبه مساحت تاج درختان، قطر تاج در دو جهت

نتایج

قطری و ارتفاعی، درصد زنده‌مانی، قطر برابر سینه و ارتفاع به‌ترتیب بیشترین اثر را در مقایسه کلن‌ها دارند (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین قطر برابر سینه، رویش ارتفاعی و رویش حجمی در کلن *P.n.62/154* و کمترین قطر برابر سینه، مساحت تاج، رویش قطری، رویش حجمی و درصد زنده‌مانی در کلن *P.n.56/32* مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین کلن‌های مختلف تبریزی از نظر قطر برابر سینه، مساحت تاج، میانگین رویش‌های قطری، ارتفاعی و حجمی و نیز درصد زنده‌مانی، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان حداقل ۹۵ درصد وجود دارد، درحالی‌که ارتفاع پایه‌ها بین کلن‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری نداشتند. طبق یافته‌های برآورد اندازه اثر صفت نیز مشخصه‌های مساحت تاج، میانگین رویش‌های حجمی،

جدول ۲- تجزیه واریانس مشخصه‌های رویشی مورد بررسی بین کلن‌های مختلف تبریزی

مشخصه‌های رویشی	منابع تغییرات	میانگین مربعات	آماره F	Sig.	اندازه اثر صفت (η^2)
قطر برابر سینه	کلن	۲۰/۲۲	۲/۸۲	۰/۰۲۹*	۰/۵۸۵
	بلوک	۶/۳۴۱	۰/۸۸۶	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۰۹
	خطا	۷/۱۶			
ارتفاع کل	کلن	۴/۱	۱/۸۳	۰/۱۳۲ ^{ns}	۰/۴۷۷
	بلوک	۱/۷۵۸	۰/۷۸۴	۰/۴۷۲ ^{ns}	۰/۰۸
	خطا	۲/۲۴۳			
مساحت تاج	کلن	۲۰/۱۳۴	۵۰/۶۹	۰/۰۰۰**	۰/۹۶۲
	بلوک	۱/۲۶۳	۳/۱۷۹	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۲۶۱
	خطا	۰/۳۹۷			
میانگین رویش قطری	کلن	۰/۰۸۳	۳/۸۵۱	۰/۰۳۵*	۰/۶۹۱
	بلوک	۰/۰۵۲	۱/۱۶۹	۰/۳۳۳ ^{ns}	۰/۱۱۵
	خطا	۰/۰۴۵			
میانگین رویش ارتفاعی	کلن	۰/۰۳۱	۳/۰۴۳	۰/۰۲۱*	۰/۶۴۳
	بلوک	۰/۰۸۳	۲/۸۰۵	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۳۸
	خطا	۰/۰۳			
میانگین رویش حجمی	کلن	۸۵۵/۶۹	۴۹/۱۹	۰/۰۰۰**	۰/۹۶۱
	بلوک	۰/۸۶۷	۰/۰۵	۰/۹۵۲ ^{ns}	۰/۰۰۶
	خطا	۱۷/۴			
زنده‌مانی	کلن	۲۱۴/۴۴۹	۳/۱۰۶	۰/۰۱۹*	۰/۶۰۸
	بلوک	۷۸/۱۸۹	۱/۱۳۲	۰/۳۴۴ ^{ns}	۰/۱۱۲
	خطا	۶۹/۰۴۴			

** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین مشخصه‌های رویشی مورد بررسی بین کلن‌های مختلف تبریزی طی دوره ۱۱ ساله

زنده‌مانی (درصد)	میانگین سالانه رویش			مساحت تاج (متر مربع)	ارتفاع کل (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	کلن
	حجمی (متر مکعب در هکتار در سال)	ارتفاعی (متر)	قطری (سانتی‌متر)				
a88/89(0)	a80/63(4/31)	a1/6(0/1)	b2/1(0/05)	cd4/46(0/34)	21/14(0/71) a	26/6(0/87) a	P.n.62/154
85/19(7/41) ab	62/29(3/48) bc	1/45(0/13) b	2/6(0/27) a	b7/87(0/87)	18/68(0/23) a	25/5(1/8) ab	P.n.62/172
70/37(3/7) b	24/38(1/17) h	1/28(0/11) c	2(0/14) c	2/53(0/13) e	17/33(0/51) a	17/9(1/88) c	P.n.56/32
85/19(7/41) ab	50/47(1/2) de	1/24(0/11) c	2/1(0/05) b	8/06(0/17) b	17/71(0/82) a	23/5(1/26) ab	P.n.62/191
ab81/48(3/7)	f43/07(1/56)	b1/4(0/13)	2/2(0/04) b	5/53(0/19) c	18/19(0/9) a	21/8(1/96) abc	P.n.62/171
88/89(0) a	55/36(1/72) cd	1/32(0/11) bc	b2/1(0/02)	10(0/53) a	19/08(0/51) a	23/2(0/95) ab	P.n.56/72
92/59(3/7) a	68/68(2/67) b	1/4(0/09) b	2/3(0/18) ab	4/59(0/44) cd	19/2(0/32) a	25/3(0/57) ab	P.n.56/75
92/59(3/7) a	61/83(0/63) bc	1/43(0/11) b	2/2(0/01) b	2/95(0/19) e	20/12(1/1) a	23/3(0/67) ab	P.n.62/149
92/59(3/7) a	ef47/23(2/15)	bc1/35(0/08)	2(0/15) c	3/48(0/32) de	18/69(0/76) a	21/4(0/98) bc	P.n.62/140
70/37(7/41) b	32/22(1/18) g	1/4(0/01) b	2/1(0/04) b	2/77(0/22) e	a17/77(1/59)	20/6(2/83) bc	P.n.56/33

حرف‌های انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

اعداد داخل پرانتز، اشتباه معیار را نشان می‌دهند.

جدول ۴- موجودی حجمی در کلن‌های تبریزی مورد بررسی طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ برحسب متر مکعب در هکتار

کلن	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸
P.n.62/154	0/339	7/53	47/74	57/49	131/1	204/55	279/58	346/72	472/36	701/46	887/27
P.n.62/172	0/107	5/34	32/52	45/25	77/35	134/31	209/42	309/64	451/48	587/42	685/33
P.n.56/32	0/081	2/14	19/92	28/08	44/87	50/36	76/77	97/44	132/43	215/15	268/24
P.n.62/191	0/545	7/9	44/37	63/79	98/23	129/07	179/56	264/33	380/4	503/73	555/67
P.n.62/171	0/165	2/57	21/27	29/6	57/5	80/52	145/05	195/95	265/3	409/8	473/91
P.n.56/72	0/731	8/79	44/9	62/04	115/04	148/41	228/21	299/18	396/8	492/4	609/69
P.n.56/75	0/106	7/38	42/1	55/35	124/82	177/06	277/81	349/34	490/64	637/94	755/59
P.n.62/149	0/185	4/13	41/8	60/95	104/45	140/08	240/84	321/46	412/83	541/86	680/29
P.n.62/140	0/128	3/73	32/96	39/45	83/31	120/19	189/93	227/04	290/16	448/65	519/69
P.n.56/33	0/153	1/51	16/09	21/04	36/76	66/51	128/86	166/72	205/39	319/33	354/56

بررسی، بیشترین موجودی حجمی در کلن‌های P.n.62/154، P.n.62/172، P.n.56/75، P.n.62/149 و P.n.62/172 به ترتیب با ۸۸۷/۲۷، ۷۵۵/۵۹، ۶۸۵/۳۳ و ۶۸۰/۲۹ متر مکعب در هکتار و کمترین آن در کلن‌های P.n.56/32 و

نتایج میانگین موجودی حجمی کلن‌های مورد بررسی به تفکیک برای سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ نشان داد که روند افزایش حجم در سال‌های اولیه کم است، اما در سال‌های میانی و پایانی دوره شدت یافت. در پایان دوره مورد

کلن‌های P.n.56/75 و P.n.62/154 در سال‌های دهم و یازدهم (پایانی) دوره مورد مطالعه نشان داده شده است. نمای کلی از درختان تبریزی در سال پایانی نیز در شکل ۳ آمده است.

P.n.56/33 به ترتیب با ۲۶۸/۲۴ و ۳۵۴/۵۶ متر مکعب در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). در شکل ۱، نمایی از قطر درختان در مقطع عرضی کلن‌های پرمحصول صنوبر و در شکل ۲، اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان سرپا متعلق به



شکل ۱- نمایی از قطر درختان تبریزی در مقطع عرضی تنه کلن‌های P.n.62/154 (الف)، P.n.62/172 (ب) و P.n.56/75 (ج) در ارتفاع دو متری



شکل ۲- اندازه‌گیری قطر برابر سینه کلن‌های P.n.56/75 (سمت راست) و P.n.62/154 (سمت چپ) به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با استفاده از نوار قطرسنج



شکل ۳- نمای کلی از درختان تیریزی مورد بررسی در پاییز ۱۳۹۸

جدول ۵- مقایسه میانگین مشخصه‌های کیفیت تنه، تراکم شاخه در تنه و مقاومت به آفات در پایان دوره مورد بررسی

مشخصه	کیفیت تنه (درصد)			تراکم شاخه در تنه (درصد)			مقاومت به آفات (درصد)					
	صاف و مستقیم	خمیدگی کم	خمیدگی متوسط	خمیدگی زیاد	کم	متوسط	زیاد	صدرصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۲۵ درصد	کاملاً
X ²	۱۰/۵۳۳	۵/۴۶۷	۲/۲۶۷	۲۰/۹۳۳	۳۱/۵۳۳	۱۸/۵۳۳	۲۷/۲	۶	۴۱/۲	۳۱/۶	۶۱/۲	۸۳/۳۳۳
P	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**	./...**
η ²	۰/۸۵۱	۰/۶۶۹	۰/۶۱۴	۰/۶۱۲	۰/۹۵۲	۰/۸۸۴	۰/۸۵۶	۰/۹۸۵	۰/۵۶۶	۰/۷۳۸	۰/۸۳۲	۰/۶۹۴
P.n.62/154	a۹۰	b۶/۶۷	c۳/۳۳	c۰	۱۰bc	۷۳/۳۳a	۱۶/۶۷b	۹۴/۰۷a	۵/۹۳c	۰d	۰d	۰b
P.n.62/172	a۸۶/۶۷	b۸/۳۳	c۳/۳۳	bc۱/۶۷	۷۶/۶۷a	۱۵b	۸/۳۳b	۸۴/۶۳c	۸/۵۲bc	۶/۸۵bc	۰d	۰b
P.n.56/32	b۶۸/۳۳	a۱۶/۶۷	ab۱۱/۶۷	bc۳/۳۳	۱۵bc	۶۶/۶۷a	۱۸/۳۳b	۶۷/۴۱f	۱۲/۲۲ab	۱۱/۶۷ab	۸/۷b	۰b
P.n.62/191	a۸۸/۳۳	b۸/۳۳	c۳/۳۳	c۰	۱۳/۳۳bc	۶۳/۳۳a	۲۳/۳۳b	۷۹/۲۶d	۱۱/۷۴abc	۷/۳۳bc	۱/۶۷cd	۰b
P.n.62/171	b۶۸/۳۳	a۱۵	abc۱۰	ab۶/۶۷	۱۶/۶۷b	۵۸/۳۳a	۲۵b	۵۵/۵۶g	۱۵a	۱۴/۰۷a	۱۱/۴۸b	۳/۸۹b
P.n.56/72	a۸۱/۶۷	b۸/۳۳	abc۸/۳۳	bc۱/۶۷	۲۰b	۵۶/۶۷a	۲۳/۳۳b	۸۷/۴۱bc	۷/۶۷bc	۳/۸۱cd	۱/۱۱cd	۰b
P.n.56/75	b۶۸/۳۳	a۱۵	a۱۳/۳۳	bc۳/۳۳	۱۳/۳۳bc	۷۳/۳۳a	۱۳/۳۳b	۸۹/۶۳b	۷/۳bc	۳/۰۷cd	۰d	۰b
P.n.62/149	a۸۵	b۸/۳۳	bc۵	bc۱/۶۷	۶۳/۳۳a	۳۰b	۶/۶۷b	۸۰/۷۴d	۶/۶۷bc	۱۰/۱۹ab	۲/۴۱cd	۰b
P.n.62/140	a۸۵	b۶/۶۷	abc۶/۶۷	bc۱/۶۷	۷۵a	۱۶/۶۷b	۸/۳۳b	۷۴/۸۱e	۱۱/۶۷abc	۶/۳۳bc	۷/۱۸bc	۰b
P.n.56/33	b۶۱/۶۷	a۱۵	a۱۳/۳۳	a۱۰	۱/۶۷c	۲۳/۳۳b	۷۵a	۴۹/۶۳h	۸/۳۳bc	۱۳/۳۳a	۱۹a	۹/۷a

حرف‌های انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

حساسیت داشتند.

سنک صنوبر

سنک صنوبر (*Monosteria unicostata* (Muls & Rey)) متعلق به راسته Heteroptera از خانواده Tingidae است. این آفت با تغذیه از شیره برگ‌ها و دفع مواد زاید و نیز به دلیل فرو بردن تخم‌های ریز به داخل پارانشیم برگ‌ها در زمان تخم‌ریزی سبب اختلال در عملکرد فتوسنتز می‌شود. در نتیجه، سطح رویی برگ‌ها زرد می‌شود و حالت سوختگی پیدا می‌کنند. در حمله‌های شدید این آفت، درختان ضعیف می‌شوند و خزان زودرس پدید می‌آید. به تقریب در همه سال‌های اجرای پژوهش پیش‌رو، سنک صنوبر روی برگ اغلب کلن‌های مورد بررسی مشاهده شد، اما این کلن‌ها در سال‌های مختلف با شدت‌های متفاوت به این آفت آلوده شدند. در طی دوره مورد بررسی، *P.n.56/33* بین پنج تا ده درصد به سنک صنوبر حساسیت داشت، در حالی که کلن‌های دیگر، کمترین حساسیت را به این آفت نشان دادند.

شته مومی صنوبر

این شته (*Phloeomyzus passerinii* Sign.) متعلق به خانواده Phloeomyzidae و از آفات مکنده شیره اندام‌های گیاهی است. شته مومی به‌عنوان یکی دیگر از آفات مهم درختان صنوبر به‌ویژه کلن‌های تبریزی محسوب می‌شود. این آفت مکنده به بافت‌های چوبی صنوبر حمله می‌کند و با تغذیه از شیره گیاهی و هم‌زمان با تزریق سم بزاق خود در آوندهای آبکش سبب بافت‌مردگی (Necrosis) پوست در آن قسمت می‌شود. همچنین، این شته با ایجاد برجستگی‌های تاول‌مانند، رشد چوبی درخت را از نظر کمی و کیفی تهدید می‌کند و تولید چوب را کاهش می‌دهد. طی دوره اجرای پژوهش پیش‌رو، فعالیت این آفت مکنده روی بیشتر کلن‌های مورد بررسی با شدت‌های مختلف مشاهده شد، اما فعالیت آن روی کلن موفق *P.n.62/154* اندک بود، بنابراین این کلن جزء کلن‌های مقاوم به شته مومی صنوبر است. در *P.n.56/72* و *P.n.56/33* *P.n.62/171* و *P.n.56/32* بیشتر از ۱۰ درصد و در کلن‌های

بیشترین کیفیت تنه (صاف و مستقیم) در کلن‌های *P.n.62/154*، *P.n.62/172*، *P.n.62/191*، *P.n.56/72* و *P.n.62/149* و *P.n.62/140* مشاهده شد، در حالی که *P.n.56/33* خمیدگی زیادی داشت. تراکم شاخه در تنه کلن‌های *P.n.62/172*، *P.n.62/149* و *P.n.62/140* به‌طور معنی‌داری نسبت به کلن‌های دیگر، کم و در *P.n.56/33* زیاد بود. در مقایسه بین کلن‌های مختلف، *P.n.62/154* و *P.n.56/33* به ترتیب مقاومت و حساسیت بیشتری به آفات را نشان دادند (جدول ۵).

شدت ابتلای کلن‌های تبریزی مورد بررسی به آفات

سوسک چوب‌خوار صنوبر ملانوفیلا

این سوسک چوب‌خوار (*Melanophila picta* Pall.) متعلق به راسته Coleoptera از خانواده Buprestidae است. حضور این آفت در سطح وسیعی از ایران گزارش شده است. این سوسک در استان مرکزی به صنوبرهای تبریزی، کبوده و پده (*P. euphratica* Oliv.) حمله کرده است. زیان سوسک مذکور اغلب در نهالستان‌هایی مشاهده می‌شود که درختان آن به اختلال‌های فیزیولوژیکی در نتیجه کاشت دیرهنگام، تغییر محل کاشت، کمبود آب در اثر عدم رعایت رژیم صحیح و به‌موقع آبیاری و نیز فقر خاک از نظر مواد غذایی مبتلا شده‌اند. لاروهای جوان در زمان خروج از پوسته تخم از محل اتکای تخم به پوست به تنه درخت نفوذ می‌کنند و از پوست و لایه زاینده تغذیه می‌کنند. درختان مسن به دلیل هجوم پی‌درپی این آفت در سال‌های متمادی، ضعیف و ناتوان می‌شوند و به دلیل قطع آوندها و ایجاد دالان‌های متعدد توسط باد می‌شکنند و یا به‌طور کامل خشک می‌شوند. این آفت در جهت‌های شمال غربی و شمالی تنه به درختان مورد بررسی حمله کرده بود. بین کلن‌های تبریزی در پژوهش پیش‌رو، *P.n.62/154* در مقابل این آفت چوب‌خوار حساس نبود که جزء کلن‌های مقاوم محسوب می‌شود. همچنین، *P.n.62/171*، *P.n.56/32* و *P.n.62/191* بیشتر از ۱۰ درصد و کلن‌های دیگر، کمتر از پنج درصد به این سوسک چوب‌خوار

مبنایی مناسب برای گزینش و معرفی کلن‌های برتر هستند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین سالانه رویش قطری از دو سانتی‌متر (کمینه) در P.n.56/32 و P.n.62/140 تا ۲/۶ سانتی‌متر (بیشینه) در P.n.62/172 متغیر بود. از میان کلن‌های مورد بررسی، میانگین ارتفاع ۱۱ ساله دو کلن P.n.62/154 و P.n.62/149 به بیشتر از ۲۰ متر رسید. ارتفاع پنج کلن بین ۱۸ تا ۲۰ متر و ارتفاع سه کلن نیز کمتر از ۱۸ متر به‌دست آمد. به‌عبارتی‌دیگر، ۷۰ درصد از کلن‌ها پس از ۱۱ سال، ارتفاع بین ۱۸ تا ۲۱ متر داشتند. موجودی حجمی به‌علت تجمعی بودن هر ساله افزایش یافت. به‌طوری‌که این افزایش حجم در سال‌های اولیه کم بود، اما در سال‌های میانی و پایانی دوره شدت یافت. علت آن به تجمع رویش روی قطر و تأثیر زیادتر قطر برابر سینه نسبت به ارتفاع در فرمول حجم‌یابی برمی‌گردد.

کمینه عملکرد سالانه حجم (۲۴/۳۸ متر مکعب در هکتار) در P.n.56/32 و بیشینه آن (۸۰/۶۳ متر مکعب در هکتار) در P.n.62/154 مشاهده شد، بنابراین P.n.62/154 به‌دلیل اینکه بیشینه مشخصه‌های قطر برابر سینه، موجودی حجمی و میانگین رویش‌های حجمی و ارتفاعی را به‌خود اختصاص داد، برترین کلن در پژوهش پیش‌رو شناخته شد. Ghasemi و همکاران (۲۰۱۲) و Ahmadloo و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی ویژگی‌های مختلف کلن‌های تبریزی در ایستگاه تحقیقاتی البرز کرج گزارش کردند که P.n.62/154 به‌ترتیب با قطر برابر سینه ۲۰/۵ و ۲۲/۵۹ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۴/۶۷ و ۱۶/۳ متر و متوسط رویش حجمی سالانه ۲۶/۸۵ و ۴۰/۷۲ متر مکعب در هکتار جزء کلن‌های برتر است. تولید سالانه کلن مذکور در ایستگاه تحقیقات مهرگان کرمانشاه در مرحله‌های اول و دوم بهره‌برداری هرکدام پس از هشت سال به‌ترتیب به ۳۷/۲ و ۳۴/۳ متر مکعب در هکتار رسید (Noori et al., 2007; 2015). همچنین، رویش حجمی سالانه این کلن در ایستگاه تحقیقات باراندوز ارومیه پس از ۱۰ سال و در اراضی صنایع کاغذ غرب واقع در هرسین کرمانشاه پس از هشت سال به‌ترتیب ۲۷/۵۶ (Salari, 1997) و ۲۹ متر مکعب در هکتار (Hemmati & Modir-Rahmati, 2005) گزارش شد.

دیگر، کمتر از ۱۰ درصد ابتلا به شته مومی صنوبر طی سال‌های مختلف مشاهده شد.

کرم چوب‌خوار طوقه و ریشه صنوبر

کرم طوقه‌خوار صنوبر (*Capnodis miliaris* Klug.) از راسته Coleoptera و خانواده Buprestidae است. این آفت در قلمستان‌های صنوبر استان مرکزی که از نظر آب‌و‌خاک در شرایط نامساعد قرار گرفته باشند (درجه‌حرارت زیاد در تابستان، بارندگی اندک در ماه‌های خشک و عدم آبیاری کافی درختان)، به‌شدت شیوع دارد و سبب خسارت اقتصادی می‌شود. در این پژوهش به‌دلیل آبیاری منظم و عملیات داشت مناسب، این آفت روی کلن‌های مورد بررسی مشاهده نشد.

پروانه گال‌زای صنوبر

این حشره (*Paranthrene tabaniformis* Rott.) متعلق به خانواده Sesiidae و راسته Lepidoptera است که یکی دیگر از آفات مهم چوب‌خوار درختان جوان صنوبر به‌شمار می‌آید. این پروانه اغلب روی نهال‌های یک و دوساله صنوبرهای خارجی و بومی از جمله کلن‌های تبریزی و کبوده در خزانه‌های تولید نهال بر اثر شرایط نامناسب تغذیه‌ای و آبیاری ناکافی فعالیت دارد. تأثیر حمله لاروهای این حشره بر انواع صنوبرها به‌صورت گال‌های متورم و مشخصی روی ساقه و شاخه‌های جوان درختان صنوبر مشاهده می‌شود. فعالیت این آفت چوب‌خوار با افزایش سن نهال کاهش می‌یابد. در طول دوره انجام پژوهش پیش‌رو، فعالیت پروانه گال‌زای صنوبر روی کلن‌های مورد بررسی بسیار کم بود.

بحث

بین کلن‌های تبریزی در پژوهش پیش‌رو از نظر همه مشخصه‌های مورد بررسی (به‌جز ارتفاع کل) به‌ویژه رویش حجمی به‌عنوان برآیند مشخصه‌های کمی قطر برابر سینه و ارتفاع درختان، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. این تفاوت‌ها، وجود تنوع غنی ژنتیکی بین کلن‌های مذکور و بروز واکنش‌های متفاوت نسبت به عوامل محیطی را نشان می‌دهند که

در P.n.56/33 را می‌توان با تراکم زیاد شاخه در تنه پایه‌های این کلن مرتبط دانست. بیشتر انرژی درخت در تنه‌های پرشاخه به رشد شاخه‌ها اختصاص می‌یابد که کاهش رویش ارتفاعی را در پی دارد.

امروزه با توجه به نیاز روزافزون به چوب و تلاش برای تولید بیشتر الوار با کیفیت، شناخت عوامل نامساعد تأثیرگذار بر ویژگی‌های چوب ضروری است. بررسی مقاومت به آفات و مدیریت آن‌ها برای دسترسی به چوب سالم و با کیفیت و کمیت زیاد، بسیار مهم هستند. در پژوهش پیش‌رو، آفات مهم و کلیدی (درجه اول) کلن‌های تبریزی معرفی شد. کلن‌های مختلف به دلیل تنوع ژنتیکی زیاد، قابلیت‌های گوناگونی در برابر حمله آفات دارند. P.n.62/154 به عنوان مقاوم‌ترین کلن در برابر آفات، نسبت به سوسک چوب‌خوار صنوبر حساس نبود، در حالی‌که کلن‌های P.n.62/171، P.n.56/32 و P.n.62/191 حساسیت بیشتری به آسیب این سوسک داشتند. Goodarzi (۲۰۰۶) با بررسی سازگاری کلن‌های مختلف صنوبر در استان مرکزی گزارش کرد که P.n.56/53 و P.n.72/8 نسبت به کلن‌های دیگر تبریزی، حساسیت کمتری به سوسک چوب‌خوار صنوبر دارند، در حالی‌که خسارت زیاد این آفت به درختان P.n.47/40 سبب خشکیدگی پایه‌هایی از این کلن شد.

کلن‌های تبریزی مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو طی سال‌های مختلف با شدت‌های متفاوتی به سنک صنوبر آلوده شدند. به غیر از P.n.56/33 حساسیت کلن‌های دیگر به این آفت کم بود. Babmorad و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی زیست‌شناسی سنک صبر در کرج ذکر کردند که همه مرحله‌های رشدی حشره مذکور از اواسط خردادماه تا اواخر شهریورماه به‌طور هم‌زمان مشاهده می‌شود. همچنین، این پژوهشگران بیشترین خسارت نسل‌های مختلف سنک را در شهریورماه گزارش کردند. با بررسی آلودگی کلن‌های تبریزی به آفت مکنده شته مومی در پژوهش پیش‌رو مشخص شد که طی سال‌های مختلف، ابتلای کلن‌های P.n.56/33، P.n.56/72، P.n.62/171 و P.n.56/32 به این آفت، بیشتر از ده درصد بود. Rafiei-Karahroodi و همکاران (۲۰۱۱)

در پژوهش پیش‌رو، رتبه دوم میانگین سالانه رویش حجمی (۶۸/۶۸ متر مکعب در هکتار) به کلن P.n.56/75 تعلق گرفت. تولید سالانه این کلن در ایستگاه تحقیقات مهرگان کرمانشاه پس از هشت سال (مرحله اول بهره‌برداری) به ۳۹/۲ متر مکعب در هکتار رسید (Noori et al., 2007). در ادامه پژوهش مذکور، رویش حجمی P.n.56/75 در مرحله دوم بهره‌برداری پس از شش و هشت سال به ترتیب ۴۶/۶۵ و ۴۹/۷۶ متر مکعب در هکتار گزارش شد (Noori et al., 2010; 2015). همچنین، Yousefi و Modir-Rahmati (۲۰۱۱) با P.n.56/75 میانگین تولید سالانه ۲۴/۸ متر مکعب در هکتار را به عنوان یکی از کلن‌های موفق و سازگار با شرایط مشابه سنندج معرفی کردند.

به‌طور کلی، مقدار رویش و تراکم شاخه در انتخاب کلن‌های برتر تبریزی بسیار تأثیرگذار هستند (Isik & Toplu, 2004)، بنابراین عامل‌های کیفی نیز به همراه عامل‌های کمی در این انتخاب، اهمیت ویژه‌ای دارند. عوامل ژنتیکی و یا محیطی (پدیده نورگرایی) در کلن‌های مختلف، کیفیت تنه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اگر شرایط محیطی مطلوب باشند، تنه پایه‌ها مستقیم‌تر است و چندشاخگی کمتری در آن‌ها مشاهده می‌شود (Yousefi et al., 2002). تنه صاف درختان صنوبر به عنوان یک ویژگی مثبت بر ارزش افزوده آن‌ها می‌افزاید. چوب‌های صنوبر با تنه صاف در صنایعی مانند لوله‌بری برای تهیه کبریت، روکش‌گیری و صنعت تخته‌لایه، ضایعات کمتری دارند. در پژوهش پیش‌رو، بیشترین کیفیت تنه در کلن‌های P.n.62/154، P.n.62/172، P.n.62/191، P.n.56/72، P.n.62/149 و P.n.62/140 مشاهده شد، در حالی‌که تنه پایه‌های P.n.56/33 خمیدگی زیادی داشت. کاهش کیفیت تنه در این کلن ممکن است به دلیل ضعف فیزیولوژیکی آن در برابر حمله آفات باشد. نتایج دیگر نشان داد که تراکم شاخه در کلن‌های P.n.62/172، P.n.62/140 و P.n.62/149 کمتر بود که به دلیل داشتن گره کمتر، کاربرد آن‌ها را در صنعت چوب افزایش می‌دهد. صفت تعداد شاخه، بیشترین اثر مستقیم منفی را بر ارتفاع و حجم درختان دارد (Asadi et al., 2005)، بنابراین یکی از دلایل حجم کمتر

آفات نشان داد که *P.n.62.154*، *P.n.56.75* و *P.n.62.172* کلن‌های تبریزی مناسب کاشت در استان مرکزی هستند. این کلن‌ها با پتانسیل زیاد تولیدی، سازگاری خوبی با شرایط اقلیمی و خاک استان مرکزی دارند. به طوری که کلن‌های مذکور با آبیاری منظم و کافی و تراکم بیشتر در واحد سطح (۱۶۶۷ اصله در هکتار در فاصله کشت ۲×۳ متر مربع)، زنده‌مانی قابل ملاحظه‌ای (بین ۸۵ تا حدود ۹۳ درصد) نیز دارند که سبب تولید زیاد در واحد سطح می‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود که نهال‌های آن‌ها برای کشت در سطح وسیع در اختیار صنوبرکاران، دستگاه‌های اجرایی و صنایع چوب قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Ahmadloo, F., Ghasemi, R., Calagari, M. and Salehi, A., 2020. Study of the phenological, vegetative and morphological characteristics of eight *Populus nigra* L. clones in the Albourz Research Station, Karaj, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 28(1): 30-43 (In Persian).
- Asadi, F., Mirzaie-Nodoushan, H. and Modir Rahmati, A.R., 2005. Direct and indirect effects of poplar different attributes on its yield in early growth stage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(3): 295-311 (In Persian).
- Babmorad, M., Bagheri-Zenouz, E. and Yarmand, H., 2004. Life- history study of poplar lace bug, *Monosteira unicastata* (Muls. & Rey) Het.: Tingidae in Karaj. *Pajouhesh & Sazandegi*, 17(1): 71-82 (In Persian).
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soil. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Bozorgmehr, A., Modirrahmati, A., Ghasemi, R.A. 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).
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total: 1085-1121. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loepfert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., ... and Sumner, M.E. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, 1390p.
- Choghaei, M., 2019. Executive plan of Arak nursery. Markazi Natural Resources and Watershed Administration, Forests, Range and Watershed

با ارزیابی مقاومت ۲۱ کلن صنوبر نسبت به شته مومی در استان مرکزی گزارش کردند که *P.n.72/14*، *P.n.56/52*، *P.n.72/18*، *P.n.47/40* و *P.n.49/5* حساس‌ترین و *P.n.56/53*، *P.n.56/21*، *P.n.72/4*، *P.n.72/5*، *P.n.56/75* و *P.n.56/72* مقاوم‌ترین کلن‌ها در برابر آفت مذکور هستند. کلن‌های رایج و بومی تبریزی در استان مرکزی به‌ویژه شالک‌ها به‌شدت به آفت شته مومی حساس هستند. با این حال، *P.n.72/19* جزء گونه‌های مقاوم به آن به‌شمار می‌آید. از عوامل حساسیت کلن‌های صنوبر به شته مومی می‌توان به آبیاری نامنظم، کمبود آب در ماه‌های گرم سال و به‌نوعی ایجاد تنش‌های آبی به درختان، فقر غذایی خاک و محدودیت عمق آن برای رویش ریشه درختان اشاره کرد (Rafiei-Karahroodi et al., 2011). به‌علت شرایط سخت مبارزه شیمیایی با شته مومی صنوبر و خسارت اقتصادی زیاد آن در استان مرکزی، انتخاب کلن‌های مقاوم و به‌نسبت مقاوم به این آفت می‌تواند یکی از گزینه‌های پیشگیری و کنترل آن در کنار مبارزه شیمیایی باشد.

بر اساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو و به‌علت آبیاری منظم و عملیات داشت مناسب، کرم طوقه‌خوار صنوبر روی کلن‌های مورد بررسی مشاهده نشد. همچنین، فعالیت پروانه گال‌زای صنوبر طی دوره پژوهش روی کلن‌های مورد بررسی اندک بود. با این حال، بر اساس نتایج Goodarzi (۲۰۰۶)، کلن‌های *P.n.72/7* و *P.n.63/135* بیشترین حساسیت را نسبت به کرم طوقه‌خوار صنوبر داشتند. همچنین، کلن‌های *P.n.72/18* و *P.n.72/6* در پژوهش مذکور به‌شدت به پروانه گال‌زای صنوبر حساس بودند. به طوری که این آفت چوب‌خوار علاوه بر تغذیه مستقیم از مغز ساقه نهال سبب ضعف و کاهش مقاومت مکانیکی نهال و سپس شکستگی آن‌ها شده بود. بیشترین مدت ظهور حشرات کامل این آفت در اراک در اوایل خردادماه تا اواسط شهریورماه گزارش شد (Goodarzi, 2006).

نتایج برآورد اندازه اثر صفت (η^2) مبنی بر مساحت تاج و رویش حجمی به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه‌ها در مقایسه بین کلن‌ها و نیز اهمیت صفت‌های کیفی تنه و تاج و مقاومت به

- Turkey. *New Forest*, 27(2): 175-187.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum: 181-197. In: Page, A.L. (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 9.2.2, Second Edition. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, 1159p.
 - Noori, F., Asadi, F. and Modir-Rahmati, A.R., 2010. Growth and wood production of 10 poplar clones (*Populus nigra*) at the second harvesting period in Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4): 534-543 (In Persian).
 - Noori, F., Khodakarami, Y. and Modir Rahmati, A.R., 2015. Comparison of growth and yield of 10 closed-crown *Populus nigra* clones in second utilization period. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1): 134-142 (In Persian).
 - Noori, F., Modirrahmati, A.R. and Hemmati, A., 2007. Elimination trial of 10 Poplar clones (*Populus nigra*) in Kermanshah province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14(4): 278-291 (In Persian).
 - Popivshchy, I.I., Prokazin, A.E. and Routkovsky, L.V., 1997. Black poplar in the Russian Federation: 46-52. In: Turok, J., Lefèvre, F., de Vries, S. and Tóth, B. (Eds.). *Populus nigra* Network. Report of the Third Meeting, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 77p.
 - Rafiei-Karahroodi, Z., Sadeghi, E., Azdoo, Z. and Goodarzi, Gh., 2011. Comparison of antibiosis resistance of 21 clones of *Populus* spp. to woolly poplar aphid. *Journal of Entomological Research*, 3(1): 21-27 (In Persian).
 - Rowell, D.L., 1994. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Scientific & Technical, Harlow, 350p.
 - Salari, A., 1997. Compatibility of different poplar cultivars in climatic conditions of Urmia. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 79p (In Persian).
 - Yousefi, B. and Modir-Rahmati, A.R., 2011. Survey on adaptation and wood yield of *Populus nigra* clones in comparative populetum of Sanandaj (final stage). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(3): 283-299 (In Persian).
 - Yousefi, M., Modir Rahmati, A.R., Sharivar, A., Hemati, A. and Ghasemi, R.E., 2002. A survey on growth and adaptability of poplar clones in experimental nursery. *Pajouhesh & Sazandegi*, 15(2): 78-85 (In Persian).
 - Management Organization, Arak, 115p (In Persian).
 - 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).
 - Ghasemi, R., Modir Rahmati, A.R. and Asadi, F., 2012. Growth characteristics of 5 black poplar (*Populus nigra*) clones with Turkish origin in Karadj area. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 491-500 (In Persian).
 - Goodarzi, Gh., Modir-Rahmati, A.R. and Ranjbar, M., 2008. The situation of poplar plantation and the role of researches in its development in Markazi province. *Proceedings of Second National Congress on Poplar and Potential Use in Poplar Plantation*. Tehran, 5-7 May 2008: 505-511 (In Persian).
 - Goodarzi, Gh.R., 2006. Final adaptability experiment of poplar clones for introducing the most suitable clones. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 107p (In Persian).
 - Goodarzi, Gh.R., Modir Rahmati, A.R., Zahedipour, H. and Ghasemi, R., 2010. Adaptability experiment of 21 poplar clones for introducing the most suitable clones in Markazi province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(4): 650-664 (In Persian).
 - 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).
 - Helmeke, P.A. and Sparks, D.L., 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium: 551-575. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., ... and Sumner, M.E. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, 1390p.
 - 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*, 11(8): 59-86 (In Persian).
 - Hemmati, A. and Modir-Rahmati, A.R., 2005. Effects of spacing on yield of various clones of *Populus nigra* L. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(3): 343-352 (In Persian).
 - Isik, F. and Toplu, F., 2004. Variation in juvenile traits of natural black poplar (*Populus nigra* L.) clones in

Investigation on adaptability and production performance of productive black poplar (*Populus nigra* L.) clones in the Markazi province, Iran

Gh.R. Goodarzi ^{1*}, F. Ahmadloo ² and M. Choghaei ³

1* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran. E-mail: goodarzi44@yahoo.com

2- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Senior Forest Expert, Department of Afforestation and Forestry, Markazi Natural Resources and Watershed Administration, Arak, Iran

Received: 02.08.2021

Accepted: 25.01.2022

Abstract

The present study was carried out in the nursery of Markazi Natural Resources and Watershed Administration of Iran in 2009 in order to select and introduce the most adaptable and productive poplar clones. For this reason, 10 clones of closed crown non-native black poplar for a period of 11 years were planted under the randomized complete blocks statistical design with three replications at 2×3 m² spacing for adaptability studying. The characteristics of diameter at breast height (dbh), total height, total volume (stocking), mean increments of diameter, height and volume, crown area, survival percentage, trunk quality, branch density in the trunk and resistance to pests were measured and studied annually at the end of each growth period. The results of variance analysis showed that all the studied characteristics showed a statistically significant difference between different poplar clones, except for total height. According to the comparisons of means with Duncan's test, the highest dbh, total volume and mean increments of height and volume were observed in *P.n.62/154* clone whereas the lowest dbh, total volume, crown area, mean increments of diameter, volume and survival percentage were in *P.n.56/32* clone. The highest bending and branch density in trunk and more susceptibility to pests were observed in *P.n.56/33* clone than other studied clones. Clones of *P.n.62/154*, *P.n.56/75* and *P.n.62/172* with an annual volume increment of 80.63, 68.68 and 62.29 m³ha⁻¹, respectively, were introduced as adaptable poplar clones with high wood production and suitable for planting in Markazi province.

Keywords: Arak nursery, mean volume increment, canopy area, resistance to pests, trunk quality.