نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۴، ص. ۵۷۷-۵۶۹

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 3, Jul.-Agu. 2015, p. 569-577

تأثیر آبیاری با پساب و آب معمولی بر صفات ظاهری میوه و شاخص‌های فتوسنتزی درختان زیتون تحت تأثیر دو سیستم آبیاری

نبی اله اشرفی[۱]- مهدی قیصری[۲*]- علی مالکی [۳]- علی نیکبخت [٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۳

چکیده

پساب به عنوان تنها منبع آب مطمئن در اطراف شهرهای بزرگ مورد توجه بخش کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی اثر پساب بر شاخص‌های فتوسنتزی و صفات ظاهری میوه زیتون در دو سیستم آبیاری نشتی زیر سطحی و سطحی بود. پژوهش در قالب کرت های خرد شده با دو فاکتور سیستم آبیاری (زیر سطحی و سطحی) و کیفیت آب آبیاری (پساب و آب معمولی) در چهار تکرار طی دو سال انجام شد. در انتهای فصل عملکرد، وزن هر میوه، حجم، طول و سفتی میوه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد آبیاری با پساب باعث افزایش عملکرد کل، وزن میوه (۱۵ درصد)، حجم میوه (۲۳ درصد) و فتوسنتز برگ (۲۲ درصد) نسبت به آب معمولی گردیده است. همچنین سیستم آبیاری زیر سطحی باعث افزایش عملکرد (۶۵ درصد)، در فتوسنتز (۳۲ درصد)، کارایی فتوسنتز (۱۸ درصد) و وزن میوه (۱۷ درصد) و قطر میوه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده پساب می‌تواند به عنوان منبعی پایدار در آبیاری و هم‌چنین به عنوان منبع کودی در باغات زیتون استفاده شود. هم چنین سیستم آبیاری زیر سطحی در آبیاری با پساب کارآمدتر از سیستم سطحی است و باعث افزایش عملکرد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سیستم آبیاری، کلروفیل فلورسانس، نشتی زیر سطحی

مقدمه

زیتون از جمله گیاهان همیشه سبز است که عمدتاً در نواحی مدیترانه‌ای کشت می‌شود و به مصرف فرآوری و تازه خوری می‌رسد (۱۰)، و در سال‌های اخیر به دلیل افزایش مصرف آن و روغن کشی کشت آن در سایر نقاط جهان نیز مشاهده می‌شود (۱۷). اگرچه زیتون گیاهی مقاوم به خشکی است ولی کمبود آب یکی از محدودیت‌های توسعه کشت زیتون در دنیا محسوب می‌شود. در تنش‌های آبی خفیف، عملکرد میوه از نظر کمّی و کیفی و همچنین سلامت درختان زیتون تا حدودی در معرض خطر قرار می‌گیرند، در حالی که در تنش‌های خیلی شدید، عملکرد میوه به طور کامل از بین رفته و زندگی درختان نیز به صورت جدی به خطر می‌افتد (۱۲). افزایش آب کاربردی باعث افزایش رشد و عملکرد زیتون می‌شود (۱۸) به طوری که اندازه میوه و عملکرد میوه تحت تأثیر میزان آب می‌باشد (۱۴).

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک باعث گردیده که توجه متخصصان کشاورزی به سمت استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌های باز یافتی برای کشاورزی جلب شود (۱۶). استفاده از پساب برای آبیاری زیتون به دلیل اینکه زیتون گیاهی مقاوم بوده (۶) و مصرف تازه خوری ندارد و فرآوری آن خطر مستقیم پاتوژنها و میکروارگانیسم ها را بر طرف می‌کند (۱۵)، نگرانی ندارد. به طور کلی پساب‌ها دارای عمده مواد غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر، و پتاسیم می‌باشند. به عبارت دیگر پساب‌ها علاوه بر تأمین نیاز آبی گیاهان، مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را نیز تا حدودی تأمین می‌کنند (۸). از طرفی زیادی این عناصر همانند نمک‌های محلول می‌تواند اثر معکوسی بر روی رشد و نمو گیاه داشته باشد (۴).

در مناطق خشک و نیمه خشک بهبود روش‌های آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری به ویژه در استفاده از پساب می‌تواند بخشی از کمبود منابع آب را جبران کند. یکی از مهم‌ترین راهکارها، استفاده از

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
۲ و ۳- استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)
۴- استادیار گروه علوم باغبانی و گروه پژوهشی مهندسی فضای سبز شهری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

سیستم‌های آبیاری جدید و همچنین منابع پایدار آب مانند پساب‌ها می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از پساب‌ها در باغات زیتون و اثر آن بر شاخص‌های فتوسنتزی و کیفیت میوه و همچنین تأثیر سیستم آبیاری زیر سطحی و سطحی در استفاده از پساب بر درخت زیتون انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال‌های ۱۳۹۱- ۱۳۸۹ در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. درختان هشت ساله زیتون رقم روغنی که با فاصله ۴×۴ متر در خاک دارای بافت شنی لومی با ۶۰ تا ۷۵ درصد سنگ ریزه با pH =۷/۵ و EC=۲/۸ dS/m کاشته شده بودند، برای پژوهش انتخاب شدند. پژوهش در دو سال در قالب آزمایش کرت های خرد شده با دو فاکتور و چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی پژوهش، سیستم آبیاری در دو سطح شامل سیستم آبیاری سطحی نشتی و نشتی- زیر سطحی و عامل فرعی کیفیت آب آبیاری که شامل دو سطح آب معمولی و پساب تصفیه شده شهری بود. در سیستم آبیاری نشتی- زیر سطحی از لوله زهکش با قطر ۱۱۰ میلی‌متر با فیلتر الیاف مصنوعی از شرکت لوله خوزستان استفاده شد (http://pvckhouzestan.com) که به طول هفت متر برای دو درخت آماده و در یک سمت درخت در عمق۳۰- ۴۰ سانتی‌متری از سطح خاک و با فاصله ۴۰ سانتی‌متر از طوقه درخت در اواخر ۱۳۸۹ کار گذاشته شد. برای انجام آبیاری حجم آب محاسبه شده برای هر درخت یک جا از طریق رایزر قائم داخل لوله ۱۱۰ میلی متری ریخته می‌شد. در سیستم سطحی هم دو درخت در هر تکرار در جوی‌های 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 پساب تصفیه شده از تصفیه خانه دانشگاه صنعتی اصفهان به محل منتقل شد. راندمان آبیاری برای دو سیستم آبیاری ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. جدول ۱ میانگین کیفیت پساب نشان داده شده است، میزان عناصر سنگین در پساب توسط دستگاه جذب اتمی قابل تشخیص نبود. برای محاسبه نیاز آبی زیتون از رابطه فائو – پنمن-مانتیث و ضریب گیاهی زیتون استفاده شد (۲). بر اساس بافت خاک، محدودیت خاک در عمق و عمق توسعه ریشه حداکثر عمق آبیاری محاسبه شد. مقدار حجم آب کاربردی در هر آبیاری با توجه به سطح تاج پوشش درختان برای هر درخت برابر ۱۱۴ لیتر محاسبه شد. برای تعیین زمان آبیاری از تبخیر-تعرق تجمعی گیاه استفاده شد. بنابراین در طی دوره رشد دور آبیاری متغیر بود، اما در هر آبیاری عمق و دور آبیاری برای دو سیستم یکسان بود. در سیستم نشتی - زیر سطحی حجم آب مورد نظر به صورت یکجا در مدت ۳ تا ۵ دقیقه داخل رایزر متصل به لوله ۱۱۰ میلی متری ریخته می‌شد. در آبیاری سطحی آب داخل جوی‌های اطراف درخت که دو طرف آن‌ها مسدود شده بود یکجا ریخته می‌شد.

در انتهای فصل، میوه‌ها برداشت شده و داده برداری از آن‌ها انجام گرفت. برای اندازه گیری سفتی میوه از دستگاه فشار سنج دستی (مدل Mc Cormic-FT 327) ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. طول و قطر میوه با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت یک میلی متر اندازه گیری شد. برای محاسبه حجم هر میوه از روش جابه‌جایی آب در استوانه استفاده گردید (۳).

جدول ۱-ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه شده استفاده شده برای آبیاری

Table1- Chemical characteristics of recycle water used for irrigation

فاکتورهای اندازه گیری شده Measured factors	نمونه پساب تصفیه شده Wastewater
سولفات (میلی‌گرم در لیتر) SO_4^{-2} (mg L^{-1})	106.96
بی‌کربنات (میلی‌گرم در لیتر) HCO_3^{-1} (mg L^{-1})	147.45
پتاسیم (میلی‌گرم در لیتر) K (mg L^{-1})	134.5
سدیم (میلی‌گرم در لیتر) Na(mg L^{-1})	115.8
فسفر کل(میلی‌گرم در لیتر) P (mg L^{-1})	10.2
نیتروژن کل(میلی‌گرم در لیتر) N (mg L^{-1})	24.6
pH	8.7
قابلیت هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر) EC (dSm^{-1})	1.3

برای اندازه گیری کارایی فتوسنتز (Fv/Fm) از دستگاه کلروفیل فلورسانس سنج (RS232, Hansatch Instruent LTD) ساخت کشور انگلستان استفاده شد. لازم به ذکر است که مدت زمان طول دوره تاریکی ۱۵ دقیقه برای هر تکرار بود. فاکتورهای مربوط به تبادلات گازی برگ شامل فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 زیر روزنه توسط دستگاه قابل حمل اندازه گیری فتوسنتز برگ (Li-6400,LICOR, Lincoln, NE, USA) در برگ کاملاً توسعه یافته در هر تکرار انجام گرفت. بدین منظور هر برگ به مدت ۳۰ ثانیه درون اتاقک اندازه‌گیری تبادلات گازی برگ قرار گرفت. اندازه‌گیری در روز صاف و آفتابی بین ساعت ۱۱ تا ۱۲ انجام شد. در طول اندازه-گیری دمای اتاقک حدود ۳۲ تا ۳۵ درجه سلسیوس بود. آنالیز و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و Statistix انجام گرفت و برای مقایسه میانگین صفات مورد نظر از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان داد که کیفیت آب اثر معنی داری بر قطر، حجم و وزن میوه داشته است به طوری که وزن میوه ۱۷ درصد و قطر میوه ۵ درصد در آبیاری پساب بیشتر بود (جدول۲). همچنین آبیاری با پساب باعث افزایش ۲۱ درصد در حجم میوه گردیده است. پساب تأثیری بر سفتی و طول میوه نداشته است (جدول۳). بررسی اثر کیفیت آب آبیاری بر شاخص‌های فتوسنتزی نشان داد اثر کیفیت آب بر شاخص فتوسنتز معنی دار بوده است. به طوری که، گیاهان آبیاری شده با پساب ۲۲ درصد میزان فتوسنتز بیشتری نسبت به آب معمولی داشته‌اند. میزان هدایت زیر روزنه و دی‌اکسید کربن زیر روزنه اختلاف آماری معنی داری نشان نداد، اگرچه در کاربرد پساب میزان بیشتری نسبت به آب پاک داشته‌اند. همچنین اثر کیفیت آب آبیاری بر شاخص کلروفیل فلورسانسی معنی دار نبوده است (جدول۳). از آن‌جایی که میزان ازت و فسفر جزء عناصر ضروری برای گیاه هستند و پساب ها غنی از عناصر غذایی به خصوص ازت و فسفر می باشند، وجود این عناصر باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شود (۱۵).

تأثیر سیستم آبیاری بر قطر و طول میوه معنی دار بود و سیستم آبیاری زیر سطحی بیشترین طول و قطر میوه را داشت. وزن میوه در آبیاری زیر سطحی ۴/۱۲ گرم بود که در مقایسه با سیستم سطحی ۱۷ درصد افزایش نشان می‌دهد (جدول۴). همچنین، حجم و سفتی میوه در درختان آبیاری شده با سیستم زیر سطحی بیشتر از سیستم سطحی بود (جدول۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای سیستم آبیاری و کیفیت آب بر فاکتورهای اندازه‌گیری شده درختان زیتون

Table2- Analysis of variance data related to the effect of irrigation system and water quality of olive trees

منابع تغییرات Source of variances	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات							
		دی اکسید کربن زیر روزنه ای $(CO_2)C_i$	هدایت روزنه ای € (gs) $(molm^{-2}\ s^{-1})$	Photosynthesis $(\mu\ molm^{-2}\ s^{-1})$	سفتی firmness	حجم volume	وزن میوه Fruit weight	طول میوه length	قطر میوه diameter
سیستم آبیاری Irrigation system	1	1769.2^{ns}	0.005*	58.54**	0.616*	7.45*	10.63*	76.5**	49.7**
خطای سیستم آبیاری error	3	2288.8	0.0001	1.63	0.031	0.42	0.433	0.089	0.44
کیفیت آب آبیاری Water quality	1	1346.6 ^{ns}	0.0007^{ns}	29.21*	0.14ns	2.19*	1.16*	3.42ns	2.72*
سیستم آبیاری× کیفیت آب system×qualit y	1	65ns	0.0007^{ns}	2^{ns}	0.34ns	0.33ns	0.656ns	0.002ns	1.56ns
خطای کل Total error	6	1721	0.0003	2.91	0.107	0.35	0.138	0.92	0.32
ضریب تغییرات CV		30.49	20.55	12.61	10.48	16.15	9.65	4.26	3.6

^{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٪

Ns: non significant, significant at 5% level probality, **significant at 1% level probality, *** significant at 0/1% level probality,
€ :Stomatal conductance

جدول ۳- اثر کیفیت آب آبیاری بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده میوه زیتون

Table3- The effect of water quality treatments on fruit indices in olive trees.

تیمار treatment	کلروفیل فلورسانسی (Fv/Fm)	هدایت روزنه‌ای € g_s ($molm^{-2}$ s^{-1})	دی اکسید زیر روزنه (CO_2) C_i (Pa)	فتوسنتز Photosynthesis (μ $molm^{-2}$ s^{-1})	سفتی firmness kg	حجم volume Cm^3	وزن میوه weight gr	طول میوه length mm	قطر میوه diameter mm
آب پاک Clean water	0.7a	0.08a	121.1a	12.1b	3.03a	3.32b	3.58b	23.07a	15.52b
پساب recyclewater	0.74a	0.1a	146.1a	14.8a	3.21a	4.06a	4.12a	22.15a	16.35a
LSD	0.1	0.02	76.12	2.033	0.4	0.72	0.45	1.17	0.7

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

*Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) according to LSD, € :Stomatal conductance

بررسی اثر سیستم آبیاری بر شاخص‌های فتوسنتزی نشان داد که سیستم آبیاری زیر سطحی ۳۲ درصد فتوسنتز بیشتری نسبت به سیستم سطحی داشته است. همچنین بین سیستم‌های آبیاری در دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای و هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی داری مشاهده شد و گیاهان در سیستم آبیاری زیرسطحی ۱۷ درصد دی‌اکسید کربن و ۴۸ درصد هدایت روزنه‌ای بیشتری نسبت به سیستم سطحی نشان دادند. بررسی میزان کلروفیل فلورسانس نشان داد گیاهان آبیاری شده با سیستم آبیاری زیر سطحی ۱۸ درصد Fv/Fm بیشتری نسبت به سیستم سطحی داشته‌اند. تحت شرایط تنش میزان کلروفیل فلورسانسی کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل فلورسانسی برگ نشان دهنده کاهش جریان الکترون در فتوسیستم ۲ و در نتیجه کاهش انرژی و ATP است (۱۳). دیوید و همکاران گزارش کردند که سیستم آبیاری زیر سطحی عملکرد بیشتری نسبت به سایر سیستم‌های آبیاری داشته است (۹). پژوهشگران گزارش کرده اند که با افزایش آب در دسترس گیاهان فتوسنتز و سطح برگ زیتون و به طبع آن عملکرد زیاد شده است. وزن میوه حجم و نسبت گوشت به هسته با افزایش آب زیاد شده است (۱۸).

بررسی اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب نشان داد که آبیاری با پساب در هر دو سیستم آبیاری باعث افزایش وزن، حجم و قطر میوه شده است. در سیستم سطحی قطر و وزن میوه در گیاهان آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب پاک به ترتیب ۱۱ درصد و ۳۶ درصد افزایش داشت.

در کل سیستم زیر سطحی با هردو کیفیت آب، قطر و وزن میوه بیشتری نسبت به سیستم سطحی داشت (جدول۵). بررسی اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب آبیاری بر شاخص‌های فتوسنتزی نشان داد که سیستم آبیاری زیر سطحی در آبیاری با پساب ۳۵ درصد فتوسنتز بیشتر نسبت به سیستم سطحی داشته است. همچنین بین تیمارهای آب پاک و پساب در سیستم زیر سطحی اختلاف معنی داری مشاهده شد و گیاهان آبیاری شده با پساب ۲۴ درصد فتوسنتز بیشتری نسبت به آب پاک نشان دادند. میزان دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای در هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی داری نشان نداد. ولی هدایت روزنه‌ای در سیستم آبیاری زیر سطحی با هر دو کیفیت آب اختلاف معنی داری با سیستم زیر سطحی نشان داده است. بین سیستم سطحی و زیر سطحی در هر دو کیفیت آب اختلاف معنی داری مشاهده شد و میوه در سیستم آبیاری زیر سطحی با پساب ۱۹ درصد قطر بیشتری نسبت به سیستم زیر سطحی با پساب داشت.

جدول ٤- اثر سیستم آبیاری بر شاخص‌های فتوسنتزی و صفات میوه درختان زیتون

Table4- The effect of irrigation system treatments on photosynthesis and fruit indices in olive trees.

تیمار treatment	کلروفیل فلورسانسی £ (Fv/Fm)	هدایت روزنه‌ای € g_s ($molm^{-2}$ s^{-1})	دی اکسید زیر روزنه (CO_2) c_i (Pa)	فتوسنتز photosynthesis (μ $molm^{-2}$ s^{-1})	سفتی firmness kg	حجم volume Cm^3	وزن میوه weight gr	طول میوه length mm	قطر میوه Diameter mm
سیستم سطحی Surface system	0.66b	0.074b	123.56b	11.62b	2.92b	3.01b	3.58b	20.4b	14.1b
نشتی زیر سطحی Subsurface system	0.78a	0.111a	144.59a	15.45a	3.32a	4.37a	4.12a	24.8a	17.7a
LSD	0.08	0.023	50.75	2.08	0.28	1.03	0.445	0.47	1.06

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

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) according to LSD, € :Stomatal conductance, £: Chlorophyll fluorescence

اثر متقابل سیستم آبیاری و کیفیت آب بر روی وزن میوه معنی‌دار بوده است و وزن میوه در گیاهان آبیاری شده با پساب در سیستم زیر سطحی ۳۵ درصد افزایش نسبت به سیستم سطحی داشته است. همچنین بین کیفیت آب آبیاری در سیستم سطحی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و گیاهان آبیاری شده با پساب ۳۶ درصد وزن بیشتری نسبت به آب پاک نشان دادند. بررسی حجم و سفتی میوه نشان داد که بین کیفیت آب آبیاری، اختلاف معنی‌داری در دو سیستم مشاهده نشد ولی سیستم زیر سطحی بیشترین سفتی و حجم میوه را نسبت به سطحی داشته است (جدول۵). افزایش در وزن میوه و عملکرد در اثر کاربرد پساب توسط سایر محققان گزارش شده است (۱ و ۵). آبیاری باعث افزایش رشد، سطح برگ و فتوسنتز می‌گردد و این منجر به افزایش عملکرد محصول در هر درخت می‌گردد. اندازه بزرگ میوه ابتدا در نتیجه تعداد سلول‌های زیاد و تأثیر مثبت آب در دسترس برای تقسیم سلولی است. تفاوت در وزن عمدتاً به خاطر میزان آب میوه است. بدیهی است که در شرایط کمبود آب و کاهش فعالیت گیاه محتوای آب گیاه کم شده و رشد میوه کاهش پیدا می‌کند (۱۸).

سوخت و ساز فتوسنتز در درختان از فاکتورهای زیادی متأثر است که عبارتند از فاکتورهای داخلی مانند (سطح برگ، زاویه و جهت برگ، سن برگ، ساختار آناتومیکی، محتوای کلروفیل و آنزیم‌ها) و فاکتورهای محیطی مانند (میزان نوری که در جهات مختلف کانوپی برخورد می‌کند، دما، میزان دسترسی به آب و مواد غذایی، میزان دی اکسید کربن موجود و آفات) دارد (۱۹). در این پژوهش میزان فتوسنتز در سیستم آبیاری زیر سطحی بیشتر بود. گزارش‌ها نشان می‌دهد میزان فتوسنتز با کاهش آب در دسترس کم می‌شود (۷) که نتایج به دست آمده از این پژوهش موید این مطلب است. افزایش فتوسنتز در آبیاری با پساب به دلیل افزایش در میزان کلروفیل است. مطالعات نشان داده که تولید بیوماس و محصول گیاه در ارتباط مستقیم با فتوسنتز است (۱۱).

نتایج کلروفیل فلورسانسی نشان داد که سیستم آبیاری سطحی در کاربرد آب پاک دارای کمترین کلروفیل فلورسانسی و سیستم آبیاری زیر سطحی بیشترین میزان را داشته است. تیمارهای آب پاک و پساب در آبیاری با سیستم زیر سطحی اختلاف معنی داری نشان ندادند، ولی سیستم سطحی در آبیاری با پساب کلروفیل فلورسانسی بیشتری داشته است (شکل۱).

بررسی اثر متقابل سیستم و کیفیت آب آبیاری بر عملکرد درختان زیتون نشان داد که بیشترین عملکرد در درختان آبیاری شده با سیستم آبیاری زیر سطحی و با پساب حاصل شده است. به طور کلی، سیستم آبیاری زیر سطحی عملکرد بیشتری نسبت به سیستم سطحی داشته است (شکل۲). پساب در سیستم زیرسطحی تأثیر بیشتری نسبت به سطحی داشته است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که کاربرد پساب‌ها به میزان منطقی باعث افزایش رشد و عملکرد بعضی گیاهان شده است (۲۰). افزایش عملکرد در این سیستم به خاطر افزایش آب در دسترس گیاه بوده است. زیرا سیستم آبیاری زیر سطحی دارای حداقل تلفات از سطح بوده و آب را در ناحیه ریشه توزیع می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع یافته‌های این پژوهش نشان داد که آبیاری با پساب نه تنها اثر مضری بر فتوسنتز و عملکرد درخت زیتون نداشت، بلکه باعث افزایش آن نیز می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پساب می‌تواند به عنوان منبعی برای آبیاری باغات زیتون استفاده شود. همچنین سیستم نشتی- زیر سطحی می‌تواند کارآمدتر از سیستم سطحی برای آبیاری درختان زیتون در کاربرد پساب باشد.

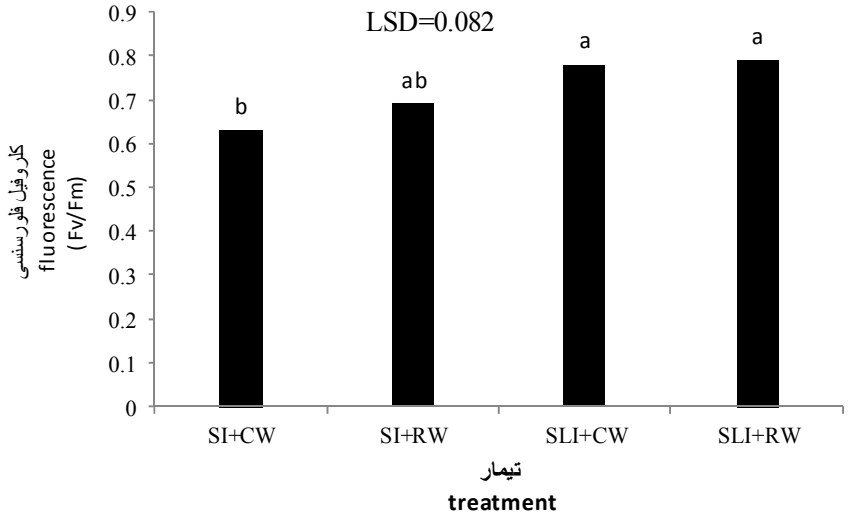
جدول۵- اثر متقابل سیستم آبیاری و پساب بر شاخص های فتوسنتزی و صفات میوه

Table 5- The effect of water quality and irrigation system treatments on photosynthesis and fruit indices in olive trees

تیمار		فتوسنتز photosynthesis (μ molm^{-2} s^{-1})	دی اکسید زیر روزنه (CO_2) c_i (Pa)	هدایت روزنه‌ای € g_s (molm^{-2} s^{-1})	سفتی firmness kg	حجم volume Cm3	وزن میوه weight gr	طول میوه length mm	قطر میوه diameter mm
سطحی surface	پاک cleac	10.6b	109.4a	0.06b	2.98b	2.49b	2.56c	19.9b	13.4c
	پساب recycle	12.6bc	137.6a	0.08ab	2.87b	3.52ab	3.5b	20.9b	14.9b
زیر سطحی subsurface	پاک clean	13.7b	134.5a	0.11a	3.08ab	4.15a	4.6ab	24.3a	17.6a
	پساب recycle	17.1a	154.6a	0.11a	3.56a	4.6a	4.73a	25.2a	17.8a
LSD		2.95	71.78	0.033	0.56	1.03	0.64	1.66	0.99

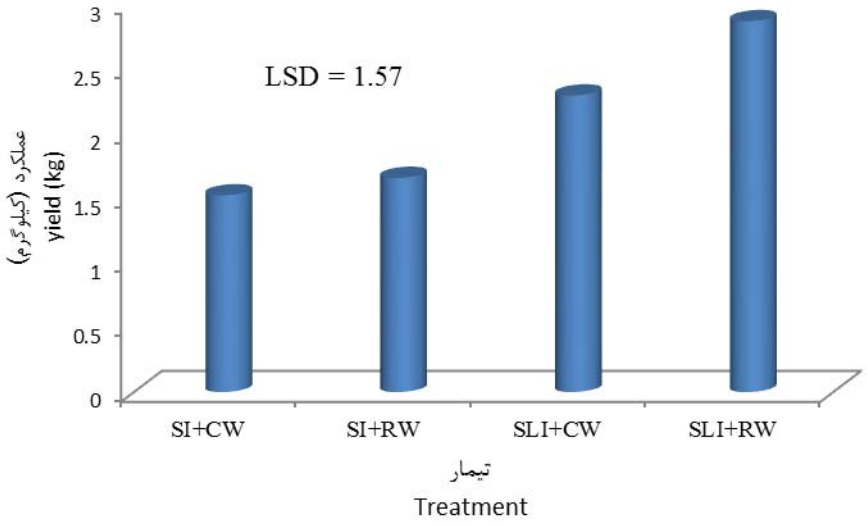
*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) according to LSD, € :Stomatal conductance



شکل ۱- اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و سیستم آبیاری بر کلروفیل فلورسانسی، (SI= آبیاری سطحی، SLI = آبیاری زیر سطحی، CW= آب معمولی، RW= پساب)

Figure1- The effect of water quality and irrigation system treatments on chlorophyll fluorescence indices in olive trees (SI=surface irrigation, SLI=subsurface, CW=pure water, RW=wastewater)



شکل ۲- اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و سیستم آبیاری بر عملکرد درختان زیتون (SI = آبیاری سطحی، SLI = آبیاری زیر سطحی، CW= آب معمولی، RW= پساب)

Figure2-The effect of water quality and irrigation system treatments on fruit yield in olive trees (SI=surface irrigation, SLI=subsurface, CW=pure water, RW=wastewater)

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت مالی شهرداری اصفهان و سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان تأمین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود. هم‌چنین از اداره فضای سبز دانشگاه صنعتی اصفهان سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1- Al-Gazzaz N. M.1999. Long-Term Irrigation Effect of Khirbit Es-Samra Effluent Water on Soil and Olive (*Olea europaea* L.) Quality, M.Sc. Thesis, Fac. of Sci., Univ. of Jordan.

2- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage, Paper 56. UN-FAO, Rome, Italy.

3- Arzani K., Lawes G.S., and Wood D. E. S. 1999. Estimation of `Sundrop' apricot fruit volume and fresh weight from fruit diameter, Acta Horticulturae, 488: 321-326.

4- Biggs T.W., Jiang B., 2009. Soil salinity and exchangeable cations in a wastewater irrigated area, Indian Journal of Environmental Quality, 38: 887–896.

5- Charfi D., Trigui A., and Medhioub K. 1999. Effects of irrigation with treated wastewater on olive trees *cv Chemlali* of Sfux at the station of El-Hajeb, *Acta Horticultur*, 474:385-389.

6- Chartzoulakis K.S. 2005. Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield, Agricalcural Water Management, 78: 108–121.

7- Choinski J.R., and Johnson J. M. 1993. Changes in photosynthesis and water status of developing leaves of Brachystegia spiciformis Benth, Tree Physiology,13: 17-27.

8- Da Fonseca A.F., Melfi A.J., Monterio F.A., Montes C.R., de Almeida V.V., Herpin U. 2007. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tiffon 85 bermudagrass, Agricultural Water Management. 87: 328–336.

9- David R.B., Tomas J.T., and James E.A. 2003. Growth and production of young peach trees irrigated by furrow, microjet, surface drip or subsurface drip systems, Horticultureal Science.38: 1112-1116.

10- Fernandez-Escobar R., Beltran G., Sanchez-Zamora M.A., Garcia Novelo J., Aguilera M.P., and Uceda M. 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization, Hort Science, 41:215–219.

11- Gregoriou K., Pontikis K. and Vemmos S. 2007. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in Olive (*Olea europaea L.*), *Photosynthetica.* 45: 172-181.

12- Koordosky K., and Howang S. 1997. Recover of photosynthesis in olive tree after period of low leaf water potential, Plant physiology, 75: 233-235.

13- Mutui T.M., Emongor V.E., and Hutchinson M.J. 2006. The effects of gibberellin4+7 on the vase life and flower quality of Alstroemeria cut flowers, Plant Growth Regulation, 48:207-214.

14- Ozyilmaz H., Ozkara M. 1990. Determination of water consumption of the olive tree under field conditions, Acta horticulturae, 286: 279- 282.

15- Palese A.M., Pasquale V., Celano G., Figliuolo G., Masi S., Xiloyannis C. 2009. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits, Agriculture, Ecosystems and Environment, 129: 43-51.

16- Pedrero F., Kalavrouziotis I., Alarcon J.J., Koukoulakis P., Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture – review of some practices is Spain and Greece, Agricultural Water Management, 97: 1233–1241.

17- Perez-Lopez D., Gijon M. C., Marino J., and Moriana A. 2010. Water relation response to soil chilling of six olive (*Olea europaea* L.) cultivars with different frost resistance, Spanish Journal of Agricultural Research, 8: 780-789.

18- Proeitti P. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives *(Olea europaea*), cultivar 'Ascolana tenera', Crop and Horticultural Science, 24: 175-181.

19- Proietti P., and Famiani. F., 2002. Diurnal and seasonal changes in photosynthetic characteristics in different olive (*Olea europaea* L.) cultivar, *Photosynthetica,* 40: 171-176.

20- Toze S. 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks, Agricultural Water Management, 80: 147–159.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 3, Jul.-Agu. 2015, p. 569-577

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۴، ص. ۵۷۷-۵۶۹

Effect of Irrigation with Reclaimed Water on Fruit Characteristics and Photosynthesis of Olive Trees under Two Irrigation Systems

N. Ashrafi[1]- M. Gheysari[2*]- A. Maleki [3] - A. Nikbakht [4]

Received: 28-01-2014
Accepted: 24-11-2014

Introduction: Olive (*Olea europaea* L.) trees are mainly cultivated in the Mediterranean area and are grown for their oil or processed as table olives. Despite the fact that olive is known to be resistant to drought conditions due to its anatomical, physiological, and biochemical adaptations to drought stress, reports indicate that the olive can be adversely affected by drought stress, which has a negative effect on the growth of olive trees. In the absence of adequate supplies of water, the demand for water can be met by using improved irrigation methods or by using reclaimed water (RW). Reports have shown that recycled water has been used successfully for irrigating olive orchards with no negative effects on plant growth.Attention has been paid to reclaimed water as one of the most significant available water resources used in agriculture around large cities in arid and semi-arid regions. On the other hand, irrigation efficiency is low and does not meet the demands of farmers.In order to investigate the possibility of irrigating olive orchards with subsurface leakage irrigation (SLI) in application of reclaimed water, an experiment was carried out with the aim of investigating the effect of reclaimed water on photosynthetic indices and morphological properties of olive fruit.

Materials and Methods: Research was conducted using a split-plot experimental design with two factors (irrigation system and water quality) on the campus of Isfahan University of Technology in Isfahan, Iran, on a sandy-clay soil with a pH of 7.5 and electrical conductivity (EC) of 2.48 dSm^{-1}.PVC leaky tubes were used for the SLI system. The SLI system was installed 40 cm from the crown of each tree at a depth of 30 - 40 cm.At the end of the experiment fruit yield, weight per fruit, volume, length and firmness were calculated. A portable gas exchange system (Li-6400., LICOR, Lincoln, NE, USA) was used to measure the net rate photosynthesis (A), the internal partial pressure CO_2 (Ci), and stomatal conductance (gs) between (09.30 – 11.30 h) on a fully expanded current season leaves situated at mid canopy height. Statistical assessments of differences between mean values were performed by the LSD test at P = 0.05.

Results and Discussion The results revealed that reclaimed water enhanced fruit yield, weight (15%), volume (23%) and leaf photosynthesis (22%) in plants compared with clear water. Recycled water was found to supply more nutrients than clear water. High nutrient concentrations in RW, compared to those in clear water, result in nutrient accumulation in the soil, making them available to plant roots to promote overall plant growth and fruit production. Improved N, P, K nutrition of wastewater-irrigated plants has been reported (Farooq et al, 2006). Olive leaves and stems represent storage organs for N and release it in response to the metabolic demands of developing reproductive and vegetative organs (Fernandez-Escobar et al., 2004). However, Al-Abasi et al. (2009) found no statistical differences. Irrigation with SLI systems increased the photosynthesis (33%), and stomatal conductance (57%) when compared with surface irrigation systems. The results showed that reclaimed water had a significant effect on photosynthesis and stomatal conductance. However, fruit length and firmness had no significant difference. Substomatal CO_2 decreased when the SI systems were used for irrigation. Also SLI system could enhance fruit yield (65%), weight (17%), photosynthesis (32%) and chlorophyll Fluorescence (Fv/Fm) (18%). The SLI systems with recycled water induced greater shoot growth, total leaf surface area, and transpiration during the entire growing period. This led to an overall positive effect on mean fruit weight and total fruit production per tree. The SLI system applying RW led to more photosynthesis by 34% as compared to the SI system. In the present study, the SLI system delivered water directly in the root zone and improved water availability, which enhanced photosynthetic assimilation rates and plant growth to a great extent. David et al. (2003) showed that subsurface drip irrigation versus other irrigation methods reduced evaporation and improved growth and production in peach trees.

1- MSc Graduated, Isfahan University of Technology and Ph.D. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University
2, 3- Assistant Professor and MSc Graduated, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*-Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir)
4- Assistant Professor, Department of Horticulture and Urban Landscape Research Group, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology

Conclusion: As a conclusion, the results from this research show that recycled water could be a promising resource for irrigation of olive trees and acted as a source of nutrients and irrigation water.In addition, SLI irrigation system is more efficient in irrigation of olive trees when compared to surface irrigation system and proved beneficial for olive growth.

Keywords: Chlorophyll Fluorescence, Photosynthesis, Subsurface irrigation system