

امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در آبیاری کنوکارپوس

هادی جوکار^۱، فاضل امیری^{۲*}، طیبه طباطبایی^۱

۱- گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

۲- گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: famiri@iaubushehr.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۲

چکیده

هدف از این مطالعه ارزیابی پتانسیل استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بوشهر در آبیاری گونه درختی کنوکارپوس است. برای بررسی وضعیت میکروبی بافت گیاه و شاخص‌های رشد آن، ۲ تیمار شامل آبیاری با پساب شهری و آبیاری با آب شهر استفاده شد. ۱۲۰ بوته کنوکارپوس، ۹۰ نمونه با پساب و ۳۰ نمونه با آب شهری، به مدت ۶ ماه به روش آبیاری بارانی، آبیاری گردید. شاخص‌های رشد (طول و قطر ساقه) و کیفیت میکروبی برگ در انتهای هر ماه آبیاری اندازه‌گیری شد. پارامترهای pH با استفاده از دستگاه pH meter، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC meter اندازه‌گیری شد. کلسیم و منیزیم با استفاده از آزمایش‌های تیترومتری تعیین گردید. غلظت آهن و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ای و غلظت فسفر فسفات و نیتروژن نیتریتی و نیتروژن نیتراتی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی نیز با استفاده از روش استاندارد MPN تعیین گردید. نتایج نشان داد که در اثر آبیاری با پساب شهری شاخص‌های رشد بوته‌های کنوکارپوس به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از آبیاری با آب شهر می‌باشد ($P < 0.05$). میزان آلودگی میکروبی پساب مورد استفاده کمتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده مجدد در آبیاری فضاها سبز شهری بود.

کلمات کلیدی

"آبیاری"، "پساب فاضلاب"، "بهره‌وری مصرف آب"، "کنوکارپوس"

Feasibility study of using wastewater treatment plant in *Conocarpus lancifolius* irrigation

Hadi Jokar¹, Fazel Amiri^{2,*}, Tayebeh Tabatabaie¹

1. Department of Environment, College of Engineering, Branch Bushehr, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

2*. Department of Natural Resources and Environment, College of Engineering, Branch Bushehr, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

*Email Address: famiri@iaubushehr.ac.ir

Abstract

The aim of this research was to the feasibility of reuse of Bushehr wastewater treatment plant sewage in *Conocarpus lancifolius* irrigation. To evaluate the microbial and plant growth characteristics, two treatments including irrigation with wastewater and irrigation with drinking water were used. 120 *C. lancifolius* samples, 90 samples with wastewater and 30 samples with drinking water, were irrigated for 6 months by sprinkler irrigation. Growth indices (stem length and diameter) and leaf microbial quality were measured at the end of each irrigation month. pH was measured using pH meter, electrical conductivity was measured using EC meter. Calcium and magnesium were determined using titrimetric tests. The concentrations of iron and manganese were determined using flame atomic absorption spectrometer and the concentrations of phosphorus phosphate, nitrogen nitrite and nitrogen nitrate were determined using ultraviolet spectrophotometer, total coliform and fecal coliform using MPN standard method. The results showed that due to irrigation with urban wastewater, growth indices of *C. lancifolius* are significantly higher than irrigation with drinking water ($P < 0.05$). The microbial contamination of the wastewater used was less than the standard of the Environmental Protection Agency of Iran for reuse in irrigation of urban green spaces.

Keywords

"Irrigation", "Wastewater", "Water use efficiency", "*Conocarpus lancifolius*"

۱- مقدمه

سخت دارد. به عنوان یک درخت مقاوم به شوری و گرما و همچنین کم‌آبی جهت حفاظت از سواحل و اراضی شور کاشته می‌شود و با توجه به مقاومت بالا به خاک‌های شور به خوبی در نواحی نزدیک دریا کاشت می‌شود و به طور طبیعی در سومالی، یمن جنوبی وجود دارد و به عنوان گونه ای مهاجم و بیگانه وارد ایران شده است. اگرچه، کنوکارپوس به دلیل سازگاری با شرایط سخت محیطی به ویژه تحت تنش طولانی مدت آب به طور گسترده ای در آسیا کاشته می‌شود (Rasheed et al. 2019)، اما امکان استقرار آن تحت آبیاری با پساب تصفیه خانه فاضلاب بررسی نشده است.

۲- روش انجام تحقیق

محل انجام تحقیق میدانی

پایلوت محل تحقیق، نهالستان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری در شهر بوشهر با مساحت ۲ هکتار و دارای یک استخر ذخیره آب جهت آبیاری است. کرت‌ها در چهار ردیف و به صورت سیمانی احداث گردید. گلدان مورد نظر که حاوی نهال کنوکارپوس بودند از محل کرت‌های اصلی جدا و در محل کرت‌های پایلوت جهت شروع دوره آبیاری به صورت مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). روش آبیاری به صورت بارانی و روزانه بود همچنین تاریخ شروع و خاتمه آبیاری (آبیاری با پساب تصفیه‌خانه و آب معمولی) یادداشت گردید. دلیل استفاده از آبیاری بصورت بارانی این بود که نهال‌ها درون گلدان کاشته شده بودند و سایر روش‌ها جهت آبیاری مناسب نبودند. پساب مورد استفاده در این تحقیق از آخرین برکه تثبیت تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بوشهر برداشت شد.



شکل ۱- نمونه‌ای از کرت‌ها و نمونه‌های کاشت شده در ابتدای طرح

تعداد و زمان نمونه برداری

نهال کنوکارپوس *C. lancifolius* سه ماهه از نهالستان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری تهیه شد. در مجموع ۱۲۰ اصله نهال کنوکارپوس (با طول حدود ۲۵ سانتی متر شاخه) در ۱۲۰ گلدان پلاستیکی پر از ۹۶ کیلوگرم خاک کاشته شد. تعداد ۹۰ اصله نهال (سه کرت ۳۰ تایی) بوسیله پساب تصفیه خانه و تعداد ۳۰ اصله نهال با آب شهری آبیاری شدند. خصوصیات خاک از جمله بافت و pH در جدول ۱ آورده شده است.

صنعتی شدن و توسعه کشاورزی منجر به چالش‌های اساسی برای محیط زیست جهانی شده است (Bennett et al. 2013). وقوع دوره‌های خشکسالی سبب شده که به دلیل کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، آب در دسترس در سراسر جهان کاهش یابد (Rijsberman 2006). علاوه بر این، استفاده بیش از حد آب شیرین در مصارف خانگی و صنعتی به جای استفاده در بخش کشاورزی مشکل کمبود آب را تشدید کرده است (Fatta-Kassinos et al. 2011). بنابراین، مطالعات برای یافتن منابع غیر متعارف آب برای آبیاری و استفاده در کشاورزی در حال انجام است. از جمله این سناریوها، استفاده از پساب شهری برای آبیاری گونه‌های درختی، فضاهای سبز شهری است (Nouri et al. 2019). اخیراً استفاده از فاضلاب در چندین کشور کم آب به عنوان یکی از منابع آب کشاورزی و فضای سبز بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Pedrero et al. 2010; Skardi et al. 2020). حجم زیادی از فاضلاب شهری که به عنوان آب آبیاری استفاده می‌شود حاوی مواد مغذی ضروری به ویژه نیتروژن (N)، فسفر (P)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و مواد آلی مناسب برای حفظ باروری خاک و رشد گیاه و تولید است (Libutti et al. 2018). علاوه بر این، آبیاری گیاهان با استفاده از فاضلاب شهری باعث رشد و عملکرد گونه‌های علفی و درختی می‌شود. علاوه بر این، به دلیل کاهش استفاده از کود، فاضلاب شهری ممکن است با کاهش هزینه‌ها مزایای اقتصادی برای کشاورزان داشته باشد.

(Bedbabis et al. 2010; Bauer et al. 2020). همچنین افزایش عناصر غذایی خاک، غلظت بالای فلزات سنگین از جمله منگنز، آهن، روی، سرب و کادمیوم، در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب شهری را سبب می‌شود (Blaylock and Huang 2000; Prasad and Freitas 2003; Fatta-Kassinos et al. 2011). چنین خاک‌هایی که مقادیر آستانه محتوای فلزات سنگین از حد مجاز فراتر رفته باشد، با مشکلات جدی بهداشتی و نگرانی‌های زیست محیطی مواجه هستند (Kabala and Singh 2001; Chowdhury et al. 2016). استفاده مجدد از فاضلاب خانگی تصفیه‌شده برای آبیاری گونه‌های گیاهی مقاوم در فضای سبز شهری و یک روش جدید در احیای فضاهای سبز در محیط‌های شهری و نواحی حاشیه‌ای است (Kalavrouziotis and Apostolopoulos, 2007). استقرار گونه‌های درختی جهت ایجاد فضای سبز در محیط‌های شهری نیاز به مدیریت ویژه ای دارد که با کارهای معمول کشاورزی متمرکز بر تولید مواد غذایی و خوراکی متفاوت است (Oleszek et al. 2003). بنابراین، استفاده از پساب جهت آبیاری درختان فضای سبز نه تنها کارآمد، مقرون به صرفه بلکه سازگار با محیط زیست است (Vithanage et al. 2012; Li et al. 2014). مطالعات قبلی بر استفاده از جنس‌های سریع رشد نظیر بید، اکالیپتوس و صنوبر اشاره داشتند (Unterbrunner et al. 2007; Iori et al. 2014; Yang et al. 2013). به طور مشابه، کنوکارپوس یک گونه درختی است که سریع رشد می‌کند و می‌تواند در شرایط سخت محیطی به ویژه تحت تنش طولانی مدت آب زنده بماند (Ansary et al. 2008; Al-Surrayai et al. 2009; Pessaraki 2019; Rasheed et al. 2019). کنوکارپوس *Conocarpus* گونه‌ای همیشه سبز است که معمولاً در مناطق گرمسیر و خاک شور کاشته می‌شود. مناطق کاشت آن نیاز به زهکشی و مواد معدنی آلی ندارد و مقاومت خوبی در برابر محیط

از دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش تعیین گردید (Drolc and Vrtovšek, 2010).

پارامترهای مرفولوژیکی و باکتریولوژیکی

در طول دوره مطالعه به فاصله هر یک ماه یکبار شاخص‌های رشد درخت (ارتفاع و قطر ساقه) بوسیله خط کش و کولیس اندازه‌گیری گردید. برای آزمایش باکتریایی برگ درخت، در انتهای فصل رشد پس از اتمام آبیاری نهایی به صورت تصادفی از وسط کرت نمونه‌ها انتخاب و نمونه‌های برگ‌های از آن‌ها برداشت شد. سپس نمونه‌ها در سه بار تکرار با آب استریل شسته و محلول حاصل از شستشو در ظرف استریل جمع‌آوری گردید و پس از کشت به روش ۹ لوله‌ای باکتری‌های آن با روش MPN شمارش شدند (عالی‌نژادیان و همکاران، ۱۳۹۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های پارامترهای فیزیکیوشیمیایی آب شهری و پساب با مقادیر استاندارد با آزمون t یک نمونه‌ای، مقایسه میانگین تعداد باکتری‌های کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در برگ با آزمون مقایسه میانگین زوجی، مقایسه میزان شاخص‌های مرفولوژیکی (طول و ساقه) درخت آبیاری شده با پساب با درخت آبیاری شده با آب شهری با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح ۵ درصد در نرم‌افزار SPSS v.24 تجزیه و تحلیل شد.

۳- نتایج و بحث

کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شهری و پساب

شاخص‌های کیفی آب شهری و پساب تصفیه‌خانه استفاده شده برای آبیاری *C. lancifolius* و مقایسه آن با استانداردهای تعیین شده پساب برای استفاده در آبیاری فضای سبز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز t یک نمونه‌ای نشان داد که تفاوت بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب شهری و پساب تصفیه‌خانه، با میزان استاندارد مصرف برای آبیاری فضای سبز شهری معنی‌دار نیست و کلیه پارامترهای اندازه‌گیری پساب کمتر از حدود استاندارد مصرف برای فضای سبز است و این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$; جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آب شهری و پساب

پارامترها	آب شهری	پساب	استاندارد برای مصرف در فضای سبز	انحراف معیار	Sig. (2-tailed)
pH	۷/۴۳	۸/۱۲	۶-۸/۵	۰/۰۵	۰/۰۰۰
هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۰/۱۹	۰/۲۶۷	۲/۹۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
کلسیم ($mg L^{-1}$)	۱۸۰/۵	۴۵۵	۲۰۰	۴/۸	۰/۰۰۴
منیزیم ($mg L^{-1}$)	۶۹/۱	۱۲۵	۱۰۰	۱/۲	۰/۰۰۲۲
نیترژن نیتراتی ($mg L^{-1}$)	۲۸	۲۱/۷	۵	۲/۵۶	۰/۰۱۱
نیترژن نیتروژنی ($mg L^{-1}$)	۳/۰۹	۰/۳۲۱	-	۰/۰۱۱	-
فسفر فسفات ($mg L^{-1}$)	۰/۲۲	۱/۸۵	-	۰/۰۲	-
منگنز ($mg L^{-1}$)	۷۶	۸۳	۰/۲	۰/۵۹	۰/۰۱۷
آهن ($mg L^{-1}$)	۰/۲۴	۱/۰۵	۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
کلیفرم کل (MPN/100)	۰	۴۶۰/۵	۱۰۰۰	۸/۱۳	۰/۰۴
کلیفرم مدفوعی (MPN/100)	۰	۶۸/۵	۴۰۰	۶/۶۵	۰/۰۳۱

Sig.کم‌تر از ۰/۰۵ نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۱- خواص فیزیکیوشیمیایی خاک

پارامتر	واحد	مقدار
pH	-	۵/۷
هدایت الکتریکی	(dSm^{-1})	۲/۱
کل مواد جامد معلق		۱۴/۱
نیترژن	%	۰/۷۵
فسفر	ppm	۱۱
مواد آلی	%	۱/۴
اشباع	%	۳۶
شن	%	۷۰
سیلت	%	۲۰
رس	%	۱۰
بافت خاک	لومی شنی	

به منظور بررسی کیفیت باکتریایی نمونه‌های آبیاری شده در پایان دوره آبیاری (پانزدهم فروردین ماه سال ۱۳۹۸)، نمونه‌های برگ کنوکارپوس گرفته شد و همچنین برای تعیین شاخص‌های رشد با پساب تصفیه شده در ۶ دوره یک ماهه (آبان ماه ۱۳۹۷ تا فروردین ماه ۱۳۹۸) نمونه‌ها به صورت کاملاً تصادفی گرفته شد. برای بررسی کیفیت میکروبی برگ، در پایان هر ماه (آبان ماه ۱۳۹۷ تا فروردین ماه ۱۳۹۸) از هر کرت آبیاری با پساب به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف شاخه‌های درخت نمونه‌های برگ برداشته شد. به منظور بررسی میزان عملکرد و برخی از ویژگی‌های مرفولوژیکی درخت در پایان هر ماه شاخص‌های مرفولوژیکی درخت در هر دو نمونه‌های آبیاری شده با پساب و آب معمولی اندازه‌گیری و ثبت گردید.

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شهری و پساب

میزان pH با استفاده از pH meter، هدایت الکتریکی با استفاده از EC meter اندازه‌گیری شد (APHA, 2005). کلسیم و منیزیم با استفاده از آزمایش‌های تیتریمتری تعیین گردید. غلظت آهن و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای و غلظت فسفر فسفات و نیترژن نیتروژنی و نیترژن نیتراتی توسط روش‌های استاندارد (APHA, 2012) با استفاده

پارمترهای مورد بررسی همخوانی دارد و در مطلوب می‌باشد. در مطالعه حاضر میزان کلیفرم کل در فاضلاب تصفیه شده (MPN/100) ۴۶۰/۵ و کلیفرم مدفوعی (MPN/100) ۶۸/۵ است که این میزان در حد مجاز آبیاری قرار گرفته است.

بررسی باکتریولوژیکی برگ

نتایج مقایسه میانگین تعداد باکتری‌ها در برگ نشان می‌دهد که تعداد باکتری‌های کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در برگ‌ها با آبیاری پساب و آبیاری با آب شهری در دوره ۶ ماهه دارای اختلاف معنی‌داری نیست ($P < 0.05$; جدول ۳).

نتیجه مطالعه مهرآوران و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز نشان داد که مقادیر میانگین شاخص‌ها پساب در حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران است و استفاده از پساب قابلیت استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری را دارا است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. Elmeddahi و همکاران (۲۰۱۵) در آنالیز فاضلاب عمل‌آوری شده و امکان‌پذیری برای دوباره بکارگیری آن در مصرف آبیاری مطالعه موردی در شهر چلف کشور الجزایر دریافتند که میزان کلیفرم در فاضلاب عمل‌آوری شده در حد استاندارد ملی و بین‌المللی قرار داشت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کیفیت شیمیایی پساب خروجی تصفیه‌خانه بوشهر با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران از جنبه کاربرد آن در آبیاری فضای سبز در

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد باکتری‌های کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در برگ

تیمار	کلیفرم کل	کلیفرم مدفوعی
آبیاری با آب شهری	۱۶۶۶/۶۶ ^a	۱۰۹۱/۱۱ ^a
آبیاری با پساب - کرت ۱	۲۴۶۶/۳۳ ^a	۱۷۶۶/۷۷ ^a
آبیاری با پساب - کرت ۲	۲۳۵۳/۳۳ ^a	۱۵۶۹/۷۸ ^a
آبیاری با پساب - کرت ۳	۲۲۳۵/۴۳ ^a	۱۷۷۷/۳۳ ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

عملکرد مرفولوژیکی گونه

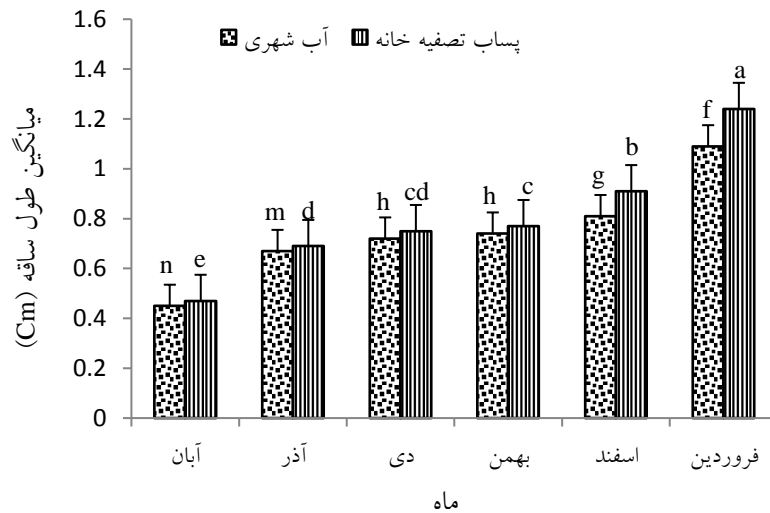
مقایسه اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر طول ساقه با آزمون مقایسه میانگین زوجی در سطح ۵ درصد نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر طول ساقه کنوکارپوس C. lancifolius است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس شاخص مرفولوژیکی طول ساقه درخت تحت تیمار آبیاری با آب شهری و پساب نشان داد که میانگین شاخص طول ساقه در نمونه‌های آبیاری شده با پساب در طول دوره ۶ ماه مطالعه، بیش‌تر از نمونه‌های آبیاری شده با آب شهری است و این اختلاف در سطح ۵ درصد در کلیه ماه‌های مطالعه تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۲).

زارعی محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۹) امکان سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهر اردکان را برای مصارف مختلف بررسی کردند. پارامترهای کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی به روش استاندارد متد برای آزمایشات آب و فاضلاب اندازه‌گیری شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که سیستم تصفیه خانه فاضلاب اردکان در مجموع موجب کاهش قابل توجهی از مواد آلی و آلودگی میکروبی شده و دارای وضعیت مناسبی است و با استانداردها در استفاده مجدد از پساب برای مصارف کشاورزی، تخلیه به آبهای سطحی و تخلیه به چاه جذب، مطابقت دارد، که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. Arslan-Alaton و همکاران (۲۰۰۷) پتانسیل‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده شهری را از نظر کیفیت باکتریولوژی به ویژه کلیفرم‌های مدفوعی رضایت بخش بود. نتایج این تحقیق با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

جدول ۴- مقایسه اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر طول ساقه

مقایسه اثر	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار میانگین خطا	فاصله اطمینان ۹۵٪		t	درجه آزادی	Sig. (2-tailed)
				حد بالا	حد پایین			
آبیاری با آب شهری و پساب بر طول ساقه	۱/۲۲	۱/۰۹۳	۰/۴۴	-۰/۰۷۱۹	-۲/۳۶	-۲/۷۳۲	۱۱۹	۰/۰۴۱

Sig. کم‌تر از ۰/۰۵ نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.



شکل ۲- مقایسه روند رشد طول ساقه در آبیاری با آب شهری و پساب ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$).

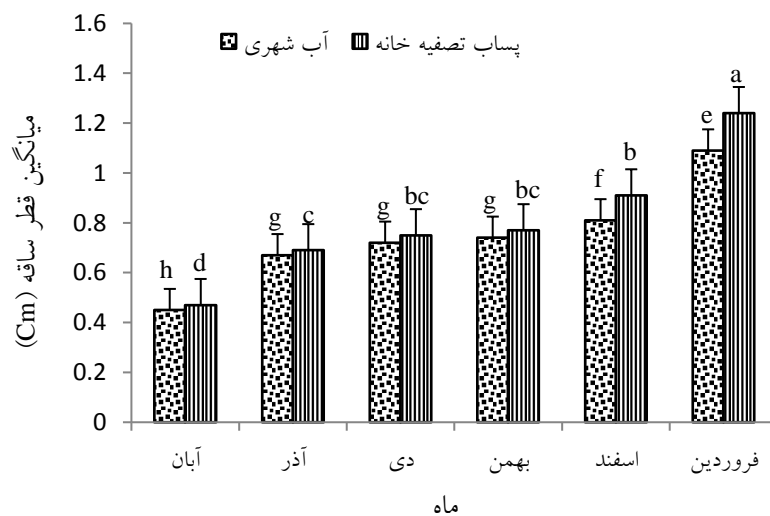
درخت تحت تیمار آبیاری با آب شهری و پساب نشان داد که میانگین شاخص قطر ساقه در نمونه‌های آبیاری شده با پساب در طول دوره ۶ ماه مطالعه، بیش‌تر از نمونه‌های آبیاری شده با آب شهری است و این اختلاف در سطح ۵ درصد در کلیه ماه‌های مطالعه تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۳).

مقایسه اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر قطر ساقه با آزمون مقایسه میانگین زوجی در سطح ۵ درصد نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر قطر ساقه کنوکارپوس *C. lancifolius* است (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس شاخص مرفولوژیکی طول ساقه

جدول ۵- مقایسه اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر قطر ساقه

	میانگین	انحراف معیار	انحراف معیار میانگین خطا	فاصله اطمینان ۹۵٪		t	درجه آزادی	Sig. (2-tailed)
				حد بالا	حد پایین			
مقایسه اثر آبیاری با آب شهری و پساب بر قطر ساقه	-۰/۰۵۱	۰/۵۶۹	۰/۰۱۳۴	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۸	-۳/۸۶	۱۱۹	۰/۰۰۱

Sig.کم‌تر از ۰/۰۵ نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.



شکل ۳- مقایسه روند رشد قطر ساقه در آبیاری با آب شهری و پساب ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$).

استان به دغدغه مسئولین استان تبدیل شده است. در این شرایط تصفیه و باز چرخش فاضلابها مهمترین راهکار در توسعه مدیریت منابع آب می باشد که می تواند نقش مهمی در رابطه با مشکلات کم آبی ایفا نماید. بررسی های اخیر استفاده مجدد آب نشان داده است که بهترین پروژه های استفاده مجدد از نظر امکان پذیری اقتصادی و مقبولیت عمومی آن هایی هستند که آب احیاء شده را در مصارف آبیاری و صنعتی با آب آشامیدنی جایگزین نموده اند. مزایای عمده این جایگزینی، ذخیره و حفظ منابع آب و کاهش آلودگی بوده است. درختان به عنوان مهم ترین گونه در فضای سبز شهری در پارکها نیازمند حجم بالایی آب برای آبیاری می باشد در شرایطی که از پساب فاضلاب شهری در آبیاری آن ها استفاده می شود آلودگی بیولوژیک گیاه به واسطه تماس مستقیم عموم بسیار اهمیت دارد. لذا بررسی بهداشتی از قبیل پیشگیری از بروز مخاطرات بهداشتی و انتقال بیماری ها در این طرح بایستی حتماً مورد توجه قرار گیرد. همچنین عواملی از قبیل حفظ منابع طبیعی، تأمین رفاه، حفظ زیبایی و محافظت از محیط زیست و بالاخره حفظ تعادل اکولوژیکی از دلایل مهمی است که در اثبات این تحقیق نقش مهمی را ایفا می کنند. در این تحقیق کیفیت شیمیایی پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر بوشهر مورد بررسی قرار گرفت که پارامترهای مهم کلیفرم کل و مدفوعی در محدوده مجاز استانداردهای مشخص شده سازمان حفاظت محیط زیست و کلیه پارامترهای نظیر pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، نیتروژن نیتراتی، نیتروژن نیتریتی، فسفر فسفات، منگنز، آهن، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی کمتر از حد استاندارد تعریف شده برای آبیاری فضای سبز گزارش شده است. بررسی باکتریولوژیک برگ *C. lancifolius* نشان داد که میزان کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در گیاه آبیاری شده با آب و گیاه آبیاری شده با پساب فاقد اختلاف معنی دار است. در بررسی خصوصیات رویشی و مورفولوژیک *C. lancifolius* مشخص گردید که بیشترین میزان رشد هر یک از شاخص های طول و قطر ساقه مربوط به آبیاری با پساب است. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، استفاده از پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهر بوشهر، با توجه به تأمین عناصر مورد نیاز *C. lancifolius* و افزایش عملکرد رشد آن، باعث افزایش بار آلودگی میکروبی در اندام آن شده است. اما آلودگی بوجود آمده کمتر از حد استاندارد است. آلودگی باکتریایی ایجاد شده در اندام *C. lancifolius* می تواند به علت پاشیده شدن پساب در حین عملیات آبیاری مربوط باشد. در شرایط کم آبی حاضر می توان از پساب تصفیه خانه با توجه به کیفیت شیمیایی نسبتاً مطلوبی که دارد برای آبیاری محدود استفاده کرد و با تغییر و مدیریت در روش های آبیاری می توان بار آلودگی گونه ها را کاهش داد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مسئولین محترم اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری بوشهر که فضای لازم جهت ایجاد پایلوت تحقیق را در اختیار ما گذاشتند، صمیمانه تشکر می نمایم.

توکلی نکو و پورمیدانی (۱۳۹۸) ارزیابی عملکرد برخی گونه ها و پروونانس های اکالیپتوس به مدت سه سال تحت آبیاری با پساب تصفیه شده در ایستگاه تصفیه فاضلاب در پنج کیلومتری شمال شرقی شهر قم را بررسی کردند. صفات رویشی شامل: ارتفاع نهال، قطر تنه در ارتفاع ۳۰ سانتی متری از سطح زمین، رشد ارتفاعی، رشد قطری و نسبت ارتفاع به قطر اندازه گیری شد و در نهایت سازگاری و عملکرد رشدی گونه ها در شرایط آزمایش معرفی گردید. نتایج کلی تحقیق در طی سه سال اجرای طرح نشان داد که *E. camaldulensis* 41ch از نظر قطر و ارتفاع بیشترین مقدار را داشت. به نظر می رسد این پروونانس برای تولید صنعتی چوب نسبت به سایر گونه ها اکالیپتوس عملکرد بالاتری داشته باشد. همچنین *E. camaldulensis* Qom نیز از نظر رشد قطری و ارتفاعی در رتبه اول قرار داشت. در مجموع نتایج پژوهش نشان داد که در میان گونه های 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. براساس نتایج بدست آمده می توان از پساب فاضلاب برای درخت کاری و توسعه فضای سبز استفاده کرد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نهال های آبیاری شده با پساب نسبت به نهال های آبیاری شده با آب شهری میزان رشد نسبتاً بیشتری داشته اند. Khanpae و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که در صورت استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی از نظر اقتصادی به عنوان یک فاکتور مفید اقتصادی، قابل قبول از نظر اجتماعی، سازگار با محیط زیست و خطرات بهداشتی اندکی دارد یا هیچ خطری ندارد. نتایج مطالعه آنها نشان داد که استفاده طولانی مدت از فاضلاب می تواند باعث تشدید غلظت فلزات سنگین در خاک و آب، کاهش کیفیت خاک، گیاه و آب شود. پیرصاحب و همکاران (۱۳۹۱) در مقایسه کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد با آب چاه های منطقه برای آبیاری به این نتیجه رسیدند که پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری چنانچه به طور مناسب راهبری شوند، می تواند منبع مهم و جایگزین مطلوب به منظور تأمین نیازهای آبی بخش کشاورزی باشد. وجود مواد مغذی مانند فسفر و ازت در پساب شهری نسبت به منابع آب زیرزمینی سبب افزایش تولید محصول می شود و می تواند از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی جلوگیری نماید. نتایج این مطالعه نیز نشان می دهد که پساب مورد استفاده جهت آبیاری فضای سبز حاوی مواد مغذی بوده و می تواند باعث افزایش رشد طول و قطر ساقه *C. lancifolius* گردد.

۴- نتیجه گیری

امروزه مسئله کمبود آب و تخریب محیط زیست به عنوان یکی از بزرگترین مشکلات جوامع بشری مطرح می باشد. مهم ترین دلایل کمبود آب افزایش جمعیت، ارتقاء سطح زندگی، تغییرات آب و هوا و عدم مدیریت صحیح منابع آب می باشد. همچنین محدودیت منابع آب در کشاورزی و نیاز روز افزون به آب در بخش صنایع و کشاورزی

منابع

- پیرصاحب، م.، شرفی، ک.، دوگوهر، ک.، ۱۳۹۱. مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ مشهد با آب چاه‌های منطقه برای آبیاری، مجله آب و فاضلاب، سال ۲۳، شماره ۴، ص ۱۲۱-۱۱۶.
- توکلی‌نکو، ح.، پورمیدانی، ع.، ۱۳۹۸. بررسی سازگاری و عملکرد پروئوناتس‌های گونه‌های صنعتی اکالیپتوس در ایستگاه تصفیه فاضلاب شهر قم، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، سال ۲۶، شماره ۴، ص ۱۱۲-۱۰۱.
- زارعی محمودآبادی، ط.، به نژاد، ب.، پاسدار، پ.، عمویی، س.، به نژاد، ب.، ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر اردکان و امکان نسجی استفاده مجدد از پساب خروجی جهت مصارف مختلف، فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، سال ۶، شماره ۲، ص ۱۳۴-۱۴۴.
- عالی نژادیان، ا.، محمدی، ج.، کریمی، ا.، نیکوخواه، ف.، ۱۳۹۲. تأثیر آبیاری با پساب شهری بر تجمع باکتری‌های شاخص آلودگی و برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه، مجله پژوهش‌های سلولی مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)، سال ۲۶، شماره ۴، ص ۵۲۳-۵۰۸.
- مهرآوران، ب.، انصاری، ح.، بهشتی، ع.، اسماعیلی، ک.، ۱۳۹۴. بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات زیست محیطی آن (مطالعه موردی: پساب خروجی تصفیه خانه پرکن‌آباد مشهد)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، سال ۹، شماره ۳، ص ۴۴۷-۴۴۰.
- Al-Surrayai, T., A. Yateem, R. Al-Kandari, T. Al-Sharrah and A. Bin-Haji. 2009. The use of conocarpus lancifolius trees for the remediation of oil-contaminated soils. *Soil & Sediment Contamination* 18(3): 354-368. <https://doi.org/10.1080/15320380902772661>.
- American Public Health Association (APHA), A., 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th edition. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA. 340 p.
- Ansary, M.E. and W.M. Al-Ghanim. 2008. Water requirements of two landscape tree species *prosopis grandulosa* [dc] and *Conocarpus erectus* [L.] grown in arid regions. *Polish Journal of Ecology* 2(56): 217-226.
- Arslan-Alaton, I., A. Tanik, S. Ovez, G. Iskender, M. Gurel and D. Orhon. 2007. Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in turkey: A case study on selected plants. *Desalination* 215(1): 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.11.019>.
- Bauer, S., H. Linke and M. Wagner. 2020. Optimizing water-reuse and increasing water-saving potentials by linking treated industrial and municipal wastewater for a sustainable urban development. *Water Science and Technology* 81(9): 1927-1940. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.257>.
- Bedbabis, S., G. Ferrara, B. Ben Rouina and M. Boukhris. 2010. Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term. *Scientia Horticulturae* 126(3): 345-350. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.020>.
- Bennett, N.D., B.F.W. Croke, G. Guariso, J.H.A. Guillaume, S.H. Hamilton, A.J. Jakeman, S. Marsili-Libelli, L.T.H. Newham, J.P. Norton, C. Perrin, S.A. Pierce, B. Robson, R. Seppelt, A.A. Voinov, B.D. Fath and V. Andreassian. 2013. Characterising performance of environmental models. *Environmental Modelling & Software* 40: 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.09.011>.
- Blaylock, M.J. 2000. Phytoextraction of metals. *Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment*: New York: Wiley. p. 53-70.
- Chowdhury, S., M.A.J. Mazumder, O. Al-Attas and T. Husain. 2016. Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. *Science of The Total Environment* 569-570: 476-488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>.
- Drolc, A. and J. Vrtovšek. 2010. Nitrate and nitrite nitrogen determination in waste water using on-line uv spectrometric method. *Bioresource Technology* 101(11): 4228-4233. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.015>.
- Elmeddahi, Y., H. Mahmoudi, A. Issaadi and M.F. Goosen. 2016. Analysis of treated wastewater and feasibility for reuse in irrigation: A case study from chlef, algeria. *Desalination and Water Treatment* 57(12): 5222-5231. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1021999>.
- Fatta-Kassinos, D., I.K. Kalavrouziotis, P.H. Koukoulakis and M.I. Vasquez. 2011. The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. *Science of The Total Environment* 409(19): 3555-3563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.03.036>.
- Iori, V., M. Zacchini and F. Pietrini. 2013. Growth, physiological response and phytoremoval capability of two willow clones exposed to ibuprofen under hydroponic culture. *Journal of Hazardous Materials* 262: 796-804. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.09.017>.
- Kabala, C. and B.R. Singh. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *Journal of environmental quality* 30(2): 485-492. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302485x>.

- Kalavrouziotis, I.K. and C.A. Apostolopoulos. 2007. An integrated environmental plan for the reuse of treated wastewater effluents from wwtp in urban areas. *Building and Environment* 42(4): 1862-1868. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.016>.
- Khanpae, M., E. Karami, H. Maleksaeidi and M. Keshavarz. 2020. Farmers' attitude towards using treated wastewater for irrigation: The question of sustainability. *Journal of Cleaner Production* 243: 118541. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118541>.
- Li, Z., Z. Ma, T.J. van der Kuijp, Z. Yuan and L. Huang. 2014. A review of soil heavy metal pollution from mines in china: Pollution and health risk assessment. *Science of The Total Environment* 468-469: 843-853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.090>.
- Libutti, A., G. Gatta, A. Gagliardi, P. Vergine, A. Pollice, L. Beneduce, G. Disciglio and E. Tarantino. 2018. Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under mediterranean conditions. *Agricultural Water Management* 196: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.015>.
- Nouri, H., S. Chavoshi Borujeni and A.Y. Hoekstra. 2019. The blue water footprint of urban green spaces: An example for adelaide, australia. *Landscape and Urban Planning* 190: 103613. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103613>.
- Oleszek, W., H. Terelak, B. Maliszewska-Kordybach and S. Kukula. 2003. Soil, food and agroproduct contamination monitoring in poland. *Polish Journal of Environmental Studies* 12(3): 261-268.
- Pedrero, F., I. Kalavrouziotis, J.J. Alarcón, P. Koukoulakis and T. Asano. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture-review of some practices in spain and greece. *Agricultural Water Management* 97(9): 1233-1241. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.03.003>.
- Pessarakli, M., 2019. *Handbook of plant and crop stress*. CRC press, University of Arizona, Tucson, Arizona, 659 p.
- Prasad, M.N.V. and H.M.d.O. Freitas. 2003. Metal hyperaccumulation in plants: Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic journal of biotechnology* 6(3): 285-321.
- Rasheed, F., Z. Zafar, Z.A. Waseem, M. Rafay, M. Abdullah, M.M.A. Salam, M. Mohsin and W.R. Khan. 2020. Phytoaccumulation of zn, pb, and cd in conocarpus lancifolius irrigated with wastewater: Does physiological response influence heavy metal uptake? *International Journal of Phytoremediation* 22(3): 287-294. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1658711>.
- Rijsberman, F.R. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management* 80(1): 5-22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001>.
- Skardi, M.J.E., R. Kerachian and A. Abdolhay. 2020. Water and treated wastewater allocation in urban areas considering social attachments. *Journal of Hydrology* 585: 124757. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124757>.
- Unterbrunner, R., M. Puschenreiter, P. Sommer, G. Wieshammer, P. Tlustoš, M. Zupan and W.W. Wenzel. 2007. Heavy metal accumulation in trees growing on contaminated sites in central europe. *Environmental Pollution* 148(1): 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.10.035>.
- Vithanage, M., B.B. Dabrowska, A.B. Mukherjee, A. Sandhi and P. Bhattacharya. 2012. Arsenic uptake by plants and possible phytoremediation applications: A brief overview. *Environmental Chemistry Letters* 10(3): 217-224. <https://doi.org/10.1007/s10311-011-0349-8>.
- Yang, W.-d., Y.-y. Wang, F.-l. Zhao, Z.-l. Ding, X.-c. Zhang, Z.-q. Zhu and X.-e. Yang. 2014. Variation in copper and zinc tolerance and accumulation in 12 willow clones: Implications for phytoextraction. *Journal of Zhejiang University-Science B* 15(9): 788-800. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1400029>.