Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۳/ شماره ۴/ پیاپی ۳۵/ زمستان ۱۳۹۸ (۷۳-۸۱)

تأثیر سطوح مختلف آبیاری با پساب بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سه گونه اکالیپتوس

محمد هادی راد[1*]، مهدیه تجملیان[2] و مهدی سلطانی[3]

چکیده

در این تحقیق، تأثیر آبیاری با پساب بر عملکرد و برخی از شاخص‌های عملکردی سه گونه اکالیپتوس، شامل *Eucalyptus microtheca*، *Eucalyptus camaldulensis* و *Eucalyptus rubida* در شرایط لایسیمتری مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در سه سطح شاهد یا آب معمولی، ۵۰ درصد آب معمولی و ۵۰ درصد پساب و آبیاری کامل با پساب اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری ($p<0.001$) بر ارتفاع، رشد قطری، طول، عرض و سطح برگ، سطح ویژه برگ، گنجایش نسبی آب برگ، وزن خشک اندام هوایی، محتوی نسبی کلروفیل و کارایی مصرف آب، داشتند. با افزایش میزان پساب مصرف‌شده، ویژگی‌های ذکرشده در هر سه گونه بهبود یافت. بیشترین قطر تنه و طول و عرض برگ در تیمار ۱۰۰ درصد پساب به‌ترتیب ۸/۴۷، ۱۲/۱۵ و ۲/۳۸ میلی‌متر بود. همچنین، بیشترین محتوی کلروفیل برگ با ۵۵/۴۲ درصد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد پساب و کمترین مقدار با ۱۸/۱۲ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد پساب اتفاق افتاد و بالغ بر ۴ برابر تیمار شاهد بود. همچنین، از بین سه گونه مورد بررسی، گونهٔ *E. camaldulensis* از رشد بیشتر و کارایی مصرف آب بالاتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: *Eucalyptus microtheca*، *Eucalyptus camaldulensis*، *Eucalyptus rubida*، شاخص‌های فیزیولوژی، شاخص‌های مورفولوژی.

ارجاع: راد م. ه. تجملیان م. و سلطانی م. ۱۳۹۸. تأثیر سطوح مختلف آبیاری با پساب بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سه گونه اکالیپتوس. مجله پژوهش آب ایران. ۳۵: ۷۳-۸۱.

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد.
۲- دانشجوی دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.
۳- کارشناس پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد.
*** نویسنده مسئول:** **mohammadhadirad@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بحران کمبود آب، یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه است. محدودیت منابع آب توجه محققان را به استفاده اصولی از آب‌های غیر متعارف، مانند آب‌های شور و پساب‌های شهری و صنعتی به خود معطوف کرده است. به‌دلیل توسعهٔ شهرها و افزایش مصرف آب، مقدار زیادی پساب تولید می‌شود که این پساب‌ها می‌توانند به عنوان یک منبع با ارزش در افزایش سطح پوشش گیاهی مورد توجه قرار گیرند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۶). انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب که توانایی تحمل شرایط سخت آبیاری با فاضلاب و پساب را به‌ویژه در خصوص مواد بازدارندهٔ رشد (مثل عناصر سنگین و سایر ترکیبات شیمیایی) داشته باشند، از اهمیت زیادی برخوردار است. این گیاهان باید توانایی برداشت عناصر سنگین را از خاک داشته و به نحو مناسبی در اندام‌های خود ذخیره کنند. ارزش اقتصادی این گونه‌ها از طریق تولید چوب نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

اکالیپتوس (*Eucalyptus* sp.)، به‌عنوان یک جنس گیاهی مهم، بیش از سایر درختان جنگلی در نقاط مختلف دنیا مورد توجه قرار گرفته و توسعه یافته است. آنچه موجب جلب توجه و توسعهٔ کاشت گونه‌های مختلف اکالیپتوس شده، عبارت است از رشد سریع، مصارف متنوع چوب، قابلیت کاشت در اراضی فقیر، نرمش اکولوژیک زیاد، ارزش تزیینی آن، سهولت تکثیر، نیاز کم به هرس مصنوعی، همیشه سبز بودن برگ‌ها، مقاومت در مقابل خاک‌های شور، تنوع گونه‌ها، مقاومت در برابر آتش‌سوزی، مصارف دارویی، تولید روغن‌های فرار، نوش و گرده فراوان و تولید عسل است (جوانشیر و مصدق، ۱۳۵۱). استفاده از گونه‌های مختلف اکالیپتوس برای بهره‌برداری اقتصادی از پساب شهری و صنعتی از مزیت‌های دیگر آنهاست (الجمال و همکاران، ۲۰۰۲). مقاومت بسیار خوب برخی از گونه‌های اکالیپتوس به مواد موجود در پساب، از جمله عناصر سنگین، باعث شده است تا سطح زیر کشت آنها به‌وسیلهٔ آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی افزایش یابد (راد و همکاران، ۱۳۹۱).

استفادهٔ گسترده از گونه‌های اکالیپتوس برای بیابان‌زدایی و تولید چوب در شرایط آبیاری با پساب، در بسیاری از کشورهای خاورمیانه از جمله مصر، اردن، کویت و یمن گزارش شده است (فائو، ۲۰۰۹). گزارش‌های متعددی مبنی بر سازگاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس در شرایط آبیاری با پساب و همچنین کاهش میزان انباشت عناصر سنگین در خاک در اثر برداشت توسط آنها موجود است (الجمال و همکاران، ۲۰۰۲، بادشا، ۱۹۹۷). مگالاس و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی رشد و نمو نهال اکالیپتوس آبیاری‌شده با پساب‌های مختلف (کارخانجات لبنیات، پساب شهری و کشتارگاه) بیشترین کاهش رشد را به پساب حاصل از کشتارگاه‌های دام مربوط دانستند. راد و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی مقدماتی سازگاری هشت گونه و جمعیت مختلف اکالیپتوس در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد و در شرایط آبیاری با پساب، بیان کردند که در پایان سال اول و دوم پس از کاشت، بین گونه‌ها و جمعیت‌ها از نظر درصد زنده‌مانی، رشد ارتفاعی و قطر و حجم تاج پوشش و همچنین قطر تنه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. برخی از مطالعات، از جمله گوا و همکاران (۲۰۰۲) بر این نکته تأکید کرده‌اند که به دلیل سازگاری برخی از گونه‌های چوبی و از جمله برخی از گونه‌های اکالیپتوس‌ها به شرایط آبیاری با فاضلاب، می‌توان از آنها به عنوان فیلترهای سبز در تصفیه فاضلاب استفاده کرد. مارینو و همکاران (۲۰۱۴) با کاشت اکالیپتوس (*E. grandis*) در شرایط آبیاری با پساب، گزارش کرده‌اند که ۸۲/۹ درصد افزایش عملکرد را به دلیل غنی‌بودن پساب از مواد آلی و عناصر غذایی مشاهده کردند. میناس و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعهٔ جامعی در خصوص آبیاری بلندمدت درختان اکالیپتوس با پساب گزارش کرده‌اند که امکان تولید بالایی از زیست توده و به‌خصوص چوب توسط این گیاه وجود دارد که با لحاظ برخی از مسائل مدیریتی از جمله: تراکم مطلوب و آبیاری کنترل شده، دسترسی به آن به خوبی میسر است.

شهریاری و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده بر رشد گیاه قره‌داغ تحت شرایط گلخانه گزارش کردند که کاربرد پساب در مقایسه با آب معمولی بر طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه اثر مثبت دارد. علی و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش رشد رویشی و زیست توده را در گیاه *Tipuana speciosa* آبیاری‌شده با پساب گزارش کردند.

با توجه به مطالب بالا و نظر به تنوع گستردهٔ گونه‌های اکالیپتوس، واکنش متفاوت آنها نسبت به آبیاری با فاضلاب و پساب امری طبیعی است. اهمیت گونه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

اکالیپتوس از یک سو و ضرورت بهره‌برداری اقتصادی از پساب‌های خانگی و صنعتی از سوی دیگر، سبب‌شده تحقیق دربارهٔ چگونگی واکنش گونه‌های مختلف به میزان پساب مورد استفاده و تأثیر غلظت پساب بر زنده‌مانی، رشد و در نهایت عملکرد آنها، حایز اهمیت باشد. با توجه به غنی‌بودن پساب از برخی از مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، این احتمال وجود دارد که آبیاری گیاهان سازگار، موجب بهبود کارایی مصرف آب در آنها شود. این موضوع، استفاده بهینه از منابع آبی نامتعارف را به خوبی توجیه می‌کند. طبیعی است که واکنش گونه‌های مختلف به غلظت عناصر غذایی موجود در پساب متفاوت بوده و توانایی برداشت و بهره‌وری مناسب نیز متفاوت است. انتخاب گونه‌های اقتصادی برای این امر باید در اولویت قرار گیرد. بر این اساس، در این تحقیق، تأثیر سطوح مختلف آبیاری با پساب بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد رویشی و کارایی مصرف آب در سه گونه اکالیپتوس تجاری مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد به‌صورت آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و در سه تکرار به اجرا درآمد. سطوح آبیاری شامل: شاهد یا آب معمولی (آب ایستگاه)، ۵۰ درصد آب معمولی به اضافه ۵۰ درصد پساب و ۱۰۰ درصد پساب و گونه‌های مورد آزمایش شامل: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus microtheca*, *Eucalyptus rubida*, بود. پس از کاشت بذر در گلدان‌های توربی و جوانه‌زنی آنها، نهال‌ها به گلدان‌های پلاستیکی که از خاک مناسب پر شده بودند، (جدول ۱)، منتقل شدند و پس از رشد کافی به لایسیمترهای کوچک زهکش‌دار به ارتفاع ۲۰/۵ و قطر ۱۹/۵ سانتی‌متر منتقل شدند و به مدت سه ماه تحت تیمار آبیاری قرار گرفتند. با توزین لایسیمترها به‌صورت هفتگی، نیاز آبی خاک تا حد ظرفیت زراعی محاسبه و با توجه به کسر آبشویی، گیاهان آبیاری شدند. آب خارج‌شده از لایسیمترها نیز اندازه‌گیری و از مقدار آب مصرف‌شده (تبخیر و تعرق) کسر شد. برای محاسبه تبخیر و تعرق در شرایط گلخانه از معادلهٔ (۱) استفاده شد. میزان تبخیر و تعرق برای گیاهان مورد آزمایش از طریق معادلهٔ زیر محاسبه شد (زو و همکاران، ۱۹۹۸).

$$ETc = (I + P + W1) - (D - W2) \quad (۱)$$

که در آن: ETc، تبخیر و تعرق واقعی گیاه (لیتر) ؛ I، آب آبیاری (لیتر)؛ R، ارتفاع بارندگی که در این تحقیق به دلیل شرایط گلخانه صفر منظور شده است؛ D، آب خروجی از زهکش لایسیمتر (لیتر)؛ W_1 و W_2، به‌ترتیب میزان آب موجود در خاک لایسیمترها، قبل و بعد از اجرای تیمار آبیاری.

پس از محاسبهٔ میزان تبخیر و تعرق و دارا بودن زیست‌توده تولیدی در هر یک از تیمارها، کارایی مصرف آب بر مبنای گرم ماده خشک تولیدی به ازای هر لیتر آب مصرف‌شده (تبخیر و تعرق) و به استناد معادلهٔ (۲) محاسبه شد.

$$WUE = D/W \quad (۲)$$

که در آن WUE، کارایی مصرف آب؛ D، جرم ماده خشک تولید شده بر حسب گرم و w، جرم آب مصرف شده بر حسب لیتر توسط گیاه است.

همان‌گونه که اشاره شد، از آب ایستگاه مرکزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، به عنوان آب معمولی یا شاهد و از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد که در ۵ کیلومتری شهر یزد واقع شده و مشتمل بر پساب خانگی و صنعتی است، استفاده شد. جدول ۲، ویژگی‌های آب ایستگاه (شاهد) و جدول ۳ و ۴ ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی پساب مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهند. اعداد موجود در جدول ۳ و ۴، میانگین اعداد دو آزمایش است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

جرم مخصوص ظاهری	تخلخل	شن	سیلیت	رس	نوع بافت	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	واکنش خاک	کربن‌آلی	ازت کل	فسفر قابل جذب
	(٪)					(SP)	(ds/m)	(pH)	(%)		(ppm)
۱/۲۵	۰/۵	۷۶	۲۰	۴	لومی شنی	۴۷/۱۴	۴/۵	۷/۰۳	۰/۲	۰/۰۲	۵۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب ایستگاه مرکزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد (شاهد)

EC (میکرو موس بر سانتی‌متر)	pH	Ca	Mg	Na	K	Co_3^-	Hco_3^-	Cl	SO_4^{2-}	SAR
		میلی اکی‌والان بر لیتر								
۲۶۴۰	۸/۰۵	۹/۷	۸/۴۲	۱۱/۷۴	۰/۱	۰	۲/۸۹	۱۷/۳۱	۹/۷۵	۳/۹

جدول ۳- میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب مورد استفاده در آبیاری (راد و همکاران، ۱۳۹۱)

پارامتر	واحد	میانگین	پارامتر	واحد	میانگین
EC	میکروموس بر سانتی‌متر	۲۳۵۰	MPN	100ml	۶۲۲۸۲/۱۹
pH	------	۸/۲۴	T.S	mg/l	۲۶۸۴/۵
PO_2^{4-}	mg/l	۳/۳۹	T.D.S	mg/l	۱۹۰۵/۵۸
NO_2^-	mg/l	۰/۱۴	T.S.S	mg/l	۸۷/۳۰
NH_4^+	mg/l	۵۵/۹۰	Fe	meq/l	۰/۱۳
NO_4^-	mg/l	۵/۷۲	Mn	meq/l	۰/۰۴
SAR	-------	۹/۹۹	Ca	meq/l	۴/۰۱
SAR_{adj}	--------	۲۵/۲۷	Mg	meq/l	۱/۲۵
CO_3^-	meq/l	۲/۰۵	RSC	----	۷/۹۳
HCO_3^-	meq/l	۱۱/۱۴	Na	mg/l	۱۶/۰۰
SO_3	meq/l	۰/۲۸	K	mg/l	۰/۶۱
BOD_5	O_2(mg/l)	۵۰/۶۸	Cl	mg/l	۱۰/۹۷
COD	O_2(mg/l)	۲۲۹/۰۱	B	mg/l	۰/۳۶

جدول ۴- نتایج آزمایش میکروبی و انگلی پساب مورد استفاده در آبیاری (راد و همکاران، ۱۳۹۱)

نوع تعداد پارازیت در نمونه مورد آزمایش	نوع و تعداد کلنی در نمونه مورد آزمایش	
مشاهده نشد	*Salmoella typhi*	<10000 Col./10 gr water
	Salmonella paratyphiA	<1000 Col./10 gr water
	Salmonella paratyphiB	<1000 Col./10 gr water
	Shigella	<1000 Col./10 gr water
	Coliform	50000 Col./lit

فاکتورهای مورد ارزیابی در این آزمایش، شامل ارتفاع، قطر، طول، عرض و سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوی نسبی کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب بود. برای اندازه‌گیری طول، عرض و سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل AM200 ساخت کارخانه BIOSCIENTIFIC استفاده شد.

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، مقداری از برگ گیاه را پس از توزین، در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر قرار داده تا برگ به اندازهٔ نیاز آب جذب کند. پس از ۴ ساعت که برگ‌ها به حالت آماس کامل درآمدند، از آب خارج شده و با کاغذ صافی آنها را خشک و وزن آماس‌شدهٔ برگ اندازه‌گیری شد. پس از توزین، برگ‌ها در داخل کوره با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و پس از خشک شدن، مجدداً وزن شدند. با قرار دادن اعداد به‌دست آمده در معادلهٔ (۳) ، محتوای نسبی آب برگ، محاسبه شد (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۴).

$$RWC = \frac{W1-W2}{W3-W2} * 100 \qquad (۳)$$

که در آن: w_1، وزن برگ تازه؛ w_2، وزن برگ خشک‌شده؛ و w_3، وزن برگ در حالتی است که دارای حداکثر مقدار آب ممکن یا حالت آماس باشد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502) استفاده شد (قلی‌زاده و دهقان، ۱۳۹۴).

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، با توجه به برقرار بودن پیش‌فرض‌های نرمال بودن و تساوی واریانس‌ها، از روش تجزیه واریانس دو طرفه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. میانگین تیمارها با کمک آزمون دانکن در

www.SID.ir

Archive of SID

سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. کلیهٔ محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۶ صورت گرفت.

نتایج و بحث

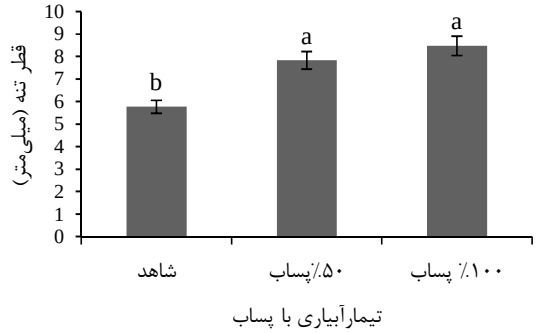
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری با سطوح مختلف پساب بر صفات مختلف رشدی اکالیپتوس بیانگر آن بود که مقادیر مختلف پساب روی وزن خشک اندام هوایی، کارایی مصرف آب، عرض و طول برگ، قطر تنه، محتوی کلروفیل در سطح یک درصد ($p<00.1$) اثر معنی‌داری داشت. همچنین، صفاتی چون عرض، طول و سطح برگ، ارتفاع گیاه، گنجایش نسبی آب و محتوای کلروفیل بین سه گونه مورد بررسی در سطح یک درصد ($p<00.1$) دارای اختلاف معنی‌داری بود. اثر متقابل گونه و پساب بر ارتفاع گیاه و طول برگ در سطح یک درصد ($p<00.1$) و بر قطر تنه در سطح پنج درصد ($p<00.5$) معنی‌دار بود؛ در حالیکه در بین سایر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمون مقایسهٔ میانگین، افزایش مقادیر پساب تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت. ارتفاع گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد پساب با ۹۰/۷۷ سانتی‌متر و در تیمار ۵۰ درصد پساب و تیمار شاهد به‌ترتیب برابر با ۹۳/۷۷ و ۸۶/۱۱ سانتی‌متر بود. قطر تنه با افزایش میزان پساب افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ درصد پساب، بیشترین قطر تنه با ۸/۴۷ میلی‌متر را دارا بود که با تیمار ۵۰ درصد پساب با قطر ۷/۸۳ میلی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت. قطر تنه در تیمار شاهد ۵/۷۷ میلی‌متر بود (شکل ۱).

طول و عرض برگ نیز با افزایش درصد پساب افزایش یافت. تیمار ۱۰۰ درصد بیشترین طول و عرض را به‌ترتیب با ۱۲/۱۵ و ۲/۳۸ میلی‌متر دارا بود. کمترین طول و عرض برگ نیز به‌ترتیب با ۸/۲۶ و ۱/۶۱ میلی‌متر مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مختلف رشدی اکالیپتوس تحت سطوح مختلف آبیاری با پساب

		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر تنه	عرض برگ	طول برگ	سطح برگ	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل	وزن خشک اندام هوایی	کارایی مصرف آب
آبیاری	۲	۱۳۴/۳۳^{ns}	۱۷/۹۸**	۱/۳۸۱**	۳۳/۹۷**	۳۶/۵۷^{ns}	۱۲۱۴۷/۷^{ns}	۳۱۳۷**	۱۵۰۵/۰۷**	۰/۷۱۱**
گونه	۳	۶۷/۰۸**	۰/۸۶۱^{ns}	۸/۷۲**	۴۱/۸۳**	۵۶۳/۸۹**	۵۰۲۳۳/۰۳**	۲۹۸۲/۶۷**	۱۲۶۷/۱۲**	۰/۵۹۹**
آبیاری × گونه	۶	۱۶۶۸/۶۶**	۳/۵*	۰/۳۴۱^{ns}	۱۲/۴۸**	۲۸/۹۲^{ns}	۲۰۴۷/۵۹^{ns}	۳۵۲/۶۶^{ns}	۸۲/۶۸^{ns}	۰/۳۹^{ns}
خطا	۲۴	۵۷/۷۴۱	۱/۰۴	۰/۲۰۳	۱/۱۲۰	۳۹/۳۱	۴۵۹۶/۴۵	۳۴۱/۹۱۶	۱۰۲/۳۲	۰/۰۴۸
CV (٪)		۲۵/۲	۲/۰۵	۱۸/۱۷	۹/۲	۱۶/۸۵	۲۸/۹۸	۴/۷	۸/۵۸	۲۶/۲

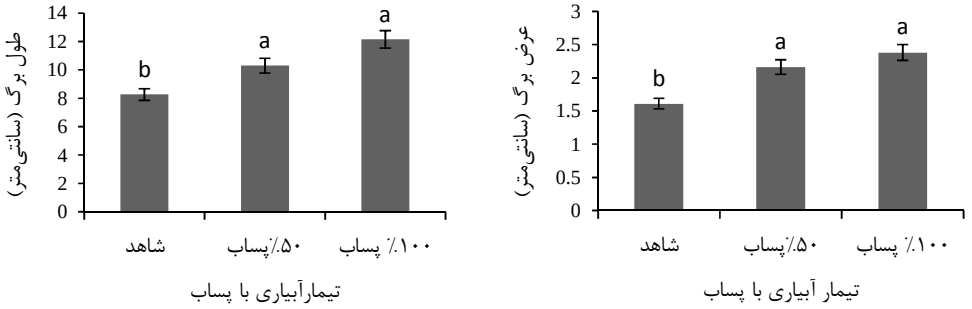
** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد، ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار



شکل ۱- میانگین قطر تنه گونه‌های مختلف اکالیپتوس در تیمارهای آبیاری با پساب. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، درسطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

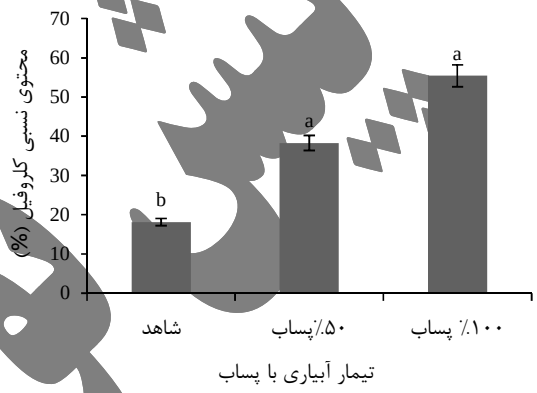
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- میانگین طول و عرض برگ گونه‌های مختلف اکالیپتوس در تیمارهای آبیاری با پساب. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح برگ نشان داد که بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. سطح برگ در تیمار ۱۰۰ درصد پساب ۱۵/۴۷ میلی‌متر مربع و در تیمارهای ۵۰ درصد و شاهد به‌ترتیب ۱۵/۳۵ و ۱۱/۹۲ میلی‌متر مربع بود. نتایج حاصل از بررسی محتوای نسبی آب برگ، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد. در تیمار ۱۰۰ درصد پساب، ۵۰ درصد پساب و شاهد به‌ترتیب ۸۹، ۸۳ و ۷۸ درصد بود. بیشترین محتوی کلروفیل برگ با ۵۵/۴۲ درصد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد پساب و کمترین مقدار با ۱۸/۱۲ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳).



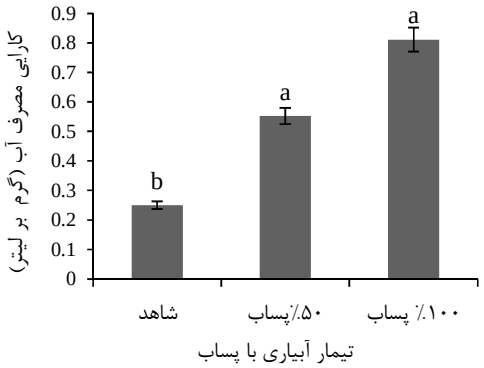
شکل ۳- میانگین محتوی کروفیل برگ گونه‌های مختلف اکالیپتوس در تیمارهای آبیاری با پساب. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج حاصل از بررسی کارایی مصرف آب نشان داد که با افزایش درصد پساب مورد استفاده در آبیاری، کارایی مصرف آب افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری با ۱۰۰ درصد پساب اتفاق افتاد و بالغ بر ۴ برابر شاهد بود؛ هرچند اختلاف معنی‌داری با ۵۰ درصد پساب نشان نداد (شکل ۴).

مقایسهٔ میانگین داده‌های مربوط به سه گونه اکالیپتوس مورد آزمایش، نشان داد که گونه *E. camaldulensis* بیشترین ارتفاع را دارد. بیشترین طول، عرض و سطح برگ نیز مربوط به گونهٔ *E. camaldulensis* بود. بالاترین مقدار نسبی آب برگ نیز مربوط به *E. camaldulensis* بود که با دو گونهٔ دیگر، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بررسی محتوی نسبی کلروفیل در بین سه گونه نشان داد که *E. microtheca* با ۵۸/۲۶ درصد بیشترین مقدار را دارا بود و بین دو گونهٔ دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه بین وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، با این وجود، بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به *E. camaldulensis* با ۰/۸۱ گرم به ازای هر لیتر پساب مصرف‌شده بود که از اختلاف معنی‌داری نسبت به دو گونه دیگر برخوردار بود (جدول ۶).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- میانگین کارایی مصرف آب در گونه‌های مختلف اکالیپتوس تحت تأثیر آبیاری با پساب. میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۶- مقایسهٔ میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در سه گونه اکالیپتوس آبیاری‌شده با پساب

گونه	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر تنه (میلی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	محتوای نسبی کلروفیل (درصد)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	کارایی مصرف آب (گرم بر لیتر)
Eucalyptus microtheca	۷۱/۵^{b}	۷/۰۰^{a}	۱/۳۶^{b}	۷/۷۶^{b}	۹/۹۶^{b}	۰/۵۸^{b}	۵۸/۲۶^{a}	۳۲/۶۷^{a}	۰/۳۸^{b}
Eucalyptus camaldulensis	۱۲۱/۵۶^{a}	۷/۴۸^{a}	۳/۴^{a}	۱۱/۷۲^{a}	۲۳/۳۸^{a}	۱/۰۰^{a}	۲۵/۹۵^{b}	۳۹/۷۸^{a}	۰/۸۱^{a}
Eucalyptus rubida	۷۷/۵^{b}	۷/۵۸^{a}	۱/۶۱^{b}	۱۱/۲۳^{a}	۹/۴۰^{b}	۰/۵۶^{b}	۲۷/۵۷^{b}	۳۷/۹۰^{a}	۰/۴۱^{b}

***حروف متفاوت در ردیف نشان دهندهٔ تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.**

نتایج مطالعه حاضر، نشان داد که با افزایش غلظت پساب مورد استفاده در آبیاری سه گونه اکالیپتوس، خصوصیات رشدی شامل طول و عرض برگ و قطر تنه در هر سه گونه افزایش یافت. زیاد بودن غلظت عناصر غذایی در پساب نسبت به آب معمولی، سبب تجمع این عناصر در خاک می‌شود و افزایش عناصر غذایی در خاک عامل مؤثری بر دسترسی راحت‌تر گیاه به این مواد است؛ در نتیجه، رشد گیاهان تحت تیمار افزایش می‌یابد؛ موضوعی که توسط کلر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش شده است. در واقع، می‌توان بیان کرد که مقدار عناصر غذایی در پساب شهری در بسیاری از موارد بیشتر از نیاز گیاهان بوده و برخی از گیاهان توانایی برداشت عناصر بیشتری را بدون اینکه ایجاد مزاحمت کنند، دارا هستند و این امر می‌تواند عامل مؤثری بر رشد فزایندهٔ آنها باشد و بیوماس گیاهی بیشتری را نسبت به درختان آبیاری‌شده با آب معمولی تولید کند (فیتزپاتریک و همکاران، ۱۹۸۶). آبیاری با پساب سبب تسهیل گلدهی و افزایش تعداد و طول و عرض برگ از طریق تأثیر بر جریان فیزیولوژیک و جذب بیشتر انرژی خورشید و در نتیجه افزایش رشد گیاهان تحت تیمار می‌شود که این موضوع را مایرز و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کرده‌اند. این موضوع، عامل مؤثری بر بهبود کارایی مصرف آب است که با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش به‌ویژه دربارهٔ گونه‌های تند رشد اکالیپتوس مثل *E. camaldulensis* مطابقت دارد. نریمانی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق مشابهی بر روی کاج الدار، افزایش معنی‌دار رشد را در این گونه درختی در استفاده از پساب گزارش کرده‌اند.

نتایج مطالعهٔ حاضر، همچنین حاکی از افزایش سه برابری محتوای کلروفیل در آبیاری ۱۰۰ درصد پساب نسبت به تیمار شاهد بود. صفی- ناز و شعبان (۲۰۱۵) افزایش معنی‌دار کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ آفتابگردان را در اثر آبیاری با پساب گزارش کرده‌اند. فیبو و همکاران، در سال ۱۹۹۸ رابطهٔ مثبت و معنی‌داری بین کلروفیل برگ و نیتروژن قابل جذب گیاه در خاک را

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش کردند. همهٔ این موارد به رشد بهتر و عملکرد مطلوب‌تر گیاه در شرایط آبیاری با پساب اشاره دارند.

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت پساب مورد استفاده در آبیاری، وزن خشک گیاه و کارایی مصرف آب افزایش یافت. میناس و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر استفاده از پساب و تراکم کاشت بر رشد و تولید زیست‌توده در *E. tereticornis* گزارش کردند که کارایی مصرف آب با استفاده از پساب به جای آب معمولی در آبیاری، ۱۱ درصد و با افزایش تراکم ۴۰ درصد بهبود یافت. تأثیر پساب در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دیگر نیز گزارش شده است. قنبری و همکاران (۱۳۸۵)، بیان کردند که آبیاری با پساب تصفیه‌شده در مراحل رشد رویشی گیاه، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شد. عرفانی و همکاران (۱۳۸۱) در پژوهشی، گیاه کاهو را تحت تأثیر تیمار آبیاری با پساب قرار دادند و گزارش کردند که وزن اندام هوایی، اندام زیرزمینی، کل ماده تر و خشک افزایش معنی‌داری داشت.

به نظر می‌رسد یکی از عوامل مؤثر در بهره‌برداری مطلوب از شرایط ویژه پساب، سرعت رشد گیاهان تحت تیمار باشد. به همین دلیل، در این آزمایش گونه *E. camaldulensis* که از سرعت رشد بالاتری نسبت به گونه‌های دیگر اکالیپتوس برخوردار است و آن را به‌عنوان گونهٔ تند رشد معرفی کرد، توانایی خوبی برای رشد در شرایط آبیاری با فاضلاب و یا پساب را داشت و نسبت به دو گونهٔ دیگر از رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب بهتری برخوردار بود.

منابع

۱. جوانشیر ک. و مصدق، ا. ۱۳۵۱. اکالیپتوس. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۴ ص.

۲. راد م. ه. سردابی ح. سلطانی م. غلمانی س. و. ۱۳۹۱. سازگاری گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف اکالیپتوس در شرایط آبیاری با پساب تصفیه‌خانه پساب یزد. آب و پساب. ۱: ۸۵-۹۴.

۳. شهریاری ع. نوری س. عابدی کوپایی ج. آ. و صالح ف. ۱۳۸۹. اثر آبیاری با پساب تصفیه شده بر رشد گیاه قره داغ تحت شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱(۸): ۱۳-۲۴.

۴. عرفانی ع. حق‌نیا غ. ح. و علیزاده ا. ۱۳۸۱. تأثیر آبیاری با پساب بر عملکرد وکیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. نشریه علوم آب و خاک- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۱): ۷۱-۹۲.

۵. قلی‌زاده ا. و دهقانی ح. ۱۳۹۴. تعیین ویژگی‌های مرتبط با تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم نان در استان یزد با استفاده از رگرسیون لجستیک. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶ (۱): ۶۳-۷۷.

۶. قنبری ا. عابدی کوپایی ج. و طایی سمیرمی ج. ۱۳۸۵. اثر آبیاری با پساب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت گندم و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه سیستان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۰(۴): ۵۹-۷۵.

۷. نریمانی ح. ایران‌نژاد م. کیانی ب. و قربعلی ر. ۱۳۹۲. اثر آبیاری با پساب تصفیه شده بر رشد کاج الدار (*pinus eldarica* Medw) در جنگل‌کاری‌های کارخانه ذوب آهن اصفهان. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست. شرکت هم‌اندیشان محیط‌زیست فردا، همدان. ۲-۱۲.

۸. یزدانی ع. صفاری م. و رنجبر غ. ۱۳۹۶. اثر آبیاری با فاضلاب شهری تصفیه شده بر عملکرد دانه و تجمع فلزات سنگین در دانه ژنوتیپ‌های جو. علوم زراعی ایران. ۱۹(۴): ۲۸۴-۲۹۶.

9. Ali H. M. Khamis M. H and Hassan F. A. 2012. Growth, chemical composition and soil properties of Tipuana speciosa (Benth.) Kuntze seedlings irrigated with sewage effluent. Applied Water Science. 2: 101-108.
10. Al-Jamal M. S. Sammis T. W. Mexal J. G. Picchioni G. A. and Zachritz W. H. 2002. A growth-irrigation scheduling model for waste water use in forest production. Agricultural Water Management. 56: 27-79.
11. Baddesha A. H. Chhabra S. and Ghuman B. S. 1997. Changes in soil chemical properties and plant nutrient content under eucalyptus irrigated with sewage water. Journal of the Indian Society of Soil Science. 45(2): 358-362.
12. Safi-naz S. Z. and Shaaban M. M. 2015. Impact of treated sewage water irrigation on some growth parameters, yield and chemical composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. International Journal of ChemTech Research. 8(9): 114-122.

www.SID.ir

Archive of SID

Communications in Soil Science & Plant Analysis. 29(1-2): 1-13.

13. FAO. 2009. Treated wastewater use in forest plantation development in the near east region, A Paper presented at the Near East Forestry Commission.www.fao.org.
14. Fitzpatrick G. E. Donselman H. and Carter N. S. 1986. Interactive effects of sewage effluent irrigation and supplemental fertilization on container- grown trees. Horticultural Science. 21(1): 92-93.
15. Feibo W. Lianghuan W. and Fuhua X. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen side dress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Field Crop. Research. 56: 309-314.
16. Guo L. B. Sims R. E. H. and Horne D. J. 2002. Biomass production and nutrient cycling in Eucalyptus short rotation energy forests in New Zealand.: I: biomass and nutrient accumulation. Bioresource Technology. 85(3): 273-283.
17. Kellar C. Grath S. P. Mc. and Dunham S. J. 2002. Trace metal leaching through a soil grassland system after sewagesludge application. Journal of Environmental. 31: 1550-1560.
18. Magalhães J. L Simon G. Menezes J. F. S. Rodrigues A. A. Azambuja U. S. Rodrigues D. A. and Carlos Saraiva da Costa A. 2016. Growth of eucalyptus seedlings irrigated with different wastewaters, African Journal of Agricultural Research. 11(46): 4779-4785.
19. Marinho L. E. Coraucci Filho B. Roston D. M. Stefanutti R. and Tonetti A. L. 2014. Evaluation of the productivity of irrigated Eucalyptus grandis with reclaimed wastewater and effects on soil. Water, Air and Soil Pollution. 225: 1830-1838.
20. Martinez J. P. S. Lutts A. Schanck M. Bajji and Kinet J. M. 2004. Is osmotic adjustment required for watwr stress resistance in the meditranean shrub. Atriplex halimusL, Journal of Plant Physiology. 161: 1041-1051.
21. Minhas P. S. Yadav R. K. Lal K. and Chaturvedi R. K. 2015. Effect of long-term irrigation with wastewater on growth, biomass production and water use by Eucalyptus (Eucalyptus tereticornis) planted at variable stocking density. Agricultural Water Management. 152: 151-160.
22. Myers B. J. Theiveyanath S. O. Brian N. O and Bond W. J. 1996. Growth and water use of Eucalyptus grandis and Pinus radiata plantation irrigated with effluent. Tree Physiology. 16: 211-219.
23. Xu X. Zhang R. Xue X. and Zhao M. 1998. Determination of evapotranspiration in the desert area using lysimeters.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir