

اثرهای سیستم آبیاری نشتی - زیرسطحی و پساب بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی زیتون رقم 'روغنی' در فضای سبز^۱

Effects of Subsurface-Leaky Irrigation System and Wastewater on Growth and Physiological Characteristics of 'Roghani' Olive Trees in Urban Landscape

علی نیکبخت*، نبی اله اشرف، مهدی قیصری، نعمت اله اعتمادی، علی مالکی^۲

چکیده

یکی از عامل‌های محدود کننده گسترش فضاهای سبز شهری، تأمین آب برای آبیاری گیاهان می‌باشد. یکی از اصول کلی در راستای مدیریت پایدار فضای سبز و خشک منظر سازی، استفاده از منابع های آبی با کیفیت پایین مثل پساب تصفیه شده می‌باشد که به دلیل محدود بودن منابع آب موجود، استفاده از این منبع ها در کشاورزی و فضای سبز اجتناب ناپذیر است. به منظور بررسی روش مصرف و کیفیت آب مصرفی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی زیتون در فضای سبز، پژوهشی در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بدین منظور درختان هشت ساله زیتون توسط سیستم ابداعی آبیاری نشتی- زیر سطحی و همچنین آبیاری سطحی با دو کیفیت آب (پاک و پساب) به مدت دو سال آبیاری شدند. نتایج نشان داد که به طور کلی سیستم نشتی- زیر سطحی باعث افزایش رشد درخت ها، سطح برگ‌ها و میزان کلروفیل برگ گردید. کاربرد پساب باعث افزایش سطح برگ‌ها، افزایش ارتفاع، رشد شاخه‌های سال جاری، و کلروفیل برگ‌ها شد. درخت ها در سیستم نشتی-زیر سطحی ۱۰۰٪ رشد بیشتری نسبت به آبیاری سطحی نشان دادند. بنابراین سیستم نشتی- زیر سطحی برای آبیاری فضای سبز شهرها می‌تواند کارآمدتر از سیستم سطحی باشد. پساب می‌تواند به عنوان منبعی برای آبیاری گیاهان فضای سبز استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی، آبیاری سطحی، خشک منظر، فضای سبز شهری، منابع آبی.

مقدمه

کمبود آب یکی از عامل‌های محدود کننده توسعه فضای سبز و کشاورزی در سال‌های آینده در منطقه‌های گرم و خشک و مدیترانه‌ای خواهد بود. این امر ایجاب می‌کند که مصرف بهینه آب و صرفه جویی در مصرف آن، مد نظر قرار گیرند که از مهمترین راه‌های آن، استفاده بهینه از منابع های آب، آبیاری موثر و کارآمد و استفاده از گیاه های مقاوم به کمبود آب می‌باشد. این روش که به عنوان منظر سازی کم نیاز به آب^۳ نامیده می‌شود بر پایه مصرف آگاهانه آب، برنامه ریزی می‌شود. زیتون یکی از گیاهانی است که مقاومت بالایی نسبت به خشکی دارد. بر اساس برنامه توسعه کشاورزی، قرار است در برنامه پنج ساله چهارم و پنجم، تا سال ۱۳۹۴، باغ‌های تحت پوشش کشت زیتون، به حدود ۶۱۵ هزار هکتار برسد. در حال حاضر سطح زیر کشت این محصول، حدود هزار

۱- تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۲۹

۲- به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (anikbakht@cc.iut.ac.ir)

هکتار باغ بارور و سطح زیر کشت غیربارور ۵۰ هزار هکتار می‌باشد (۲). به دلیل مقاومت بالای زیتون در برابر خشکی و آفت‌ها، زیبایی و همیشه سبز بودن، هم اکنون در بسیاری از نقاط کشور این گیاه تبدیل به یکی از گونه‌های فضای سبز شده است (۳). این موضوع نشان دهنده گسترش تدریجی سطح زیر کشت زیتون به ویژه در منطقه های گرم و خشک که با کمبود شدید آب مواجه هستند، شد. بر اساس آمار موجود، برداشت از آب‌های زیرزمینی در ایران در سال‌های اخیر سیر صعودی داشته است (۸). هشدارهای متولیان امور آب در زمینه استفاده بی رویه از منبع های آب زیر زمینی، به دلیل نیاز شدید کشاورزان سودمند واقع نشده است. استفاده از منبع های جدید آب و افزایش بازده آبیاری می‌تواند بخشی از مشکل های مطرح شده را رفع نماید. برای غلبه بر کمبود آب و جبران افزایش تقاضای آب برای توسعه فضای سبز شهری، باید از همه منبع های آبی از جمله آب‌های با کیفیت پایین استفاده شود. افزایش تولید پساب شهری و صنعتی نتیجه رشد و توسعه اقتصادی است. اگر به طور صحیح مدیریت نشود، افزون بر تهدید محیط زیست باعث هدر رفت سرمایه‌های ملی و انرژی خواهد شد. استفاده از پساب خانگی به منظور آبیاری محصول های کشاورزی در قرن نوزدهم همراه با توسعه سیستم‌های جمع آوری پساب در اروپا و آمریکا ایجاد شد. امروزه نیز طرح‌های استفاده مجدد از پساب در مقیاس وسیع در بسیاری از کشورهای در حال توسعه در حال اجراست (۲۳، ۲۱، ۱۹). هم اکنون در دنیا از این منبع جهت آبیاری بخشی از فضاهای سبز مثل زمین‌های ورزشی، کمربندهای سبز شهری، فضای سبز کارخانه‌ها، پارک‌ها و فضای سبز مکان های عمومی استفاده می‌شود (۱۴، ۱۲). در کشور ما نیز اگر چه تعداد کمی از شهرها دارای شبکه‌های جمع آوری و مرکزهای تصفیه پساب هستند ولی انتظار می‌رود در آینده همه شهرها به این سیستم مجهز شوند. بنابراین پژوهش در مورد اثرهای آبیاری با پساب بر محصول‌های کشاورزی و مسئله‌های بهداشتی مربوطه می‌تواند راه گشای برنامه ریزی صحیح و اصولی جهت به‌کارگیری پساب در کشاورزی و فضای سبز باشد. بررسی اثر آبیاری با پساب بر رشد درختان کاج تهران نشان داده است که ارتفاع کل، طول تاج و حجم درخت های کاج در آبیاری با پساب به طور معنی داری نسبت به تیمار آبیاری با آب معمولی افزایش می‌یابد (۵). پژوهش‌ها نشان داده است که درخت ها می‌توانند عنصرهای غذایی موجود در پساب را تبدیل به زیست توده گیاهی نمایند (۲۲).

انتخاب روش آبیاری مناسب برای موفقیت در استفاده از پساب در فضای سبز اهمیت زیادی دارد. روش‌های آبیاری موجود برای آبیاری با پساب مفید نبوده و گاهی موجب افزایش مشکل ها می‌شوند. از سویی آبیاری سطحی و بارانی در منطقه های خشک و نیمه خشک به دلیل تلفات بالای آب و پخش آب در سطح و خیس شدن بیشتر قسمت‌های گیاه و افزایش احتمال آلودگی توصیه نمی‌شود (۱۳). پژوهشگران با مقایسه مزیت‌ها و عیب‌های کاربرد روش‌های مختلف آبیاری در هنگام بهره برداری از پساب، نتیجه گرفتند که روش آبیاری قطره‌ای، می‌تواند مشکل های خاص ناشی از کاربرد پساب را کاهش دهد (۲۴، ۱۹). آبیاری قطره‌ای زیر سطحی نیز از جمله روش‌های آبیاری است که در دهه اخیر در نقاط مختلف دنیا گسترش یافته است. این روش اولین بار در سال ۱۹۵۹ در کالیفرنیا مطرح شد و به تدریج با بهبود تجهیزات، توسعه یافت. اما از معایب بزرگ آن در هنگام استفاده از پساب، گرفتگی قطره چکان‌ها و لوله‌ها است که میزان آن بستگی به کیفیت پساب دارد (۱۷). سیستم‌های آبیاری زیر سطحی با لوله‌های متخلخل یکی از جدیدترین روش‌های آبیاری است. این سیستم به خاطر قرار نگرفتن آب در معرض تبخیر و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه‌های گیاه و دارا بودن پروفیل رطوبتی پیوسته، در میزان آب مصرفی صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای می‌نماید. بدین سبب بازده آبیاری سیستم‌های زیر سطحی در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد (۱۲).

پژوهشگران با مقایسه روش آبیاری زیر سطحی و سطحی گزارش کرده‌اند که کارایی آبیاری زیر سطحی برای گیاه بادمجان حداقل ۴۴ برابر آبیاری سطحی است (۸). با وجود مزایای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، آن‌ها

نیاز به امکانات و تجهیزات تصفیه آب و ایستگاه‌های پمپاژ جهت تأمین فشار تا شش اتمسفر و همچنین مدیریت‌های تخصصی دارند. از سویی با توجه به پراکندگی مکانی فضا‌های سبز شهری، امکان تأمین فشار لازم برای سیستم آبیاری و تصفیه آب در تمام مکان‌ها مشکل است و هزینه اولیه و جاری بسیار قابل توجهی را در بر دارد. بر این اساس قیصری و نیکبخت (۶) روش آبیاری نشتی - زیر سطحی را پیشنهاد دادند که در آن سیستم، آب توسط منافذ تعبیه شده بر روی لوله‌های ویژه آبیاری، در محدوده توسعه ریشه توزیع می‌شود و نیاز به سیستم فیلتر کردن مجزی ندارد. از طرفی این سیستم نیاز به نیروی الکتریسیته برای تأمین فشار پمپاژ نیز ندارد. هدف از این پژوهش بررسی واکنش درخت زیتون به آبیاری با پساب و بررسی کارایی سیستم آبیاری نشتی - زیر سطحی و توانایی آن در رفع مشکل‌های آبیاری با پساب در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۱ در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. درختان هشت ساله زیتون رقم 'روغنی' که با فاصله ۴×۴ متر در خاک دارای بافت شنی لومی رسی^۱ با $pH = 7/5$ و $EC = 1/5 \text{ dS m}^{-1}$ کاشته شده بودند، برای پژوهش انتخاب شدند. پژوهش در دو سال در قالب آزمایش کرت های خرد شده با دو فاکتور و چهار تکرار (هر تکرار شامل دو درخت) اجرا شد و داده‌ها به صورت تجزیه مرکب تحلیل شدند. فاکتور اصلی کیفیت آب آبیاری بود که شامل دو سطح آب پاک و پساب تصفیه شده بود و فاکتور فرعی سیستم آبیاری در دو سطح سیستم آبیاری سطحی و نشتی - زیر سطحی در نظر گرفته شد. در سیستم آبیاری نشتی - زیر سطحی از لوله خرطومی از جنس پلی وینیل کلراید (U-PVC) سوراخ دار استفاده شد. شکل خرطومی این لوله‌ها نه تنها از نظر قابلیت انعطاف، بلکه از نظر مقاومت بیشتر در مقایسه با لوله‌های صاف با مواد اولیه یکسان قابل توجه است. سوراخ‌های روزنه در گودی‌های کنگره‌ای شکل لوله به گونه‌ای ایجاد شده است که بر مقاومت لوله تأثیری نگذارد. اطراف این نوع لوله با پوشش‌هایی از مواد نرم پیش تافته مصنوعی پوشیده شده است که دارای ترکیب‌هایی از الیاف درهم تنیده و با یک شبکه توری است که اطراف لوله را احاطه می‌نماید. این پوشش حجیم، ترکیبی از وظیفه‌های فیلتری و هیدرولیکی را ایفا می‌نماید. این سیستم در عمق ۴۰-۳۰ سانتی متری از سطح خاک و به طول هفت متر برای هر درخت طراحی و با فاصله ۴۰ سانتی متر از طوقه درخت در اوایل اسفند ماه ۱۳۸۹ کار گذاشته شد. طول و قطر لوله بر اساس سطح سایه انداز درخت طراحی شد که آرایش آن می‌تواند به صورت تک درختی و یا شبکه‌ای اجرا گردد که در این پژوهش از آرایش خطی استفاده گردید.

سیستم آبیاری نشتی - زیر سطحی بر اساس نیاز آبی درخت‌ها، برای دو درخت در هر کرت طراحی شد. در سیستم سطحی هم دو درخت در هر تکرار در کرت‌های با شیب دو درصد قرار داده شد و به طور هم‌زمان آبیاری شدند. در این طرح از دو مخزن ۲۰۰۰ لیتری برای ذخیره آب مورد نیاز استفاده شد. آب پاک از شبکه آب زراعی دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین و پساب از تصفیه خانه شاهین شهر اصفهان به محل منتقل شد. جدول ۱ کیفیت این دو منبع آب را نشان می‌دهد. نیاز آبی زیتون بر اساس رابطه فائو-پنتمن محاسبه شد و برای هر درخت میزان ۱۱۴/۱۸ لیتر در هر دور آبیاری به دست آمد که معادل ماهانه ۶۸۴/۸۴ لیتر برای هر درخت بود (جدول مربوط به محاسبه نیاز آبی آورده نشده است). پس از استقرار سیستم، آبیاری با دور آبیاری ثابت (پنج روزه) و میزان یکسان آب برای هر دو سیستم انجام شد. به این صورت که در هر دور آبیاری، برای هر درخت ۱۱۴ لیتر آب، توسط مخزن‌های ۱۵۰ لیتری اندازه گیری شده و در داخل لوله سیستم آبیاری نشتی - زیر سطحی تخلیه شد. در آبیاری سطحی نیز میزان آب مشابهی اندازه گیری و در داخل جوی‌ها خالی شد. پس از ۲ ماه اعمال تیمار، ارتفاع درخت، میزان رشد شاخه‌های سال جاری، میزان قندهای محلول برگ، میزان کلروفیل، میزان

کارتنوئید و سطح برگها بصورت ماهیانه به مدت دو سال اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شاخص ارتفاع، قبل از اعمال تیمار، ارتفاع درخت اندازه گیری شد و در آخر آزمایش میزان افزایش ارتفاع، از تفاضل رشد اولیه و ثانویه به دست آمد. برای به دست آوردن میزان رشد شاخه‌های سال جاری، چهار شاخه از هر درخت انتخاب و علامت گذاری شد و میزان رشد آنها اندازه گیری شد. برای اندازه گیری سطح برگ، ۱۰ برگ از هر تکرار جدا گردید و سطح آنها با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ^۱ بر حسب میلی‌متر مربع به دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید برگها، به روش لیشتنتالر رنگیزه‌های گیاهی توسط حلال استون ۱۰۰٪ استخراج گردید و سپس درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتر مدل [UV-600 A] ریخته شد و میزان جذب نور در سه طول موج ۶۴۴/۸، ۶۶۱/۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و با رابطه‌های زیر میزان کلروفیل محاسبه شد (۱۶).

$$C_a = 11.24 \times A_{661.6} - 2.04 \times A_{644.8}$$

$$C_b = 20.13 \times A_{644.8} - 4.19 \times A_{661.6}$$

$$C_{a+b} = 7.05 \times A_{661.6} + 18.09 \times A_{644.8}$$

$$C_a = \text{غلظت کلروفیل } a \qquad C_b = \text{غلظت کلروفیل } b \qquad C_{a+b} = \text{میزان کلروفیل کل}$$

$$A_{661.6} = \text{جذب در } 661/6 \text{ نانومتر}$$

$$A_{644.8} = \text{جذب در } 644/8 \text{ نانومتر}$$

میزان کارتنوئید به این طریق محاسبه گردید:

$$C_{X+C} = (1000 \times A_{470} - 1.90 C_a - 63.14 C_b) / 214$$

$$A_{470} = \text{جذب در } 470 \text{ نانومتر}$$

اندازه گیری میزان قندهای ساده محلول در شاخساره با استفاده از روش استخراج با سولفوریک اسید و فنل انجام گرفت و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد (۹). میزان کلروفیل نسبی با دستگاه کلروفیل سنج قابل حمل (مدل CL-01) اندازه گیری شد. آنالیز و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری Statistix و SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد نظر از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتیجه و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تیمار نوع سیستم آبیاری بر روی ارتفاع و سطح برگ در سطح ۱٪ و کلروفیل a در سطح ۵٪ اثر معنی داری داشته است. همچنین اثر کیفیت آب آبیاری بر میزان سطح برگ در سطح ۱٪، کلروفیل a در سطح ۱٪ و کلروفیل a+b و ارتفاع در سطح ۵٪ معنی دار بود. اثر زمان بر روی ارتفاع، کارتنوئید، کلروفیل a+b و قندهای محلول در سطح ۱٪ معنی دار بود (نتایج آورده نشده است). همچنین میزان کلروفیل کل، ارتفاع و سطح برگ در سال دوم نسبت به سال اول در سیستم زیر سطحی بیشتر بوده و میزان قند در بافت گیاهی کاهش پیدا کرده است (نتایج آورده نشده است).

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب استفاده شده برای آبیاری در این آزمایش.

Table 1. Chemical characteristics of waste water and ground water used for irrigation in this study.

ویژگی‌های اندازه گیری شده Measured factors	آب چاه Ground water	پساب Waste water
pH اسیدیته	6.6	7.2
قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	0.59	1.6
کلسیم Ca (meq l ⁻¹)	3.7	3.5
منیزیم Mg (meq l ⁻¹)	2.2	3.5
سدیم Na (meq l ⁻¹)	1.2	7.15
پتاسیم K (meq l ⁻¹)	0.08	0.24
فسفر P (meq l ⁻¹)	0.1	0.16
نیترژن نیتروژن N (mg l ⁻¹)	10.675	26.95
بیکربنات (CO ₃)	0	4.9
اکسیژن مورد نیاز بیو شیمیایی (BOD)	-	32.45
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)	-	54.3
کدورت (N.T.U)	-	6.65
کل مواد جامد معلق TSS (mg l ⁻¹)	38	42

نتایج آزمایش نشان داد که سیستم آبیاری بر افزایش ارتفاع درخت‌ها تأثیر معنی داری داشت به طوری که رشد درختان در سیستم زیر سطحی نسبت به غرقابی حدود ۱۰۰٪ بهبود یافت (جدول ۲). همچنین مقایسه برهمکنش تیمار سیستم و آب آبیاری نشان داد که سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی با آب پساب بیشترین اثر را برافزایش ارتفاع درخت‌های زیتون داشته است به طوری که افزایش ۱۵۴٪ ارتفاع در این سیستم نسبت به سیستم آبیاری سطحی با آب پاک مشاهده می‌شود. کاهش رشد سیستم سطحی ممکن است به علت کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول در اثر کمبود آب باشد چرا که کمبود آب می‌تواند باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تبادلات گازی و فتوسنتز شود که کاهش رشد را در پی خواهد داشت (۲۰، ۲۵). کاظمی نژاد و همکاران (۷) نیز با بررسی آبیاری سفالی زیر سطحی و غرقابی بر رشد درختان تاغ متوجه شدند که ارتفاع و قطر تاج در روش زیر سطحی بسیار بالا و گاهی دو برابر بود. گلدهرم و همکاران (۱۰) نیز نشان دادند که میزان رشد زیتون با آب در دسترس رابطه مستقیم دارد که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. میزان رشد درخت‌ها در سیستم زیر سطحی نسبت به

سطحی بیشتر بود که نشان می‌دهد در این سیستم آب در دسترس گیاه و کارایی مصرف آب بیشتر از سطحی می‌باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که در آبیاری با پساب میزان رنگیزه های سبز برگ‌ها (کلروفیل a و کلروفیل a+b) نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و برگ‌ها ۲۸٪ کلروفیل بیشتر نسبت به تیمار آب پاک داشتند ولی میزان قندها، میزان کلروفیل b و کارتنوئیدها در دو تیمار اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۳). میزان رنگیزه سبز برگ‌ها، میزان کارتنوئیدها و کلروفیل b در سیستم زیر سطحی و سطحی اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۲). بین میزان کلروفیل a و b همبستگی مثبتی مشاهده شد و با افزایش کلروفیل a، کلروفیل b نیز افزایش نشان داد ($r = 0/871$ ، $p = 0/001$). افزایش میزان کلروفیل به احتمال به دلیل جذب بیشتر منیزیم توسط درختان از پساب بوده است زیرا میزان آن در پساب بیشتر از آب پاک می باشد (جدول ۱) و منیزیم از عنصرهای اصلی در ساختار کلروفیل می باشد (۸). همچنین میزان ارتفاع درختان در استفاده از پساب ۲۸/۶٪ بیشتر از آب پاک بوده است (۸). بین ارتفاع و میزان کلروفیل a+b همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد ($r = 0/61$ ، $p = 0/002$).

سطح برگ‌ها در سیستم زیر سطحی ۱۴/۵٪ بیشتر از سیستم سطحی بود (جدول ۲). همچنین بین سطح برگ و ارتفاع همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد و معلوم شد هرچه سطح برگ وسعت یافته است، ارتفاع نیز افزایش یافته است ($r = 0/594$ ، $p = 0/004$).

کاهش سطح برگ یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در صرفه جویی آب و زنده مانی گیاه می‌باشد (۱۵، ۲۵). پاگینز و همکاران (۲۰) در آزمایش بر روی گیاه اکالیپتوس نتیجه گرفتند که با کاهش آب، سطح برگ کاهش می‌یابد که نتایج پژوهش حاضر نیز این مطلب را تأیید می‌کند. همچنین نوزو و همکاران (۱۸) مشاهده کردند که تنش خشکی موجب کاهش تعداد و سطح برگ در پرتقال تانگور شد. کاهش رشد برگ، کاهش جذب نور و در نهایت کاهش رشد را به دنبال خواهد داشت. میزان سطح برگ اختلاف معنی داری در تیمار کیفیت آب آبیاری نشان داد بطوریکه سطح برگ در آبیاری با پساب ۱۱٪ بیشتر از آب پاک بود. افزایش سطح برگ در آبیاری با پساب می‌تواند به دلیل بالا بودن نیتروژن، پتاسیم و فسفر پساب باشد (جدول ۱) که باعث افزایش رشد می‌شوند.

میزان رشد شاخه‌های سال جاری در آبیاری با پساب با سیستم نشتی- زیر سطحی نسبت به سیستم سطحی با آب پاک ۸۰٪ افزایش یافت (شکل ۱). این در حالی بود که میزان رشد در سیستم سطحی با آب پاک و پساب اختلاف معنی داری نشان نداد. به نظر می‌رسد دسترسی بیشتر گیاه به آب آبیاری و جذب بیشتر آب رشد شاخه‌های درخت‌ها را افزایش داده است. ارجی و ارزانی (۱) نیز پیشتر مشخص کرده بودند که تعداد و طول شاخه‌های زیتون به شدت تحت تأثیر تنش آبی قرار دارد. در گذشته لایرنس و همکاران (۱۴) با بررسی روش‌های آبیاری مختلف بر بلوط نتیجه گرفتند که با افزایش میزان آب در دسترس، رشد رویشی و سطح سایه انداز افزایش می‌یابد.

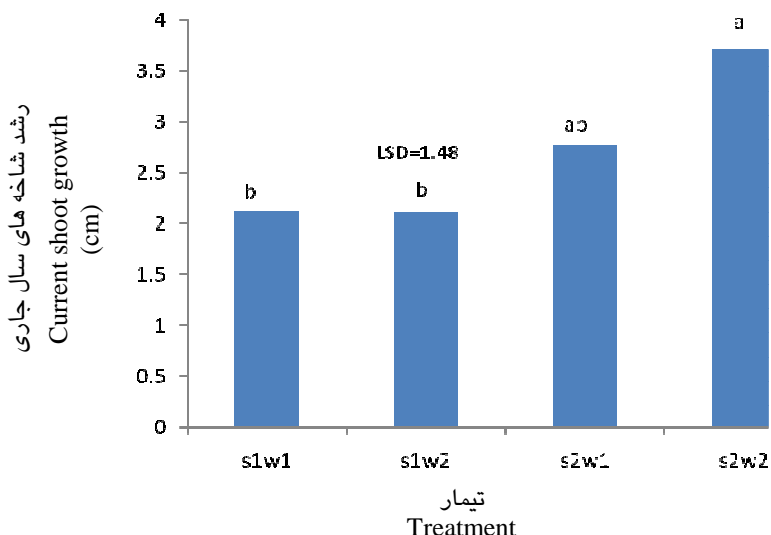


Fig 1. Shoot growth in olive trees. (S₁W₁: surface irrigation with pure water, S₁W₂: surface irrigation wastewater, S₂W₁: subsurface system with pure water and S₂W₂: subsurface system with wastewater). شکل ۱- میزان رشد شاخه‌های سال جاری درختان زیتون (S₁W₁: آبیاری سطحی با آب پاک؛ S₁W₂: سطحی با پساب؛ S₂W₁: آبیاری زیر سطحی با آب پاک؛ S₂W₂: آبیاری زیر سطحی با پساب). میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

اگر چه میزان قندهای محلول در برگها در آبیاری سطحی با آب پاک بیشتر بود ولی تفاوت معنی داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد. میزان قندهای محلول بین تیمارهای سیستم آبیاری اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۲). معلوم شده است که افزایش میزان قندهای محلول و کاهش پتانسیل اسمزی درون بافت‌ها یک مکانیسم سازگاری در برابر تنش آبی می‌باشد (۲۵). بین میزان قند محلول و کلروفیل a+b همبستگی منفی مشاهده شد. ($r = -0.594$ و $p = 0.004$).

جدول ۲- تأثیر سیستم آبیاری بر روی شاخص‌های فیزیولوژیک و میزان رشد درختان زیتون مورد استفاده در این آزمایش.

Table 2. Effect of irrigation system on physiological indices and growth in olive trees used in this experiment.

تیمار Treatment	افزایش ارتفاع Height change (cm)	کارتنوئید Carotenoid (mg g ⁻¹)	کلروفیل نسبی Chlorophyll نسبی	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg g ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹)	قندهای محلول Total soluble sugar (mg g ⁻¹)	سطح برگ Leaf area (mm ²)
سطحی Surface	13.75 b†	0.378 a	89.82 a	1.89 a	0.365 a	1.145 a	26.53 a	499.64 b
نشتی-زیر سطحی Leaky- subsurface	26.09 a	0.363 a	91.055 a	1.99 a	0.35 a	1.06 b	24.83 a	571.14 a
LSD	5.1	0.03	9.4	0.3	0.32	0.066	4.44	51.04

† In each column values with the same letter are not significantly different at 5% probability level, according to LSD test.

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵% اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- اثر کیفیت آب بر شاخص‌های فیزیولوژیک و میزان رشد درخت های زیتون مورد استفاده در این آزمایش
Table 3. The effect of water quality on physiological indices and growth in olive trees used in this experiment.

تیمار Treatment	افزایش ارتفاع Height change (cm)	کارتنوئید Carotenoid (mg g ⁻¹)	کلروفیل نسبی	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg g ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹)	قندهای محلول Total soluble sugar (mg g ⁻¹)	سطح برگ Leaf area (mm ²)
آب پاک (Pure water)	17.98 b†	0.364 a	87.14 a	1.807 b	0.356 a	1.069 b	26.01 a	507.19 b
پساب (Wastewater)	21.85 a	0.376 a	93.73a	2.083 a	0.356 a	1.143 a	25.35 a	563.59 a
LSD	3.62	0.02	9.041	2.13	0.03	0.049	5.24	34.257

† In each column values with the same letter are not significantly different at 5% probability level, according to LSD test.

‡ در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که پساب می‌تواند به عنوان یک منبع آبیاری برای درختان فضای سبز مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از پساب برای آبیاری گیاهان زینتی و فضای سبز قابل قبول است، به خصوص که به دلیل غیر خوراکی بودن این گیاه های میزان نگرانی عمومی در نتیجه استفاده از پساب تا حد قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت. سیستم آبیاری زیر سطحی به خاطر عدم داشتن تبخیر سطحی اثری که بر توزیع رطوبت در ناحیه پراکنش ریشه گیاه دارد روش مفیدی برای آبیاری به ویژه با پساب می‌باشد و به دلیل عدم نیاز به سیستم تصفیه و به خاطر کارایی بالا در هدایت آب به زیر سطح خاک می‌تواند به عنوان روشی موثر در کاربرد پساب مورد استفاده قرار گیرد.

References

منابع

۱. ارجی، ع.، ک. ارزانی و س.م. میرلطفی. ۱۳۸۱. تأثیر مقادیر مختلف آبیاری برعکس‌العملهای فیزیولوژیکی و رشدی نهال‌های زیتون رقم زرد. مجله علوم خاک و آب ۱۶:۱۱۰-۱۲۰.
۲. بی‌نام. ۱۳۹۰. ماهنامه دام، کشت و صنعت ۷۱-۷۰:۱۳۵.
۳. سیم کش زاده، ن. ۱۳۸۸. مقایسه ارقام مختلف زیتون در شرایط اصفهان به منظور کاربری در فضای سبز. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه علوم باغبانی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۳ ص.
۴. شبانیان بروجنی، ح.، م. حاج عباسی، م. مبلی و م. افیونی. ۱۳۸۴. اثر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل ایران بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی و غلظت عناصر در چمن، میمون و قرنفل. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۴۸-۱۳۵: ۶

۵. صالحی آ، م. طبری، ج. محمدی و ع. علی عرب. ۱۳۸۷. اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خاک و رشد درختان کاج تهران. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ۱۹۶-۱۸۶:۱۶.
۶. قیصری، م. و ع. نیکبخت. ۱۳۸۹. سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی. اداره کل ثبت شرکت‌ها و مالکیت صنعتی. شماره ثبت اختراع: ۶۶۹۸۰.
۷. کاظمی نژاد، ا.، ع. کارگر، ح. کارگر و ص. صدرالدین. ۱۳۸۶. بررسی اثر آبیاری زیر سطحی در رشد و نمو درخت تاغ در مناطق بیابانی با استفاده از لوله‌های سفالی. مجله جنگل و مرتع ۹۳-۷۴:۸۸.
۸. رهنما، م.م.، س.م.ج. آروین، ع. رضائی و ز. حقیقت. ۱۳۸۲. تعیین آب مصرفی گیاه بادمجان با استفاده از سیستم آبیاری زیر زمینی. هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان. ۳۴۹-۳۴۲.
9. Dubios, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356
10. Goldhamer, D.A., J. Dunai and L.F. Ferguson. 1993. Water use requirements of 'Manzanillo' olives response to sustained deficit irrigation. Acta Hort. 335:365-371.
11. Hespanhol, I. and A.M.E. Prost. 1994. Who guidelines and national standard, for reuse and water quality. Water Res. 29:119-124.
12. Jnab, I., B. Lesikar, A. Kenimer and G. Sabbagh. 2001. Subsurface drip irrigation of residential effluent. Soil Chem. ASAE. 44:1149-1157.
13. Jordan, L.A., D.A. Devitt, R.L. Morris and D.S. Neuman. 2001. Foliar damage to ornamental trees sprinkler irrigated with reuse water. Irrig. Sci. 21:17-25.
14. Laurence, R., S. Katherine and D. Mc Creary. 2005. Irrigation effects on the growth of newly planted oaks (*Quercus* spp). Arboriculture 31:83-88.
15. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses, Vol. 2. Academic Press. New York. 479 p.
16. Lichtenhaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. PP. 350-382. In: R. Douce and L. Packer (Eds.). Methods Enzymol., Academic Press Inc, New York.
17. Metcalf. R. and B.J. Eddy. 2003. Wastewater engineering, treatment and reuse. 4th edition, McGrow Hill Pub. Com. 1848p.
18. Nuzzo, U., C. Xiloyannis, B. Dischio, G. Montanaro and G. Cileano. 1997. Growth and yield in irrigated and non-irrigated olive trees cv. Coratina over four years after planting. Acta Hort. 449:75-82.
19. Pescod, M.B. and A. Arar. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation Drainage Paper 47, Rome, Italy, 125p.
20. Pugnaire, I.F., L.S. Endols and J. Pardo. 1993. Constraints by water stresses on plant growth. pp. 247-259. In: M. Pessarakli (Ed). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, Inc. New York. 973 p..

21. Qian, Y.L. and B. Mecham. 2005. Long-term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways. *J. Agron.* 97:717-721.
22. Sing, G. and M. Bahati. 2005. Growth of *Dalbergia sisso* in desert regions of western India using municipal effluent. *J. Biol. Technol.* 96:1019-1028.
23. USEPA. 2004. Manual: Guidelines for water reuse. EPA/625/R-04/108.
24. Wu, L., X. Gao and A. Harivandi. 2001. Salt tolerance and salt accumulation of landscape plants irrigated by sprinkler and drip irrigation systems. *J. Plant Nutr.* 24:1473-1490.
25. Xiloyannis, C., B. Dichio, V. Nuzzo and G. Celano. 1999. Defense strategies of olive against water stress. *Acta Hort.* 474:423-426.

Effects of Subsurface-Leaky Irrigation System and Wastewater on Growth and Physiological Characteristics of ‘Roghani’ Olive Trees in Urban Landscape

**A. Nikbakht*, N. Ashrafi, M. Gheisari, N. Etemadi
and A. Maleki ¹**

Providing the plants with sufficient water while the arid and semi-arid areas suffering from water deficit crisis, is a major limiting factor in urban landscape development. Applying low-quality water resources is of high importance in sustainable landscape management and water-wise landscaping. Reclaimed water is one of the most significant available water resources that shall be consumed in agriculture and urban landscape maintenance. In order to investigate the impact of water quality and its application method on olive trees, an experiment was carried out on eight-year old olive trees. The trees were irrigated by a new subsurface-leaky irrigation (SLI) system and surface irrigation in line with irrigation with clear and reclaimed water for two years. The results revealed that SLI system could enhance trees growth, enlarge leaves surface and elevate leaves chlorophyll content. In addition, irrigating trees by using reclaimed water could enlarge leaves surface, enhance annual and current year growth, increased leaves chlorophyll and carotenoid contents. Trees grown under SLI irrigation system surprisingly showed a 100% increase in growth when compared to surface irrigation. It seems that SLI could be a more efficient system than the surface irrigation and wastewater can be used in irrigation of urban landscapes.

Key Words: Sub-surface irrigation, Surface irrigation, Xeriscaping, Urban landscapes, Water source.

1. Assistant Professor, M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor and M.Sc. Student, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (anikbakht@cc.iut.ac.ir)