فصلنامهٔ علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۴، شماره ۲، صفحه ۱۸۹-۱۷۹، (۱۳۹۷)

اثر رویش گیاهی و عملکرد جست‌گروه‌های حاصل از کف‌بر کردن سه گونه اکالیپتوس (بررسی موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد)

محمدهادی راد*[۱] و مهدی سلطانی گردفرامرزی[۲]

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
۲- کارشناس پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

تأثیر کف‌بر کردن بر رویش گیاهی و عملکرد جست‌گروه‌های سه گونه از اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*، *E. microtheca* و *E. sargentii*) هفت‌ساله که در اثر یخبندان آسیب‌دیده بودند، ارزیابی شد. درختان مورد آزمایش در مجاورت تصفیه‌خانه فاضلاب شهری یزد، پرورش‌یافته و به‌وسیله فاضلاب آبیاری شدند. گونه‌های مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار با ۳۶ پایه در هر بلوک در سال ۱۳۸۶ کاشته شده و در زمستان ۱۳۹۲ آسیب دیدند. در بهار ۱۳۹۳ کلیه پایه‌ها در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک کف‌بر شدند. پس از سه ماه، تعداد جست به سه عدد در هر پایه کاهش یافت. پس از گذشت سه سال، نتایج کف‌بر کردن، روی تعداد شش پایه در هر بلوک با انتخاب تصادفی ارزیابی شد. قطر، ارتفاع، سطح، حجم و درصد پوشش تاجی و همچنین قطر برابرسینه جست‌گروه‌ها در گونه‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود. توانایی بیشتر *E. microtheca* در تولید جست‌گروه و برتری *E. camaldulensis* در شاخص‌های مربوط به رشد جست‌گروه‌های تشکیل‌شده، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در برخی از شاخص‌های رشد مثل قطر متوسط تاج و سطح پوشش تاجی اختلاف معنی‌داری بین *E. camaldulensis* و *E. sargentii* مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشد، فاضلاب، یزد، *E. sargentii*، *E. microtheca*، *E. camaldulensis*.

* نویسنده مسئول: Email: mohammadhadirad@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

جنگلکاری با گونه‌های مختلف جنس اکالیپتوس دارای سابقه بسیار طولانی است. آمارها نشان می‌دهد که نزدیک به ٦٥ میلیون هکتار از گونه‌های مختلف جنس اکالیپتوس در بیش از ۹۰ کشور در سطح وسیع و با اهداف مختلف کشت شده است (Rockwood *et al*., 2008، Asareh and sardabii, 2007). جنگلکاری اکالیپتوس به‌منظور تعدیل آب‌وهوا، جلوگیری از فرسایش خاک، تولید چوب صنعتی، ماده اولیه چوبی برای خمیرکاغذ، سوخت زیستی، صنایع دارویی و تولید عسل از اهمیت زیادی برخوردار است (Hosseini *et al*., 2014، Rockwood *et al*., 2008). به‌عنوان‌مثال بالغ بر ۵۲ درصد از جنگلکاری‌های صنعتی آفریقای جنوبی را گونه‌های مختلف اکالیپتوس تشکیل می‌دهند (Little and Gardner, 2003).

تنوع گسترده در ابعاد گونه‌های مختلف اکالیپتوس موجب شده است تا سازگاری و تعیین نیازهای بوم-شناختی آنها در خارج از رویشگاه طبیعی به‌دقت مورد بررسی قرار گیرد. رویشگاه‌های اکالیپتوس به‌صورت طبیعی در عرض‌های جغرافیایی پایین و میانی گسترش دارند و طبعاً سرما و به‌ویژه یخبندان عامل محدودکنندهٔ کشت آنها است. بیشتر گونه‌های اکالیپتوس در مقابل سرما مقاوم نیستند. با این وجود تعداد کمی می‌توانند تا دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر را تحمل نمایند (Javanshir and Mossadegh, 1973).

باوجود محدودیت‌هایی که در توسعه کشت گونه-های مختلف اکالیپتوس در خارج از رویشگاه اصلی وجود دارد، به دلیل سرعت رشد بالا و قدرت فوق‌العاده در بازسازی خود بعد از بروز آسیب، موجب شده است تا دامنه انتشار آنها افزایش چشمگیری داشته باشد (Little and Gardner, 2003). در بسیاری از مناطق، سرما موجب وارد شدن آسیب جدی به اندام هوایی آنها می‌شود. درختانی که در اثر سرما و یخزدگی دچار آسیب می‌شوند، معمولاً دارای ریشه‌های سالمی هستند که از طریق کف‌بر کردن و تولید جست‌گروه، امکان بهره‌برداری مجدد از آنها فراهم می‌شود (Coleman and Douglas, 2008). هرچند این ویژگی برای تمام گونه‌های اکالیپتوس قابل ذکر نیست. با کف‌بر کردن، جوانه‌هایی در زیر پوست زنده و یا کامبیوم، نمو یافته و با رشد سریع، پوشش تاجی جدیدی را تولید می-نمایند (Little and Gardner, 2003). از طرف دیگر توانایی بالای تولید جست بعد از کف‌بر کردن که به‌عنوان مکانیسم بقا از آن یاد می‌شود، این امکان را فراهم می‌نماید تا از برخی گونه‌های اکالیپتوس برای زراعت چوب استفاده شود (Bredenkamp, 1991). Duncan و همکاران (1998) نیز تأکید کرده‌اند که مهم‌ترین راه‌کار تولید چوب و بهره‌برداری اقتصادی از برخی گونه‌های مستعد اکالیپتوس، تولید جست‌گروه از طریق کف‌بر کردن است. Sharifi و همکاران (2009) اشاره داشته‌اند که با کف‌بر کردن و تولید جست‌گروه در *E. camaldulensis* به‌عنوان یک گونه تند رشد می-توان هزینه‌های تولید کاغذ را به دلیل بازده بیشتر خمیر حاصل از جست‌گروه‌ها نسبت به تنه مادری و همچنین هزینه‌های مربوط به کاشت مجدد نهال کاهش داد.

بهره‌برداری از جست‌گروه‌ها با اهداف مختلف در گونه‌هایی از اکالیپتوس مورد توجه جدی قرار گرفته است (Pinkard, 2002، Pinkard and Beadle, 1998، Saleheh ،Sharifi *et al*., 2009 ،Alcorn *et al*., 2008، Blake, 1980 ،Shushtari *et al*., 2010). در این رابطه، گیاه‌پالایی یا تصفیه فاضلاب به‌وسیله گونه‌های درختی تند رشد که توانایی تولید جست‌گروه دارند، از اهمیت زیادی برخوردار است. بهره‌برداری اقتصادی از فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری و صنعتی از طریق تولید چوب، امکان تصفیه خاک و جلوگیری از انباشت عناصر

Archive of SID

www.SID.ir

سنگین در خاک را نیز فراهم می‌نماید (Duncan *et al*., 1998، Langholtz *et al*., 2005، Sharifi *et al*., 2009). استفاده از گونه‌های تند رشد اکالیپتوس برای تصفیه فاضلاب مورد توجه جدی قرار گرفته است (Al-Jamal *et al*., 2002). با هرس شدید و یا کف‌بر کردن در برخی از گونه‌های اکالیپتوس می‌توان نسبت به تولید شاخ و برگ جوان اقدام و از آنها در گل‌آرایی به‌عنوان پرکننده استفاده کرد (Wirthensohn *et al*., 1996).

با این وجود، گونه‌هایی از اکالیپتوس که توانایی تولید جست‌گروه را دارند، رفتار متفاوتی را در شرایط اقلیمی مختلف از خود نشان داده‌اند (Sims *et al*., 1999). در دیگر گونه‌های تند رشد نیز گزارش شده است که نوع گونه و شرایط رویشگاهی می‌تواند بر کمیت و کیفیت جست‌گروه‌های حاصل از کف‌بر کردن، مؤثر باشد (Little and Gardner, 2003، Coleman and Douglas, 2008). در این خصوص بررسی ویژگی‌های عملکردی و مورفوفیزیولوژیکی جست‌گروه‌ها در گونه‌هایی که دارای چنین استعدادی هستند از اهمیت زیادی برخوردار است (Pinkard, 2002; Alcorn *et al*., 2008). در برخی از گونه‌ها، تعداد محدودی جست تولید شده و از رشد کندی نیز برخوردار و در برخی دیگر با وجود تولید تعداد زیاد جست، رشد آنها نیز از سرعت خوبی برخوردار است (Sims *et al*., 1999، Coleman and Douglas, 2008). از عوامل دیگر مؤثر بر میزان رشد جست‌گروه‌ها، سرعت رشد پایه‌های مادری است (Sharifi *et al*., 2009).

Shaleheh Shushtari و همکاران (2010) تأثیر ارتفاع برش کنده *E. camaldulensis* را از سطح زمین و همچنین کاهش تعداد جست‌ها را بر قوی شدن و افزایش عملکرد چوب، مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها گزارش کرده‌اند که برش کنده در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک و کاهش تعداد جست‌ها به ۲-٤ جست در هر کنده، موجب افزایش رشد طولی، افزایش قطر در محل یقه و افزایش قطر برابرسینه جست‌ها شد.

کف‌بر کردن گونه‌های چوبی برای تولید زی‌توده بیشتر، از طریق جست‌گروه‌ها (تنه‌جوش‌ها) در اقلیم-های معتدله نیز در خصوص درختانی چون چنار، بید و صنوبر توصیه شده است (Coleman and Douglas, 2008).

درهرحال آنچه باید مورد توجه قرار گیرد، ظرفیت و واکنش مثبت یک گونه برای اعمال تیمار کف‌بر است. اینکه هدف از قطع اندام هوایی، برداشت چوب بوده یا اینکه در اثر سرما و یخبندان غیر کارآمد شده است، در این رابطه متفاوت نیست.

گونه‌های *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh، *Eucalyptus microtheca* Fimuell و *Eucalyptus sargentii* Maiden از میان گونه‌های مورد آزمایش در طرح سازگاری گونه و پرووننانس‌های مختلف اکالیپتوس در شرایط اکولوژیکی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد به‌عنوان گونه‌های برتر معرفی شدند (Rad *et al*., 2014). با وجود برتری این گونه‌ها از نظر مقدار استقرار و رشد رویشی، به دلیل ریزش برف، سرما و یخبندان در پایان زمستان ۱۳۹۲، خسارت شدیدی به آنها وارد شد. این موضوع سبب شد تا امکان کف‌بر کردن، برای رشد مجدد و بازسازی، مورد بررسی قرار گرفته و راه‌کار مناسبی برای احیای آنها، پیشنهاد شود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه انجام آزمایش

آزمایش روی درختان هفت‌ساله سه گونه اکالیپتوس (*E. microtheca*، *E. camaldulensis* و *E. sargentii*) که در شرایط تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد کاشته شدند، اجرا شد. تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد با طول

Archive of SID

www.SID.ir

جغرافیایی "۳۲ '۱۹ °۵٤ و عرض جغرافیایی "۰۲ '۱۰ °۳۲ با ارتفاع از سطح دریای ۱۱۵۰ متر در چهار کیلومتری شهر یزد واقع شده است. متوسط دمای سالانه منطقه ۲۰/۳ درجه سانتی‌گراد، متوسط بیشینه دمای سالانه ۲۷/۳ و متوسط کمینه آن ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد، کمینه مطلق دما ۱۰/۸- درجه سانتی‌گراد، بیشینه مطلق آن ٤٥/٦ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی در دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ معادل ٤۱/۸ میلی‌متر، بیشینه مقدار متوسط رطوبت نسبی با ٦٥ درصد در بهمن‌ماه و جهت باد غالب ۳٦۰ درجه (شمال غربی) با سرعت غالب ۱۷ متر بر ثانیه گزارش شده است (Rad *et al*., 2013).

گونه‌ها و طرح آزمایشی

از میان گونه و پرووانانس‌های کشت‌شده در شرایط آبیاری با فاضلاب تصفیه‌خانه فاضلاب یزد، گونه‌های *E. camaldulensis*، *E. microtheca* و *E. sargentii* از درصد استقرار و رشد بهتری برخوردار بودند (Rad *et al*., 2014). لازم به ذکر است که در سال ۱۳۸٦ نهال‌های تعداد هشت گونه و پرووانانس اکالیپتوس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به فاصله ۳×۳ متر و تعداد ۳٦ پایه در هر بلوک کشت شدند. در پایان زمستان ۱۳۹۳ با ریزش برف و ماندگاری طولانی‌مدت روی درختان و همچنین کاهش دما تا ۸- درجه سانتی‌گراد، یخ‌زدگی شاخه‌های فرعی و سرمازدگی تنه اصلی درختان اتفاق افتاد. در بهار ۱۳۹۳ نسبت به کف‌بر کردن تمامی درختان در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک (Saleheh Shushtari *et al*., 2010) اقدام شد. در اواسط تابستان اولین سال پس از کف‌بر کردن، نسبت به تنک کردن جست‌ها و کاهش آنها به تعداد سه جست در هر کنده اقدام شد. در اواخر تابستان ۱۳۹۵، با منظور کردن اثر حاشیه‌ای، نسبت به انتخاب تصادفی ٦ پایه از گونه‌های ذکر شده در هر بلوک اقدام و شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌ها

برای محاسبه تعداد پایه‌هایی که جست‌گروه‌ها روی آنها تشکیل و رشد کردند، از تمامی پایه‌هایی که در هر بلوک تحت تیمار هرس کف‌بر قرار گرفتند، آماربرداری شد. دیگر شاخص‌های مورد ارزیابی عبارت بودند از: متوسط تعداد جست‌های روی هر کنده (منظور کردن تعداد جست‌هایی که پس از تنک کردن تشکیل شد)، رویش ارتفاعی و قطری جست‌ها، سطح پوشش تاجی، درصد پوشش تاجی در واحد سطح، حجم تاج‌پوشش و متوسط قطر برابرسینه جست‌ها.

قطر متوسط پوشش تاجی جست‌گروه‌ها از طریق اندازه‌گیری قطر کوچک و بزرگ و گرفتن میانگین، محاسبه شد.

با اندازه‌گیری قطر کوچک و بزرگ جست‌گروه‌های روی هر پایه، نسبت به محاسبه سطح پوشش تاجی به استناد رابطه یک اقدام شد (Askari *et al*., 2013).

$$CC = \frac{\pi}{4}(CD1 \times CD2) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه CC سطح پوشش تاجی به مترمربع، CD1 قطر بزرگ و CD2 قطر کوچک است. درصد پوشش تاجی جست‌گروه‌ها از رابطه ۲ محاسبه شد (Askari *et al*., 2013).

$$\%\,CC = \frac{Nha \times CC}{100} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه %CC درصد پوشش تاجی، Nha تعداد در هکتار و CC میانگین سطح پوشش تاجی است. حجم پوشش تاجی هر یک از جست‌گروه‌ها با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Ponce-hernandez *et al*., 2004).

$$V = Ab \times H \times Kc \quad \text{رابطه (۳)}$$
$$Ab=\pi r^2$$

Archive of SID

www.SID.ir

در این رابطه V متوسط حجم پوشش تاجی (m^3)، Ab سطح مقطع درخت یا سطح پوشش تاجی (m^2)، H متوسط ارتفاع (m) و Kc معادل ۰/۵٤٦۳ است.

قطر برابرسینه جست‌های هر پایه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و از آنها میانگین و به‌عنوان شاخص قطر برابرسینه هر جست‌گروه منظور شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

از آزمون شاپیرو- ویلک برای سنجش نرمال بودن داده-ها و از روش تبدیل لگاریتمی ساده برای نرمال کردن داده‌ها استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن و در سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج بررسی‌های به‌عمل‌آمده نشان داد که نوع گونه، تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان یک درصد ($P<001$) بر قطر برابرسینه و ارتفاع جست‌گروه‌هایی که در اثر کف کردن به وجود آمدند، داشت. قطر، سطح، حجم و درصد پوشش تاجی جست‌گروها در گونه‌های مورد بررسی از اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان پنج درصد ($P<05$) برخوردار بود. بین گونه‌های مختلف در تعداد جست رویش یافته در هر جست‌گروه (بعد از تنک کردن) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین گونه-های مختلف در تعداد پایه‌هایی که بعد از کف‌بر کردن، روی آنها جست‌گروه تشکیل شد، تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان یک درصد ($P<001$) وجود داشت (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر کف‌بر کردن بر شاخص‌های رویشی و عملکرد در گونه‌های مورد بررسی نشان داد که بیشترین قطر برابرسینه مربوط به *E. camaldulensis* بوده که با دو گونه دیگر از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود. کمترین قطر برابرسینه نیز مربوط به *E. sargentii* بود که با دو گونه دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. قطر، سطح، حجم و درصد پوشش تاجی *E. camaldulensis* از دو گونه دیگر بیشتر و از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود، هرچند در برخی شاخص‌های ذکرشده با *E. sargentii* اختلاف معنی‌داری نداشت. در تمامی شاخص‌های ذکرشده *E. microtheca* پایین‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داد. در خصوص ارتفاع جست گروه‌های ناشی از کف‌بر کردن پایه‌های سه گونه، مشخص شد که *E. camaldulensis* از وضعیت مناسب‌تری نسبت به دو گونه دیگر برخوردار و از اختلاف معنی‌داری در این خصوص برخوردار بود. تفاوت معنی‌داری بین دو گونه دیگر نیز مشاهده شد که نشان از برتری *E. microtheca* دارد. بیشترین تعداد پایه‌هایی که پس از کف‌بر کردن، جست‌گروه روی آنها تشکیل شد، مربوط به *E. microtheca* بود که با دو گونه دیگر از اختلاف معنی-داری برخوردار بود.

نتایج بررسی رابطه شاخص‌های مورد ارزیابی بر کمیت و کیفیت جست‌گروه‌ها، نشان داد که ارتفاع جست‌گروه‌ها، مؤثرترین عامل در بهبود قطر برابرسینه آنها بود. همچنین قطر برابرسینه جست‌گروه‌ها تحت تأثیر حجم پوشش تاجی قرار گرفت. قطر، سطح و درصد پوشش تاجی تأثیر معنی‌داری بر بهبود قطر برابرسینه جست‌گروه‌ها نداشت. افزایش تعداد جست‌ها در هر گروه از سه عدد به ۳/٦ تأثیر معنی‌داری بر کاهش قطر برابرسینه جست‌گروه‌ها نداشت. درصد پایه‌های دارای جست‌گروه، موجب افزایش قطر برابرسینه جست‌گروه‌ها شد، هرچند اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. افزایش درصد پایه‌های دارای جست‌گروه، موجب کاهش عملکرد دیگر شاخص‌های مورد ارزیابی شد، به‌طوری‌که بر قطر، سطح و درصد تاج پوشش تأثیر

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌داری را نشان داد. به دلیل تأثیر غیر معنی‌دار درصد پایه‌های دارای جست بر ارتفاع، قطر برابرسینه نیز تحت تأثیر این عامل قرار نگرفت. درصد پایه‌های دارای جست‌گروه، تأثیری بر افزایش تعداد جست در هر جست‌گروه نداشت (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس برای ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی جست‌گروه‌های تشکیل‌شده بعد از کف‌بر کردن در *E. camaldulensis*، *E. microtheca* و *E. sargentii*

Table 1. Analysis of variance for evaluation of quantity and quality characteristics of the coppices, formed after coppicing in *E. camaldulensis*, *E. microtheca* and *E. sargentii*

درصد پایه‌های دارای جست Percentage of plants with coppices	تعداد جست Number of coppices	حجم پوشش تاجی Volume canopy	ارتفاع متر Height m	درصد پوشش تاجی Percentage canopy	سطح پوشش تاجی Surface canopy m^2	قطر متوسط تاج Average canopy diameters cm	قطر برابر سینه DBH cm	درجه آزادی df	منابع تغییرات Sources of variation
1.61^{ns}	1.38^{ns}	2.25^{ns}	0.086^{ns}	26.28^{ns}	0.107^{ns}	0.084^{ns}	0.105^{ns}	2	بلوک Block
822.37^{**}	0.086^{ns}	158.06^{*}	6.99^{**}	265.88^{*}	0.84^{*}	0.486^{*}	7.83^{**}	2	گونه Species
24.32۳	0.716	11.50	0.110	16.82	0.089	0.146	0.083	4	خطا Error

**: معنی‌دار در سطح اطمینان یک درصد *: معنی‌دار در سطح اطمینان پنج درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

*: Significant at 1% level, *: Significant at 5% level, ns: not significant, ns: not significant

جدول ۲- مقایسه میانگین برای ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی جست گروه‌های تشکیل‌شده بعد از کف‌بر کردن

Table 2. Average comparison for evaluation of quantity and quality characteristics of the coppices, formed after coppicing

E. sargentii	*E. microtheca*	*E. camaldulensis*	
2.61^{c}	3.31^{b}	5.69^{a}	قطر برابرسینه (سانتی‌متر) Diameter at breast (cm)
2.85^{ab}	2.53^{b}	3.33^{a}	قطر متوسط تاج (سانتی‌متر) Average canopy diameter (cm)
6.46^{ab}	4.82^{b}	8.61^{a}	سطح پوشش تاجی (مترمربع) Surface canopy (m^2)
71.84^{a}	61.48^{b}	80.27^{a}	درصد پوشش تاج Percentage canopy
3.51^{c}	4.40^{b}	6.49^{a}	ارتفاع (متر) Height (m)
12.57^{b}	12.84^{b}	25.28^{a}	حجم پوشش تاجی (مترمکعب) Volume canopy (m^3)
3.7^{a}	3.8^{a}	3.5^{a}	تعداد جست Number of coppices
54.56^{b}	80.26^{a}	49.33^{b}	درصد پایه‌های دارای جست Percentage of plants with coppices

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد است

Dissimilar alphabetical letters in a column indicates a significant difference at 5% level.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- همبستگی شاخص‌های کمی و کیفی جست‌گروه‌های تشکیل‌شده گونه‌های مورد بررسی

Table 3. Correlation of quantity and quality characteristics of coppices in studied species

	قطر متوسط تاج (متر) Average canopy (m) diameter	سطح پوشش تاجی (مترمربع) (m^2) Surface canopy	درصد پوشش تاجی Percentage canopy	ارتفاع (متر) Height (m)	حجم پوشش تاجی (مترمکعب) Volume canopy (m^3)	تعداد جست Number of coppice	درصد پایه‌های دارای جست Percentage of plants with coppices
قطر برابرسینه (سانتی‌متر) (cm) Diameter at breast	0.666^{ns}	0.650^{ns}	0.647^{ns}	0.980**	-0.256^{ns}	0.463^{ns}	0.942**
قطر متوسط تاج (متر) (m) Average canopy diameter	1	0.979**	0.835**	0.676*	-0.145^{ns}	-0.762*	0.791*
سطح پوشش تاجی (مترمربع) (m^2) Surface canopy		1	0.833**	0.634^{ns}	-0.183^{ns}	-0.789*	0.750*
درصد پوشش تاجی Percentage canopy			1	0.626^{ns}	-0.0161^{ns}	-0.870**	0.811**
ارتفاع (متر) Height (m)				1	-0.162^{ns}	-0.374^{ns}	0.933**
حجم پوشش تاجی (مترمکعب) Volume canopy (m^3)					1	-0.253^{ns}	-0.189^{ns}
تعداد جست Number of coppice						1	-0.622^{ns}

**: معنی‌دار در سطح اطمینان یک درصد *: معنی‌دار در سطح اطمینان پنج درصد

*: Significant at 1% level *: Significant at 5% level*

بحث

یکی از شاخص‌های مهمی که می‌توان برای توصیه کاشت گونه‌های مختلف اکالیپتوس در خارج از رویشگاه اصلی مورد توجه قرار داد، واکنش آنها به اعمال تیمار کف‌بر و تولید جست است. برداشت مکرر و همچنین آسیب‌های احتمالی مانند سرما و یخبندان به اندام هوایی، انجام عملیات کف‌بر را برای گونه‌های مختلف اکالیپتوس توجیه می‌نماید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش هر سه گونه مورد آزمایش به اعمال تیمار کف‌بر و تولید جست‌گروه واکنش مثبت نشان می‌دهند. بین گونه‌های مختلف از نظر توانایی در تولید جست‌گروه و مقدار رشد جست‌گروه‌ها، به‌ویژه رشد ارتفاعی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. *E. microtheca* نسبت به سایر گونه‌های مورد آزمایش، توانایی بالاتری در تولید جست‌گروه از خود نشان داد. به‌نظر می‌رسد مقاومت بیشتر ریشه این گونه نسبت به دو گونه دیگر به سرما و یخبندان و دیگر شرایط محل آزمایش و همچنین توانایی بالاتر آن به تولید جوانه‌های جدید در محل برش، عامل اصلی این پدیده باشد. این موضوع توسط Whittock و همکاران (2003) و همچنین Coleman and Douglas (2008) موردتوجه قرار گرفته است. آنها بیان داشته‌اند که هرچند تنش سرمایی می‌تواند عامل مؤثری بر آسیب اندام‌های هوایی در بسیاری از گونه‌های اکالیپتوس باشد، با این وجود، مقاومت بیشتر ریشه و توانایی نمو و رشد جوانه‌های روی کنده بعد از کف‌بر کردن در تولید جست نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این موضوع می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مهم برای معرفی گونه‌های مستعد، برای کاشت در مناطق خارج از رویشگاه اصلی مطرح شود. باوجود بالاتر بودن تعداد پایه‌های دارای جست‌گروه در *E.*

Archive of SID

www.SID.ir

microtheca، جست‌های تشکیل‌شده نسبت به *E. camaldulensis* از رشد کمتری برخوردار بودند. در برخی از شاخص‌های رشد، جست‌های مربوط به *E. microtheca* نسبت به *E. sargentii* وضعیت بهتری را نشان دادند. به‌عنوان‌مثال قطر برابرسینه که از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت رشد است، در جست‌گروه‌های تشکیل شده در *E. camaldulensis*، *E. microtheca* و *E. sargentii* به ترتیب ۵/۶۹، ۳/۴۸ و ۲/۶۱ بود.

E. camaldulensis نسبت به سایر گونه‌های مورد آزمایش از رشد بیشتر برخوردار و در فاصله زمانی ذکر شده، میزان چوب بیشتری تولید کرد. بالاتر بودن قطر متوسط تاج (۳/۳۳ متر)، سطح پوشش تاجی (۸/۶۱ مترمربع)، رشد ارتفاعی (۶/۴۹ متر)، حجم پوشش تاجی (۲۵/۲۸ مترمکعب) و در نهایت درصد پوشش تاجی (۸۰/۲۷ درصد) در واحد سطح و وجود اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر گونه‌ها، دلالت بر این موضوع دارد. با توجه به کیفیت رشد جست‌ها در *E. camaldulensis* می‌توان به تند رشد بودن این گونه نسبت به دیگر گونه‌های مورد آزمایش نسبت داد. موضوعی که توسط Harrington and Fownes (1993) که *E. camaldulensis* را به‌عنوان یک گونه تند رشد معرفی کرده‌اند، مورد تائید قرار گرفته است. نتایج این پژوهش با گزارش Pinkard and Beadle (1998) و همچنین Sims و همکاران (1999) که میزان رشد جست‌گروه‌ها را پس از هرس به‌سرعت رشد پایه مادری نسبت داده‌اند، نیز مطابقت دارد. آنها تفاوت در مقدار رشد جست گروه‌ها را در گونه‌های مختلف اکالیپتوس، به موضوع فوق مربوط دانسته‌اند. اگرچه Pinkard and Beadle (1998) گزارش کرده‌اند که عملیات تنک کردن جست‌ها، بعد از هرس در *E. nitens* موجب کاهش سطح و حجم پوشش تاجی شد. در این رابطه Saleheh Shushtari و همکاران (2010) با کف‌بر کردن پایه‌هایی از *E. camaldulensis* تأکید کرده‌اند که شاخص‌هایی از قبیل ارتفاع کنده باقی‌مانده از عملیات کف‌بر و کاهش تعداد جست به ۲ تا ٤ عدد روی هر کنده از عوامل مؤثر بر رشد جست‌ها بوده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که در کنار نوع گونه، عملیات پرورشی نیز بر کیفیت جست‌ها نقش مؤثری دارد. با کاهش تعداد جست به سه عدد، شرایط برای رشد مطلوب آنها در هر سه گونه فراهم شد. رشد مطلوب جست گروه‌ها را می‌توان به شرایط حاکم بر محل اجرای پژوهش مانند تغذیه مناسب (ناشی از مواد مغذی موجود در فاضلاب) و دسترسی به آب کافی نیز مربوط دانست. در این رابطه Blake (1980) گزارش کرده است که با انجام هرس روی *E. camaldulensis* افزایش سه برابری رشد طولی ساقه را در جست‌های تولید شده مشاهده کرده است. وی به تعداد جست در هر جست‌گروه تشکیل شده بعد از هرس اشاره‌ای نداشته است. افزایش تعداد جست‌ها بعد از تنک کردن از ۳ به ۳/٦ عدد در هر کنده، تأثیری بر شاخص‌های مورد ارزیابی نداشت. به نظر می‌رسد سرعت زیاد رشد جست‌های باقی‌مانده بعد از تنک کردن، از رشد جست‌های جدید جلوگیری می‌نمایند. در برخی شاخص‌های مورد ارزیابی از قبیل قطر متوسط تاج و سطح پوشش تاجی، اختلاف معنی‌داری بین *E. camaldulensis* و *E. sargentii* مشاهده نشد. تفاوت در فرم رویشی *E. sargentii* نسبت به دو گونه دیگر، سبب شد تا با وجود کوچک‌تر بودن قطر برابرسینه، از تاج گسترده‌ای برخوردار شود. این موضوع را می‌توان به تعداد زیاد انشعابی مربوط دانست که بر روی جست‌ها تشکیل می‌شود و تأثیر زیادی بر کاهش کیفیت چوب در این گونه دارد. در این پژوهش همچنین مشخص شد که مهم‌ترین شاخص در ارزیابی مقدار رشد جست‌گروه‌ها، ارتفاع آنها است. با افزایش ارتفاع جست‌های

Archive of SID

www.SID.ir

باقی‌مانده پس از تنک کردن، قطر برابرسینه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. قطر برابرسینه شاخص بسیار مهمی در ارزیابی کیفیت جست‌گروه‌ها، در عملیات پرورشی جنگل است.

نتیجه‌گیری

در کنار ویژگی‌های ژنتیکی گیاه در تولید جست‌گروه پس از کف‌بر کردن، شرایط بوم‌شناختی محل رویش، به‌ویژه دسترسی مناسب به مواد غذایی و آب کافی می‌تواند تأثیرگذار باشد. این مزیت در بهره‌برداری اقتصادی مؤثر و نگرانی‌های مربوط به از بین رفتن آنها در اثر تنش‌های محیطی، مانند سرما و یخبندان مرتفع می‌نماید. اگرچه هر سه گونه اکالیپتوس مورد آزمایش از توانایی بالایی در تولید جست‌گروه، بعد از کف‌بر کردن برخوردار بودند، با این وجود به دلیل بهبود قطر برابرسینه که عامل مؤثر در تولید چوب بوده و همچنین شاخص‌های دیگر رویشی مانند رشد ارتفاعی، قطر تاج، سطح، حجم و درصد پوشش تاجی، می‌توان از *E. camaldulensis* به‌عنوان گونه برتر یاد کرد. باوجوداینکه قطر برابرسینه جست‌گروه‌های حاصل از کف‌بر کردن در *E. microtheca* و *E. sargentii* در مقایسه با *E. camaldulensis* شرایط مناسبی را نشان نداد، به دلیل واکنش مثبت دیگر شاخص‌های رویشی، امکان استفاده از آنها در توسعه فضای سبز، به‌ویژه با استفاده از آب‌های نامتعارف مانند فاضلاب و پساب‌های خانگی و صنعتی وجود دارد. این دو گونه از اکالیپتوس از مقاومت بالایی به خشکی و شوری برخوردار و مستعد برای توسعه پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. به دلیل واکنش مثبت آنها به هرس و کف‌بر کردن، امکان بازسازی آنها پس از وقوع تنش‌های محیطی مثل سرما و یخبندان وجود دارد.

تشکر و قدردانی

برحسب وظیفه، بر خود لازم می‌دانیم که از کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کرده‌اند، به‌ویژه ریاست و کارکنان محترم تصفیه خانه فاضلاب یزد، همکاران محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد و همچنین همکار محترم جناب آقای دکتر حسین سردابی قدردانی و تشکر به عمل آوریم.

References

- Alcorn, P. J., J. Bauhus, R. G. B. Smith, D. Thomas, R. James & A. Nicotra, 2008. Growth response following green crown pruning in plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana*, *Canadian Journal of Forest Research*, 38(4): 770-781.
- Al-Jamal, M. S., T. W. Sammis, J. G. Mexal, G. A. Picchioni & W. H. Zachritz, 2002. A growth-irrigation scheduling model for wastewater use in forest production, *Agricultural Water Management*, 56(1): 57-79.
- Askari, Y., M. Zobeiri & H. Sohrabi, 2013. Comparison of five distance sampling methods for estimating quantitative characteristics of Zagros forests, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 316-328. (In Persian)
- Assareh, M. & H. Sardabii, 2007. Eucalyptus, Research Institute of forest and rangelands, 672 p. (In Persian)
- Blake, T. J., 1980. Effects of coppicing on growth rates, stomatal characteristics and water relations in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *Functional Plant Biology*, 7(1): 81-87.
- Bredenkamp, B. V., 1991. Results of a Eucalyptus grandis coppice reduction trial in Zululand. CSIR press, Pretoria, South Africa, CSIR Rep. FOR 38.
- Coleman, M. & A. Douglas, 2008. Coppice culture for biomass production in southeastern United States. Proceedings of the Short Rotation Crops International Conference; Bloomington, MN. Gen. Tech. Rep. NRS-P-31. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, pp. 9-10.

Archive of SID

www.SID.ir

- Duncan, M. J., G. Baker & G. C. Wall, 1998. Wastewater irrigated tree plantations: productivity and sustainability. Proceedings of the 61st Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference, Shepparton, pp. 18-20.
- Harrington, R. A. & J. H. Fownes, 1993. Allometry and growth of planted versus coppice stands of four fast-growing tropical tree species, *Forest Ecology and Management*, 56(1-4): 315-327.
- Hosseini, S. Z., F. S. Akhavan Hejazi, M. Talaei Pour & B. Bazyar, 2014. Study of Above Ground Biomass of *Eucalyptus camadulensis* in Garbayegan Fasa, the Province of Fars, Iran, *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 21(1): 121-136. (In Persian)
- Javanshir, K. & A. Mossadegh, 1973. *Eucalyptus*, Tehran University press, Tehran, 128 p. (In Persian)
- Langholtz, M., D.R. Carter, D.L. Rockwood, J.R. Alavalapati & A. Green, 2005. Effect of dendroremediation incentives on the profitability of short-rotation woody cropping of *Eucalyptus grandis*. *Forest Policy and Economics*, *7*(5): 806-817.
- Little, K. M. & R. A. W. Gardner, 2003. Coppicing ability of 20 *Eucalyptus* species grown at two high-altitude sites in South Africa, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(2): 181-189.
- Pinkard, E. A., 2002. Effects of pattern and severity of pruning on growth and branch development of pre-canopy closure *Eucalyptus nitens*, *Forest Ecology and Management*, 157(1-3): 217-230.
- Pinkard, E. A. & C. L. Beadle, 1998. Aboveground biomass partitioning and crown architecture of *Eucalyptus nitens* following green pruning, *Canadian Journal of Forest Research*, 28(9): 1419-1428.
- Ponce-Hernandez, R., P. Koohafkan & J. Antoine, 2004. Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes, Food and Agriculture Organisation press, 156 p.
- Rad, M. H., H. Sardabi & M. Soltani, 2013. Investigation on adaptability and performance of industrial eucalypt provenances at different ecological zones (phase 2) Yazd province, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Yazd, 85 p.
- Rad, M. H., H. Sardabi, M. Soltani & S. V. Ghelmani, 2014. Compatibility of Different *Eucalyptus* Species and Provenances under sewage irrigation using Yazd city wastewater treatment plant effluent, *Water and Weastwater*, 25(1): 85-94. (In Persian)
- Rockwood, D. L., A. W. Rudie, S. A. Ralph, J. Y. Zhu & J. E. Winandy, 2008. Energy product options for Eucalyptus species grown as short rotation woody crops, *International journal of molecular sciences*, 9(8): 1361-1378.
- Saleheh Shushtari, M. H., K. Behnamfar & P. Ghadiripour, 2010. Effects of cutting methods on growth and yield of *Eucalyptus camaldulensis* 9616 sprouts in Khouzestan province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(3): 469-484. (In Persian)
- Sharifi, S., A. R. Saraeian, S. Z. A. D. Hoseini, M. Abdollah Beig Marandi & J. Rushenasan, 2009. Investigation on NSSC Pulp Obtained from Second-Growth and Original Stem of *Eucalyptus camaldulensis* in Jiroft Region, *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 16(4): 97-107. (In Persian)
- Sims, R. E. H., K. Senelwa, T. Maiava & B. T. Bullock, 1999. Eucalyptus species for biomass energy in New Zealand-Part II: coppice performance, *Biomass and Bioenergy*, 17(4): 333-343. (In Persian)
- Whittock, S.P., L.A. Apiolaza, C.M. Kelly & B.M. Potts, 2003. Genetic control of coppice and lignotuber development in *Eucalyptus globulus*. *Australian Journal of Botany*, *51*(1): 57-67.
- Wirthensohn, M. G., M. Sedgley & R. Ehmer, 1996. Production and postharvest treatment of cut stems of *Eucalyptus* L. Her. Foliage, *HortScience*, 31(6): 1007-1009.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of coppicing on vegetative growth and yield of coppice in three eucalyptus species, damaged by frost (Case study: Wastewater treatment station of Yazd city)

M. H. Rad[*1] and M. Soltanii Gerdeframarzi[2]

1- Assistant Prof, Research Division of Natural Resources, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, I. R. Iran.
2- M.Sc., Research Division of Natural Resources, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricuture Research Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, I. R. Iran.

Received: 05.08.2017 Accepted: 20.01.2018

Abstract

Reaction vegetative growth and yield of 7-year-old trees of three eucalyptus species (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. microtheca* and *E. sargentii*) to coppicing and coppice production which damaged by frost, were studied. Trees had been planted under Yazd climate conditions and they have been irrigating with wastewater. The species were used in this experiment; planted in 2007 for compatibility testing in a randomized complete block design with three replications and 36 plants per each block. All trees were damaged by frost in 2013. In the spring, trees were cut by a chainsaw at a height of 15 cm from the soil surface. After three months of coppice growth, the number of coppices were reduced to three in each trunk. After three years, results of coppicing and thinning of coppices were evaluated on six plants in each block that they were selected randomly. For evaluating production ability of coppice on each trunk, all plants in each block were investigated. The results showed that between the coppices of species were significant difference ($P < 001$) in the number of basis after coppicing. *E. microtheca* had the most of basis with 80.26 percentages. Diameter equations and height of coppices in all of species had significant difference ($P<001$). Coppices canopy diameter, surface canopy, volume and percentage canopy had significant difference ($P<05$). *E. camaldulensis* coppices had better characteristics than other species. In some cases, such as coppices canopy diameter and canopy surface were not significant difference between *E. camaldulensis* and *E. sargentii*.

Keywords: Growth characteristic, *E. camaldulensis, E. microtheca*, *E. sargentii*, Wastewater, Yazd.

Archive of SID

[*] Corresponding author: Email: mohammadhadirad@gmail.com

www.SID.ir