



دانشگاه گورگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸

۱۱۲-۱۰۱

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2020.17032.1828

بررسی سازگاری و عملکرد پروونانس‌های گونه‌های صنعتی اکالیپتوس در ایستگاه تصفیه فاضلاب شهر قم

* حسین توکلی نکو^۱ و عباس پورمیدانی^۱

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قم، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: بسیاری از گونه‌های جنس اکالیپتوس با رشد سریع و تنوع ژنتیکی بالا برای جنگل‌کاری در مناطق مختلف اکولوژیک استفاده می‌شوند. این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد برخی گونه‌ها و پروونانس‌های اکالیپتوس به مدت سه سال در ایستگاه تصفیه فاضلاب در پنج کیلومتری شمال شرقی شهر قم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در شش سطح و زمان در سه سطح در چهار تکرار روی نهال‌های پنج‌ساله اکالیپتوس اجرا شد. آبیاری با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهر قم صورت گرفت. ژنوتیپ‌های انتخابی شامل شش پروونانس از گونه‌های *E. microtheca* Muell. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. و *E. rubida* Deane & Maiden بود. صفات رویشی شامل: ارتفاع نهال برحسب متر، قطر تنه در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از سطح زمین بر حسب سانتی‌متر، رشد ارتفاعی، رشد قطری و نسبت ارتفاع به قطر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری مانند تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات بین ژنوتیپ‌های انتخابی و سال‌های مختلف صورت گرفت و در نهایت سازگاری و عملکرد رشدی گونه‌ها در شرایط آزمایش معرفی گردید.

یافته‌ها: اثر تیمار (گونه‌ها و پروونانس‌های مختلف اکالیپتوس)، اثر تکرار، اثر متقابل تکرار در تیمار و اثر سال بر ارتفاع درخت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که گونه‌ها و پروونانس‌ها از نظر ارتفاع در پنج گروه مجزا و یک گروه مشترک قرار گرفتند که از بین آنها *E. camaldulensis* 41ch در بالاترین گروه قرار گرفت. هم‌چنین از نظر قطر تنه نیز درختان در چهار گروه مجزا قرار گرفتند. بر اساس این نتایج *E. camaldulensis* 41ch بیش‌ترین قطر تنه و پس از آن *E. camaldulensis* Qom در گروه‌های اول و دوم قرار گرفتند. هم‌چنین از نظر رشد ارتفاعی *E. camaldulensis* 41ch و *E. camaldulensis* Qom در گروه اول و گونه‌های *E. microtheca* 62 و *E. rubida* 166sh در گروه آخر قرار گرفتند. از نظر رشد قطری تنه *E. camaldulensis* Qom در گروه اول و گونه *E. rubida* 166sh در گروه آخر قرار گرفت. از نظر نسبت ارتفاع به قطر تنه گونه‌های مورد بررسی در دو گروه مجزا و سه گروه مشترک قرار گرفتند، بر اساس این نتایج *E. camaldulensis* 41zh با بیش‌ترین نسبت ارتفاع به قطر تنه در گروه اول قرار گرفت.

* مسئول مکاتبه: tavakolineko@yahoo.com

نتیجه‌گیری: نتایج کلی پژوهش در طی سه سال اجرای طرح نشان داد که *E. camaldulensis* 41ch از نظر قطر و ارتفاع بیش‌ترین مقدار را داشت. به نظر می‌رسد این پرووانس برای تولید صنعتی چوب نسبت به سایر گونه‌ها و پرووانس‌های اکالیپتوس عملکرد بالاتری داشته باشد. هم‌چنین *E. camaldulensis* Qom نیز از نظر رشد قطری و ارتفاعی در رتبه اول قرار داشت، به نظر می‌رسد این برتری به دلیل منشأ بذر (قم) و سازگاری با شرایط منطقه باشد. در مجموع نتایج پژوهش نشان داد که در میان گونه‌های مورد بررسی *E. camaldulensis* بالاترین رتبه را از نظر رشد ارتفاعی و رشد قطری داشت و پس از آن *E. microtheca* در رتبه بعدی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، اکالیپتوس، پساب، قطر تنه، قم

مقدمه

توسعه فضای سبز، کاربردهای چندمنظوره شامل حفاظت خاک و آب، حفظ منظر، ایجاد بادشکن، تولید چوب برای مصارف مختلف، تولید عسل از گل‌ها و تولید اسانس و سایر مواد شیمیایی از برگ‌ها و سایر اندام‌ها برای صنایع آرایشی-بهداشتی و فرآورده‌های دارویی، سهولت تکثیر با بذر، دورگ‌گیری و اصلاح ژنتیکی، مقاومت بیشتر گونه‌های اکالیپتوس به آفات و تحمل نسبی به بیماری‌های شایع و امکان توسعه کشت آن‌ها در مناطق مختلف، از ویژگی‌های گیاه‌شناسی و کاربردی گونه‌های مختلف اکالیپتوس است (۱).

گونه‌های مختلف اکالیپتوس بیش از یک‌صد سال پیش به ایران وارد شدند و در مناطق شمالی و جنوبی کشور کشت شده‌اند. شواهد تاریخی بیانگر آن است که بیش‌ترین گونه از نظر تعداد *Eucalyptus cameldulensis* Dehnh. است و بعد از آن گونه‌های *E. microtheca* Muell. و *E. globulus* Labill. قرار دارند (۹). مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال ۱۳۴۷ پژوهش‌های گسترده‌ای را در زمینه سازگاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس در مناطق مختلف ایران آغاز نمود و از سال ۱۳۵۲ تجزیه و تحلیل رشد کمی و کیفی گونه‌های مختلف اکالیپتوس توسط کارشناسان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع آغاز

سالیان درازی است که تعدادی از گونه‌های اکالیپتوس به دورترین نقاط ایران وارد شده‌اند و طرح‌ها و پروژه‌های پژوهشی زیادی روی سازگاری، عملکرد، بهره‌برداری صنعتی، محصولات فرعی و مواد مؤثره آن‌ها انجام شده است (۱). البته با توجه به تنوع ژنتیکی، کاربردها و مصارف چندمنظوره گونه‌های اکالیپتوس به بررسی‌های بیش‌تری نیاز است. از مهم‌ترین دلایلی که باعث گسترش گونه‌های مختلف اکالیپتوس در بسیاری از کشورهای جهان و خارج از رویشگاه بومی آن در استرالیا و منطقه اقیانوسیه شده است می‌توان به: نرمش خواهش‌های بوم‌شناختی، وجود بیش از ۵۸۰ گونه شناخته شده و تقریباً به همین تعداد هیبریدهای طبیعی، زیرگونه‌ها، واریته‌ها و پرووانس‌ها (مبدأ جغرافیایی بذر)، تحمل به تنش‌های محیطی و محدودیت‌های بوم‌شناختی مانند گرمای شدید، سرمای هوا، شوری، قلیائیت و خشکی خاک اشاره نمود (۴). دامنه پراکنش گسترده، خصوصیات متنوع رویشگاه‌های طبیعی و سازگاری گونه‌ها به شرایط دشوار محیطی، نشان‌دهنده نرمش اکولوژیکی فوق‌العاده این دسته از گیاهان است. رشد و استقرار سریع اولیه، به‌ویژه در پنج‌تا ده سال اول زندگی و امکان استفاده از گونه‌های اکالیپتوس به‌منظور احیای مناطق کم‌بازده مرتعی، جنگل‌های تخریب یافته و

و کنترل نمک‌های محلول در خاک نشان داد، زمانی که از آب سطح‌الارضی شور استفاده می‌شود، نمک در ناحیه ریشه درخت تجمع می‌یابد (۷). نتایج پژوهشی که اثر خشکی و آب شور را بر پروونانس‌های اکالیپتوس مناطق جنوبی استرالیا بررسی کردند نشان داد که رشد درختان در اراضی شور بسته به گونه و منشأ بذر مورد استفاده، عوامل رویشگاهی (از جمله خشکی فصلی)، محدودیت‌های ناشی از تجمع املاح در ناحیه ریشه، قابل‌توجه است. در این پژوهش درختان *E. cameldulensis* که با بذر اصلاح شده و یا از هیبریدهای بین گونه‌ای تولید شده بودند، وضعیت مناسب‌تری داشتند (۸).

این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه پروونانس‌های مختلف از چند گونه صنعتی اکالیپتوس از نظر صفات رشدی و مشخصات عملکردی در شرایط اقلیمی شهرستان قم اجرا گردید. انتظار می‌رود بر اساس نتایج این پژوهش پروونانس‌های سازگار به شرایط اقلیمی و اداپتیکی منطقه معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد گونه‌های اکالیپتوس در طی سه سال (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵) اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل ژنوتیپ (در شش سطح) و زمان شامل سال‌های اجرای طرح (در سه سطح) در چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چند پروونانس و چند گونه اکالیپتوس بود (جدول ۱). به دلیل همیشه سبز بودن درختان اکالیپتوس، آماربرداری و ثبت صفات رویشی شامل ارتفاع و قطر تنه، در تمام طول سال و در دو مرحله یکی اوایل پاییز (پس از سپری شدن تنش گرمایی تابستان) و دیگری اوایل بهار (پس از سپری شدن تنش سرمای زمستان)

گردید و نتایج آن‌ها به صورت رسمی منتشر شد (۱). در پژوهشی سازگاری تعدادی از گونه‌های اکالیپتوس به همراه چند گونه سوزنی‌برگ در استان گیلان بررسی شد و زنده‌مانی، قطر و ارتفاع درختان اندازه‌گیری گردید، نتایج نشان داد که گونه‌های *E. ovata* Labill. و *E. viminalis* Labill. از ۶۰ درصد زنده‌مانی، سازگاری بهتری داشتند و پس از آن گونه‌های *E. rubida* Deane & Maiden. و *E. dalrympleana* Maiden. و *E. aggregata* با ۴۰ تا ۵۹ درصد زنده‌مانی به نسبت موفق بودند (۱۳). در پژوهش دیگری سازگاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس در شرایط دیم مناطق نیمه‌خشک غرب استان فارس بررسی و صفاتی از جمله میزان بقا و زنده‌مانی، ارتفاع، قطر برابر سینه و کیفیت گونه‌های مختلف ارزیابی شد. موفق‌ترین گونه‌ها از نظر میزان زنده‌مانی، رشد ارتفاعی، رشد قطری و کیفیت و فرم تنه به ترتیب: *E. cameldulensis* Baker. *E. intertexta* Baker. *E. cameldulensis* Muell. و *E. canaliculate* Maiden. *ochrophloia* بودند (۳). در آزمایش سازگاری گونه‌های اکالیپتوس و کاج در مناطق شرقی استان مازندران، بردبارترین گونه‌های اکالیپتوس در برابر سرما *E. gunii* و *E. nitens* بودند. گونه *E. cameldulensis* از نظر زنده‌مانی و گونه‌های *E. cameldulensis* و *E. dalrympleana* از نظر ارتفاع بر دیگر گونه‌ها برتری داشتند (۱۴).

در پژوهشی دیگر، که در خصوص جذب آب زیرسطحی و پایداری درخت‌کاری‌ها در مناطق شور پنجاب پاکستان با گونه‌های اکالیپتوس، آکاسیا و کهور انجام گرفت، *E. cameldulensis* در تیمار آبیاری در عرصه بدون شوری نسبت به گونه‌های دیگر مورد مطالعه تا سن پنج سالگی از بهترین رشد برخوردار بود. در این پژوهش، ارزیابی خاک، مدل موازنه کلرید

در منطقه حدود ۸ ماه از سال خشکی حاکم است که این دوره خشکی تمام فصل رویش گیاه را شامل می‌شود. بافت خاک منطقه شنی با هدایت الکتریکی ۸/۶ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیتته آن برابر با ۷/۶۰ بود. آبیاری با روش مرسوم در مورد سایر درختان فضای سبز (هر هفته یکبار) با استفاده از آب فاضلاب تصفیه‌شده شهر قم در طول فصل خشک (ماه‌های فروردین تا آبان) به مدت هشت ماه صورت گرفت. آب فاضلاب تصفیه‌شده دارای هدایت الکتریکی ۴/۹۷ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیتته ۷/۴۷ بود.

با توجه به نتایج پژوهش‌های قبلی (۱۵ و ۱۶)، تعداد شش گونه و پروونانس اکالیپتوس با سازگاری بالاتر انتخاب شد و عملکرد آن‌ها در قالب اجرای این پژوهش به مدت سه سال مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۱ گونه‌ها و پروونانس‌های اکالیپتوس مورد ارزیابی و محل تهیه بذر آن‌ها را نشان می‌دهد.

صورت گرفت (جدول ۲). رویش قطری و ارتفاعی با تفاضل مقدار اندازه‌گیری این صفات از مقدار آن در آماربرداری قبلی محاسبه شد.

قبل از شروع آزمایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب، خصوصیات آب و هوایی منطقه در یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵) و هم‌زمان با دوره آزمایش بررسی و مشخص شد. متوسط بارندگی منطقه ۱۲۶ میلی‌متر در سال و حداقل دمای مطلق سردترین ماه سال در دی‌ماه (۱۱-) درجه سلسیوس و حداکثر دمای ثبت‌شده در تیرماه ۴۷ درجه سلسیوس است. البته سرمای بی‌سابقه زمستان سال ۱۳۸۶ که به (۲۵-) درجه سلسیوس رسید به‌عنوان یک حادثه غیرمترقبه بوده و در این آمار هواشناسی ۲۰ ساله منظور نشد (۱۶). بر اساس طبقه‌بندی کوپن، تیپ اقلیمی منطقه Bwhs است که در آن، Bw گویای اقلیم خشک، h معرف میانگین دمای سالانه بالاتر از ۱۸ درجه سلسیوس و S بیانگر تابستان خشک است.

جدول ۱- گونه‌ها و پروونانس‌های اکالیپتوس مورد ارزیابی.

Table 1. Studied species and provenances of eucalyptus.

محل تهیه Location	گونه / پروونانس Species / provenance
سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری قم Parks and green spaces organization of Qom, Iran	اکالیپتوس کامولدولنسیس (Qom) <i>E. camaldulensis Qom</i>
سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری قم Parks and green spaces organization of Qom, Iran	اکالیپتوس میکروتکا (Qom) <i>E. microtheca Qom</i>
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور Research institute of forests and rangelands, Iran	اکالیپتوس کامولدولنسیس (41zh) <i>E. camaldulensis 41 zh</i>
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور Research institute of forests and rangelands, Iran	اکالیپتوس کامولدولنسیس (41ch) <i>E. camaldulensis 41 ch</i>
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور Research institute of forests and rangelands, Iran	اکالیپتوس میکروتکا (62) <i>E. microtheca 62</i>
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور Research institute of forests and rangelands, Iran	اکالیپتوس رویدا (166sh) <i>E. rubida 166sh</i>

شرکت آب و فاضلاب استان قم در مختصات جغرافیایی $34^{\circ} 41' 57''$ شرقی و $50^{\circ} 58' 23''$ شمالی و ارتفاع ۹۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. عملیات مراقبت از نهالها و جلوگیری از چرای احتمالی دام در طول سالهای اجرای آزمایش با همکاری پیمانکار نگهداری فضای سبز محوطه صورت گرفت. آبیاری درختان آزمون همزمان با سایر درختان فضای سبز ایستگاه و با فاصله هفت روز یکبار انجام شد.

در این پژوهش از نهالهای پنجساله گونهها و پروونانسهای مختلف اکالیپتوس استفاده شد. نهالها گلدانی یکساله از بذر ژنوتیپهای مختلف مورد بررسی تهیه شد. بهمدت سه ماه در خزانه انتظار نگهداری و در اواخر سال ۱۳۸۹ به عرصه اجرای طرح منتقل گردید. فاصله کاشت نهالها 5×5 متر بود. در طرفین عرصه کاشت و نیز ابتدا و انتهای عرصه، یک ردیف نهال بهعنوان حاشیه کشت گردید؛ بنابراین همه پایههای کشتشده در عرصه اصلی دارای شرایط یکسانی بودند. ایستگاه تصفیه فاضلاب

جدول ۲- مشخصات صفات و نحوه اندازهگیری آنها.

Table 2. Characteristics of traits and their measurement methods.

نحوه و واحد اندازهگیری Method and unit of measurement	صفت Traits
از سطح زمین تا بالاترین نقطه ارتفاع نهال برحسب متر با استفاده از متر نواری From ground level to the highest point of seedling using tape meters (meter)	ارتفاع نهال Seedling height (m)
قطر تنه اصلی در ارتفاع ۳۰ سانتی متری برحسب سانتی متر با استفاده از کولیس Diameter trunk at 30 cm height using a caliper (cm)	قطر تنه نهال Trunk diameter (cm)

نتایج

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس کلیه صفات مورد بررسی در گونههای مختلف را نشان می دهد. اثر تیمار (گونهها و پروونانسهای مختلف اکالیپتوس)، اثر تکرار، اثر متقابل تکرار در تیمار و اثر سال بر ارتفاع درخت در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. ضریب تغییرات برای این صفت ۴/۱۸٪ برآورد شد که با توجه به نوع و شرایط آزمایش مقدار بسیار مناسبی است. اثر تیمار، اثر تکرار، اثر متقابل تکرار در تیمار و اثر سال بر قطر تنه درخت نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. ضریب تغییرات برای این صفت ۵/۰۴٪ برآورد شد که با توجه به نوع و شرایط آزمایش مقدار مناسبی است. اثر تیمار بر رشد ارتفاعی درخت در

با توجه به زمان کاشت و نحوه آماربرداری، ثبت صفات در زمانهایی یک ماه پس از کاشت نهال (بهمنظور ارزیابی تأثیر تنش انتقال و کاشت نهال)، اوایل پاییز (بهمنظور ارزیابی تأثیر تنش گرمایی تابستان) و اوایل فروردین (بهمنظور ارزیابی تأثیر تنش سرمایی زمستان) و صفات شاخص رشد و عملکرد بهصورت منظم آماربرداری گردید. با جمعآوری دادههای بهدستآمده از ثبت صفات مورد ارزیابی، تجزیههای آماری مانند تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات به روش دانکن در تیمارها و سالهای مختلف با استفاده از نرمافزار آماری SAS صورت گرفت.

صفت ۳۱/۱۰٪ برآورد شد که با توجه به نوع آزمایش مقدار بالایی است. اثر تیمار، اثر تکرار، اثر متقابل تکرار در تیمار و اثر سال بر نسبت ارتفاع به قطر درخت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ضریب تغییرات برای این صفت ۶۷/۰۲٪ برآورد شد که با توجه به نوع و شرایط آزمایش مقدار مناسبی است.

سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. اثر تکرار، اثر متقابل تکرار در تیمار و اثر سال برای این صفت معنی‌دار نشد. ضریب تغییرات برای این صفت ۴۰/۶۳٪ برآورد شد که با توجه به نوع آزمایش مقدار بسیار بالایی است. اثر تیمار و اثر سال در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل تکرار در تیمار در سطح احتمال ۵٪ بر رشد قطری درخت معنی‌دار بود. ضریب تغییرات برای این

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گونه‌های صنعتی اکالیپتوس.

Table 3. Analysis of variance for traits of industrial Eucalyptus species.

ضریب تغییرات CV%	میانگین مربعات							منبع تغییرات Source of variance
	خطا Error df = 30	تیمار × سال Treatment × Year 10 df =	سال × تکرار Year × Rep df = 6	سال Year df = 2	تیمار × تکرار Treatment × Rep df = 15	تکرار Replication df = 3	تیمار Treatment df = 5	
4.18	427.4°	800°	393°	70980**	16179**	24482**	41041**	ارتفاع نهال (متر) Seedling height (m)
5.04	19°	43°	2°	3915**	765**	1424**	965**	قطر تنه (سانتی‌متر) Trunk diameter (cm)
40.63	512 ns	176 ns	950 ns	802 ns	470 ns	193 ns	1616°	رشد ارتفاعی (متر) Height growth (m)
31.10	17°	35°	2°	252**	41°	7 ns	78**	رشد قطری (سانتی‌متر) Diameter growth (cm)
6.02	0.12°	0.05 ns	0.05 ns	1.40 ns	1.01**	2.05**	0.65**	نسبت ارتفاع به قطر Height/Diameter

** و ° به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ اختلاف معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

** and ° P=0.99 and 0.95, respectively and ns means there was no significant difference.

گرفتند. بر اساس این نتایج *E. camaldulensis* 41ch با میانگین قطر تنه حدود ۹/۶ سانتی‌متر بیش‌ترین و پس از آن *E. camaldulensis* Qom با ۹/۳ سانتی‌متر قطر در گروه‌های اول و دوم و *E. rubida* 166 sh با ۷/۰ سانتی‌متر قطر تنه در گروه آخر قرار گرفت. هم‌چنین از نظر رشد ارتفاعی *E. camaldulensis* 41ch و *E. camaldulensis* Qom با ۰/۷ متر رشد سالانه ارتفاعی در گروه اول و گونه‌های *E. microtheca* 62 و *E. rubida* 166sh به ترتیب با ۰/۴۷ و ۰/۴۳ متر در گروه آخر قرار گرفتند. از نظر رشد قطری تنه

مقایسه میانگین صفات به روش دانکن نشان داد که گونه‌ها و پروونانس‌ها از نظر ارتفاع در پنج گروه مجزا و یک گروه مشترک قرار گرفتند، بالاترین گروه و پس از آن *E. camaldulensis* 41ch با ۵/۵۶ متر ارتفاع در *E. camaldulensis* Qom و *E. microtheca* Qom *E. camaldulensis* 41zh با ۵/۳۲، ۵/۰۷، ۴/۹۸، ۴/۸۵ و ۳/۸۶ متر ارتفاع به ترتیب *E. rubida* 166sh و *E. microtheca* 62 به ترتیب در گروه‌های بعدی قرار گرفتند. از نظر صفت قطر تنه نیز درختان در چهار گروه مجزا قرار

گرفتند، بر اساس این نتایج *E. camaldulensis* 41zh با بیشترین نسبت ارتفاع به قطر تنه در گروه اول و گونه *E. rubida* 166sh با کمترین نسبت ارتفاع به قطر تنه در گروه آخر قرار گرفتند (جدول ۴).

E. camaldulensis Qom با ۱/۷ سانتی متر رشد سالانه قطر تنه در گروه اول و گونه *E. rubida* 166 sh با ۱/۰ سانتی متر رشد سالانه قطر تنه در گروه آخر قرار گرفت. از نظر نسبت ارتفاع به قطر تنه گونه‌های مورد بررسی در دو گروه مجزا و سه گروه مشترک قرار

جدول ۴- مقایسه میانگین چند ساله صفات مورد بررسی گونه‌های صنعتی اکالیپتوس.

Table 4. Comparison of traits perennial mean for studied industrial Eucalyptus species.

<i>E. rubida</i> 166sh	<i>E. microtheca</i> 62	<i>E. camaldulensis</i> 41ch	<i>E. camaldulensis</i> 41zh	<i>E. microtheca</i> Qom	<i>E. camaldulensis</i> Qom	صفت / گونه Species / Trait
3.86 ^c	4.85 ^d	5.56 ^a	5.07 ^c	4.98 ^{cd}	5.32 ^b	ارتفاع نهال (متر) Seedling height (m)
7.0 ^d	8.7 ^c	9.6 ^a	8.3 ^c	8.4 ^c	9.3 ^b	قطر تنه (سانتی‌متر) Trunk diameter (cm)
0.43 ^b	0.47 ^b	0.70 ^a	0.54 ^{ab}	0.50 ^{ab}	0.70 ^a	رشد ارتفاعی (متر) Height growth (m)
1.0 ^d	1.2 ^{bcd}	1.6 ^{ab}	1.2 ^{cd}	1.4 ^{ab}	1.7 ^a	رشد قطری (سانتی‌متر) Diameter growth (cm)
5.5 ^c	5.7 ^{bc}	5.9 ^{ab}	6.1 ^a	6.0 ^{ab}	6.0 ^{ab}	نسبت ارتفاع به قطر Height/Diameter

اعداد دارای حروف مشابه در هر سطر در یک گروه قرار دارند.

Numbers which have the same letters in each row are in the same group.

گروه مجزا قرار گرفتند. بر اساس این نتایج درختان در سال‌های اول و دوم با بیشترین رشد قطری در گروه اول و از نظر این پارامتر در سال سوم در گروه آخر قرار گرفتند. همچنین درختان از نظر نسبت ارتفاع به قطر تنه در سال اول بیشترین مقدار را داشته و گروه اول قرار گرفتند و درختان در سال‌های دوم و سوم با کمترین مقدار در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۵).

همچنین مقایسه میانگین صفات در طی سه سال اجرای پژوهش به روش دانکن نشان داد که گونه‌های مورد بررسی از نظر ارتفاع و قطر تنه در سه گروه مجزا قرار گرفتند. بر اساس این نتایج درختان در سال سوم اجرای طرح در گروه اول و پس از آن در سال دوم در گروه دوم و سپس در سال سوم در گروه آخر قرار گرفتند. از نظر رشد سالانه ارتفاع بین درختان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همه در یک گروه قرار گرفتند. از نظر رشد سالانه قطری درختان در دو

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سال‌های اجرای پژوهش.

Table 5. Comparison of studied traits mean in years of the research.

سال سوم 3 rd Year	سال دوم 2 nd Year	سال اول 1 st Year	صفت / سال Year / Trait
5.47 ^a	4.98 ^b	4.83 ^c	ارتفاع نهال (متر) Seedling height (m)
9.8 ^a	8.8 ^b	7.2 ^c	قطر تنه (سانتی‌متر) Trunk diameter (cm)
0.49 ^a	0.60 ^a	0.58 ^a	رشد ارتفاعی (متر) Height growth (m)
1.0 ^b	1.6 ^a	1.5 ^a	رشد قطری (سانتی‌متر) Diameter growth (cm)
5.7 ^b	5.6 ^b	6.1 ^a	نسبت ارتفاع به قطر Height/Diameter

اعداد دارای حروف مشابه در هر سطر در یک گروه قرار دارند.

Numbers which have the same letters in each row are in the same group.

یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد که پروونانس‌های مختلف گونه *E. camaldulensis* از نظر صفات رشدی (ارتفاع و قطر تنه) به‌طور معنی‌داری نسبت به گونه‌های دیگر مورد مطالعه برتری داشتند. از نظر سازگاری و رشد در دیگر مناطق ایران، پژوهشگران متعددی برتری این گونه را نسبت به گونه‌های دیگر اکالیپتوس گزارش نموده‌اند. نتایج پژوهش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک استان فارس نشان می‌دهد که *E. camaldulensis* از نظر رشد نسبت به گونه‌های دیگر مورد مطالعه، برتری نسبی داشته است (۳ و ۱۰). در مناطق کم‌ارتفاع شرق مازندران گونه *E. camaldulensis* از نظر ارتفاع نسبت به دیگر گونه‌های اکالیپتوس مورد آزمایش، برتری داشت (۱۴). هم‌چنین گونه *E. camaldulensis* نسبت به دیگر گونه‌ها و پروونانس‌های مورد آزمایش در استان لرستان از زنده‌مانی بیشتری برخوردار بود (۵). هم‌چنین در منطقه دشتستان استان بوشهر نیز *E. camaldulensis* از نظر زنده‌مانی، قطر یقه، قطر برابر سینه، مساحت تاج، حجم در هکتار و میانگین

بحث

هر چند همواره توصیه می‌شود در پروژه‌های توسعه فضای سبز از گونه‌های درختی و درختچه‌ای بومی استفاده شود ولی گاهی به دلایلی از جمله تغییرات شدید اکولوژیکی در منطقه، نیازهای جدید اجزای اکوسیستم و شرایط اقتصادی- اجتماعی، معرفی گونه‌های غیربومی نیز به اکوسیستم منطقه ضرورت دارد. در صورت انتخاب صحیح گونه‌های غیربومی، عملکرد مطلوبی نیز مشاهده شده است (۱). از آن‌جا که هدف از اجرای این پروژه تحقیقاتی بررسی سازگاری و عملکرد ژنوتیپ‌های صنعتی اکالیپتوس بود، بیش‌تر به جنبه‌های سازگاری و عملکرد درختان توجه شد و بسیاری از اثرهای زیست‌محیطی و جنبه‌های اقتصادی استفاده‌های چندمنظوره از درختان در طرح‌ها و پروژه‌های پژوهشی دیگر بررسی خواهد شد. با توجه به این مرحله از اجرای طرح که به دنبال فاز اول و به‌مدت سه سال اجرا شد، تنها داده‌های آماری این سه سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

قطر تنه درختان گونه‌ها و پرووانس‌های مختلف اکالیپتوس در سطح احتمال ۱٪ از اختلاف معنی‌دار برخوردار بود. هر چند هر ساله بر قطر تنه درختان افزوده شد ولی در سال دوم از سرعت رشد قطری درختان کاسته شد که می‌تواند ناشی از تغییر مدیریت آبیاری در آن سال باشد. این روند کاهش رویش قطری در سال‌های کم آبی در مورد تمامی گونه‌ها شدید بود ولی در سال‌های بعدی، این روند کاهش رشد در همه گونه‌ها کم‌تر شده و حتی در مورد برخی از آن‌ها، روندی افزایشی مشاهده شد. به نظر می‌رسد این افزایش روند رشد به دلیل سازگاری درخت با این شرایط و احتمالاً نفوذ ریشه درخت به اعماق زمین و دسترسی به منابع آب زیرزمینی باشد.

مقایسه میانگین‌ها در مورد صفات مختلف مورد بررسی در طی سه سال اجرای این طرح نشان داد که *E. camaldulensis* 41ch از نظر همه صفات مورد ارزیابی در رتبه اول و یا به صورت مشترک با گونه‌های دیگر در رتبه اول و دوم قرار گرفت. به نظر می‌رسد در این مقطع از آزمایش و در صورت ثابت ماندن این روند در سال‌های آتی، این پرووانس برای تولید صنعتی چوب نسبت به سایر گونه‌ها و پرووانس‌های اکالیپتوس عملکرد بالاتری داشته باشد. هم‌چنین *E. camaldulensis* Qom نیز از نظر رشد قطری و ارتفاعی در رتبه اول قرار داشت، به نظر می‌رسد این برتری به دلیل منشأ بذر (قم) و سازگاری بهتر با شرایط منطقه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با اجرای این طرح پژوهشی میزان موفقیت برخی صفات رویشی و عملکردی گونه‌ها و پرووانس‌های صنعتی اکالیپتوس ارزیابی شد که هر یک می‌تواند مورد استفاده مدیران، برنامه‌ریزان و بهره‌برداران منابع طبیعی و کاربران صنایع چوب و کاغذ قرار گیرد. هر

رویش حجمی در سال، نسبت به گونه‌های دیگر از عملکرد بهتری برخوردار بود (۱۲). هم‌چنین در بررسی سازگاری و عملکرد گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف اکالیپتوس در شرایط آبیاری با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد، *E. camaldulensis* از نظر میزان رشد در پایان سال اول و دوم نسبت به سایر گونه‌ها و جمعیت‌ها برتر بود، هر چند در برخی صفات با دیگر گونه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت (۱۱). بررسی سازگاری و عملکرد گونه‌ها و پرووانس‌های اکالیپتوس در ساوه نشان داد *E. camaldulensis* 41sh بیش‌ترین ارتفاع کل، قطر تاج و بهترین کیفیت تنه برخوردار است. هم‌چنین *E. viminalis* 168sh از قطر تنه و *E. camaldulensis* 41ch از حجم سرپا و میانگین رویش حجمی بیش‌تر و هم‌چنین نسبت به دیگر گونه‌های اکالیپتوس از کیفیت تنه بهتری برخوردار بود (۲).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع درخت در بین گونه‌ها و پرووانس‌های مختلف اکالیپتوس در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. هر چند هر ساله بر ارتفاع درختان افزوده شد ولی در سال دوم اجرای طرح از سرعت رشد درختان کاسته شد که می‌تواند ناشی از عوامل مدیریت آبیاری باشد. برخی شواهد نشان می‌دهد که هر چند *E. camaldulensis* با شرایط خشک و نیمه‌خشک سازگار است ولی تنش خشکی بر روند رشد آن تأثیر منفی دارد، به طوری‌که نتایج پژوهشی در شمال نیوزلند نشان داد که زنده‌مانی این گونه در شرایط تنش خشکی حدود ۲۲ درصد است (۶). لازم به ذکر است علی‌رغم تغییر مدیریت آبیاری در سال دوم اجرای طرح، درختان از رویش ارتفاعی برخوردار بودند، به نظر می‌رسد این افزایش رشد به دلیل تحمل درختان به شرایط خشکی و احتمالاً نفوذ ریشه به اعماق زمین و دسترسی به منابع آب زیرزمینی باشد.

داشت، به‌نظر می‌رسد این برتری به‌دلیل منشأ بذر (قم) و سازگاری با شرایط منطقه باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، در مواردی که ارتفاع و بلندی درخت اولویت مورد نظر باشد، استفاده از گونه *E. camaldulensis* پیشنهاد می‌گردد.

سازگاری گونه‌ها و پروونانس‌های مورد بررسی، در سال‌های بعدی ادامه خواهد داشت. بررسی کیفیت چوب، بررسی تنش‌های مختلف، تحلیل اقتصادی هزینه-فایده کاشت و بهره‌برداری درختان اکالیپتوس در مقایسه با کاشت گونه‌های دیگر از مواردی است که در پژوهش بعدی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

چند ارزیابی‌های کیفیت چوب و تحلیل هزینه-فایده کاشت و بهره‌برداری و بسیاری از موارد مرتبط، در طرح‌ها و پروژه‌های پژوهشی دیگری بررسی خواهد شد.

نتایج کلی پژوهش در طی سه سال اجرای طرح نشان داد که *E. camaldulensis* 41ch از نظر همه صفات مورد ارزیابی در رتبه اول و یا به‌صورت مشترک در رتبه اول و دوم قرار داشت. به‌نظر می‌رسد این پروونانس برای تولید چوب صنعتی نسبت به گونه‌ها و پروونانس‌های دیگر اکالیپتوس از عملکرد بالاتری برخوردار باشد. هم‌چنین *E. camaldulensis* Qom نیز از نظر رشد قطری و ارتفاعی در رتبه اول قرار

منابع

1. Assareh, M.H., and Sardabi, H. 2007. Eucalyptus (description, illustration and propagation by advance techniques). Published by Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. 672p. (In Persian)
2. Goodarzi, G.H., and Ahmadloo, F. 2018. Investigation on adaptability and performance of species and provenances of Eucalyptus in Markazi province (Saveh). Iranian J. of Forest and Poplar Research. 25: 4. 634-645. (In Persian)
3. Hamzeshpour, M., Sardabi, H., Bordbar, S., Joukar, L., and Abbasi, A.R. 2012. Investigation on establishment of some industrial Eucalyptus species and provenances in Kazeroon, Fars province. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 20: 2. 217-232. (In Persian)
4. Javanshir, K., and Mosadegh, A. 1972. Eucalyptus. Tehran Univ. Press, Tehran, 434p. (In Persian)
5. Karamian, R., Sardabi, H., Mohammadian, A., Mehdifar, D., and Darvishian, K. 2015. Investigation on adaptability and performance of industrial Eucalyptus provenances at Khorramabad in Lorestan province. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 23: 1. 167-177. (In Persian)
6. Low, C.B., and Shelbourne, C.J.A. 1999. Performance of *Eucalyptus globulus*, *E. maidenii*, *E. nitens*, and other eucalypts in Northland and Hawke's Bay at ages 7 and 11 years. New Zealand J. of Forestry Science. 29: 2. 274-288.
7. Mahmood, K., Marcar, N.E., Naqvi, M.H., Arnold, R.J., Crawford, D.F., Iqbal, S., and Aken, K.M. 2003. Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. for growth and stem straightness in a provenance-family trial on saltland in Pakistan. Forest Ecology and Management. 176: 405-416.
8. Marcar, N.E., Crawford, D.F., Saunders, A., Matheson, A.C., and Arnold, R.A. 2002. Genetic variation among and within provenances and families of *Eucalyptus grandis* W. Hill and *Eucalyptus globulus* Labill. Subsp. *Globulus* seedlings in response to salinity and waterlogging. Forest Ecology and Management. 162: 231-249.
9. Mortazavi Jahromi, S.M. 1995. Results of Eucalyptus species elimination trials in Fars province (southern Iran). Final report of research project, Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. 72p. (In Persian)

10. Mortazavi Jahromi, S.M., and Kowsar, A. 2010. A pilot trial on drought resistant of tree species irrigated by floodwater. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 18: 1. 90-106. (In Persian)
11. Rad, M.H., Sardabi, H., Soltani, M., and Ghelmani, S.V. 2013. Compatibility of different Eucalyptus species and provenances under sewage irrigation using Yazd city wastewater treatment plant effluent. *J. of Water and Wastewater*. 25: 1. 85-94. (In Persian)
12. Sadeghi, S.M., Sardabi, H., Kazerooni, H., Sharifi, M.A., Farrar, N., and Rashvand, S. 2018. Adaptability and performance of industrial Eucalyptus species in Dashtestan, Bushehr province. *Iranian J. of Forest and Poplar Research*. 26: 2. 264-275. (In Persian)
13. Sagheb Talebi, K., and Dastmalchi, M. 1997. Elimination trials in Gilan province. Published by Research Institute of Forest and Rangelands. Tehran. 136p. (In Persian)
14. Sardabi, H. 1998. Eucalypt and Pine species trials on the Caspian littoral and lowlands of Iran. Published by Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. 133p. (In Persian)
15. Sardabi, H., and Tavakkoli Neko, H. 2017. Adaptation and performance of six eucalypt species irrigated with Qom sewage. P 433-448. In: O. Abdalla, A. Kacimov, M. Chen, A. Al-Maktoumi, T. Al-Hosni and I. Clark (Eds). *Water resources in arid areas: The way forward*. Springer Water. Springer. Cham.
16. Tavakoli Neko, H., Sardabi, H., Pourmaidani, A., Adnani, M., and Moradi, M. 2015. Investigation on adaptability and performance of industrial eucalypt provenances at different ecological zones- second stage (Qom province). Final report of research project. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. 32p. (In Persian)



Evaluation of adaptation and performance of industrial Eucalyptus species provenance in Qom wastewater station

*H. Tavakoli Neko¹ and A. Pourmeidani¹

¹Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qom, Iran

Received: 08.17.2019; Accepted: 01.02.2020

Abstract

Background and Objectives: Eucalyptus species are used for afforestation in different ecological areas due to their rapid growth and high genetic diversity. This study was done to evaluate performance of some species and provenances of Eucalyptus during a 3-year period in Wastewater Station in northeast of Qom.

Materials and Methods: The experiment was a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with two factors: 1) genotype at 6 levels and 2) time at 3 levels in four replications on 5-year-old Eucalyptus saplings. Irrigation was carried out using the treated wastewater of Qom city. Selected genotypes were including six provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *E. microtheca* Muell. and *E. rubida* Deane & Maiden. Growth traits including: tree height, trunk diameter at 30 cm height, height growth, diameter growth and height to diameter ratio were measured. Statistical analysis such as ANOVA and comparison of mean was done among selected genotypes and different years and finally adaptation and growth performance under experimental conditions have been introduced.

Results: The results showed that the effect of treatment (species and provenances), replication, interactions between treatment and replication, and year on tree height were significant. Mean comparisons showed that species and provenances were classified into five distinct groups and one common group; *E. camaldulensis* 41ch was in the highest group. Trees were grouped in 4 groups based on the diameter of trunk, *E. camaldulensis* 41ch and *E. camaldulensis* Qom were in the first and second groups. In addition based on height growth *E. camaldulensis* 41ch and *E. camaldulensis* Qom were in the first group and *E. microtheca* 62 and *E. rubida* 166sh were in the last groups. Based on the trunk diameter growth *E. camaldulensis* Qom was in the first group and *E. rubida* 166sh was in the last group. In terms of trunk height to diameter ratio, the species were divided into two distinct and three common groups, based on these results *E. camaldulensis* 41zh with the highest height to diameter ratio was in the first group.

Conclusion: In general, the results showed that *E. camaldulensis* 41ch had the highest amount of diameter and height. *E. camaldulensis* 41ch seems to have a higher performance for industrial wood production than other species and provenances. *E. camaldulensis* Qom was also ranked first in terms of diameter and height growth, this seems to be due to seed origin (Qom) and adaptation to regional conditions. Overall, the results showed that *E. camaldulensis* had the highest rank in height and diameter growth, followed by *E. microtheca*.

Keywords: Eucalyptus, Qom, Saplings height, Trunk diameter, Wastewater

*Corresponding author: tavakolineko@yahoo.com