Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 2, Summer 2018 (365-374)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.223862.1157

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷ (ص ۳۷۴-۳۶۵)

تأثیر پساب کارخانهٔ روغن‌کشی زیتون بر ویژگی‌های زیستی خاک، درصد و کیفیت روغن و عملکرد میوهٔ دو رقم زیتون

اعظم سیدی[۱]، یوسف حمید اوغلی[۲*]، محمود قاسم‌نژاد[۲] و نسرین قربان‌زاده[۳]
۱. استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
۲ و ۳. دانشیار و استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۱)

چکیده

پساب تولیدی از کارخانهٔ روغن‌کشی زیتون ناشی از سه مرحلهٔ (فاز) فراوری و تولید یک فرآورده با بار آلایندگی بالا است که در فرآیند استخراج روغن‌زیتون تولید می‌شود. ازآنجایی‌که میزان زیادی آب، مواد آلی و مواد مغذی برای رشد گیاهان دارد می‌توان در باغ‌های زیتون به‌عنوان یک راه‌حل برای دفع آن استفاده کرد. در این پژوهش، درختان زیتون دو رقم زرد و روغنی محلی (روغنی) با چهار سطح پساب (۰، ۹۰، ۱۹۰ و ۳۸۰ لیتر به ازای هر درخت) در دو سال تیمار شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در منطقهٔ منجیل استان گیلان اجرا شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، کاربرد پساب به‌ویژه در سطوح بالا، کربن آلی، تنفس میکروبی، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی و فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک را افزایش داد، تأثیر مثبتی بر عملکرد میوه داشت. همچنین کیفیت روغن‌زیتون را از نظر اسیدهای چرب آزاد و ارزش پراکسید، بهبود بخشید اما تأثیری بر درصد روغن در مادهٔ خشک نداشت. ویژگی‌های زیستی (بیولوژیکی) خاک محل کشت دو رقم متفاوت بود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو رقم از نظر کیفیت روغن وجود داشت. کیفیت روغن هر دو رقم و تحت سطوح مختلف تیمار با پساب در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی ممتاز و فوق ممتاز بود.

واژه‌های کلیدی: ارزش پراکسید، تنفس میکروبی، روغنی، زرد، کربن آلی.

Effect of olive oil mill wastewater application on soil biological properties, oil quality and fruit yield of two cultivars of olive

Azam Seyedi[1], Yousef Hamidoghli[2*], Mahmood Ghasemnezhad[2] and Nasrin Ghorbanzadeh[3]
1. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran
2, 3. Associate Professors and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran
(Received: Jan. 7, 2017 - Accepted: May 22, 2017)

ABSTRACT

Olive mill wastewater (OMW) in three phase system is a byproduct of olive oil extraction with high pollution load. Since it has a lot of water, organic matter and plant growth nutrients, can be used as a solution for disposal of it in olive groves. In this study, the olive trees cultivars Zard and Local Roughani (Roughani) were treated by different levels of OMW (0, 90, 190 and 380 L Tree^{-1}) for two years. The experiment was carried out as factorial in a randomized complete block design in Manjil region, Guilan province. Results showed that, OMW application especially in high levels increased organic carbon, microbial respiration, microbial biomass carbon and soil dehydrogenase enzyme activity in soil and it has a positive effect on the fruit yield. Also, it improved the quality of olive oil in terms of free fatty acids and peroxide value in olive oil, but not effect on the oil percent in dry matter. Biological characteristics in soil were different under two cultivars cultivation. Also, there was a significant difference between two cultivars in oil quality characteristics. Quality characteristics were in the range of virgin and extra virgin olive oil, in both cultivars under treated with OMW.

Keywords: Organic carbon, microbial respiration, peroxide value, roughani, Zard.

* Corresponding author E-mail: hamidoghli@guilan.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

روغن‌زیتون یکی از منابع تأمین چربی در رژیم غذایی است که به دلیل خواص بسیار سودمند آن امروزه تولید و مصرف آن رو به افزایش است. در بیشتر کشورهای تولیدکنندهٔ روغن‌زیتون و در کشور ما بیشتر از نظام سه مرحله (فاز) برای استخراج روغن استفاده می‌شود. محصول خروجی این کارخانه‌ها شامل سه مرحلهٔ روغن، تولید تفالهٔ جامد و مرحله آبی است. مرحله آبی به همراه آب به‌دست‌آمده از شستشوی میوه، پساب را تشکیل می‌دهد که محصول جانبی و زائدی است که در فرآیند استخراج روغن‌زیتون و تفالهٔ جامد تولید می‌شود. مدیریت بهینهٔ دفع پساب به‌دلیل ویژگی‌های خاص آن مانند اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)[1] و بیولوژیکی (BOD)[2]، مواد آلی و همچنین میزان فنل بالا و اسیدیته یا pH پایین یکی از چالش‌های زیست‌محیطی این صنعت تبدیل شده است (Roig *et al*., 2006; Hanafi *et al*., 2013). ترکیب شیمیایی پساب، به رقم زیتون، درجهٔ رسیدگی میوهٔ آن در زمان برداشت و بیشتر از همه به روش استخراج روغن بستگی دارد (Pierantozzi *et al*., 2013). استفادهٔ مستقیم از پساب کارخانهٔ روغن‌کشی زیتون به‌علت غنی بودن از مواد آلی و مواد کانی، به‌ویژه پتاسیم، می‌تواند تأثیر مثبتی بر حاصل‌خیزی خاک داشته باشد (De Monpezat & Denis, 1999; Levi-Minzi *et al*., 1992; Naija *et al*., 2014). همچنین، کاربرد بهینه از پساب می‌تواند جایگزین بخشی از آب آبیاری باغ‌های زیتون در نواحی خشک و نیمه‌خشک شود (Borja *et al*., 1992; Levi-Minzi *et al*., 1992). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است، کاربرد پساب به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مترمکعب در هکتار، ظرفیت نگهداری آب، کربن آلی، هوموس، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم خاک را افزایش داده است (Mekki *et al*., 2013). نتایج کاربرد سه‌سالهٔ پساب به میزان ۸۰ و ۱۲۰ مترمکعب در هکتار روی چند گیاه علوفه‌ای نشان داد، کاربرد مکرر از پساب می‌تواند سبب حفظ عملکرد علوفه و حاصل‌خیزی خاک، با امکان بازیافت اصلاح‌کنندهٔ آلی و کاهش خطر ناشی از تخریب خاک شود (Montemurro *et al*., 2011). در نتایج بررسی‌های دیگری، کاربرد ۸۰، ۱۶۰ و ۵۰۰ مترمکعب در هکتار پساب در باغ‌های زیتون، میزان مادهٔ آلی، کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر تبادلی خاک را افزایش داد، اما تأثیری بر عملکرد میوه و روغن‌زیتون در هر درخت نداشته است (Pierantozzi *et al*., 2013). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد، کاربرد پساب تازه در باغ‌های زیتون ۲۰ ساله تا ۴۲۰ مترمکعب در هکتار به‌صورت سطحی، در طی سه سال متوالی، پتاسیم قابل‌جذب و حاصل‌خیزی خاک را افزایش داد و هیچگونه تأثیر منفی در خاک و رفتار گیاه در طول دورهٔ آزمایشی نداشت. همچنین ترکیب آب زهکشی در عمق ۲ متری نیز تغییر نکرد. افزون بر این هزینهٔ دفع این پسماند نیز بسیار کاهش یافت (Chartzoulakis *et al*., 2010). همچنین Gamba *et al*. (2005) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، توزیع سطحی پساب روی خاک باعث تغییر مثبت و موقتی در زیست‌تودهٔ میکروبی خاک شد، هیچ تأثیر سمی بر گیاهان (فلور) خاک نداشت. بنابراین استفاده از پساب زیتون می‌تواند عملی سازگار با محیط‌زیست باشد. با وجود این کاربرد بلندمدت (پنج تا پانزده سال) پساب در باغ‌های زیتون به دلیل همراه بودن درصد اندکی از چربی در پساب، می‌تواند سبب آب‌گریزی و کاهش سرعت نفوذ آب در خاک شود و توان تخلخل خاک را کاهش دهد (Mahmoud *et al*., 2010).

هدف از این تحقیق استفاده از میزان مختلف پساب (۹۰، ۱۹۰ و ۳۸۰ لیتر برای هر درخت) کارخانه‌های تولید روغن‌زیتون سه مرحله در باغ‌های زیتون به‌عنوان راه‌حلی برای دفع آن‌ها است. در این تحقیق ویژگی‌های زیستی خاک باغ زیتون پس از یک و دو سال استفاده از مقادیر مختلف پساب و همچنین کیفیت روغن‌زیتون دو رقم رایج منطقه (رقم زرد و روغنی محلی) تحت تیمار بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ زیتون مجتمع کشت و صنعت

1. Chemical oxygen demand
2. Biochemical oxygen demand

Archive of SID

www.SID.ir

گیلان وابسته به سازمان اتکا در منطقهٔ منجیل انجام شد. این منطقه از نظر جغرافیایی دارای ۳۹۶ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیای ′۲۵ °۴۹ عرض جغرافیایی ′۴۴ °۳۶، با میانگین بارندگی سالیانه ۲۹۳ میلی‌متر و سرعت باد ۶/۷ متر بر ثانیه است. درختان زیتون مورد آزمایش شامل دو رقم زیتون زرد و روغنی محلی (رقم‌های غالب منطقه) بودند که ده سال سن داشتند و به فاصلهٔ ۸×۶ متر از یکدیگر کاشته شده بودند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. عامل‌ها شامل چهار سطح پساب (۰، ۹۰، ۱۹۰ و ۳۸۰ لیتر به ازای هر درخت) و دو رقم زیتون (زرد و روغنی) بود. خاک باغ قلیایی، دارای بافت لومی در سطح بالایی (۳۰-۰) و لومی‌ـرسی در عمق پایین‌تر (۶۰-۳۰)، از نظر درصد مادهٔ آلی (۰/۵-۰/۲) و نیتروژن (۰/۲-۰/۰۱) بسیار فقیر بود. پیش از آغاز آزمایش ویژگی‌های شیمیایی پساب مورد استفاده، ارزیابی و مشخص شد که این پسماند حالتی اسیدی داشته و از حدود ۱۰ درصد مادهٔ خشک و ۹۰ درصد آب تشکیل شده‌اند. همچنین در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک آن مقادیر قابل توجهی عنصرهای غذایی غنی پرمصرف وجود داشت (جدول ۱).

پساب مورد نیاز برای انجام آزمایش از کارخانهٔ استخراج روغن سه مرحله‌ای (فرآیند آریا)، واقع در منطقهٔ منجیل تهیه، در مخزن‌هایی گردآوری و با تراکتور به باغ منتقل شد. پیش از استفاده، پساب درون مخزن به‌هم‌زده شد تا از ته‌نشین شدن مواد جامد آن در مخزن جلوگیری شود.

مقادیر متفاوتی پساب (۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ مترمکعب در هکتار) در طی دو سال متوالی، در فصل پاییز و در یک مرحله به‌صورت نواری در زیر منطقهٔ سایه‌انداز درختان زیتون دو رقم زرد و روغنی، که از پیش شخم سطحی زده‌شده بود، به خاک افزوده شد. با توجه به تراکم درختان، به ترتیب این مقادیر شامل ۰، ۹۰، ۱۹۰ و ۳۸۰ لیتر به ازای هر اصله درخت بود.

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های زیستی خاک، پس از گذشت چهار ماه از اضافه کردن پساب که تثبیت زیستی صورت می‌گیرد، از خاک منطقهٔ سایه‌انداز درختان در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های خاک در محل نمونه‌برداری از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و بی‌درنگ به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه گیلان منتقل شدند و تا زمان انجام آزمایش در سردخانه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند. اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش اکسایش (اکسیداسیون) تر با دی‌کرومات پتاسیم به روش Walkley & Black (1934)، تنفس میکروبی با عیارسنجی (تیتراسیون) و به روش Anderson & Domsch (1990) و کربن زیست‌تودهٔ میکروبی با استفاده از گازدهی با کلروفرم (تدخین انکوباسیون) و به روش Jenkinson & Powlson (1976) اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم دهیدروژناز به روش Casida *et al.* (1964) و با کاهش تری‌فنیل تترازولیوم‌کلراید به تری‌فنیل فرمازان اندازه‌گیری شد. لازم به یادآوری است، کربن آلی، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی و تنفس میکروبی پس از یک و دو سال تیمار پساب ارزیابی شدند و فعالیت آنزیم دهیدروژناز تنها در دومین سال کاربرد پساب اندازه‌گیری شد.

برای بررسی عملکرد میوه و روغن و کیفیت روغن، میوه‌ها در نیمهٔ آبان ماه و هنگامی برداشت شدند که درصد روغن در وزن تر میوه در این منطقه به بالاتر از ۱۴ درصد رسیده بود. که این زمان در طی هر دو سال آزمایش مصادف با ۱۰ تا ۲۰ آبان ماه و با شاخص رسیدگی در محدودهٔ ۵-۴ برای رقم روغنی و در محدودهٔ ۳-۲ برای رقم زرد بود.

جدول ۱. ترکیب‌های شیمیایی پساب کارخانهٔ زیتون سه مرحله‌ای (در ۱۰۰ گرم مادهٔ خشک، به‌جز رطوبت، pH و هدایت الکتریکی)

Table 1. Chemical compounds of three phase olive mill wastewater (in 100g of dry matter, except Moisture, pH and EC)

Elements	(%)	Chemical compounds	
Total Nitrogen (N)	1.36	Moisture	90.81(%)
Total Phosphorus (P)	0.23	pH	4.66
Total Potassium (K)	0.74	EC	9.65 (dSm^{-1})
Total Calcium (Ca)	0.8	Organic matter (OM)	23.2 (%)
Total Magnesium (Mg)	0.03	Organic Carbon (OC)	13.5 (%)

* EC (dSm^{-1}) and pH (1:10)

Archive of SID

www.SID.ir

روغن‌کشی میوه‌ها با دستگاه روغن‌کشی مکانیکی آزمایشگاهی، در آزمایشگاه ایستگاه تحقیقاتی زیتون رودبار انجام شد. روغن‌های به‌دست‌آمده پس از ته‌نشین شدن آب احتمالی، از صافی پارچه‌ای نازک عبور داده شدند و در بطری‌های تیره در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس برای انجام ارزیابی کیفی نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری درصد روغن در وزن خشک (وزن خشک خمیر میوهٔ به‌دست‌آمده از مرحلهٔ استخراج روغن) از دستگاه سوکسله استفاده شد (Banat *et al.*, 2013). صفات کیفی روغن از جمله، اسیدهای چرب آزاد، ارزش پراکسید، ضریب خاموشی مخصوص در دو طول‌موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر (K_{232} و K_{270}) با قوانین مشترک جامعهٔ اروپا انجام گرفت (Commission Regulation, 1991).

تجزیهٔ آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۰ انجام شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون Tukey و تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح $P<0/05$ محاسبه شد.

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های زیستی خاک زیر کشت دو رقم زیتون زرد و روغنی طی دو سال کاربرد متوالی پساب

بنابر نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، درصد کربن آلی خاک تحت کشت رقم روغنی در نخستین سال تیمار ۱۰ درصد بیشتر از رقم زرد بود (جدول ۲). همچنین سطوح مختلف پساب در نخستین سال تیمار بر درصد کربن آلی خاک تأثیر متفاوتی داشتند و میزان آن در خاک‌های تحت تیمار با سطوح مختلف پساب تا حدود پنج برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد (جدول ۴). در دومین سال تیمار خاک با پساب، میزان کربن آلی خاک زیر کشت هر دو رقم زرد و روغنی در همهٔ سطوح تیمار پساب نسبت به شاهد افزایش یافت و در تیمار ۳۸۰ لیتر پساب نیز خاک زیر کشت رقم روغنی درصد کربن آلی بیشتری نسبت به خاک زیر کشت رقم زرد داشت. این نتیجه، با نتایج سال اول که نشان داد، کربن آلی خاک زیر کشت رقم روغنی بیشتر از رقم زرد بود همخوانی داشت. میزان کل مادهٔ آلی خاک به علت تأثیری که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد، یکی از ویژگی‌های کلیدی کیفیت خاک است (Haynes, 2005). این نتیجه با نتایج تحقیقات Pierantozzi *et al.* (2013) و Mohawesh *et al.* (2014) مبنی بر افزایش درصد کربن آلی خاک با افزایش میزان پساب در خاک، همخوانی داشت.

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد، در نخستین سال تیمار، سطوح مختلف پساب بر میزان کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک تأثیر متفاوتی داشته است. میزان کربن در خاک‌های تیمارشده با سطوح مختلف پساب و زیر کشت هر دو رقم زرد و روغنی نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴) در دومین سال تیمار، میزان کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک زیر کشت دو رقم متفاوت بود و میزان آن در خاک‌های زیر کشت رقم روغنی ۲۷ درصد نسبت به رقم زرد بیشتر بود (جدول۲). فعالیت‌های متفاوت ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) در خاک منجر به فعالیت‌های آنزیمی مختلف می‌شود که در نتیجه عامل‌های متفاوتی از جمله ترکیب ساختار خاک، زیست‌تودهٔ ریشه‌ها و تجزیهٔ آن‌ها به‌دست می‌آید (Wang *et al.*, 2005). همچنین با افزایش سطح پساب میزان کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). به‌طورکلی، کربن آلی خاک با کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک همبستگی مثبت دارد (Haynes, 2005). در این آزمایش نیز با افزایش سطوح پساب که افزایش میزان کربن آلی خاک را به همراه داشت، میزان کربن زیست‌تودهٔ میکروبی خاک نیز افزایش یافت.

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد، در نخستین سال تیمار با افزودن میزان پساب بیشتر در خاک، تنفس میکروبی خاک نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین آن متعلق به تیمار ۳۸۰ لیتر پساب بود که ۸۰ درصد تنفس میکروبی بیشتری نسبت به شاهد داشت (جدول ۳). همچنین، تنفس میکروبی خاک زیر کشت رقم زرد پس از دو سال متوالی کاربرد پساب نسبت به خاک زیر کشت رقم روغنی ۲۸ درصد بیشتر بود (جدول ۲) و کاربرد پساب در سطوح بالاتر (۱۹۰ و ۳۸۰ لیتر) منجر به افزایش معنی‌داری در تنفس میکروبی خاک نسبت به شاهد شد در این سال نیز بالاترین تنفس میکربی خاک متعلق به تیمار ۳۸۰ لیتر پساب بود که ۵۷ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). افزایش تنفس میکروبی خاک با کاربرد میزان پساب بیشتر در خاک، به‌عنوان فراسنجه‌ای (پارامتری) برای اندازه‌گیری فعالیت‌های میکروبیولوژی خاک استفاده می‌شود (Tian *et al.*, 2012). یکی از عامل‌های تأثیرگذار بر تنفس میکروبی بیشتر در خاک، مناسب بودن شرایط برای فعالیت‌های میکروبی از جمله عرضهٔ کافی کربن برای ریزجانداران خاک است (Kara & Bolat, 2007). لذا در این آزمایش، پساب استفاده شده به‌عنوان منبع کربن آلی منجر به افزایش تنفس میکروبی خاک شده است.

بنابر نتایج (جدول ۳)، با کاربرد مقادیر بیشتر پساب روی خاک، میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری‌که، بیشترین میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک در تیمار ۳۸۰ لیتر پساب مشاهده شد که ۷۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. بالا بودن فعالیت این آنزیم می‌تواند شاخص خوبی برای فعالیت تودهٔ زندهٔ میکروبی و یا تنفس خاک باشد (Carpenter-Boggs *et al*., 2003).

به‌طورکلی پوشش گیاهی چندساله می‌تواند، شرایط محیطی مناسبی را برای تجمع بیشتر کربن آلی در خاک فراهم کند. افزایش فعالیت‌های آنزیمی منجر به افزایش مواد آلی خاک می‌شود. افزایش فعالیت آنزیمی با عملکرد جامعهٔ میکروبی خاک در ارتباط بوده و منجر به بهبود وضعیت چرخهٔ مواد غذایی و در دسترس بودن آن‌ها برای گیاه می‌شود که در نتیجه بهتر شدن شرایط ریشهٔ گیاه، ارتقای اثر متقابل سودمند میکروب- گیاه و سرانجام افزایش میزان کل مخزن‌ها کربن خاک را به دنبال دارد. از سویی تجمع کربن آلی در خاک کربن، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی و نسبت کربن زیست‌تودهٔ میکروبی را به کربن آلی خاک افزایش می‌دهد (Xue *et al.*, 2006). همچنین نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است، بین میزان فعالیت این آنزیم در خاک و میزان کربن آلی خاک همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد (Tian *et al*., 2012). در این آزمایش نیز افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز با افزایش میزان کربن آلی خاک ارتباط مثبتی نشان داد. افزون بر این Carpenter-Boggs *et al*. (2003) در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند، تأثیر پساب بر ویژگی‌های زیستی خاک به مقادیر نسبی ترکیب‌های آلی و غیر آلی سودمند و سمی آن بستگی دارد.

بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت کاربرد پساب نه تنها تأثیری منفی بر ویژگی‌های زیستی خاک ندارد، بلکه با کاربرد سطوح بالاتر تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های زیستی خاک نسبت به شاهد داشته است.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های زیستی خاک زیر کشت دو رقم زیتون (زرد و روغنی) در نخستین (۱۳۹۳) و دومین (۱۳۹۴) سال تیمار

Table 2. Means comparison of soil biological properties under cultivation of two olive cultivars (Zard and Roughani) in the first year (2014) and second year (2015) of treatments

Cultivars	Organic carbon (%)	Microbial biomass carbon (mg C 100 g^{-1} dry soil)	Microbial respiration (mg $CO_2 g^{-1}$ dry soil day^{-1})
	2014	2015	2015
Zard	1.72 ^{b*}	3.03^{b}	0.087 ^{a}
Roughani	1.92 ^{a}	4.13^{a}	0.063 ^{b}

* در هر سال، میانگین‌های هر ستون با حرف‌های غیر همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

* For each year, means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های زیستی خاک در نخستین (۱۳۹۳) و دومین (۱۳۹۴) سال تیمار با سطوح پساب

Table 3. Means comparison of biological characteristics in the soil at the first (2014) and second (2015) year of OMW levels treatment

OMW/Tree (L)	Organic carbon (%)	Microbial biomass carbon (mg C 100 g^{-1} dry soil)	Microbial respiration (mg CO_2 g^{-1} dry soil day^{-1})		Dehydrogenase enzyme (µg TPF*. g^{-1} dry soil 24 h^{-1})
	2014	2015	2015	2014	2015
Control	0.50 ^{c**}	2.15 ^{d}	0.043 ^{b}	0.02 ^{c}	0.39 ^{d}
90	2.16 ^{b}	3.12 ^{c}	0.060 ^{b}	0.07 ^{b}	0.55 ^{c}
190	2.09 ^{b}	3.93 ^{b}	0.097 ^{a}	0.08 ^{ab}	1.21 ^{b}
380	2.54 ^{a}	5.13 ^{a}	0.101 ^{a}	0.10 ^{a}	1.60 ^{a}

* TPF: Three Phenyl Formazan

* TPF: تری‌فنیل‌فورمازان

** در هر سال، میانگین‌های هر ستون با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نداشتند.

** For each year, means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (رقم‌های و سطوح پساب) بر ویژگی‌های زیستی خاک در نخستین و دومین سال تیمار (به ترتیب ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 4. Means comparisons of the interaction effect of treatments (Cultivars × OMW levels) on biological properties of soil in the first and second year (2014 and 2015, respectively)

The interaction effects (cultivars × OMW)	Organic carbon (%)	Microbial biomass carbon (mg C 100 g^{-1} dry soil)
	2015	2014
Zard × Control	0.353 ^{c*}	3.47 ^{de}
Zard × 90 L	2.20 ^{b}	5.31^{b}
Zard × 190 L	2.41 ^{b}	3.92^{cde}
Zard × 380 L	2.34^{b}	7.16^{a}
Roughani × Control	0.39^{c}	2.90 ^{e}
Roughani × 90 L	2.21^{b}	6.98 ^{a}
Roughani × 190 L	2.25^{b}	4.09^{cd}
Roughani × 380 L	2.85^{a}	4.90^{bc}

* در هر سال، میانگین‌های هر ستون با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نداشتند.

* For each year, means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

تغییر درصد، عملکرد میوه و روغن و کیفیت روغن‌زیتون رقم‌های زرد و روغنی در نخستین و دومین سال تیمار خاک با پساب

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌های مربوط به دو رقم نشان داد، پس از یک سال تیمار درصد روغن رقم روغنی ۹/۲۷ درصد بیشتر از رقم زرد بود (جدول ۵). پس از دو سال متوالی تیمار خاک باغ زیر کشت دو رقم زیتون زرد و روغنی با پساب، تفاوت معنی‌داری بین درصد روغن در مادهٔ خشک دو رقم زرد و روغنی و درصد روغن در مادهٔ خشک درختان تیمارشده با سطوح مختلف پساب و شاهد مشاهده نشد. بیشتر بودن درصد روغن در مادهٔ خشک رقم روغنی نسبت به رقم زرد نیز در غرب کشور توسط Arji (2015) گزارش شده است، اگرچه بیان کردند، در برخی سال‌ها و در برداشت‌های دیرهنگام تفاوت معنی‌داری بین درصد روغن این دو رقم وجود ندارد. همچنین Rostami-Ozumchuluei (2016) و Seyedi *et al.* (2016) نیز در شمال کشور به نتایج همسانی دست یافتند. این نتایج در رابطه با تأثیر سطوح پساب بر درصد روغن زیتون با نتایج بررسی‌های Pierantozzi *et al.* (2013) هماهنگ بود که نشان دادند، کاربرد پساب در مقادیر ۸۰ تا ۵۰۰ مترمکعب در هکتار در باغ زیتون در مناطق نیمه‌خشک تغییری در عملکرد روغن هر درخت ایجاد نکرد. بنابراین، کاربرد پساب در دو سال متوالی در باغ‌های بالغ زیتون تا ۳۸۰ لیتر پساب به ازای هر درخت، تأثیر منفی بر درصد روغن نداشته است.

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (جدول۷) نشان داد در نخستین سال تیمار، بالاترین عملکرد روغن متعلق به رقم زرد در تیمار ۳۸۰ لیتر پساب و شاهد بود، ولی تفاوت معنی‌داری بین عملکرد روغن درختان شاهد و زیر تیمار با سطوح مختلف پساب در رقم زرد و همچنین عملکرد روغن درختان زیر تیمار با ۱۹۰ لیتر پساب در رقم روغنی وجود نداشت. اما درختان رقم روغنی تیمار شده با ۳۸۰ لیتر پساب در سال اول و دوم به‌ترتیب ۴۵ و ۵۵ درصد عملکرد روغن (به ازای هر درخت) بیشتری نسبت به شاهد در همین رقم داشتند. نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (جدول ۷) نشان داد، در دومین سال تیمار بیشترین عملکرد روغن متعلق به رقم زرد در تیمار ۹۰ لیتر پساب بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۳۸۰ لیتر پساب در همین رقم نداشت و به‌طورکلی در دومین سال تیمار، رقم روغنی در همهٔ سطوح تیمار با پساب به‌طور معنی‌داری عملکرد روغن کمتری نسبت رقم زرد در همهٔ سطوح تیمار با پساب داشت. در هر دو رقم عملکرد روغن درختان شاهد کمتر از درختان تیمارشده با پساب در همان رقم بود (جدول۷) به نظر می‌رسد رقم زیتون بیشتر از سطوح تیمار بر عملکرد روغن که تابعی از درصد روغن و عملکرد میوه است تأثیر گذاشته است، اما پس از دو سال متوالی تیمار درختان با پساب، تأثیر مثبت پساب بر عملکرد درختان نسبت به شاهد در هر دو رقم مشاهده شد هرچند که بر پایهٔ آزمون توکی این اختلاف معنی‌دار نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین درصد روغن در مادهٔ خشک، ضریب خاموشی روغن در طول‌موج‌های ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر در دو رقم زیتون (زرد و روغنی) در نخستین سال تیمار (۱۳۹۳)

Table 5. Means comparison of oil percentage in dry mater, K_{232} and K_{270} in olive oil of two cultivars (Zard and Roughani) in first year treatment (2014)

	Oil percent (dry mater)	K_{232}	K_{270}
Zard	44.40 [b*]	1.62 [b]	0.14 [b]
Roughani	53.67[a]	1.90 [a]	0.26 [a]
AREVOO[**]		≤2.5	≤0.22
ARVOO[**]		≤2.6	≤0.25

* میانگین‌های هر ستون با حرف‌های غیر همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** AREVOO و ARVOO: به‌ترتیب محدودهٔ قابل‌قبول برای روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز و ممتاز.

* The means in each column followed by the different letters are significantly different at P<0.05 based on Tukey's test.

* AREVOO & ARVOO =Respectively, Acceptable Range for Extra Virgin and Virgin Olive Oil (EEC, 2003).

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین ضریب خاموشی روغن‌زیتون در طول‌موج ۲۳۲ نانومتر، در دومین سال (۱۳۹۴) تیمار خاک با سطوح پساب

Table 6. Means comparison of K_{232} in olive oil, in second year (2015) of soil treatment with OMW levels

OMW Levels	K_{232}
Control	2.07 [ab*]
90 (L/tree)	2.04 [ab]
190 (L/tree)	1.81 [b]
380 (L/tree)	2.27 [a]

* میانگین‌های هر ستون با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان نمی‌دهد.

* The means by the same letter are not significantly different at P<0.05.

نتایج (جدول‌های ۸ و ۹) نشان داد، در هر دو سال تیمار، اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن رقم زرد در همهٔ سطوح تیمار نسبت به رقم روغنی کمتر و میزان آن در محدودهٔ روغن‌زیتون فوق ممتاز (≤۰/۸) بود و در رقم روغنی در سال اول در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی ممتاز (≤۲) و در سال دوم به‌جز تیمار ۳۸۰ لیتر پساب که در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی ممتاز بود در دیگر تیمارها در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز قرار داشت. در رقم زرد طی هر دو سال بین شاهد و دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر اسیدهای چرب آزاد وجود نداشت. به نظر می‌رسد که افزودن پساب در طی دو سال متوالی به خاک باغ نه تنها تأثیر منفی بر این صفت کیفی نگذاشت، بلکه با کاهش اسیدهای چرب آزاد در سال دوم نسبت به سال اول، کیفیت روغن در رقم روغنی را بهبود بخشید. با توجه به نتایج این آزمایش و نتایج محققان دیگر به نظر می‌رسد که بیشتر بودن اسیدهای چرب آزاد در رقم روغنی نسبت به رقم زرد از ویژگی‌های ژنتیکی این رقم باشد (Rostami-Ozumchuluei, 2016; Seyedi *et al.*, 2016).

بر پایهٔ نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (جدول‌های ۸ و ۹) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در ارزش پراکسید روغن درختان تیمارشده با ۳۸۰ لیتر پساب و شاهد در رقم زرد در سال اول و در رقم روغنی در هر دو سال مشاهده نشد. افزون بر این درختان تیمارشدهٔ رقم زرد در سال دوم، ارزش پراکسید موجود روغن کمتری نسبت به شاهد داشتند. به‌طوری‌که درختان تیمارشده با سطوح مختلف پساب بین ۲۶ تا ۴۲ درصد ارزش پراکسید کمتری نسبت به شاهد داشتند. تحقیقات پیشین نشان داد، رقم زرد ارزش پراکسید موجود در روغن بیشتری نسبت به رقم روغنی دارد (Torani *et al.*, 2016; Seyedi *et al.*, 2016).

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (رقم‌های و سطوح پساب) بر عملکرد میوه و روغن‌زیتون در نخستین و دومین سال تیمار (به ترتیب ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 7. Means comparisons of the treatments interaction effects (Cultivars × OMW levels) on fruit and olive oil yield in the first and second year of treatment (2014 and 2015)

Cultivars × OMW levels ($LTree^{-1}$)	Fruit yield (Kg/tree) 2014	Fruit yield (Kg/tree) 2015	Oil yield (Kg/tree) 2014	Oil yield (Kg/tree) 2015
Zard × Control	43.8 [a*]	3.7[b]	8.25 [b]	0.91[a]
Zard × 90	36.5[ab]	5.0[a]	7.18 [b]	1.03[a]
Zard × 190	42.5 [a]	3. 7[b]	9.41 [ab]	0.87[a]
Zard × 380	43.8[a]	4.5[ab]	7.64[b]	0.87[a]
Roughani × Control	14.2[c]	0.9 [c]	4.41[c]	0.24 [c]
Roughani × 90	32.7[b]	1.3 [c]	9.42[ab]	0.31 [c]
Roughani × 190	41.4[a]	1.4[c]	11.13[a]	0.34[bc]
Roughani × 380	31.1[b]	1.7[c]	8.04[b]	0.53[b]

* در هر سال، میانگین‌های هر ستون با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان نمی‌دهد.

* For each year, the means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (رقم‌های و سطوح پساب) بر ویژگی‌های کیفی روغن‌زیتون در نخستین سال تیمار (۱۳۹۳)
Table 8. Means comparisons of the treatments interaction effect (Cultivars × OMW levels) on olive oil quality characteristics in first year of treatment (2014)

Cultivars × OMW levels (LTree^{-1})	Free fatty acids (% Oleic acid)	Peroxide value (meq O_2/kg Oil)	K_{270}
Zard × Control	0.54 cd*	10.27 a	0.13 b
Zard × 90	0.39 d	5.87 de	0.21 a
Zard × 190	0.37 d	8.40 abc	0.19 a
Zard × 380	0.39 d	7.60 cd	0.22 a
Roughani × Control	1. 40 a	5.60 de	0.22 a
Roughani × 90	0.99 b	4.13 e	0.22 a
Roughani × 190	0.81 bc	9.87 ab	0.19 a
Roughani × 380	0.89 b	7.73 bcd	0.23 a
AREVOO**	≤0.8	≤20	≤0.22
ARVOO**	≤2	≤20	≤0.25

* میانگین‌های هر ستون با حرف‌های همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نداشتند.

** AREVOO و ARVOO: به ترتیب محدودهٔ قابل‌قبول برای روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز و ممتاز.

* The means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

** AREVOO & ARVOO =Respectively, Acceptable Range for Extra Virgin and Virgin Olive Oil (EEC, 2003).

جدول ۹. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارها (رقم‌های و سطوح پساب) بر ویژگی‌های کیفی روغن‌زیتون در دومین سال تیمار (۱۳۹۴)
Table 9. Means comparisons of the treatments interaction effect (Cultivars × OMW levels) on olive oil quality characteristics in second year of treatment (2015)

Cultivars × OMW levels (LTree^{-1})	Free fatty acids (% Oleic acid)	Peroxide value (meq O_2/kg Oil)
Zard × Control	0.19 c*	14.53 a
Zard × 90	0.25 c	9.47 bc
Zard × 190	0.25 c	14.93 a
Zard × 380	0.25 c	13.87 cd
Roughani × Control	0. 60 b	10.13 b
Roughani × 90	0.60 b	9.73 bc
Roughani × 190	0.30 c	6.53 c
Roughani × 380	0.89 a	7.07 bc
AREVOO**	≤0.8	≤20
ARVOO**	≤2	≤20

* میانگین‌های هر ستون با حرف‌های غیر همسان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** AREVOO و ARVOO: به ترتیب، محدودهٔ قابل‌قبول برای روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز و ممتاز.

* The means in each column followed by the same letter are not significantly different at P<0.05.

** AREVOO & ARVOO = Respectively, Acceptable Range for Extra Virgin and Virgin Olive Oil (EEC, 2003).

در این آزمایش ارزش پراکسید روغن هر دو رقم در همهٔ تیمارها و در هر دو سال، در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز (۲۰ ≤) قرار داشت. به نظر می‌رسد افزودن پساب در طی دو سال متوالی به خاک باغ نه تنها تأثیر منفی بر ارزش پراکسید روغن نگذاشته است، بلکه حتی با کاهش ارزش پراکسید در سال دوم نسبت به سال اول، کیفیت روغن‌زیتون را در هر دو رقم بهبود بخشید.

نتایج (جدول ۵) نشان داد، در نخستین سال تیمار خاک با پساب، میزان K_{232} و K_{270} موجود در روغن رقم روغنی بیشتر از رقم زرد بود. در این سال، سطوح مختلف پساب تأثیر معنی‌داری در این دو صفت کیفی روغن نشان ندادند، اما دو سال پس از اعمال تیمار پساب، درختانی که با ۳۸۰ لیتر پساب تیمارشده بودند به‌طور معنی‌داری میزان K_{232} موجود در روغن بیشتری نسبت به درختانی که با ۱۹۰ لیتر پساب تیمارشده بودند، داشتند، اما تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشتند (جدول ۶). نتایج نشان داد، با اینکه در نخستین سال تیمار میزان K_{270} در تیمار شاهد در رقم زرد حدود ۴۰ درصد کمتر از دیگر تیمارها بود (جدول ۸) اما در هر دو رقم زرد و روغنی و در همهٔ سطوح تیمار در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز قرار داشت. میزان K_{270} در رقم زرد هر دو سال در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز قرار داشت (جدول‌های ۵ و ۸) اما در رقم روغنی در نخستین سال تیمار در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی ممتاز و پس از دو سال متوالی تیمار درختان با پساب در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی فوق ممتاز قرار گرفت (جدول‌های ۵ و ۸). بنابراین پس از دو سال متوالی تیمار خاک کیفیت روغن‌زیتون از نظر این صفت کیفی در رقم روغنی بهبود یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد، با افزایش حجم پساب، کربن آلی، تنفس میکروبی، کربن زیست‌تودهٔ میکروبی و فعالیت آنزیم دهیدروژناز خاک افزایش یافت. همچنین سطوح پساب در هر دو سال تیمار تفاوت معنی‌داری بر درصد روغن در مادهٔ خشک درختان تیمارشده و شاهد نشان نداند، اما درصد روغن در مادهٔ خشک در دو رقم طی سال‌های مختلف اعمال تیمار پساب متفاوت بود. به‌طوری‌که در نخستین سال تیمار، درصد روغن در مادهٔ خشک رقم روغنی بیشتر از رقم زرد بود و در سال دوم تفاوت معنی‌داری بین درصد روغن دو رقم زیتون وجود نداشت. رقم زرد عملکرد میوه و روغن بالاتری نسبت به رقم روغنی داشت و سطوح بالاتر پساب در رقم روغنی سبب بهبود عملکرد میوه و روغن شدند. همین‌طور، کیفیت روغن درختان شاهد در هر دو رقم و سطوح مختلف پساب از نظر اسیدهای چرب آزاد، ارزش پراکسید، K_{232} و K_{270} متفاوت بود، اما در محدودهٔ روغن‌زیتون طبیعی ممتاز و فوق ممتاز قرار داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد که مواد آلی موجود در پساب توانست فعالیت زیستی خاک را افزایش دهد و نه تنها تأثیر منفی بر عملکرد میوه و روغن و همچنین کیفیت روغن در دو رقم زیتون نداشت بلکه در برخی موارد سبب بهبود آن‌ها شد. با اینکه کاربرد دوسالهٔ پساب تا ۳۸۰ لیتر به ازای هر درخت در این آزمایش هیچگونه تأثیر منفی بر کیفیت روغن و عملکرد میوه و روغن و همچنین ویژگی‌های زیستی خاک نداشت، اما با توجه به نتیجه این آزمایش و تحقیقات دیگر درمی‌یابیم که در مورد استفاده از پساب در باغ‌های زیتون بالغ بایستی بااحتیاط عمل کرد و نبایستی به‌طور متوالی و درازمدت از آن استفاده شود، بلکه پس از هر سه سال کاربرد متوالی نیاز به یک وقفه خواهد بود. بنابراین می‌توان در مناطق نیمه‌خشک پساب را تا ۳۸۰ لیتر به ازای هر درخت زیتون بالغ و به مدت دو سال متوالی بدون نگرانی از تأثیر منفی بر کیفیت روغن و وضعیت زیستی خاک به‌ویژه از نظر فعالیت تودهٔ زندهٔ میکروبی به‌کار برد.

REFERENCES

1. Anderson, T. H. & Domsch, K. H. (1990). Application of eco-physiological quociente (qCO2 and Dq) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry*, 22, 251-255.
2. Arji, I. (2015). Determining of growth and yield performance in some olive cultivars in warm conditions. *Biological Forum – An International Journal*, 7(1), 1865-1870.
3. Azzam, M. O., Al-Gharabli, S. I. & Al-Harahsheh, M. S. (2015). Olive mills wastewater treatment using local natural Jordanian clay. *Desalination and Water Treatment*, 53, 627-636.
4. Banat, F., Pal, P., Jwaied, N. & Al-Rabadi, A. (2013). Extraction of olive oil from olive cake using soxhlet apparatus. *American Journal of Oil and Chemical Technologies*, 1, 2326-6570.
5. Borja, R., Martin, A., Maestro, R., Alba, J. & Fiestas, J. A. (1992). Enhancement of the anaerobic digestion of oil mill waste waters by removal of phenolic inhibitors. *Process Biochemistry*, 27, 231-237.
6. Cabrera, F., Lopez, R., Martinez-Bordiu, A., Dupuy de Lome, E. & Murillo, J. (1996). Land treatment of olive oil mill wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 38, 215-225.
7. Carpenter-Boggs, L., Stahl, P.D., Lindstrom, M.C. & Schumacher, T.E. (2003). Soil microbial properties under permanent grass, conventional tillage, and no-till management in South Dakota. *Soil and Tillage Research*, 71, 15-23.
8. Casida, L.E.J., Klein, D.A. & Santoro, T. (1964). Soil dehydrogenase activity. *Science*, 98, 371-376.
9. Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M. & Stefanoudaki, E. (2010). Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138, 293-298.
10. Commission Regulation, EEC. (1991). Regulation EEC/2568/91 on the characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods. *Official Journal of the European Union*, 248, 1991.
11. De Monpezat, G. & Denis, J.F. (1999). Fertilization des sols Mediterranean's avec des issues oleicoles. OCL. Oleagineux, corps gras, *Lipides*, 6, 63-68.
12. Gamba, C., Piovanelli, C., Papini, R., Pezzarossa, B., Ceccarini, L. & Bonari, E. (2005). Soil microbial characteristics and mineral nitrogen availability as affected by olive oil wastewater applied to cultivated soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 937-950.
13. Hanafi, F., Mountadar, M., Etahiri, S, Fekhaoui, M. & Assobhei, O. (2013). Biodegradation of toxic compounds in olive mill wastewater by a newly isolated potent strain: Aspergillus Niger van Tieghem. *Journal of Water Resource and Protection*, 5, 768–774.

Archive of SID

www.SID.ir

14. Haynes, R. J. (2005). Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. *Advances in Agronomy*, 85, 221-268.
15. Jenkinson, D. S. & Powlson, D. S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. *Soil Biology and Biochemistry*, 8, 167-177.
16. Kara, O. & Bolat, I. (2007). The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Barton Province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 281-288.
17. Levi-Minzi, R., Saviozzi, A., Riffaldi, R. & Falzo, L. (1992). Epandage au champs des margines: effects sur les proprietes du sol. *Olivae*. 40, 20-25.
18. Mahmoud, M., Janssen, M., Haboub, N., Nassour, A. & Lennartz, B. (2010). The impact of olive mill wastewater application on flow and transport properties in soils. *Soil and Tillage Research*, 107, 36-41.
19. Mekki, A., Dhouib, A. & Sayadi, S. (2013). Review: Effects of olive mill wastewater application on soil properties and plants growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1), 15.
20. Mohawesh, O., Mahmoud, M., Janssen, M. & Lennartz, B. (2014). Effect of irrigation with olive mill wastewater on soil hydraulic and solute transport properties. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 927-934.
21. Montemurro, F., Diacono, M., Vitti, C. & Ferri, D. (2011). Potential use of olive mill wastewater as amendment: crops yield and soil properties assessment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 2594-2603.
22. Naija, D. S., Boussaadia, O., Dhiab, A. B., Mariem, F. B. & Braham, M. (2014). Valorization of the olive sector effluents as potential fertilizers and their impact on biological, physical and chemical properties of the soil. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3, 450-459.
23. Pierantozzi, P., Torres, M., Verdenelli, R., Basanta, M., Maestri, D. M. & Meriles, J. M. (2013). Short-term impact of olive mill wastewater (OMWW) applications on the physico-chemical and microbiological soil properties of an olive grove in Argentina. *Journal of Environmental Science and Health*, 48, 393-401.
24. Roig, A., Cayuela, M. L. & Sanchez-Monedero, M. A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*, 26 (9), 960-969.
25. Rostami- Ozumchuluei, S., Ghasemnezhad, M. & Ramzani-Malekroudi, M. (2016). Effect of fruit harvest time on antioxidant compounds of oil in some olive (*Olea europaea* L.) cultivars at Roodbar region. *Journal of Food Science and Technology*, 52(13), 35-50. (in Farsi)
26. Saadi, I., Laor, Y., Raviv, M. & Medina, S. (2007). Land spreading of olive mill wastewater: effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. *Chemosphere*, 66, 75-83.
27. Seyedi, A., Ghasemnezhad, M. & Hamidoghli, Y. (2016). Effect of composted olive mill solid waste on quality, quantity and antioxidant activity of olive oil cvs 'Zard' and 'Roughani'. Pub in: *Iranian Journal of Horticultural Science*. (in Farsi)
28. Tian, Y., Cao, F., Wang, G., Zhang, W. & Yu, W. (2012). Soil microbiological properties and enzyme activities in Ginkgo-Tea agroforestry compared to monoculture. *Forest Research*, 1(2), 1-6.
29. Tomati, U., Galli, E., Fiorelli, F. & Pasetti, L. (1996). Fertilizers from composting of olive-mill wastewaters. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 38, 155-162.
30. Torani, Z., Ghasemnezhad, M. & Ramzani Malakrodi, M. (2016). Effect of fruits damaging during harvest time on extracted oil quality of Zard and Roughany olive cultivars. *Journal of Food Research*, 26(2), 321-331.
31. Walkley, A. & Black, A. I. (1934). Examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration method. *Soil Science*, 34, 29-38.
32. Wang, H., Huang, Y., Huang, H., Wang, K. M. & Zhou, S. Y. (2005). Soil properties under young Chinese fir-based agroforestry system in mid-subtropical China. *Agroforestry Systems*, 64, 131-141.
33. Xue, D., Yao, H. & Huang, C. (2006). Microbial biomass, N mineralization and nitrification, enzyme activities, and microbial community diversity in tea orchard soils. *Plant Soil*, 288, 319-331.

Archive of SID

www.SID.ir