

آزاده صالحی^۱، مسعود طبری^۲، جهانگرد محمدی^۳ و علیرضا علی عرب^۴

neda_forest@yahoo.com :

*

// :

// :

چکیده

در این تحقیق تأثیر آبیاری با فاضلاب شهری بر رشد درختان ۱۵ ساله کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در دو عرصه آبیاری شده با فاضلاب شهری و آب معمولی (آب چاه) واقع در جنوب شهر تهران مطالعه گردید. بدین منظور در هر یک از دو عرصه مورد بررسی چهار قطعه نمونه (۳۰×۳۰ متر) به صورت منظم تصادفی (سیستماتیک) پیاده شد. اندازه‌گیریها در قطعات نمونه انتخاب شده آشکار ساخت که قطربرابرسینه، ارتفاع کل، طول تاج، قطر متوسط تاج، رویه‌زمینی و حجم درختان کاج تهران به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) در عرصه آبیاری شده با فاضلاب شهری بیشتر از عرصه آبیاری شده با آب معمولی است. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نیز در خاک تیمار شده با فاضلاب شهری به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) بیشتر از خاک تیمار شده با آب چاه بود. نتایج حاصل از این تحقیق ایده بهره‌برداری از فاضلاب شهری را به‌عنوان منبع مهمی برای تأمین آب مورد نیاز جنگل‌کاری بیش از پیش تقویت و مورد پشتیبانی قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، خاک، رشد، فاضلاب شهری، فضای سبز، کاج تهران.

مقدمه

مواد مغذی نیز به حساب می‌آید (نقشینه‌پور، ۱۳۷۳). علاوه بر این در صورت استفاده از فاضلاب، جذب فلزات سنگین مضر از خاک به‌وسیله یک سیستم ریشه‌ای توسعه یافته حاصل از جنگل‌کاری، سمیت خاک کاهش می‌یابد و به‌طور کلی نقشی مهم و اساسی برای حفاظت از محیط زیست مهیا می‌گردد (Cromer et al., 1987; Stewart et al., 1990).

این واقعیت را نیز نباید از نظر دور داشت که استفاده از فاضلاب برای آبیاری (به‌علت زیاد بودن غلظت فلزات سنگین و سمی و بار میکروبی آن) می‌تواند به‌عنوان برهم زننده اکوسیستم عمل کند (نقشینه‌پور، ۱۳۷۳). درحقیقت مشکل اساسی کاربرد فاضلاب برای آبیاری، فلزات سنگین و سمی موجود در آن می‌باشد (Clarkson &

به‌طور کلی آب برای جنگل‌کاری به‌ویژه در مناطق خشک امری حیاتی به حساب می‌آید (مصدق، ۱۳۷۸). رشد جمعیت و افزایش نیاز آب کشور ما را که جزء مناطق خشک جهان محسوب می‌شود در مرز شرایط بحران آب قرار داده‌است (طباطبایی، ۱۳۷۷). از طرفی عقیده بر این است که فاضلاب شهری می‌تواند به‌عنوان آب مورد نیاز پارکهای شهری و جنگلی حواشی شهرها و مجتمع‌های صنعتی برای توسعه فضای سبز و کاهش آلودگی هوا مورد استفاده قرار گیرد (Al-Jamal et al., 2000). در حقیقت فاضلاب غیر از تأمین آب برای گیاهان و نیز صرفه‌جویی در منابع آبی، به‌عنوان منبع سرشاری از

آبیاری با فاضلاب بر خاک و گیاهان انجام شده است، ولی هنوز تحقیقی که نشان دهد آبیاری با فاضلاب چه تأثیری بر رشد درختان سوزنی‌برگ به‌ویژه کاج تهران می‌گذارد، صورت نگرفته است. به‌همین دلیل تحقیق حاضر در صدد است تا در یک فضای سبز شهری، تأثیر آبیاری با فاضلاب شهری را بر رشد درختان دست کاشت این گونه مشخص نماید.

مواد و روشها

منطقه تحقیق در پنج کیلومتری جنوب شهر تهران (شهری)، به ارتفاع ۱۰۰۵ متر بالاتر از سطح دریای آزاد با مختصات ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی است که از شمال به منطقه سیزده آبان، از جنوب به پل شهید بهشتی شهری، از غرب به منطقه صالح آباد غربی و اسلام‌شهر و از شرق به مرکز شهری منتهی می‌شود. شیب غالب منطقه جنوب‌غربی می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه اجرای طرح

برای بررسی شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه از معدل اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تهران (مهرآباد) استفاده شد. برای این منظور از آمار ۱۰ سال

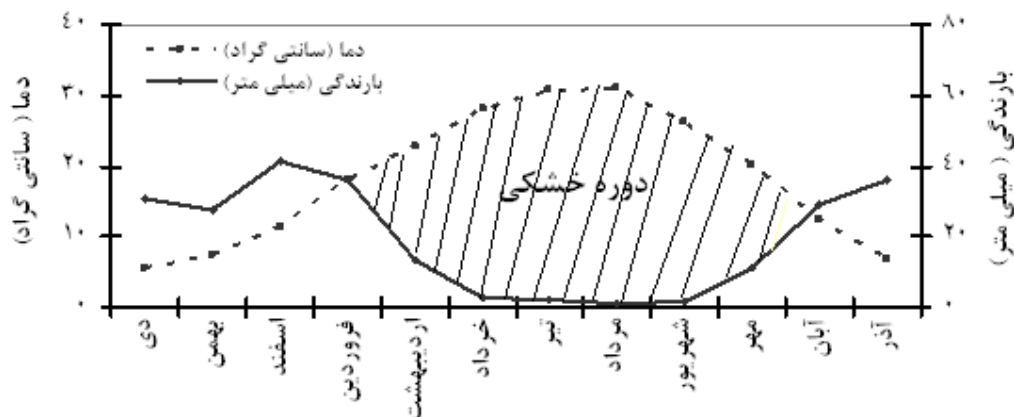
(Schat & Ten Bookum, 1992; Lutge, 1989). میزان تجمع فلزات سنگین در خاک به عوامل مختلفی نظیر اسیدیته، بافت و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک وابسته است. همچنین تحمل گیاهان مختلف به انواع فلزات سنگین متفاوت می‌باشد (هودجی و جلالیان، ۱۳۸۳). بنابراین تصمیم‌گیری در مورد کاربرد فاضلاب در امر آبیاری باید براساس ویژگیهای آب، خاک، گیاه و محیط هر محل استوار باشد.

شایان ذکر است که روزانه صدها هزار لیتر فاضلاب خانگی، صنعتی و حتی بیمارستانی در شهر تهران رها می‌شود که به منابع آبهای زیرزمینی نفوذ می‌کند. این در حالی است که ۸۰ درصد آب مصرفی شهروندان تهرانی نیز به فاضلاب شهری تبدیل می‌شود (تجریشی، ۱۳۷۷). از سوی دیگر گسترش بی‌رویه شهر تهران و آلودگی هوای آن افزایش نیاز به فضای سبز را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در واقع ایجاد فضای سبز و به‌ویژه احداث کمربند سبز جنگلی می‌تواند نقش مؤثری در تلطیف هوا داشته باشد و از آنجایی که کمبود آب عامل محدود کننده توسعه فضای سبز است؛ بنابراین فاضلاب شهری می‌تواند برای توسعه جنگل‌کاریها و ایجاد کمربند جنگلی مفید باشد (ترابیان و هاشمی، ۱۳۷۸).

امروزه تحقیقات محلی در زمینه استفاده از انواع آبهای غیرمعارف از جمله فاضلاب در آبیاری اراضی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد و تحقیقات وسیعی در این زمینه در مناطق مختلف انجام شده است. به دلیل وجود تفاوتها در شرایط اقلیمی، گیاهی، اجتماعی، فرهنگی، کیفیت خاک و متغیر بودن خصوصیات فاضلاب از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در طول زمان در یک محل (نجفی و همکاران، ۱۳۸۰) تنها تکیه کردن بر به‌کارگیری دستورالعملهای ارائه شده در دیگر مناطق جهان اشتباه بوده و در درازمدت صدمات جبران‌ناپذیری بر منابع خاکی و آبی وارد می‌سازد (حسن‌اقلی و همکاران، ۱۳۸۱). تاکنون در داخل کشور پژوهشهایی در مورد تأثیر

(اسفند) ۴۱/۳۲ میلیمتر، حداقل بارندگی ماهیانه (مرداد) ۰/۸۹ میلیمتر و طول دوره خشکی براساس منحنی آمبروترمیک (شکل ۲) ۷/۵ ماه می‌باشد. براساس جدول تقسیمات اقلیمی آمبروزه، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستانهای نیمه‌سرد است.

گذشته این ایستگاه استفاده گردید. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۳/۴۶ درجه سانتیگراد، متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۲/۳۵ میلیمتر، میانگین دمای سردترین ماه سال (دی) ۵/۴۹ درجه سانتیگراد، میانگین دمای گرم‌ترین ماه سال (مرداد) ۳۱/۰۱ درجه سانتیگراد، حداکثر بارندگی ماهیانه



در هر یک از قطعات نمونه پیاده‌شده، به صورت تصادفی چهار پروفیل خاک به عمق ۶۰ سانتیمتر حفر و نمونه‌های خاک (هر نمونه یک کیلوگرم) از هر پروفیل برداشت شد. نمونه‌های خاک هر قطعه نمونه برای تقلیل تعداد نمونه‌ها با هم مخلوط شدند (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱) و در نهایت یک نمونه خاک از هر قطعه نمونه برای بررسی بافت و عناصر تغذیه‌ای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به آزمایشگاه ارسال شد. در آزمایشگاه عناصر کلسیم و منیزیم تبدلی به روش تیتراسیون با محلول EDTA، پتاسیم تبدلی به روش جذب اتمی، فسفر قابل جذب به روش اولسون و نیتروژن کل به روش کج‌لدال در نمونه‌های خاک تعیین شد. نمونه‌برداری از آب فاضلاب و آب چاه از ابتدای تیر تا اواخر آذر به مدت ۶ ماه انجام شد که در هر ماه با انتخاب ۳ روز (ابتدا، وسط و انتهای ماه) و در هر روز با برداشت ۳ نمونه (در ساعت‌های مختلف روز) آب توأم بود. نمونه‌های آب برای تجزیه و تحلیل عناصر تغذیه‌ای به آزمایشگاه انتقال یافت.

روش تحقیق

در این پژوهش (در سال ۱۳۸۵) دو جنگل‌کاری همسال (۱۵ ساله) کاج تهران (*Pinus eldarica Medw.*)، یکی در مساحتی حدود چهار هکتار در عرصه آبیاری شده با فاضلاب و دیگری در مساحت یک هکتار در عرصه آبیاری شده با آب چاه انتخاب گردید. سپس چهار قطعه نمونه (۳۰×۳۰ متر) در هر یک از دو عرصه فوق به صورت منظم تصادفی (سیستماتیک) بر روی نقشه مشخص و در عرصه پیاده شد. مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع کل، طول تاج و قطر متوسط تاج درختان کاج تهران در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری و رویه زمینی هر اصله درخت نیز محاسبه گردید. در ضمن حجم هر اصله درخت نیز با در نظر گرفتن ضریب شکل ۰/۵ برای درخت کاج با استفاده از رابطه $V = 0.4 * d^2 * h$ زیر تعیین شد (زیبری، ۱۳۷۳).

نتایج

نتایج عناصر غذایی فاضلاب شهری و آب چاه در جدول ۱ آورده شده است. براساس نتایج به دست آمده، غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در فاضلاب شهری و آب چاه متفاوت است. غلظت این عناصر به طور معنی داری ($P < 0.01$) در فاضلاب شهری بیش از آب چاه می باشد.

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مراحل مختلف این تحقیق از نرم افزار آماری SPSS استفاده شد. در ابتدا توزیع نرمال داده ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد و با توجه به نرمال بودن داده ها برای مقایسه غلظت عناصر غذایی در آب (چاه و فاضلاب) و خاک دو منطقه و مقایسه مشخصه های رشد درختان در دو عرصه مورد مطالعه از آزمون t غیر جفتی و برای تعیین ضریب همبستگی روابط از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید.

جدول ۱- مقایسه میانگین عناصر غذایی فاضلاب شهری و آب چاه

تیمار آبیاری	آمونیم (میلیگرم بر لیتر)	نترات (میلیگرم بر لیتر)	فسفات (میلیگرم بر لیتر)	پتاسیم (میلیگرم بر لیتر)	کلسیم (میلیگرم بر لیتر)	منیزیم (میلیگرم بر لیتر)
/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a
(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)
/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b
(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	(/)

t

فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک تیمار شده با فاضلاب شهری به طور معنی داری ($P < 0.01$) بیشتر از خاک تیمار شده با آب چاه است.

نتایج عناصر غذایی خاک دو عرصه مورد بررسی (آبیاری با فاضلاب و آبیاری با آب چاه) در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان می دهد که غلظت عناصر غذایی نیتروژن،

جدول ۲- مقایسه عناصر غذایی خاک دو عرصه مورد مطالعه تا عمق ۶۰ سانتیمتری خاک

()	()	()	()	()
/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a	/ ^a
(/)	(/)	(/)	(/)	(/)
/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b	/ ^b
(/)	(/)	(/)	(/)	(/)

t

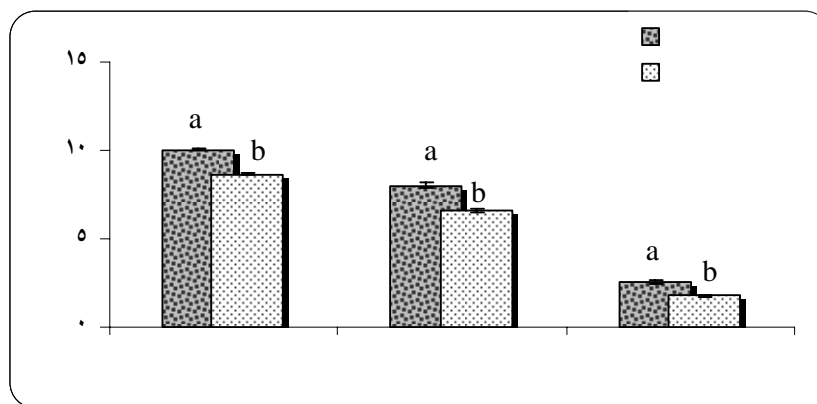
زمینی و حجم درختان کاج تهران در دو عرصه مورد مطالعه وجود دارد (جدول ۳) به طوری که این مقادیر در عرصه آبیاری شده با فاضلاب شهری بیشتر از عرصه آبیاری شده با آب معمولی است (شکلهای ۳ تا ۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری ($P < 0/01$) از نظر آماری بین مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع کل، طول تاج، قطر متوسط تاج، رویه-

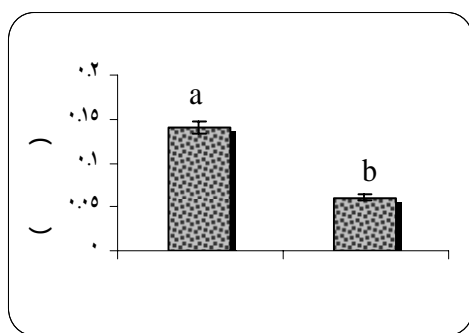
جدول ۳- نتایج آزمون t غیر جفتی مشخصه‌های رشد درختان کاج تهران آبیاری شده با آب چاه و فاضلاب شهری

/	/	/	/	/	/	t
/	**	/	**	/	**	p

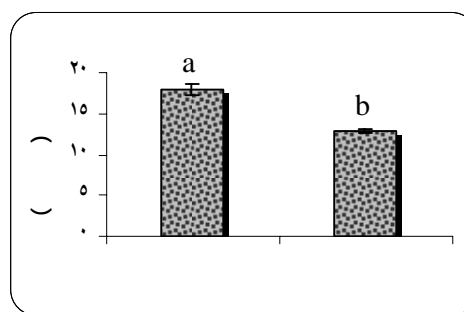
**



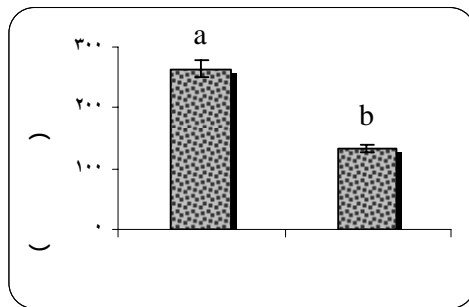
شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع کل، ارتفاع تاج و قطر متوسط تاج درختان کاج تهران در دو عرصه مورد مطالعه



شکل ۵- مقایسه میانگین حجم درخت متوسط در دو عرصه



شکل ۴- مقایسه میانگین قطر برابر سینه در دو عرصه

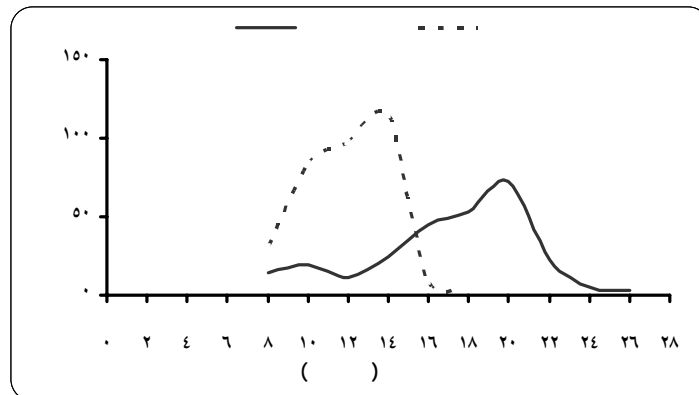


شکل ۶- مقایسه میانگین رویه زمینی درخت متوسط در دو عرصه

دارد. با توجه به این که نمودارهای ترسیم شده برای هر دو توده، شبیه منحنی نرمال می‌باشد، بنابراین دو توده مورد بررسی حالت همسال دارند. همان طور که مشاهده می‌شود در توده آبیاری شده با فاضلاب شهری، بیشترین تراکم مربوط به طبقه قطری ۲۰ بوده و توده دامنه وسیعی از قطرها را شامل می‌شود، ولی در توده آبیاری شده با آب چاه، بیشترین تراکم مربوط به طبقه قطری ۱۴ بوده و توده دامنه محدودتری از قطرها را شامل می‌شود.

در شکل‌های بالا حروف متفاوت معنی‌دار بودن میانگین‌ها و بارهای روی ستون، اشتباه معیار را نشان می‌دهد.

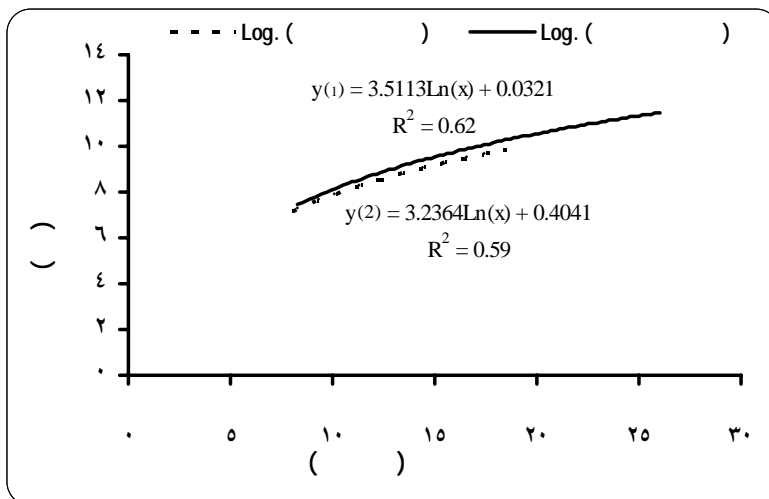
شکل ۷ پراکنش درختان دو عرصه مورد مطالعه را در طبقات قطری ۲ سانتیمتری نشان می‌دهد. نمودار پراکنش درختان در طبقات قطری بستگی به وضعیت توده جنگلی



شکل ۷- منحنی پراکنش تعداد درختان در هکتار در طبقات قطری مختلف در دو توده مورد مطالعه

($P < 0/01$) در عرصه آبیاری با فاضلاب و ضریب همبستگی $r = 0/77$ با سطح معنی‌داری ($P < 0/01$) در عرصه آبیاری با آب چاه نشان می‌دهد که در حقیقت در هر دو توده بین دو مشخصه قطر برابر سینه و ارتفاع درختان کاج تهران همبستگی قوی، مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

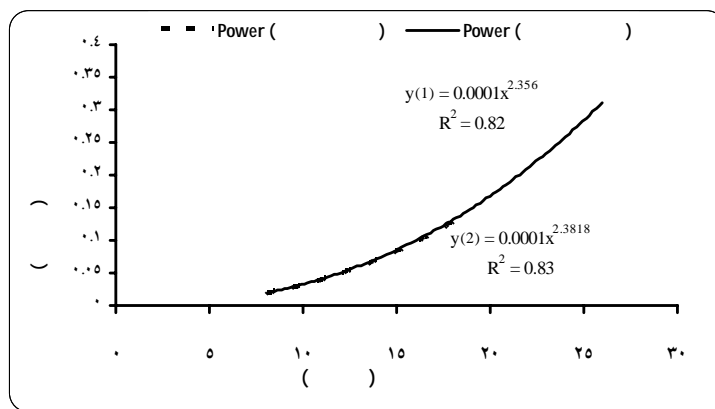
شکل ۸ منحنی ارتفاع دو توده و رابطه بین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان را نشان می‌دهد. با توجه به مدل‌های برازش شده مشاهده می‌شود که در هر دو توده مورد مطالعه با افزایش قطر، ارتفاع درختان نیز افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی $r = 0/79$ با سطح معنی‌داری



شکل ۸- ارتباط قطر برابر سینه و ارتفاع درختان کاج تهران در دو عرصه مورد مطالعه
 :y(1) :y(2)

مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در واقع مدل‌های برازش شده نشان می‌دهند که در توده آبیاری شده با فاضلاب شهری با توجه به این‌که درختان با طبقات قطری زیاد موجود هستند، حجم‌های زیاد نیز در توده مشاهده می‌شود، ولی در عرصه آبیاری با آب چاه با محدود شدن درختان به طبقات قطری پایین، حجم‌ها نیز به مقادیر کم محدود می‌گردند.

شکل ۹ ارتباط قطر برابر سینه و حجم درختان کاج تهران را در دو توده مورد بررسی نشان می‌دهد. ضریب همبستگی $r = 0.90$ با سطح معنی‌داری $(P < 0.01)$ در عرصه آبیاری با فاضلاب و ضریب همبستگی $r = 0.91$ با سطح معنی‌داری $(P < 0.01)$ در عرصه آبیاری با آب چاه نشان می‌دهد که در هر دو توده بین دو مشخصه قطر برابر سینه و حجم درختان کاج تهران همبستگی قوی،



شکل ۹- معادله مربوط به آبیاری با فاضلاب :y(1) معادله مربوط به آبیاری با آب چاه :y(2)

بحث

نتایج تحقیق حاضر مبین این مطلب است که مشخصه‌های قطر برابرسینه، ارتفاع کل، طول تاج، قطر متوسط تاج، رویه‌زمینی و حجم درختان کاج تهران به‌طور معنی‌داری در عرصه آبیاری شده با فاضلاب بیشتر از عرصه آبیاری شده با آب چاه است. به‌طور کلی استفاده از فاضلاب شهری در امر آبیاری می‌تواند به‌عنوان منبعی سرشار از عناصر مغذی مورد نیاز گیاه باشد (طباطبایی و توکلی، ۱۳۷۸؛ علیزاده، ۱۳۷۶؛ متین، ۱۳۷۲؛ Feigin et al., 1991). زیاد بودن غلظت عناصر تغذیه‌ای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در فاضلاب شهری در واقع به‌علت ورود فاضلابهای خانگی و واحدهای تولیدی و صنعتی کوچک در طول مسیر می‌باشد. آبیاری با فاضلاب سبب افزایش مقدار مواد غذایی خاک می‌شود (Meli et al., 2002؛ باقری، ۱۳۷۹؛ صفری سنجابی، ۱۳۷۴). در همین راستا (Bhati & Sing (2005)، Phillips et al., 1986 و Stewart & Flinn, 1984 نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. ایشان نیز تأیید می‌نمایند که زیاد بودن غلظت عناصر تغذیه‌ای در فاضلاب نسبت به آب چاه، سبب تجمع این عناصر در خاک می‌شود. در مطالعات دیگر مشخص شده است که افزایش عناصر تغذیه‌ای خاک در اثر آبیاری با فاضلاب و دسترسی راحت‌تر گیاه به غلظت زیاد عناصر مغذی ماکرو و میکرو فاضلاب شهری، سبب افزایش میزان رشد درختان می‌شود (Keller et al., 2002; Selivanovskaya et al., 2001; Stewart et al., 1990). در تأیید این مطلب می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط (Phillips et al., 1986) و (Stewart & Flinn (1984) بر روی *Pinus eldarica* اشاره کرد که آنها نیز به سرعت رشد بیشتر درختان در رویشگاه‌های آبیاری شده با فاضلاب (به‌علت محتوای مواد غذایی بیشتر در فاضلاب) پی برده‌اند. در واقع می‌توان گفت که مقدار عناصر تغذیه‌ای در فاضلاب شهری بیشتر از نیاز گیاهان است، بنابراین درختان در این شرایط

می‌توانند بیوماس گیاهی بیشتری را نسبت به درختان آبیاری شده با آب چاه تولید کنند (Sing & Bhati, 2005; Fitzpatrick et al., 1986). در واقع آبیاری با فاضلاب سبب تسهیل برگ‌دهی و در نتیجه افزایش تعداد برگ (از طریق تأثیر بر جریان فیزیولوژیک) در گیاه و جذب بیشتر انرژی خورشید می‌شود و در نتیجه افزایش رشد گیاه اتفاق می‌افتد (Chakrabarti & Nashikkar, 1994; Myers et al., 1996). مواد آلی موجود در فاضلاب باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک برای رشد و تولید بیوماس بیشتر (Bhati & Singh, 2002؛ افیونی و همکاران، ۱۳۷۷) و افزایش بازدهی محصول (Bozkurt & Yarilga, 2003) گیاهان می‌شود.

با این وجود، استفاده از فاضلاب در امر آبیاری باید در چارچوب برنامه‌های پایش و کنترل مستمر و براساس ویژگیهای آب، خاک و محیط هر محل صورت گیرد. مشکل اساسی کاربرد فاضلاب در آبیاری، وجود عناصر سنگین و سمی موجود در آن می‌باشد. قدر مسلم میزان بسیار کم بعضی از عناصر (مس، روی و منگنز) برای رشد گیاهان نه تنها سمی و خطرناک نیست بلکه ضروری نیز می‌باشد ولی در صورت افزایش جذب و تجمع آنها در خاک و گیاه می‌تواند مشکلات زیست محیطی بسیاری را به وجود آورد (Macnair, 1993؛ Clarkson & Luttge, 1989؛ Baker, 1987) و در برخی موارد بی‌توجهی به مسائل زیست محیطی استفاده از فاضلاب حاوی عناصر سرب، کادمیوم، نیکل و... ناشی از فعالیتهای صنعتی، موجب تخریب محیط خاک و منابع آب می‌گردد (نقشینه‌پور، ۱۳۷۳).

با توجه به مطالب اشاره شده و اثرات مثبت فاضلاب بر رشد درختان سوزنی‌برگ کاج تهران می‌توان توصیه کرد که از فاضلاب عظیم ایجاد شده در شهر تهران برای انجام پروژه‌های جنگل‌کاری و توسعه آن در حاشیه و کمربند سبز این شهر (البته بر پایه یک مدیریت صحیح،

- در گیاه یونجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۲ صفحه.
- طباطبایی، م.، ۱۳۷۷. پایداری در طرح‌های آبیاری با پساب. مجله آب و محیط زیست، ۳۱: ۳۵-۲۸.
- طباطبایی، م. و توکلی، م.، ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده. همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب در آبیاری، تهران، ۱۳۷۸، وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: ۲۶-۱.
- علیزاده، ا.، ۱۳۷۶. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری چغندر قند. وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی، ۱۰ صفحه.
- متین، ا.، ۱۳۷۲. آبیاری با فاضلاب شهری راه حلی برای کمبود آب. مجله پژوهش و سازندگی، ۲۵: ۱۸-۲۲.
- مصدق، ا.، ۱۳۷۸. جنگل‌کاری و نهالستان‌های جنگلی. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۱۶ صفحه.
- نجفی، پ.، موسوی، م. و عابدی، م.، ۱۳۸۰. اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری. همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، ۲۵ بهمن ۱۳۸۰: ۸۵-۹۰.
- نقشینه‌پور، ب.، ۱۳۷۳. کاربرد فاضلاب‌ها در امر تولیدات کشاورزی و اصلاح خاکها. اولین کنگره برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری امور زیربنایی (آب و خاک)، وزارت کشاورزی، تهران: ۱۴۴-۱۳۵.
- هودجی، م. و جلالیان، ا.، ۱۳۸۳. پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه. مجله محیط‌شناسی، ۳۶: ۲۶-۱۵.
- Al-Jamal, M.S., Sammis, T.W., Mexal, J.G., Picchioni, G.A. and Zachritz, W.H., 2000. A growth irrigation scheduling model for wastewater use in forest production. *Agricultural Water Management*, 56: 57-79.
- Baker, A.J.M., 1987. Metal tolerance. *New Physiologist*, 106: 93-111.
- Bhati, M. and Singh, G., 2002. Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioresource Technology*, 88: 221-228.
- Bhati, M. and Singh, G., 2005. Growth of *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and plant chemistry. *Bioresource Technology*, 69: 1019-1028.

تطبيق خصوصيات فيزيكي، شيميائي و حتى ميكروبي آن با استانداردهای ارائه شده بین‌المللی) استفاده شود.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق بدون یاری و مساعدت شهرداری شهری، به‌ویژه آقای مهندس عابدی (ناظر مقیم فضای سبز ناحیه ۳) میسر نبود. همچنین بر خود لازم می‌دانیم از همکاری‌های خانمها مهندس آقابراتی و شهسواری‌پور که در این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر نماییم.

منابع مورد استفاده

- افیونی، م.، رضایی‌نژاد، ی. و خیام‌باشی، ب.، ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به‌وسیله کاهو و اسفناج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۹(۱): ۳۰-۱۹.
- باقری، م.، ۱۳۷۹. اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر برخی خواص فیزیکی، شیمیایی و آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، ۱۶۶ صفحه.
- تجریشی، م.، ۱۳۷۷. نگرشی جدید و جامع به مشکل فاضلاب شهر تهران. مجله آب و فاضلاب، ۲۸: ۳۰-۱۶.
- تریاییان، ع. و هاشمی، ف.، ۱۳۷۸. آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه‌های تهران. مجله آب و فاضلاب، ۲۹: ۳۱-۳۶.
- حبیبی کاسب، ح.، ۱۳۷۱. مبانی خاکشناسی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۴ صفحه.
- حسن‌اقلی، ع.، لیاقت، ع. و میراب زاده، م.، ۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب‌های خانگی و خودپالایی آن. مجله آب و فاضلاب، ۲: ۴۲-۱۱.
- زبیری، م.، ۱۳۷۳. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.
- صفری‌سنجایی، ع.، ۱۳۷۴. پیامد آبیاری با پساب (فاضلاب شهری تیمار شده) بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاکهای ناحیه برخوردار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر

- chemical and microbiological soil parameters in a *Citrus* orchard under Mediterranean condition. *The Science of the Total Environment*, 285: 69-77.
- 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 Physiol*, 16: 211-219.
 - Phillips, R., Fisher J.T. and Mexal J.G., 1986. Fuelwood production utilizing *Pinus eldarica* and sewage sludge fertilizer. *Forest Ecology and Management*, 16: 95-102.
 - Schat, H. and Ten Bookum, W.M., 1992. Metal specificity of metal tolerance syndromes in higher plants, In: Proter, J.A., Baker, J.M., Reeves, R.D.(Eds.), *The Ecology of Ultramafic (serpentine) Oils*, Intercept Andover, MA: 337-352.
 - Selivanovskaya, S.Y., Latypova, V.Z., Kiyamova, S.N. and Alimova, F.K., 2001. Use of microbial parameters to assess treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 86: 145-153.
 - Stewart, H.T.L. and Flinn, D.W., 1984. Establishment and early growth of trees irrigated with wastewater at four sites in Victoria, Australia. *Forest Ecology and Management*, 8: 243-256.
 - Stewart, H.T.L., Hopmans, P., Flinn, D.W. and Hillman, T.J., 1990. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. *Environmental Pollution* 63: 155-177.
 - Bozkurt, M.A. and Yarılgı, T., 2003. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. *Turk. J. Agric For*, 27: 285-292.
 - Chakrabarti, C. and Nashikkar V.J., 1994. Forest tree fertilization with sewage. *Bioresource Technology*, 50: 185-187.
 - Clarkson, D.T. and Lutge, U., 1989. Mineral nutrition: divalent cations, transport and compartmentation. *Prog. Botany*, 51: 93-112.
 - Cromer, R.N., Tompkins, P. and Barr, N.J., 1987. Irrigation of *Pinus radiata* with wastewater: tree growth in response to treatment. *Aus. Forest Res.*, 13: 57-65.
 - Feigin, A., Ravina, I. and Shalheret, J., 1991. Irrigation with treated sewage effluent. Springer-Verlag, Berlin, 152-155.
 - Fitzpatrick, G.E., Donselman, H. and Carter, N.S., 1986. Interactive effects of sewage effluent irrigation and supplemental fertilization on container - grown trees. *Hort. Science*, 21(1): 92-93.
 - Keller, C., Grath, S.P.Mc. and Dunham, S.J., 2002. Trace metal leaching through a soil grassland system after sewage sludge application. *J. Environ. Qual*, 31: 1550-1560.
 - Macnair, M.R., 1993. The genetic metal tolerance in vascular plants. *New Physiologist*, 124: 541-559.
 - Meli, S., Porto, M., Belligno, A., Bufo, S.A., Mazzatura, A. and Scopa, A., 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on

Effect of irrigation with municipal effluent on soil and growth of *Pinus eldarica* Medw. trees

A. Salehi ^{1*}, M. Tabari ², J. Mohammadi ³ and A. Aliarb ⁴

1*- Corresponding author, M.Sc. student in Forestry, Tarbiat Modares University. E-mail: neda_forest@yahoo.com

2- Associate Professor, Forestry Department, Tarbiat Modares University.

3- Associate Professor, Soil Science Department, Shahrekord University.

4- Ph.D. student in Forestry, Tarbiat Modares University.

Abstract

In this study growth of 15 year-old trees of *Pinus eldarica* Medw. were investigated in two areas irrigated by municipal effluent and good water in south Tehran. For this purpose four sample plots (30×30 m) were systematic-randomly chosen in both areas. The results showed that diameter at breast height (d.b.h.), total height, crown length, average crown diameter, basal area and volume of *Pinus eldarica* Medw. trees and the concentration of nutrient elements (N, P, K, Ca, Mg) of soil in area irrigated by municipal effluent were significantly ($P < 0.01$) greater than by good water. It might be concluded that the municipal effluent could be utilized for irrigation trees at afforestation.

Key words: green space, growth, irrigation, municipal effluent, *Pinus eldarica*, soil.