پاسخ نهال‌های زیتون به کاربرد پساب تصفیه شده در دو روش آبیاری

نبی اله اشرفی، علی نیکبخت[۱] *، مهدی قیصری، نعمت اله اعتمادی و ریکاردو فرناندز اسکوبار

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **n.ashrafi@ag.iut.ac.ir**

استادیار و دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **anikbakht@cc.iut.ac.ir**

استادیار و دانشگاه صنعتی اصفهان ؛ **gheysari@cc.iut.ac.ir**

دانشیار و دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **etemadin@cc.iut.ac.ir**

استاد بخش کشاورزی دانشگاه کوردوبای اسپانیا؛ **rfernandezescobar@uco.es**

چکیده

یکی از اصول کلی در راستای مدیریت پایدار فضای سبز و خشک منظر سازی، استفاده از فاضلاب تصفیه شده می‌باشد که به دلیل محدود بودن منابع آب موجود، استفاده از این منابع در کشاورزی و آبیاری فضای سبز با ملاحظاتی قابل اجرا است. همچنین استفاده از درختان با نیاز آبی کم مانند زیتون از اصول اساسی در طراحی فضای سبز است. به منظور بررسی اثر کیفیت آب مصرفی و سیستم آبیاری بر جذب عناصر و شاخص‌های رشدی زیتون در فضای سبز، پژوهشی طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۹در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بدین منظور درختان نهال زیتون رقم روغنی توسط دو سیستم آبیاری نشتی-زیر سطحی و آبیاری سطحی و با دو کیفیت آب (آب معمولی و فاضلاب تصفیه شده) به مدت دو سال آبیاری شدند. کاربرد فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش میزان عناصر غذایی (نیتروژن(۹۲٪)، فسفر(۷٪)، پتاسیم(۳۰٪) و منیزیم(۱۱/۵٪) در برگ درختان زیتون گردید. همچنین میزان سدیم در برگ گیاهان آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ۶۰ درصد بیشتر از آب معمولی بود. نتایج نشان داد که کاربرد فاضلاب تصفیه شده با سیستم آبیاری زیر سطحی باعث افزایش ارتفاع درخت(۷۶درصد)، و کلروفیل برگ‌ها (۲۰درصد) نسبت به سیستم سطحی شد. میزان عناصر غذایی در برگ نهال‌های آبیاری شده با سیستم آبیاری زیر سطحی بالاتر از سیستم سطحی بود، طوریکه نیتروژن(۴۵)، فسفر(۱۳/۲)ومنیزیم(۹)درصد افزایش نشان دادند. همچنین تعداد شاخه جانبی در سیستم نشتی- زیر سطحی ۲۵درصد افزایش داشته است. در مجموع فاضلاب تصفیه شده می‌تواند در آبیاری و برنامه کود دهی گیاهان فضای سبز استفاده شود، همچنین سیستم نشتی- زیر سطحی در کاربرد فاضلاب تصفیه شده در مدت انجام این پژوهش کارآمدتر از سیستم سطحی بوده است.

واژهای کلیدی: سیستم آبیاری نشتی-زیر سطحی، عناصر غذایی، فضای سبز، فاضلاب تصفیه شده

---

۱. آدرس نویسنده مسؤول: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی و گروه پژوهشی مهندسی فضای سبز شهری

* دریافت: دی، ۱۳۹۱ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۲

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات گسترش و نگهداری فضای سبز شهری و حاشیه شهرها در مناطق خشک و نیمه خشک، افزایش کمبود آب می‌باشد، لذا می‌توان از فاضلاب شهری تصفیه شده در ایجاد فضای سبز و کمربندهای جنگلی استفاده نمود (سینگ و باهاتی.۲۰۰۵، خسروی.۱۳۸۱). استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری گیاهان زینتی و فضای سبز به دلیل غیر خوراکی بودن این گیاهان قابل قبول است (جوردان و همکاران.۲۰۰۱). فاضلاب تصفیه شده علاوه بر اینکه منبع پایدار آب محسوب می شود، جزء منابع کودی نیز به شمار می‌آیند. استفاده از فاضلاب‌های شهری در امر آبیاری به عنوان منبعی سرشار از عناصر کودی مورد نیاز گیاه در کشورهای مختلف توصیه شده است (ملیت و همکاران.۲۰۰۲، راتان و همکاران. ۲۰۰۵). اهمیت قابل ملاحظه عناصر غذایی موجود در فاضلاب تصفیه شده در مدیریت کودی در بسیاری از گیاهان مانند برمودا‌گراس(عادلی و همکاران. ۲۰۰۳) انگور (پارانی چیاناکیس و همکاران. ۲۰۰۶) مطالعه شده است و همه به قابلیت استفاده از این منابع در آبیاری تاکید کرده اند. همچنین العباسی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کرده‌اند که فاضلاب تصفیه شده صنعتی موجب تجمع ناچیز عناصر در برگ زیتون می‌شود. کلی و مورگان (۲۰۰۸)، گزارش کردند که با کاربرد پساب رشد درختان مرکبات تحریک می شود. مشخص شده که عناصر موجود در فاضلاب تصفیه شده مانند نیتروژن و پتاسیم به فرم قابل جذب برای گیاه هستند (دویگرتی و همکاران. ۲۰۰۶).

یکی دیگر از راه‌های مقابله با کمبود آب و گسترش فضای سبز، استفاده از گیاهان کم نیاز به آب و سازگارتر به شرایط محیطی است. زیتون یکی از گیاهانی است که مقاومت نسبتاً بالایی در برابر خشکی و شوری دارد(چارتزویلاکیس. ۲۰۰۵).

انتخاب روش آبیاری مناسب برای موفقیت در استفاده از فاضلاب تصفیه شده در فضای سبز اهمیت زیادی دارد. پژوهشگران مزایا و معایب کاربرد روش‌های آبیاری مختلف را در هنگام بهره برداری از فاضلاب تصفیه شده مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفتند که روش آبیاری قطره ای با به حداقل رساندن تماس افراد و گیاهان با فاضلاب تصفیه شده می‌تواند مشکلات خاص ناشی از کاربرد فاضلاب تصفیه شده را مرتفع نماید(پارانی چیاناکیس و همکاران.۲۰۰۶). همچنین (اورون و همکاران. ۱۹۹۹) با به کار بردن دو روش آبیاری قطره ای سطحی و زیر سطحی در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده نشان دادند که در آبیاری قطره ای زیرسطحی، آلودگی خاک سطحی کمتر از روش قطره ای سطحی است. با توجه به پراکندگی مکانی فضاهای سبز شهری و مشکلات آبیاری قطره ای، قیصری و نیکبخت (۱۳۸۹) روش آبیاری نشتی- زیر سطحی را پیشنهاد دادند که در آن ، آب در محدوده توسعه ریشه توزیع می‌شود و به دلیل زیادی سوراخ‌های تعبیه شده ، نیاز به سیستم فیلتر کردن مجهزی ندارد. به دلیل محدودیت آب و راندمان کم آبیاری در کشور، باید از روش‌هایی برای صرفه‌جویی در مصرف آب استفاده و ترتیبی اتخاذ شود که با مصرف کمترین میزان آب، حداکثر فضای سبز مورد نیاز تولید گردد. از طرفی کاهش در مصرف کود باعث کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش آلودگی آب‌های زیر زمینی خواهد شد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی بر جذب عناصر و شاخص‌های رشدی نهال‌های زیتون در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال‌های۱۳۸۹- ۱۳۹۱ در قالب طرح آماری کرت های خرد شده با دوعامل و چهار تکرار (هر تکرار شامل دو درخت) در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. نهال های زیتون رقم روغنی با فاصله ٤×٤ متر در خاک دارای بافت لومی با pH = ۷/۵ و ۲/۸ dS/m =EC با مخلوطی از یک کیلو کود دامی کاشته شده و پس از استقرار کامل گیاه، تیمار آبیاری اعمال شد. عامل اصلی

پژوهش، کیفیت آب آبیاری که شامل دو سطح آب معمولی و فاضلاب تصفیه شده شهری و عامل فرعی سیستم آبیاری در دو سطح شامل سیستم آبیاری سطحی نشتی و نشتی- زیر سطحی بود. در سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی از لوله زهکش با قطر ۱۱۰ میلی متر با فیلتر الیاف مصنوعی از شرکت لوله خوزستان استفاده شد. اطراف این نوع لوله با پوشش‌هایی از مواد نرم پیش تافته مصنوعی پوشیده شده است که با ترکیباتی از الیاف درهم تنیده و با یک شبکه توری اطراف لوله را احاطه کرده است. این پوشش حجیم، ترکیبی از وظایف فیلتری و هیدرولیکی را ایفا می‌نماید و به این طریق از نقوذ ریشه و ذرات خاک به داخل لوله جلوگیری شود. این سیستم به طول یک متر برای هر درخت آماده و دریک سمت درخت در عمق۳۰- ٤٠ سانتی متری از سطح خاک و با فاصله ٤٠ سانتی متر از طوقه درخت در اوایل اسفند ماه ۱۳۸۹ کار گذاشته شد. که آرایش سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی می‌تواند به صورت تک درختی و یا شبکه‌ای اجرا گردد (در این پژوهش از آرایش خطی در یک طرف درخت استفاده گردید). در سیستم سطحی هم دو درخت در هر تکرار در جوی های با شیب دو در هزار قرار داده شد و به طور هم‌زمان آبیاری شدند. آب معمولی از شبکه آب زراعی دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین و فاضلاب تصفیه شده از تصفیه خانه دانشگاه صنعتی اصفهان به محل منتقل شد. جدول ۱ میانگین کیفیت این دو منبع آب را نشان می‌دهد. (میزان عناصر سنگین در فاضلاب قابل تشخیص توسط دستگاه جذب اتمی نبود لذا از آوردن در اینجا صرفنظر شده است). نیاز آبی زیتون بر اساس رابطه فائو - پنمن و با در نظر گرفتن گیاه چمن به عنوان گیاه مرجع محاسبه شد و میزان ۲۹ لیتر در هر دور آبیاری و ۲۰۸۸ لیتر در یک سال برای هر درخت محاسبه شد. 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 ۲۹ لیتر آب، توسط مخازن ۷۰ لیتری اندازه گیری شده و در داخل سیستم آبیاری نشتی-زیرسطحی از طریق دریچه تعبیه شده در مدت ٤-٥ دقیقه تخلیه شد. در آبیاری سطحی نیز میزان آب مشابهی اندازه‌گیری و در داخل داخل جوی ها که دو طرف آنها اطراف درخت مسدود شده بود خالی شد. در انتهای فصل، میزان عناصر موجود در برگ‌ها، ارتفاع درخت، شاخص سبزینگی و تعداد شاخه جانبی اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شاخص ارتفاع، قبل از اعمال تیمار، ارتفاع درخت (طوقه تا بلندترین شاخه) اندازه گیری شد و در آخر آزمایش میزان افزایش ارتفاع، از تفاضل رشد اولیه و ثانویه به دست آمد.

جدول۱- ویژگی‌های کیفی آب معمولی و فاضلاب تصفیه شده استفاده شده برای آبیاری

فاکتورهای اندازه گیری شده	نمونه فاضلاب تصفیه شده	نمونه آب معمولی
پتاسیم (میلی‌گرم در لیتر)	۱۳۶/۵	–
سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	۱۱۸/۸	۱/۲
سولفات (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰۸/۹۶	–
بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر)	۱۴۹/۴۵	–
pH	۸/۶	۷/۴۱
EC (دسی زیمنس بر متر)	۱/۰۴	۰/۵۹
فسفر کل(میلی‌گرم در لیتر)	۱۰/۲	–
نیترات(میلی‌گرم در لیتر)	۱/۶	–
منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	۴/۹۱	–
BOD(میلی‌گرم در لیتر)	۵۰	–

برای به دست آوردن تعداد شاخه‌های سال جاری، تعداد شاخه ها در ابتدا و انتهای پژوهش شمارش گردید. میزان کلروفیل نسبی با دستگاه کلروفیل سنج پورتابل [مدل۰۱-CL] (ساخت کشور انگلستان، شرکت Hansatech instruments LTD) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری عناصر در برگ به روش خاکستر گیری خشک[1] عمل شد و پس از هضم نمونه‌ها با اسیدکلریدریک، میزان عناصر فسفر، آهن، روی و منیزیم با دستگاه CHNS (مدل Vario micro cube) و میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7, Jean Way) اندازه گیری شد(پیج و همکاران. ۱۹۸۲). برای اندازه گیری نیتروژن از روش کلدال (Kjeldahl) استفاده شد (بوزکورت و یاریلگا. ۲۰۰۳).

آنالیز و تجزیه و تحلیل داده‌ها در انتهای پژوهش به صورت منفرد با استفاده از نرم افزارهای آماری Statistix و SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین صفات مورد نظر از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کیفیت آب آبیاری و سیستم آبیاری بر میزان عناصر آهن، پتاسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن برگ پس از گذشت مدت زمان آزمایش معنی دار بوده است (جدول۲). بر اساس جدول۳ میزان پتاسیم در برگ نهال‌های آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ۳۰ درصد نسبت به آب معمولی بیشتر بود. در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ۹۲ درصد نیتروژن بیشتر نسبت به آب معمولی در برگ گیاه وجود داشته است (جدول۳). همچنین اختلاف معنی داری بین سیستم‌های آبیاری سطحی و زیر سطحی در میزان فسفر و نیتروژن برگ به دست آمد، طوری که میزان فسفر در سیستم آبیاری زیر سطحی ۱۳/۲۲ و نیتروژن ٤٥ درصد بیشتر از سیستم آبیاری سطحی بود (جدول٤). از آنجا که در سیستم آبیاری زیر سطحی، فاضلاب تصفیه شده و عناصر محلول در آن مستقیماً در ناحیه ریشه پخش می‌شود، لذا تجمع این عناصر در خاک و جذب توسط ریشه افزایش می یابد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد سیستم آبیاری زیر سطحی با فاضلاب تصفیه شده بیشترین میزان نیتروژن را داشت. گیاهان توانایی ذاتی در استخراج عناصر از خاک و تجمع آن در بافت‌های ریشه و ساقه برای فرایند های زیستی خود را دارند (پیج و همکاران.۲۰۰٦، سگال و همکاران.۲۰۱۱). فرناندز اسکوبار و همکاران(۲۰۰٤) اظهار داشتند که ساقه و برگ درختان زیتون به عنوان مخزن ذخیره نیتروژن عمل کرده و نیتروژن را در مواقعی که برای رشد و فرایندهای متابولیکی لازم است آزاد می‌کنند. اختلاف معنی داری بین آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و آب معمولی در میزان آهن موجود در بافت نهال‌ها مشاهده شد، به طوری که در آبیاری با آب معمولی ۱۹/٤۸ درصد آهن بیشتری در برگ وجود داشته است. جذب آهن توسط pH بالا کاهش می‌یابد. همچنین افزایش pH زمینه را برای اکسایش Fe^{+2} به Fe^{+3} و رسوب نمک‌های سه ظرفیتی آهن فراهم می‌کند (وونگ. ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد سدیم بالای فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش pH خاک و کاهش جذب آهن شده است. همچنین آبیاری با فاضلاب تصفیه شده میزان ۱۱/۵ درصد منیزیم بیشتر نسبت به آب معمولی داشته است (جدول۲). اختلاف معنی داری بین سیستم آبیاری سطحی و زیر سطحی بر منیزیم برگ مشاهده شد، به این صورت که سیستم آبیاری زیر سطحی باعث ۹ درصد افزایش منیزیم در برگ نهال‌ها شده است (جدول٤).

سیدا و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی که بر روی گیاه زیتون انجام دادند مشاهده کردند که پس از دو سال غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم در برگ زیتون درآبیاری با پساب شهری در مقایسه با آب معمولی افزایش معنی داری داشته است. همچنین افزایش میزان سدیم، فسفر، منیزیم، کلسیم، پتاسیم و افزایش عملکرد در اثر آبیاری با پساب تصفیه شده (کلاورویزیوتیسا و همکاران.۲۰۰۹، قیزیل اوغلو و همکاران.۲۰۰۸)، نشان می‌دهد که این منبع

[1] Dry ashing

می‌تواند به عنوان منبعی از مواد مغذی برای گیاه کلم عمل کند که پژوهش حاضر با این نتایج مطابقت دارد. همبستگی مثبت و معنی داری بین میزان نیتروژن و افزایش ارتفاع وجود داشت ($r_= ۰/۵۸, P<۰/۰٤$). همچنین بین مقادیر نیتروژن کل و میزان کلروفیل همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده شد ($r_=۰/٦ , P<۰/۰۰۹$).

اثر کیفیت آب آبیاری و اثر متقابل کیفیت آب و سیستم آبیاری بر میزان سدیم برگ گیاه در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول۲). بین کیفیت آب آبیاری در میزان سدیم بافت اختلاف معنی داری وجود داشت و گیاهان آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده سدیم بیشتری نسبت به آب معمولی داشتند، به طوری که در نهال‌ها ٦۰ درصد افزایش در میزان سدیم مشاهده گردید (جدول۳). از آنجایی که میزان سدیم در فاضلاب تصفیه شده نسبت به آب معمولی زیاد بوده است (جدول۱)، آبیاری با فاضلاب تصفیه شده باعث تجمع سدیم در خاک و افزایش جذب شده است، ولی هیچ‌گونه نشانه سمیت با سدیم در دو سال در گیاهان دیده نشد، که احتمالا به دلیل مقاومت نسبی درخت زیتون به شوری است (٤-٦ دسی زیمنس شوری آب را تحمل می کند) (چارتزویلاکیس.۲۰۰۵). کیفیت آب آبیاری اثر معنی داری بر تعداد شاخه جانبی نداشت، ولی درختان در تیمار سیستم آبیاری زیر سطحی ۲۵ درصد شاخه جانبی بیشتری نسبت به سطحی داشته و اختلاف بین آن‌ها معنی دار بوده است (جدول۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس عناصر در برگ نهال های زیون نهال‌های زیتون

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	پتاسیم	منیزیم	سدیم	فسفر	ازت کل	تعداد شاخه جانبی
بلوک	۳	۰/۱۹۵	۱۱/۲۸	۵/۹۸	۱۱/۴۳	۰/۹۲۸	۲/۱۷	۲۶/۲۹
آب	۱	۱/۱۳*	۲۴۴/۲۶*	۲۷/۵۲**	۱۵۵/۷*	۱۶/۲۹**	۳۶۰/۷۴*	۳/۰۶^{ns}
خطای آب	۳	۰/۰۵۷	۱۸/۶۱	۰/۶۵۸	۹/۷۳	۰/۳۵۵	۱۴/۱۹	۲/۷۷
سیستم آبیاری	۱	۰/۰۰۶۲^{ns}	۶/۰۷^{ns}	۱۹/۰۰۹*	۷/۹۱^{ns}	۴۲/۵۵*	۱۲۵/۴**	۱۰۵/۰۶**
سیستم آبیاری×نوع آب	۱	۰/۵۳۷^{ns}	۳/۷۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۶/۳۴*	۵/۰۶^{ns}	۱۱۰/۲۵*	۵۶/۲۵**
خطای کل	۶	۰/۱۴۳	۲۱/۷۸	۳/۱۲	۳۰/۷۹	۳/۲۰	۸/۴۶	۳/۵۳
ضریب تغییرات		۱۲/۶۸	۱۵/۵۹	۷/۵۲	۴۰/۸۸	۶/۷۷	۱۹/۳۰	۸/۴

ns. عدم وجود اختلاف معنی دار،*: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ ، **: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ ، ***: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۱٪

جدول ۳- تأثیر کیفیت آب آبیاری بر مقدار عناصر در برگ نهال های زیتون

تیمار	آهن (mgg^{-1})	پتاسیم (mgg^{-1})	منیزیم (mgg^{-1})	سدیم (mgg^{-1})	فسفر (mgg^{-1})	نیتروژن کل (mgg^{-1})	تعداد شاخه جانبی ($no\ shoot^{-1}$)
آبیاری سطحی	۰/۳۰۰۸^{a}	۲/۹۳۱^{a}	۲/۲۳۹^{b}	۱/۲۸^{a}	۲/۴۸۲^{b}	۱/۲۲۷^{b}	۱۹/۸۱^{b}
زیر سطحی	۰/۲۹۶^{a}	۳/۰۵۵^{a}	۲/۴۵۷^{a}	۱/۴۲^{a}	۲/۸۰۸^{a}	۱/۷۸۷^{a}	۲۴/۹۳^{a}
LSD	۰/۰۴۶۳	۰/۵۷۱	۰/۲۰۱	۰/۶۷۸	۰/۲۱۹	۰/۳۵۵	۲/۲۹

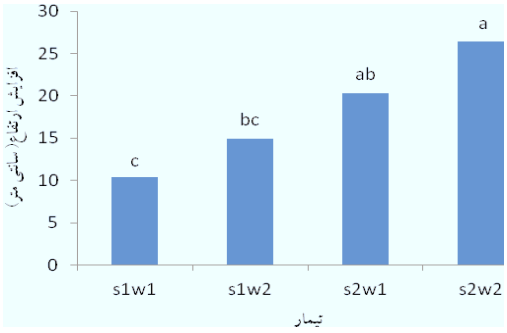
*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ % اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ٤- اثر سیستم آبیاری بر مقدار عناصر در برگ نهال‌های زیتون

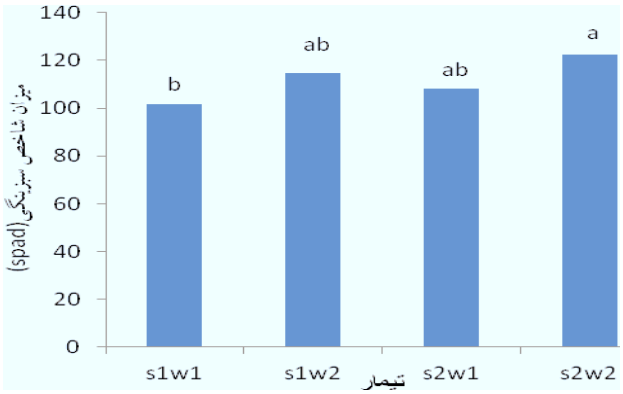
تیمار	آهن (mgg^{-1})	پتاسیم (mgg^{-1})	منیزیم (mgg^{-1})	سدیم (mgg^{-1})	فسفر (mgg^{-1})	نیتروژن کل (mgg^{-1})	تعداد شاخه جانبی ($noshoot^{-1}$)
آب معمولی	۰/۳۲۵^{a}	۲/۶۰۲^{b}	۲/۲۱۷^{b}	۱/۰۴۵^{b}	۲/۵۴۴^{b}	۱/۰۳۲^{b}	۲۱/۹^{a}
فاضلاب تصفیه شده	۰/۲۷۲^{b}	۳/۳۸۴^{a}	۲/۴۷۲^{a}	۱/۶۶۹^{a}	۲/۷۴۶^{a}	۱/۹۸۲^{a}	۲۲/۸^{a}
LSD	۰/۰۳۸	۰/۶۸۶	۰/۱۹۶	۰/۴۹۶	۰/۰۹۴	۰/۵۹۹	۲/۶۴

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

نهال های تحت سیستم آبیاری زیر سطحی دارای رشد بیشتری نسبت به سیستم سطحی بوده است به طوری که در آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در سیستم زیر سطحی ۷٦٪ رشد بیشتری نسبت به سیستم سطحی مشاهده شده است (شکل۱). اختلاف معنی داری بین کیفیت آب آبیاری در میزان رشد مشاهده نشد، اگرچه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده رشد بیشتری نسبت به آب معمولی داشته است. میزان رشد و عملکرد بستگی به میزان عناصر غذایی و آب در دسترس گیاه دارد و با افزایش آب در دسترس رشد زیاد می شود (لایرنس و همکاران.۲۰۰۵). سیستم آبیاری زیر سطحی دارای راندمان بالاتری نسبت به سطحی بوده و میزان عناصر محلول در فاضلاب تصفیه شده مستقیماً در ناحیه ریشه پخش می‌شود، در نتیجه نهال ها رشد بیشتری نسبت به سطحی داشته است. بررسی تأثیر آبیاری با پساب بر رشد درختان کاج تهران (صالحی و همکاران.۲۰۰۸)، و روی اقاقیا (طبری و صالحی.۲۰۰۹) نشان داد که ارتفاع کل، طول تاج پوشش، حجم و قطر درختان به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌یابد که به دلیل عناصر غذایی پساب می باشد. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در سیستم زیر سطحی ۲۰ درصد شاخص سبزینگی بیشتری نسبت به آب معمولی با سیستم سطحی داشته است (شکل۲). میزان کلروفیل در ارتباط مستقیم با میزان منیزیم و نیتروژن است. فاضلاب استفاده شده در این پژوهش دارای منیزیم و نیتروژن بالاتری نسبت به آب معمولی بود (جدول ۱). بنابراین در آبیاری با فاضلاب تصفیه شده میزان نیتروژن و منیزیم در گیاه بالا رفته و میزان کلروفیل افزایش می‌یابد. افزایش کلروفیل باعث افزایش فتوسنتز و ارتفاع گیاه می گردد. همبستگی مثبت و معنی داری بین میزان منیزیم و کلروفیل وجود داشت ($p< ۰/۰۰۱$, $r=۰/٦$). از آنجایی که منیزیم و نیتروژن جزء سازنده کلروفیل بوده و در ساختار کلروفیل نقش دارند، وجود این عناصر در فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاهان می‌شود (آریشا و برادیسی.۱۹۹۹، آسانو و پتیگرو. ۱۹۸۷) .



شکل۱- اثر کیفیت آب آبیاری و سیستم آبیاری بر افزایش ارتفاع نهال زیتون



شکل ۲- اثر کیفیت آب آبیاری و سیستم آبیاری بر شاخص سبزینگی نهال زیتون (s_1= آبیاری سطحی، s_2 =آبیاری زیر سطحی،w_1= آب معمولی،w_2=آب فاضلاب تصفیه شده)

فهرست منابع:

۱-خسروی، م.۱۳۸۱. نقش حیاتی فضای سبز در کاهش استرس‌های محیط شهر، سبزینه. ۵:۱۶-۱۷.

۲- 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 ایران.۱۶:۱۹۶-۱۸۶.

۳- قیصری م. و ع. نیکبخت. ۱۳۸۹. سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی. اداره کل ثبت شرکت‌ها و مالکیت صنعتی. شماره ثبت اختراع:۶۶۹۸۰.

4. Adeli, A., Varco, J.J., and Rowe, D.E., 2003. Swine effluent irrigation rate and timing effects on bermudagrass growth, nitrogen and phosphorus utilization, and residual soil nitrogen. *Environment Quality*. 32: 681–686.
5. Al-Abasi, K.M., Al-Nasir, F., Mahadeen, A., 2009. Mineral composition of three olive cultivars irrigated with treated industrial wastewater. *Agricultural Water Management*. 96: 616–626.
6. Arisha, H. M. and Bradisi, A. 1999. Effect of mineral fertilizers and organic fertilizers on growth, yield and quality of potato under sandy soil conditions. *Agricultural Reserch.* 26: 391-405.
7. Asano, T. and Pettygrove, G. S. 1987. Using reclimed municipal wastewater for irrigation. *California Agriculture.* 41: 15-18.
8. Bozkurt, M.A. and Yarilga, T. 2003. The effects of waste water sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. *Turkish journal of agriculture and forestr,* 27: 285-292.
9. Chartzoulakis, K. S. 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agriculture Water Management.* 78:108-121.
10. Dougherty, M., Dymond, R. L., Grizzard T.J., Godrej, A. N., Zipper, C. E., Randolph, J. 2006. Quantifying long-term NPS pollutant flux in an urbanizing watershed. *Environmental Enginering*. 132:547–554.
11. Fernandez-Escobar, R., Moreno. R. and Sanchez-Zamora. M. A. 2004. Nitrogen dynamics in the olive bearing shoot. *Hort Science*. 39: 1406-1411.

12. Jordan, L. A., Devitt, D. A., Morris, R. L. and Neuman. D. S. 2001. Foliar damage to ornamental trees sprinkler irrigated with reuse water. *Irrigation Science.* 21: 17-25.
13. Kalavrouziotisa, I. K., Koukoulakisb, P., Sakellariou-Makrantonakic, H. M. and Papanikolaou, C. 2009. Effects of treated municipal wastewater on the essential nutrients interactions in the plant of *Brassica Oleracea* var. Italica. *Desalination*, 242: 297-312.
14. Kelly T. Morgan.2008. Effects of reclaimed municipal Waste water on horticultural characteristics, fruit quality, and soil and leaf mineral concentration of Citrus. Hortscience 43:459–464.
15. Kiziloglu, F. M., Turan. M., Sahin. U., Kuslu, Y. and Dursun. A. 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica Olerecea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica Olerecea* L. var. rubra) grown on calcareous soil inTurkey. *Agriculture Water Management* . 95: 716 - 7 24.
16. Laurence, R., Katherine, S. and McCreary, D. 2005. Irrigation effects on the growth of newly planted oaks (*Quercus* spp). *Arboriculture*, 31:83-88.
17. Melit, S., Porto, M., Bellingo, A., Bufo, S. A., Mazzatura, A. and Scopa, A. 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science Total Environment*, 285: 69-77.
18. Oron, G., Campos, C., Gillerman, L. and Salgot. M. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*, 38: 223-234.
19. Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. 1982. Methods of soil analysis. II. Chemical and Microbiological Properties, Madison, Wisconsin USA.
20. Page, V., Weisskopf, L. and Feller, U. 2006. Heavy metals in white lupin: uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the plant. *New Phytologist.* 171:329-34.
21. Paranychianakis, N.V., Nikoolantonakis, M., Spanakis, Y., Angelakis, A. N. 2006. The effect of recycled water on the nutrient status of Soultanina grapevines grafted on different rootstocks. *Agriculture Water Management*. 81: 185–198.
22. Rattan, R. K., Datta, S. P., Chonkar, P. K., Suribabu, K. and Singh, A. K. 2005. Long-term impact of irrigation with wastewater effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. *Agriculture Ecosystems& Environment*. 109: 310-322.
23. Saida, B., Giuseppe, F., Béchir Ben, R. and Makki, B. 2010. Effects of irrigation with treated wastewater on olive tree growth, yield and leaf mineral elements at short term. *Scientia Horticulture.* 126:345-350.
24. Segal, E., Arnon, D. Ben-Gala, A., Isaac. Z., Ran. E., Shoshana, S. and Uri.Y. 2011. Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater :Agronomic and environmental considerations. *Agriculture, Ecosystem and Environment.* 140: 454-461.
25. Sing, G. and Bahati. M. 2005. Growth of *Dalbergia sisso* in desert regions of western India using municipal effluent. *Biotechnology*. 96:1019-1028.
26. Tabari, M., Salehi, A. 2009. Long-term impact of municipal sewage irrigation on treated soil and black locust trees in a semi-arid suburban area of Iran. *Environmental Sciences*. 21:1438–1445.
27. Wong, H. M., 2009. Probing the interaction between iron nutrition , salinity and ultraviolet-b radiation on the physiological responses of weat(Triticum aestivum L) and alfalfa(*Medicago sativa* L). dissertation. Lincoln University.