علـوم محـیـطی سال ششم ، شماره سوم، بهار ۱۳۸۸
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.6, No.3 , Spring 2009
۱-۱۰

اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک، تجمع عناصر غذایی و کادمیوم در درختان زیتون (*Olea europaea* L.)

اشرف آقابراتی [۱*]، سید محسن حسینی [۱]، عباس اسماعیلی [۲]، حبیب مارالیان [۳]

۱- گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
۳-گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

فاضلاب شهری می‌تواند به عنوان منبعی غنی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به شمار رود. برای بررسی اثر آبیاری با فاضلاب شهری در جنوب تهران، بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، تجمع عناصر غذایی و کادمیوم در درختان زیتون، به صورت منظم و تصادفی در سه تکرار و دو تیمار آبیاری در زمین‌های جنگل‌کاری شده با گونه زیتون که به مدت ۷ سال آبیاری شده بود، آزمایش پیاده گردید. تیمار آبیاری شامل: فاضلاب شهری و آب چاه (شاهد) بود.به منظور بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تجمع عناصر غذایی در بافت‌های زیتون (برگ و میوه)، نمونه‌های برگ، میوه و خاک (عمق ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری) از هر پلات در سه تکرار برداشت شدند. کلیه نمونه‌ها طبق روش‌های استاندارد تجزیه شیمیایی شد. با توجه به همگن بودن داده‌ها، از آزمون تی غیرجفتی استفاده شد. نتایج نشان داد که آبیاری با فاضلاب شهری سبب افزایش معنی‌دار غلظت Mg, N, P, K, Ca, Cd در خاک، برگ و میوه درختان زیتون می‌شود و غلظت Na را در خاک افزایش می‌دهد. آبیاری با فاضلاب شهری سبب افزایش عملکرد میوه و وزن برگ گردید.

کلید واژه‌ها: فاضلاب شهری، آبیاری، عناصر غذایی، زیتون.

The Effect of Irrigation with Municipal Effluent on Physico-chemical Characteristics of Soil, Accumulation of Nutrient and Cd in Olive Trees (*Olea europaea* L.)

Ashraf Aghabarati[1*], Seyed Mohsen Hosseini [1], Abas Esmaili [2], Habib Maralian [3]

1-Department of Natural Resources and Marine Sciences, Faculty of Forestry, Tarbiat Modares University
2- Department of Natural Resources and Marine Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Tarbiat Modares University
3-Department of Plant Productions Moghan, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili

Abstract

Land application of municipal effluent is potentially beneficial as an inexpensive nutrient source. To investigate the effect of seven years of irrigation with Southern Tehran municipal effluent treatment plant effluent on the physical and chemical properties of soil and accumulation of nutrient in olive trees, a study was carried out using a random-systematic pattern with three replications. Treatments included: 1) municipal effluent and 2) well water (control). To investigate soil physical and chemical properties, accumulation of nutrient and Cd in leaves and fruits, samples of soil (0-15, 15-30 and 30-60 cm), leaves and fruits were taken from each plot in three replications. Samples were analyzed with standard methods. In order to normalize the data, an independent sample t-test was used. Results of this study indicate that application of municipal effluents increase the concentration of Mg, N, P, K, Ca and Cd in different layers of soil (0-15, 15-30 and 30-60 cm depths) and *Olea europaea*' s leaves and fruits. Irrigation with municipal effluent increased olive fruit yield and leave weight.

Keywords: Municipal effluent, irrigation, nutrient, *Olea europaea* L.

* Corresponding author. *E-mail Address*: aghabaraty@yahoo.com

مقدمه

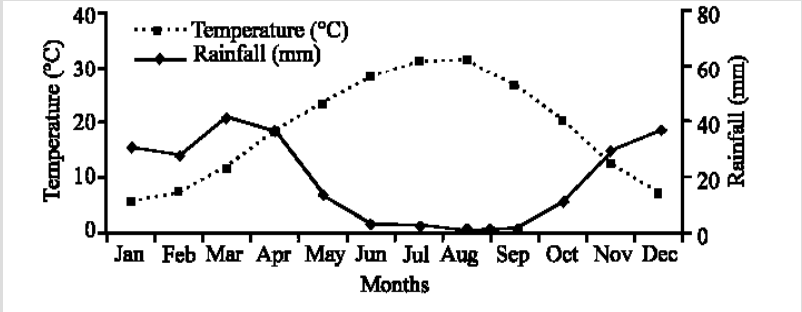
ایجاد فضای سبز به‌ویژه احداث کمربند جنگلی در اطراف شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند تهران که از سرانه فضای سبز اندکی برخوردار است، تاثیر بسزایی در تلطیف هوای تنفسی دارد. از آنجایی‌که آب عامل محدود کننده ایجاد فضای سبز در این مناطق است و یکی از مهم‌ترین مشکلات گسترش و نگهداری فضای سبز شهری و حاشیه شهر تهران کمبود آب در این شهر است، لذا می‌توان از فاضلاب شهری در جنگل‌کاری و ایجاد کمربند جنگلی استفاده نمود (Singh and Bahati, 2005). استفاده از فاضلاب شهری در زمین‌های جنگلی در مواردی به‌منظور جذب فلزات سنگین مضر از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای گسترده نتایج مطلوبی داشته، به طوری که در این حالت با کاهش سمیت خاک موجبات سالم‌سازی محیط را فراهم نموده (Stewart *et al.*, 1990) مقدار عناصر لازم برای رشد در فاضلاب شهری بیش از نیاز گیاهان زراعی است، لذا فقط درختان می‌توانند وفور مواد غذایی را تبدیل به بیوماس گیاهی بنمایند (Singh and Bahati, 2005). استفاده از فاضلاب‌های شهری در امر آبیاری به‌عنوان منبعی سرشار از عناصر کودی مورد نیاز گیاه در کشورهای مختلف توصیه شده است (Feigin *et al.*, 1991). بهره‌گیری از فاضلاب به جای آب کانال، سبب بهبود بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذپذیری، تخلخل و پیدایش ساختمان اسفنجی در خاک می‌شود (Mahida, 1981).

یکی از مشکلات مهم در استفاده از فاضلاب، تجمع فلزات سنگین در گیاه است. یکی از مهم‌ترین این عناصر کادمیم است زیرا استفاده دراز مدت انسان از گیاهان آلوده به فلزات سنگین سبب تجمع این عنصر در بدن می‌شود. اثر زیا ن‌آور این فلزات بر روی بدن انسان شامل آسیب به سیستم عصبی و کلیه‌ها، ایجاد جهش و نیز پدید آوردن تومورها می‌باشد.

با در نظر گرفتن شرایط خشک اقلیمی ایران و به خصوص وضعیت بارندگی تهران که متوسط سالانه حدود ۲۳۲/۳۵ میلی‌متر است، ضرورت دارد از همه منابع آب و از جمله از فاضلاب شهری استفاده بهینه شود. هدف از این تحقیق بررسی اثر استفاده از فاضلاب شهری بر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تجمع عناصر غذایی در بافت های درخت زیتون (برگ ومیوه) در فضای سبز جنوب شهر تهران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل تحقیق به ارتفاع ۱۰۰۵ متر از سطح دریا، به طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی، در جنوب شهر تهران واقع شده است. منطقه دارای اقلیم نیمه خشک (بر اساس جدول تقسیمات اقلیمی آمبرژه) با میانگین بارندگی ۲۳۲/۳۵ میلی‌متر و ۱۳/۴۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- منحنی آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه

سه هکتار از اراضی جنگل‌کاری شده با گونه درختی *Olea europaea* L. با فواصل کشت ۳×۴ انتخاب شد. دو هکتار از این اراضی در طول ۷ سال با آب فاضلاب شهری و یک هکتار از این اراضی در طی همین مدت با آب چاه آبیاری شده بودند. نمونه برداری در طی یک سال به شرح زیر به انجام رسید. نمونه‌های آب چاه و فاضلاب شهری از ابتدای تیر تا پایان آذرماه به فواصل یک ماه از یکدیگر و در هر ماه ۳ روز و در هر روز سه بار نمونه برداری شدند. در هر یک از مناطق شاهد و تحت تیمار به صورت تصادفی سیستماتیک سه قطعه نمونه ۱۰×۱۰ متر انتخاب شد و در هر قطعه نمونه در ۵ نقطه (گوشه ها و مرکز قطعات) نمونه خاک از اعماق ۱۵cm-۰ و ۳۰cm-۱۵ و ۶۰cm-۳۰ (توسط اوگر) برداشت شد (Habibi Kaseb, 1992). نمونه‌برداری از برگ‌های درختان زیتون در نیمه مرداد صورت گرفت. به این ترتیب که در هر یک از مناطق شاهد و تحت تیمار سه قطعه نمونه ۲۰×۲۰ متر با پراکنش تصادفی سیستماتیک انتخاب گردید و در هر یک از قطعات نمونه سه درخت به صورت تصادفی سیستماتیک انتخاب و نمونه‌های گیاهی شامل برگ‌های بالغ و میوه‌ها (تعداد ۱۰۰ برگ بالغ مربوط به همان سال و تعداد ۱۰۰ میوه از وسط تاج درختان) جمع‌آوری گردید. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه در محل سرپوشیده و در هوای آزاد خشک شدند سپس بعد از خرد شدن مکانیکی از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. نمونه‌های گیاهی نیز ابتدا چند بار با آب معمولی و مواد شوینده شسته شده، سپس سه بار با آب مقطر آبشویی گردیدند و در درجه حرارت محیط آزمایشگاه به تدریج خشک شدند. پس از توزین نمونه‌ها در دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند (Singh and Bahati , 2005). نمونه‌های خشک شده ابتدا توزین و سپس به وسیله آسیاب برقی پودر و برای عصاره‌گیری از نمونه‌ها (۵ گرم از هر نمونه خاک و ۱ گرم از هر نمونه برگ و میوه به طور جداگانه) از روش هضم اسیدی (اسید نیتریک و اسید کلریدریک با نسبت ۱:۳) استفاده گردید. برای تعیین غلظت (کلسیم، سدیم، منیریم و پتاسیم و کادمیوم) در کلیه نمونه‌ها (خاک، آب، میوه و برگ) از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی (با شعله) استفاده شد. جهت تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری، اسیدیته خاک از دستگاه pH متر و مخلوط ۲/۵:۱ خاک و آب مقطر، درصد کربن آلی خاک از روش سرد Walky-Black، ازت کل از روش کجلدال ، فسفر نمونه‌های گیاهی به روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با استفاده از دستگاه اسپکتروفومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر و برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب موجود در خاک از روش Olsen (1990) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مراحل مختلف این تحقیق از نرم افزارهای آماری Excel 6.0 و SPSS 11.5 استفاده گردید و با توجه به نرمال بودن داده‌ها برای مقایسه میزان عناصر در آب، خاک منطقه، نمونه‌های برگ و میوه از آزمون t غیر جفتی استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب چاه و فاضلاب شهری در جدول ۱ نشان داده شده است (میانگین).

جدول ۱- مقایسه کیفیت فاضلاب شهری و آب چاه از لحاظ پارامترهای قابل سنجش (میانگین)

حروف متفاوت انگلیسی نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد

پارامترهای اندازه‌گیری شده	pH	EC (dSm^{-1})	Ca ($mg\ L^{-1}$)	Mg ($mg\ L^{-1}$)	Na ($mg\ L^{-1}$)	K ($mg\ L^{-1}$)	NH_4-N ($mg\ L^{-1}$)	NO_3-N ($mg\ L^{-1}$)	Organic-N ($mg\ L^{-1}$)	PO_4-P ($mg\ L^{-1}$)	Cd ($mg\ L^{-1}$)
فاضلاب شهری	a۷/۶۳	a۱/۹۱	a۲۲/۲۵۵	a۱۰۹/۸۵	a۱۴۰/۴۵	a۳۹/۹۳	a۹/۰۵	a۱/۶۳۷	a۹۱/۰	a۱۲/۶۹	a۰/۹
آب چاه	b۷/۳۲	b۰/۵۹	b۹۶/۷۷	b۳۵/۲	b۳۵/۱۸	b۱۹/۷۲	b۲/۱۵	b۰/۲۴	b۵۹/۱۲	b۵/۰۳۷	b۰/۱۱

میزان pH، EC، K، Ca، Na، Mg، NH_4-N، NO_3-N، PO_4-P و Cd در فاضلاب شهری بیش از آب چاه بود. Singh و Bahati (2005) وجود کاتیون‌های بازی از جمله Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^+ و Na^+ را در فاضلاب شهری دلیل بالا بودن pH بیان نمودند. هدایت الکتریکی نسبتاً بالا در فاضلاب شهری بیانگر وجود املاح زیاد در فاضلاب شهری می‌باشد (Mohammad and Mazahreh , 2003). بالا بودن میزان Cd، K، Ca، Na، Mg، NH_4-N، NO_3-N، PO_4-P و نیتروژن آلی درفاضلاب شهری به علت ورود فاضلاب‌های خانگی، شهری و واحدهای تولیدی منفرد وکوچک در حاشیه و هرز آب‌های ناشی از بارندگی و زباله‌ها در طول مسیر به آن می‌باشد.

نتایج برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی در خاک دو منطقه در جدول ۲ نشان داده شده است.

بافت خاک در هر دو منطقه و در تمام اعماق یکسان بود (بافت رسی). آبیاری با فاضلاب سبب افزایش میزان درصد کربنات کلسیم، ماده آلی، pH، EC، N، P، K، Ca، Mg، Na و Cd در خاک گردید. بالا بودن pH آب آبیاری می‌تواند سبب افزایش pH خاک گردد (Mohammad and Mazahreh, 2003). علت بالا رفتن pH در خاک، ازدیاد کاتیون‌های با بار مثبت در فاضلاب می‌باشد (Willett *et al.*, 1984). وجود املاح فراوان در فاضلاب شهری و اضافه شدن آنها در طول زمان به خاک سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود (Munther, 2001). Meli و همکاران (2002) بیان نمودند استفاده از فاضلاب بعد از سه دوره‌ی ۵ ساله به خصوص در فصول خشک سبب افزایش در مقدار ماده غذایی خاک می‌شود. احتمالاً بالا بودن غلظت این عناصر در فاضلاب نسبت به آب چاه، سبب تجمع این املاح در محلول خاک شده است. غلظت این املاح در سطح بیشتر از اعماق بود، که می‌تواند به دلیل تبخیر بالای رطوبت از سطح خاک و انتقال املاح محلول در آب از اعماق به سطح خاک همراه با آب تبخیر شده باشد. از طرفی وجود بافت رسی در منطقه نیز می‌تواند سبب کاهش میزان نفوذپذیری این املاح به قسمت‌های پایین‌تر باشد.

غلظت کادمیوم در کلیه عمق‌ها در خاک آبیاری شده با فاضلاب شهری بیش از خاک آبیاری شده با آب چاه بود. این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($P<0/01$). در این راستا Boll و همکاران (1986) با بررسی خاک‌های تیمارشده با فاضلاب در آلمان طی ۱۶ و ۲۵ سال نشان دادند که پس از این مدت غلظت کادمیوم به مرز زیان‌آور نزدیک شد. Saber (1986) و Siebe (1994) با مطالعه تجمع عناصر سنگین در خاک آبیاری شده با

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاک (میانگین)

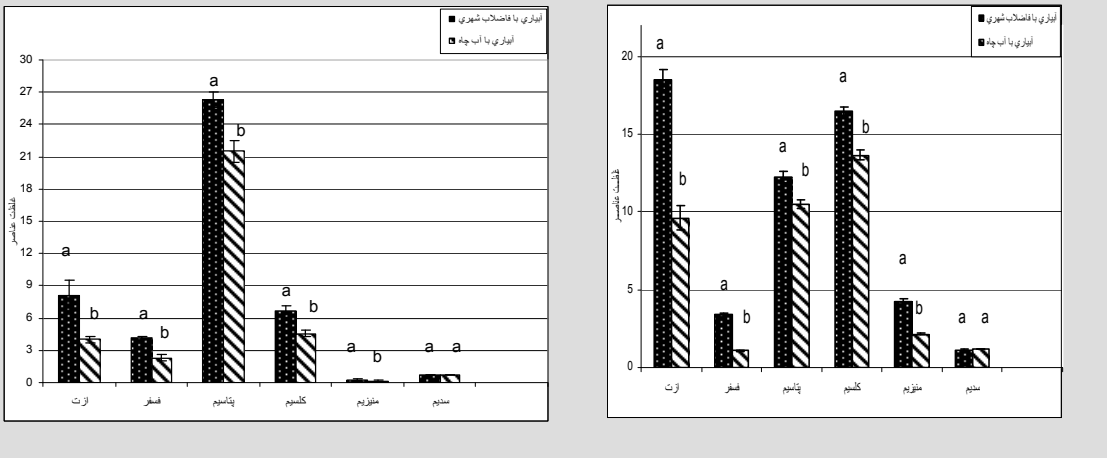
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی	عمق خاک					
	عمق ۱۵-۰		عمق ۳۰-۱۵		عمق ۶۰-۳۰	
منبع آبیاری	آبیاری با آب چاه	آبیاری با فاضلاب	آبیاری با آب چاه	آبیاری با فاضلاب	آبیاری با آب چاه	آبیاری با فاضلاب
pH	^{b}۷,۶۸	^{a}۷,۹۵	^{b}۷,۶۲	^{a}۷,۹۳	^{b}۷,۷۱	^{a}۷,۹۵
EC (dSm^{-1})	^{b}۰,۶۹	^{a}۰,۸۹	^{b}۰,۶۴۷	^{a}۰,۸۵	^{b}۰,۶۳	^{a}۰,۸۱
درصد کربنات کلسیم	^{b}۱۶,۵۵	^{a}۱۹,۲۲	^{b}۱۷,۶۶	^{a}۱۹,۱۱	^{b}۱۸,۰۰	^{a}۱۹,۱۱
درصد ماده آلی	^{b}۰,۳۲	^{a}۰,۸۳	^{b}۰,۲۴	^{a}۰,۴۱	^{b}۰,۱۱	^{a}۰,۲۹۲
درصد ازت	^{b}۰,۰۲	^{a}۰,۰۴۲	^{b}۰,۰۱۶۳	^{a}۰,۰۳۲۷	^{b}۰,۰۱۱۳	^{a}۰,۰۲۴۷
فسفر ($mg.\ kg^{-1}$)	^{b}۱۰,۰۷	^{a}۱۳,۳۳	^{b}۹,۲۳	^{a}۱۱,۳۰	^{b}۸,۵۵	^{a}۱۰,۳۵۰
پتاسیم ($g.\ kg^{-1}$)	^{b}۲,۹۲	^{a}۳,۴۵۳	^{b}۲,۵۳	^{a}۳,۱۱	^{b}۲,۱۱	^{a}۳,۰۲
کلسیم ($g.\ kg^{-1}$)	^{b}۱۵,۹۶	^{a}۲۳,۶۳	^{b}۱۵,۰۳	^{a}۲۱,۶۳	^{b}۱۵,۹۶	^{a}۲۱,۳۳
منیزیم ($g.\ kg^{-1}$)	^{b}۰,۳۴	^{a}۰,۳۹	^{b}۰,۳۲	^{a}۰,۳۷	^{b}۰,۳۲	^{a}۰,۳۴
سدیم ($g.\ kg^{-1}$)	^{b}۱,۲۴	^{a}۱,۳۴	^{b}۱,۱۷	^{a}۱,۲۸	^{b}۱,۱۴	^{a}۱,۲۴
کادمیوم ($mg.\ kg^{-1}$)	^{b}۲,۰۰	^{a}۳,۵	^{b}۰,۹۰	^{a}۲,۱۱	^{b}۰,۵۰	^{a}۱,۵۰

فاضلاب شهری نیز نتیجه گرفت که عناصر سنگین از جمله کادمیوم در افق AP خاک تجمع می‌یابند و بعد از مدت طولانی غلظت این عناصر ۳ تا ۶ برابر بیشتر از مقدار آنها در خاک‌های تحت آبیاری با آب معمولی می‌شود. Bhati و Singh (2003) بیان کردند به علت غلظت بالای عناصر سنگین در فاضلاب تجمع این عناصر در خاک بدیهی است. همچنین احتمالاً استفاده طولانی مدت از فاضلاب جهت آبیاری اراضی نیز می‌تواند دلیل دیگری برای این پدیده باشد.

نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم با افزایش عمق خاک در هر دو منطقه کاهش پیدا می‌کند. در این راستا Chaney و همکاران (1980) در تحقیقی که به مدت شش سال به طول انجامید، گزارش کردند که بیش از ۹۰٪ از فلزات سنگین اضافه شده همراه با لجن فاضلاب در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک باقی می‌ماند و Siebe (1994) نیز به نتایج مشابهی در تحقیق حاضر دست یافتند.

نتایج اندازه‌گیری عناصر غذایی در برگ و میوه درختان (آبیاری با فاضلاب شهری و آب چاه) در شکل‌های شماره ۲و ۳ ارایه شده است.

نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری در غلظت عناصر غذایی در برگ و میوه درختان آبیاری شده با فاضلاب شهری و آب چاه وجود دارد. به جز عنصر Na غلظت بقیه عناصر در برگ و میوه درختان آبیاری شده با فاضلاب شهری بیش از درختان آبیاری شده با آب چاه بود. غلظت عناصر غذایی جذب شده در گیاه به مقدار این عناصر در فاضلاب شهری وابسته می‌باشد (1982 ,Singh and Sharma) . افزایش غلظت عناصر تغذیه‌ای در گیاه (برگ و میوه) به علت افزایش غلظت این عناصر در منبع آبیاری یا خاک می‌باشد (and Yarilga, 2003) Bozkurt خصوصیات ذاتی گیاه به دلیل تاثیر نامطلوب عنصر سدیم ایجاب می‌کند که حداکثر غلظت سدیم در ریشه باقی بماند و جابجایی آن به اندام هوایی بسیار ناچیز



شکل ۲- غلظت عناصر ($g.Kg^{-1}$) در برگ درختان

شکل ۳- غلظت عناصر ($g.Kg^{-1}$) در میوه درختان

باشد (Singh and Bahati, 2005). احتمالاً چون یون سدیم در ساختار گیاهی نقشی نداشته و تنها برای تنظیم فشار اسمزی در گیاه فعالیت می‌کند عدم اختلاف در میزان این عنصر در برگ‌ها و میوه‌ها در دو تیمار توجیه‌پذیر باشد.

نتایج اندازه‌گیری غلظت کادمیوم در برگ و میوه درختان (آبیاری با فاضلاب شهری و آب چاه) در جداول شماره ۳ ارایه شده است.

غلظت کادمیوم در برگ درختان آبیاری شده با فاضلاب شهری بیشتر از برگ درختان آبیاری شده با آب چاه بود . این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($P<0/01$).

در این راستا، Epstein و همکاران (1976) گزارش کردند که مقدار جذب کادمیوم توسط گیاهان با افزایش مقدار لجن فاضلاب اضافه شده به خاک افزایش می‌یابد. Chaney و همکاران (1980) ، در تحقیقی که به مدت شش سال به طول انجامید، گزارش کردند که با افزایش میزان لجن اضافه شده به خاک، جذب کادمیوم توسط گیاه افزایش می‌یابد. Woolhouse (1983)، Baker (1987)، Macnair (1993) و Bhati و Singh (2003) بیان کردند که وجود غلظت بیشتر عناصر سنگین در خاک می‌تواند علتی برای افزایش این عناصر در گیاه باشد.

جدول ۳- میزان کادمیوم اندازه گیری شده در برگ و میوه زیتون (میانگین ± اشتباه معیار)

برگ	
فاضلاب شهری	^{a}۰/۲±۰/۰۵
آب چاه	^{b}۰/۰۹±۰/۰۳
USA Standard	۰,۱
میوه	
فاضلاب شهری	^{a}۰/۰۵±۰/۰۱
آب چاه	^{a}۰/۰۴±۰/۰۱
USA Standard, 1987	۰,۱

غلظت عناصر سنگین در میوه‌های آبیاری شده با فاضلاب شهری به ظاهر بیشتراز میوه‌های آبیاری شده با آب چاه بود، اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود (P>0/05). Letchamo و همکاران (2002) نیز بیان کردند که که عناصر به طور منظم و به یک میزان در قسمت‌های مختلف گیاه تقسیم نمی‌شوند و معمولاً غلظت عناصر سنگین در دانه و میوه گیاه کمتر از بقیه بخش‌های آن می‌باشد. غلظت کادمیوم در میوه‌های زیتون کمتر از حد مجاز استاندارد ارایه شده بود.

نتایج اندازه‌گیری فاکتورهای ابعاد و وزن میوه و بیوماس برگ در تیمار آبیاری با فاضلاب شهری و تیمار آبیاری با آب چاه در جدول ۴ ارایه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود ابعاد و وزن میوه و بیوماس برگ در تیمار آبیاری با فاضلاب شهری بیشتر از آب چاه است (P<0/01).

در این راستا Hopmans و همکاران (1990)، با بررسی رشد، تولید بیوماس توسط هفت گونه درختی آبیاری شده با فاضلاب شهری، Stewart و همکاران (1990) با بررسی ۴ ساله درختان *Eucalyptus grandis*، Baddesha و همکاران (1977) با مطالعه روی درختان اوکالیپتوس، Bozkurt و Yarilga (2003) روی درختان سیب ، Bhati و Singh (2003) با تحقیق روی میزان بیوماس تولیدی وزنده‌مانی نهال‌های اکالیپتوس ، Singh و Bhati (2005) با مطالعه قطر و ارتفاع نهال‌های دو ساله *Dalbergia sissoo* نشان دادند که استفاده از فاضلاب شهری سبب افزایش رشد و تولید بیوماس گیاهی می‌شود که علت آن را در غلظت بالای عناصر ماکرو و میکرو در فاضلاب شهری به خصوص غلظت بالای N، P ،K و وجود مواد آلی و دسترسی راحت‌تر گیاه به این عناصر ذکر کردند.

Ceulemans و همکاران (1993) و Myers و همکاران (1996) بیان کردند که کاربرد فاضلاب با تاثیر بر پروسه فیزیولوژیک گیاه سبب تسهیل در برگ‌دهی و در نتیجه افزایش تعداد برگ‌های گیاه می‌شود. در پی آن با افزایش تعداد برگ‌ها در گیاه جذب انرژی خورشیدی بالا رفته و فرآیند متابولیسم وجذب بیشتر CO_2 سبب افزایش رشد گیاه می‌شود.

Feigin و همکاران (1991) به استفاده از فاضلاب‌های شهری در امر آبیاری به‌عنوان منبعی سرشار از عناصر کودی مورد نیاز گیاه در کشورهای مختلف اشاره کرده‌اند. ، Pedreno و همکاران (1996)، Selivanovskaya و همکاران (2001)، Keller و همکاران (2002) بیان کردند که به علت وجود عناصر مورد نیاز گیاه در فاضلاب یا لجن حاصله از آن رشد گیاه وتولید محصول در گیاه افزایش می‌یابد.

جدول ٤- فاکتورهای اندازه‌گیری شده در برگ و میوه (میانگین)

فاکتورهای اندازه گیری شده	منبع آبیاری		درصد افزایش بر اثر آبیاری با فاضلاب شهری نسبت به آب چاه
	آبیاری با چاه	آبیاری با فاضلاب	
متوسط وزن تر هربرگ (gr)	^{b}۰/۰۵۵	^{a}۰/۰۹۸	٪۷/۸
متوسط وزن خشک هر برگ (gr)	^{b}۰/۰۲۵	^{a}۰/۰۵۰	٪۱۰۰
متوسط قطر کوچک هر میوه (mm)	^{b}۱۰/۰	^{a}۱۷/۷	٪۷۷
متوسط قطر بزرگ هرمیوه (mm)	^{b}۱۶/۰	^{a}۲۳/۸	٪۴۸/۸
متوسط وزن تر هر میوه (gr)	^{b}۲/۲۸	^{a}۳/۲۷	٪۴۳/۴
متوسط وزن هر میوه (gr)	^{b}۰/۶۳۳	^{a}۰/۹۷	٪۵۴

نتیجه‌گیری

استفاده از فاضلاب شهری سبب افزایش میزان عناصر تغذیه‌ای در خاک و بافت‌های مختلف گیاه (برگ و میوه) زیتون شده بود. تجمع کادمیوم در برگ‌های درختان زیتون و عمق‌های مختلف خاک دیده شد. اما تجمع این عنصر در میوه‌های زیتون در دو منطقه اختلافی با یکدیگر نداشت. میزان رشد و بیوماس برگ و میوه در درختان آبیاری شده با فاضلاب شهری بیشتر از آب چاه بود.

در پایان می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از فاضلاب شهری موجود باید بر پایه یک مدیریت صحیح، تطبیق خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی میکروبی آن با استانداردهای بین‌المللی صورت گیرد. با انجام عمل پیش تصفیه بر روی فاضلاب نهر و جلوگیری از ورود فاضلاب صنایع و واحدهای تولیدی منفرد وکوچک با کاهش میزان آلاینده‌ها می‌توان از فاضلاب ذکر شده جهت انجام پروژه‌های جنگل‌کاری در حاشیه شهر تهران و کمربند سبز این شهر استفاده نمود. اما استفاده از فاضلاب موجود در امر جنگل‌کاری زیتون بدون انجام پیش تصفیه ممکن است خطرات جدی را در دراز مدت ایجاد کند.

سپاسگزاری

از همکاری‌های صمیمانه شهرداری شهر ری در مراحل اجرایی کار قدردانی می‌گردد.

منابع

Baddesha, H. S., R. Chabbra and B. S. Ghuman (1997). Change in soil chemical properties and plant nutrient content under Eucalyptus irrigated with sewage water. *Indian Soc. Soil Sci.* 45: 358-362.

Bahati, M. and G. Singh (2003). Growth and mineral accumulation in Eucalyptus camaldulensis Seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioresource Technology*, 88: 221-228.

Baker, A. J. M. (1987). Metal tolerance. *New Physiologist*, 106:93-111.

Boll, R., H. Dernbach and R. Kayser (1986). Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany. *Journal of Water Science Technology*, 18: 383-390.

Bozkurt, M. A. and T. Yarilga (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*, 27: 285-292.

Ceulemans, R. J., F. M. Pontailler and J. Guittet (1993). Leaf allometry in young poplar stands: reliability of leaf area index estimation, site and clone effects. *Biomass Bioenergy*, 4: 769-776.

Chaney, R. L., T. B. Munns and H. M. Cathey (1980). Composted digested sewage sludge compost in supplying nutrients for soilless potting media. *Am. Soc. Hort. Sci*, 105: 485-492.

Epstein, E., J. M. Taylor and R. L. Chaney (1976). Effect of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. *Environ. Qual*, 5: 422-427.

Feigin, A., I. Ravina and J. Shalheret (1991). *Irrigation with treated sewage effluent*. Berlin: Springer-Verlag.

Munther, K. (2001). Use of Treated wastewater for Irrigation in Madaba. *Environmental Health*, 201:299-302.

Myers, B. J., S. O. Theiveyanath, N. O. Brian and W. J. Bond (1996). Growth and water use of Eucalyptus grandis and Pinus radiata plantation irrigated with effluent. *Tree Physiuol*, 16: 211-219.

Pedreno, J. N., I. Gomez, R. Moral and J. Mataix (1996). Improving the agricultural value of a semi arid soil by addition of sewage sludge and almond residue. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 58: 115-119.

Saber, M. S. M (1986). Prolonged effect of land disposal of waste on soil conditions. *Journal of Water Science Technology*, 18: 371-374.

Selivanovskaya, S .Y., V. Z. Latypova, S. N. Kiyamova and F. K. Alimova (2001). Use of microbial parameters to access treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* 86: 145-153.

Siebe, C. (1994). Accumulation and disposal of heavy metals on irrigated soil with wastewater in the irrigation district 03. Tula, Hidalgo, Mexico. *Rewint. Contan. Ambient*, 10: 15-21.

Singh, G. and M. Bahati (2005). Growth of *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and plant chemistry. *Bioresource Technology*, 96: 1019-1028.

Singh, G. and M. Bahati (2003). Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioresource Technology*, 88:221-228.

Habibi Kaseb, H. (1992). *Forest Pedology.*Tehran: University of Tehran press.

Hopmans, P., H. T. L. Stewart, D. W. Flinn and T. J. Hillman (1990). Growth biomass production and nutrient accumulation by seven tree species irrigated with municipal effluent at Wodonga Australia. *Forest Ecology and Management*, 30:203-211.

Keller, C., S. P. McGrath and S. J. Dunham (2002). Trace metal leaching through a soil grassland system after sewage sludge application. *J. Environ. Qual.*, 31: 1550-1560.

Letchamo, W., R. Klevakin and I. I. Lobatcheva (2002). Heavy metal accumulation in sea buckthorn cultivars in Siberia. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses.,* Alexandria: ASHS Press .

Macnair, M. R. (1993). Transley review No. 49. The genetic metal tolerance in vascular plants. *New Physiologist*, 124: 541-559.

Mahida, N. U. (1981). *Water pollution and Disposal of wastewater on land.* New Delhi: Tata McGraw-Hill .

Meli, S., M. Porto, A. Belligno, S. A., Bufo, A. Mazzatura and A. Scopa (2002). Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of the Total Environment,* 285: 69_77.

Mohammad, M. J. and N. Mazahreh (2003). Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*, 34 : 1281–1294.

Sing, S. and H. C. Sharma (1982). Effect of profile moisture and nitrogen levels on yield and oil content by raya (Brassica juncea L. Czen). *Haryana Agric. Univ. J. Res,* 12: 486-494.

Stewart, H. T. L., P., Hopmans, D. W. Flinn and T. J. Hillman (1990). Nutrient accumulation in Trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. *Environ. Pollution,* 63: 155-177.

Willett, I. R., P. Jakobsen, K. W. J. Malafant and W. J. Bond (1984). Effect of land disposal of lime treated sewage sludge on soil properties and plant growth. Division of water and land resources, CSIRO, Canberra. *Div. Rep.,* 84:3, 56.

Woolhouse, H. W. (1983). Toxicity and tolerance in the response of plants to metals. In: Lange, O. L., P. S. Noble, C. B. Osmond and H. Ziegler (Eds.), Encyclopedia of plant Physiology. *Physiological plant. Ecology.* Berlin: Springer Verlage.