

## The Effect of Compost and Vermicompost Derived from Olive Solid Pomace on Olive Yield and Oil Quality

S.H. Mousavi Dizkouhi<sup>1</sup>, M. Barani Motlagh<sup>1\*</sup>, E. Dordipour<sup>1</sup>, E. Malekzadeh<sup>1</sup>, F. Sadeghzadeh<sup>2</sup>, M. Ghasem Nejhad<sup>3</sup>

1- Department of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(\*- Corresponding Author Email: [mbarani@gau.ac.ir](mailto:mbarani@gau.ac.ir))

2- Department of Soil Science, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

3- Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 24 July 2024  
Revised: 01 June 2025  
Accepted: 09 June 2025  
Available Online: 09 June 2025

### How to cite this article:

Mousavi Dizkouhi, S.H., Barani Motlagh, M., Dordipour, E., Malekzadeh, E., Sadeghzadeh, F., & Ghasem Nejhad, M. (2025). The effect of nutrition with compost and vermicompost derived from olive solid pomace on olive yield and oil quality. *Journal of Water and Soil*, 39(2), 105-119. (In Persian with English abstract).  
<https://doi.org/10.22067/jsw.2025.89053.1420>

### Introduction

The olive tree (*Olea europaea* L.) is one of the most significant and ancient cultivated plants in the Mediterranean region, prized for its edible fruit and high-quality oil. However, the increasing scale of olive oil production has led to the accumulation of large quantities of solid waste, particularly Olive Solid Pomace (OSP), which poses considerable environmental challenges due to its high organic load and phytotoxic components. Sustainable management and valorization of this waste are crucial for reducing environmental risks and improving the circular economy in agricultural systems. This study aimed to evaluate the effects of compost and vermicompost derived from OSP, both in enriched and non-enriched forms, on the yield of olive fruit and the quality characteristics of the resulting olive oil. To this end, a field experiment was conducted during the 2018 growing season in a traditional olive orchard located in Rudbar, Gilan Province, Iran. The experiment was carried out using a randomized complete block design (RCBD) with 12 treatments and three replications using the 'Arbequina' cultivar, a well-known olive variety cultivated for its high oil content and quality.

### Materials and Methods

Compost and vermicompost were first produced from olive solid pomace. After analyzing their basic physicochemical properties, several treatments were biologically enriched using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), including *Bacillus megaterium* (phosphorus-solubilizing), *Azotobacter chroococcum* (nitrogen-fixing), and *Thiobacillus thioparus* (sulfur-oxidizing). Additional treatments were chemically enriched by incorporating 1 kg each of urea (as a nitrogen source), triple superphosphate (as a phosphorus source), and elemental sulfur at a rate of 1% by weight. The experimental treatments included: raw olive pomace, unenriched compost, chemically enriched compost, biologically enriched compost, unenriched vermicompost, chemically enriched vermicompost, biologically enriched vermicompost, a full NPK fertilizer treatment, a manure-only treatment (10 kg of animal manure), and a no-fertilizer control. All olive waste-based amendments were applied at 3% w/w. NPK fertilizers included urea (750 g in three split applications), triple superphosphate (250 g), and



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jsw.2025.89053.1420>

potassium sulfate (750 g). Micronutrients such as magnesium sulfate, manganese, iron, zinc, copper, boric acid, and elemental sulfur were applied based on soil test recommendations. Uniform horticultural practices, including surface drip irrigation, weed control, pest management, and other cultural operations, were applied across all plots. Post-treatment, soil samples were collected at depths of 0–30, 30–60, and 60–90 cm to measure pH, EC, organic carbon, and available phosphorus. Foliar sprays were prepared with 1,000 ml solutions of urea and potassium sulfate (10 g/L), zinc sulfate (3 g/L), and boric acid (5 g/L) and applied twice at sunset using a handheld sprayer. Fruit yield, oil content, and selected oil quality parameters were then assessed.

## Results and Discussion

Application of biologically enriched vermicompost significantly improved olive yield and oil quality. Trees receiving this treatment produced 50.33 kg of fruit per tree—an increase of 93.58% compared to the control. Similarly, the highest oil yield (11.14 kg per tree) was recorded in the biologically enriched vermicompost treatment. The lowest peroxide value ( $1.06 \text{ meq O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ oil}$ ) was also observed in this treatment, representing an 88.27% reduction compared to the control. Organic fertilizers positively influenced the oil percentage of the fruit, with biologically enriched compost yielding the highest oil content (57.7%), which was 132.2% higher than the control. The extinction coefficients K270 and K232, indicators of oil oxidation, were reduced by 96.2% and 78.5%, respectively, in the biologically enriched vermicompost treatment. Furthermore, this treatment resulted in the lowest free fatty acid content, 94.7% lower than the control. Leaf phosphorus content was also significantly enhanced, reaching 0.33% in the biological vermicompost treatment, a 230% increase over the control. These findings underscore the beneficial role of organic fertilizers, particularly biologically enriched vermicompost, in improving soil fertility, nutrient availability, and plant performance. The high phosphorus content in the compost and vermicompost, combined with microbial activity, played a pivotal role in enhancing both yield and oil quality. The application of PGPRs proved particularly effective, as they not only facilitated nutrient cycling but also contributed to improved physiological responses in olive trees.

## Conclusion

Overall, the results suggest that olive trees fertilized with biologically enriched organic amendments derived from olive pomace benefit from improved oil quality and fruit yield. The presence of adequate phosphorus and beneficial bacteria played a pivotal role in enhancing plant nutrition and oil characteristics. Therefore, the use of PGPR in the enrichment of composted organic materials can be an effective and sustainable strategy to improve the productivity and quality of olive oil. Among the treatments, biologically enriched vermicompost emerged as the most effective and is recommended for further field application. Future research should explore other organic amendments and their long-term effects on olive orchards.

**Keywords:** Compost, Olive oil, Pomace, Vermicompost

## مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۴، ص. ۱۱۹-۱۰۵

## تأثیر کمپوست و ورمی کمپوست پسماند زیتون بر عملکرد و کیفیت روغن زیتون

سیده حمیده موسوی دیزکوهی<sup>۱</sup> - مجتبی بارانی مطلق<sup>۱\*</sup> - اسماعیل دردی پور<sup>۱</sup> - الهام ملک زاده<sup>۱</sup> - فردین صادق زاده<sup>۲</sup> - محمودقاسم نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

## چکیده

تولید فرآورده‌های آلی راهکاری مؤثر برای دفع پسماند زیتون و آلودگی زیست‌محیطی ناشی از آن، می‌باشد. در این پژوهش، تأثیر کمپوست و ورمی کمپوست حاصل از پسماند زیتون بر عملکرد و کیفیت روغن رقم آربکین بررسی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در رودبار استان گیلان اجرا شد. تیمارها شامل تفاله خام زیتون، کمپوست غنی نشده، کمپوست غنی شده شیمیایی، کمپوست غنی شده زیستی، ورمی کمپوست غنی نشده، ورمی کمپوست غنی شده شیمیایی، ورمی کمپوست غنی شده زیستی، ورمی کمپوست (از منبع کود اوره- سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، شاهد مثبت (دارای ۱۰ کیلوگرم کود دامی)، شاهد (بدون کود دامی) بودند. مواد آلی غنی شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه به میزان ۳ درصد وزنی در چاله‌های مورد نظر اعمال شد. در نهایت عملکرد میوه، روغن و برخی ویژگی‌های روغن زیتون ارزیابی شدند. بر طبق نتایج، ورمی کمپوست غنی شده زیستی عملکرد کل میوه زیتون (۵۰/۳۳ کیلوگرم به ازای هر درخت) را نسبت به شاهد به میزان ۹۳/۵۸ درصد افزایش داد. بیشترین عملکرد روغن زیتون نسبت به شاهد متعلق به ورمی کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۱۱/۱۴ کیلوگرم به ازای هر درخت بود. پایینترین ارزش پراکسید روغن زیتون با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۱/۰۶ میلی اکسیژن بر کیلوگرم روغن نسبت به شاهد حاصل شد و ۸۸/۲۷ درصد کاهش نشان داد. کمپوست بر درصد روغن میوه‌ی زیتون اثرگذار بود؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن با کاربرد کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۵۷/۷۷ درصد حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۲/۳ برابر افزایش داشت. پایین‌ترین شاخص ضرایب خاموشی روغن زیتون ( $K_{270}$ ) و ( $K_{232}$ ) با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی حاصل شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۹۶/۲۴ و ۷۸/۵۳ درصد کاهش داشتند. کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد روغن با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی نسبت به تیمار شاهد با کاهش ۹۴/۶۶ درصد، حاصل شد. بیشترین فسفر برگ متعلق به ورمی کمپوست غنی شده زیستی با ۰/۳۳ درصد و کمترین مقدار متعلق به تیمار شاهد به میزان ۰/۱ درصد بود. به‌طور کلی، درختان زیتونی که با فرآورده‌های آلی حاصل از تفاله جامد زیتون غنی شده با باکتری تغذیه شده‌اند، از نظر برخی ویژگی‌های کیفی روغن و عملکرد میوه رضایت‌بخش بوده‌اند. بنابراین، می‌توان از باکتری‌های محرک رشد گیاه در غنی‌سازی مواد آلی در جهت بهبود کیفیت روغن زیتون بهره برد. ضمناً، ورمی کمپوست غنی شده زیستی به‌عنوان تیمار برتر شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: باکتری محرک رشد گیاه، پسماند زیتون، روغن زیتون، مواد آلی

۱- گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(\*)- نویسنده مسئول: (Email: [mbarani@gau.ac.ir](mailto:mbarani@gau.ac.ir))

۲- گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

## مقدمه

زیتون<sup>۱</sup> متعلق به خانواده زیتون‌سانان<sup>۲</sup> بوده که به‌صورت گیاهی همیشه سبز در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می‌کند. میوه‌ی زیتون دارای روغنی بسیار مطلوب و با خواص تغذیه‌ای عالی می‌باشد. با توجه به نیاز شدید کشور به روغن‌های خوراکی و کیفیت عالی روغن زیتون، افزایش سطح زیر کشت آن یکی از اهداف برنامه‌های کشاورزی در ایران می‌باشد (Seifi, Jalali, Ebrahimnia, & Feridouni, 2016). یکی از صنایع رایج در ایران و بسیاری از کشورهای زیتون‌خیز دنیا، صنعت استخراج روغن زیتون است که طی آن میزان زیادی پسماند جامد تولید می‌گردد (Seyedi, Ghasemnejad, & Hamid Oghli, 2017 and 2018; Hashempour, Farhani Rasti, Gurbanzadeh, & Fazli Sangani, 2018). درخت زیتون از معدود درختانی است که می‌تواند در خاک‌های غیر حاصلخیز میوه تولید کند و از آن روغنی با کیفیت مناسب به‌دست آورد (Hashempour, Fatuhi, Qazvini, Bakhshi, & Asadi Sanam, 2010). اما استفاده از پسماند جامد زیتون به‌دلیل غنی بودن از مواد آلی و عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) می‌تواند بر عملکرد میوه و روغن زیتون اثرگذار باشد (Seyedi et al., 2017 and 2018). گرچه استفاده از تفاله خام زیتون، روشی مؤثر برای استفاده دوباره از آن می‌باشد (Michailides, Christou, Akrotas, Tekerlekopoulou, & Vayenas, 2011)؛ اما پسماند زیتون می‌تواند موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی گردد (Hachicha, Rigane, Ben Khodher, Nasri, & Medhioub, 2003; López-Piñero, Albarrán, Rato & Nunes, 2008). مواد زاید آلی در مزارع و باغات باعث ایجاد مشکل برای محیط‌زیست، سلامتی انسان و میکروفلورای مفید خاک می‌شوند. همچنین کاربرد مستقیم این مواد به‌صورت خام به علت ترکیبات ناشناخته برای مصرف پاتوژن‌ها، وجود ترکیبات سمی و تخم علف‌های هرز و عناصر سنگین برای استفاده زراعی نامناسب است. به علاوه، جوامع جانوری از ترکیبات آلی وارد شده به خاک تأثیر می‌پذیرند (Ahmad, Jilani, Arshad, Zahir, & Khalid, 2007). با این وجود، یکی از بهترین و مؤثرترین روش‌های دفع و بازیافت پسماند جامد زیتون تولید کمپوست از آن می‌باشد که بسیار مناسب و مقرون به صرفه است. پسماند کارخانجات روغن‌کشی زیتون غنی از مواد آلی و عناصر غذایی است که می‌توان پس از کمپوست‌سازی، از آن برای بهبود حاصلخیزی خاک استفاده و مشکل بازیافت آن را نیز حل کرد (Seyedi et al., 2017; Hashempour et al., 2018). در کمپوست باکتری‌های مؤثر و میکروارگانیسم‌های ساختاری مهم وجود دارند که در فرآیند تولید کمپوست مؤثرند (Pan, Dam, & Sen, 2012). مواد

کمپوست شده توانایی بهبود سلامت خاک و رشد گیاهان را دارند و از رشد پاتوژن‌ها و بیماری‌های گیاهان ممانعت می‌کنند. کمپوستینگ به‌عنوان مناسبترین خصیصه برای پیوستن با مواد زاید جامد آلی در جهت استفاده در کشاورزی در نظر گرفته می‌شود (Ahmad et al., 2007). استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی مانند کمپوست‌ها، ابزاری مؤثر برای بهبود خاکدانه‌سازی، ساختمان خاک، افزایش جمعیت و تنوع میکروبی، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌باشد (Alikhani & Hemmati, 2014). از آنجایی که کمپوست حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد، لذا می‌تواند به‌عنوان منبع غنی عناصر غذایی برای خاک مفید باشد (Sadeh Zadeh, Fallah Tolekolai, Bahmanyar, & Emadi, 2018). این مواد ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را بهبود بخشیده که می‌توانند موجب رشد گیاهان گردند (Sanchez, Ospina, & Montoya, 2017). ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن عناصر غذایی به‌ویژه فسفر به شکل‌های آلی و معدنی، مواد محرک رشد و ریز جانداران مفید، رشد گیاهان را افزایش می‌دهد. به‌طور کلی، استفاده از کودهای زیستی به همراه منابع کم محلول فسفات می‌تواند جذب فسفر و رشد گیاه را افزایش و مصرف کود شیمیایی را کاهش دهد (Khosravi, Zarei, & Ronaghi, 2017).

طبق بررسی‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2017) در منطقه رودبار گیلان، کاربرد کمپوست تفاله زیتون و کود دامی بر کیفیت روغن زیتون تأثیر مثبت داشت. نتایج تحقیقات پیشین نشان داد، کمپوست حاصل از تفاله هسته‌دار زیتون موجب افزایش اندازه غده سیب‌زمینی شد (Hachicha et al., 2003). نتایج کاربرد کمپوست تفاله زیتون نشان داد، عملکرد کاهو به میزان ۱۴۵ درصد افزایش داشت. این افزایش عملکرد کاهو نشانه‌ی بهبود ساختار خاک، محتوی مواد آلی و ذخیره و افزایش عناصر غذایی می‌باشد (Michailides et al., 2011). در نتایج بررسی‌های دیگری، ورمی‌کمپوست تولیدی از تفاله خام زیتون، حاوی عناصری مانند نیتروژن و فسفر بوده و سبب افزایش رشد کلم گردید. همچنین تأثیر مثبت بر رشد سبزیگی گیاهان دارد و ریشه و اندام هوایی گیاه را توسعه می‌بخشد (Khosravi et al., 2017). فیاضی و همکاران (Fayazi, Abdali Mashhadi, Kochzadeh, Popzen, & Arzanesh, 2018) در بررسی‌های خود نشان دادند، استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر همراه با ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش مقدار نیتروژن و فسفر موجود در ورمی‌کمپوست شود. همچنین استفاده از ورمی‌کمپوست برای افزایش عملکرد و شاخص‌های عملکرد کودی تخم کاغذی توصیه شده است (Khajeh Haghverdi, Ardakani, 2018).

1- *Olea europaea* L.

2- Oleaceae

این پژوهش استفاده از پسماند و ضایعات خام زیتون به شکل کود آلی کمپوست و ورمی کمپوست در جهت بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش رشد و عملکرد گیاه، جلوگیری از تخریب خاک و بروز مشکلات جدی زیست‌محیطی، راه حلی مقرون به صرفه برای رسیدن به کشاورزی پایدار می‌باشد.

این آزمایش در اسفند سال ۱۳۹۸ در باغ مادری زیتون علی آباد شهرستان رودبار استان گیلان با متوسط بارندگی سالیانه ۲۰۹/۳

Table 1- Some physical and chemical properties of orchard soil before treatment application

**Table 2- Analysis results of olive pomace and animal manure (cow) before the experiment**

تفاله جامد حا صل از روغن ک شی میوه زیتون به صورت خام تهیه شد. قبل از اختلاط کود دامی و تفاله زیتون، کود دامی (گاوی) طی دو تا سه مرحله با آب فراوان شستشو داده شد. این عمل به منظور خروج شیرابه، توزیع یکنواخت رطوبت و مرطوب شدن تمامی قسمت‌های بستر، شستشوی عناصر محلول و کاهش شوری انجام شد؛ سپس هوا خشک گردید. از تفاله زیتون به عنوان مواد پایه و از کود دامی جهت تحریک فعالیت‌های میکروبی و آغازگر استفاده شد. برخی ویژگی‌های اولیه تفاله زیتون و کود دامی به کار برده شده در تیمارها اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

جدول ۳- ترکیب شیمیایی کمپوست، ورمی کمپوست حاصل از تفاله زیتون

Table 3- Chemical compound of compost, vermicompost obtained from olive pomace

| ترکیب شیمیایی<br>Chemical compound | ورمی کمپوست<br>Vermicompost (mgkg <sup>-1</sup> ) | کمپوست<br>Compost (mgkg <sup>-1</sup> ) | ترکیب شیمیایی<br>Chemical compound | ورمی کمپوست<br>Vermicompost (%) | کمپوست<br>Compost (%) | ترکیب شیمیایی<br>Chemical compound | ورمی کمپوست<br>Vermicompost (%) | کمپوست<br>Compost (%) |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Fe <sub>ava</sub>                  | 470                                               | 450                                     | Total Fe                           | 0.25                            | 0.23                  | Moisture                           | 29.26                           | 30.11                 |
| Mn <sub>ava</sub>                  | 330                                               | 220                                     | Total Mn                           | 0.66                            | 0.47                  | O.C                                | 31.86                           | 30.75                 |
| Zn <sub>ava</sub>                  | 20                                                | 15                                      | Total Zn                           | 0.08                            | 0.06                  | Total N                            | 1.69                            | 1.25                  |
| Cu <sub>ava</sub>                  | 95                                                | 65                                      | Total Cu                           | 0.17                            | 0.16                  | Total P                            | 2.18                            | 0.44                  |
| K <sub>ava</sub>                   | 676                                               | 778                                     | C/N                                | 18.85                           | 24.61                 | Total Na                           | 5.1                             | 3.5                   |
| Na <sub>ava</sub>                  | 400                                               | 300                                     | CEC                                | 33.48                           | 30.43                 | Total K                            | 2.3                             | 3.9                   |
| P <sub>ava</sub>                   | 380                                               | 320                                     | pH                                 | 7.06                            | 7.2                   | Total Ca                           | 6.95                            | 4.25                  |
| Color                              | Dark brown                                        | Dark brown                              | EC                                 | 2.02                            | 2.25                  | Total Mg                           | 1.6                             | 1.4                   |

\* مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی برحسب میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم، قابلیت هدایت الکتریکی (۱:۱۰) برحسب دسی‌زیمنس بر متر و pH (۱:۱۰) و نسبت کربن به نیتروژن بی‌واحد می‌باشند.

\* The values of cation exchange capacity are in meq/100 grams, electrical conductivity (1:10) in dS/m, pH (1:10), and C/N ratio are unitless.

(O<sub>mill</sub>)، کمپوست غنی نشده (C)، کمپوست غنی شده شیمیایی (C<sub>c</sub>)، کمپوست غنی شده زیستی (C<sub>B</sub>)، ورمی کمپوست غنی نشده (V)، ورمی کمپوست غنی شده شیمیایی (V<sub>B</sub>)، ورمی کمپوست غنی شده زیستی (V<sub>B</sub>)، NPK (۷۵۰ گرم اوره، ۲۵۰ گرم سوپر فسفات تریپل، ۷۵۰ گرم سولفات پتاسیم)، (۱۰ کیلوگرم کود دامی پوسیده)، شاهد (بدون کود دامی پوسیده) بودند. در اسفند ۱۳۹۸، تیمارهای مورد نظر در بخش سایه‌انداز درختان زیتون درون چالکودها اعمال گردید. مقدار مصرف تفاله جامد زیتون و فرآورده‌های تولیدی حاصل از آن، ۳ درصد وزنی (Sadeh Zadeh et al, 2018; Wang, Xia, Waigia, 2018; Gaoa, et al., 2018) و مقادیر NPK از منبع اوره (در ۳ تقسیط به میزان ۷۵۰ گرم)، سوپرفسفات تریپل به میزان ۲۵۰ گرم و سولفات پتاسیم به میزان ۷۵۰ گرم و همچنین عناصر کم‌مصرف از منبع سولفات‌های منیزیم، منگنز، آهن، روی، مس و اسیدبوریکی و گوگرد عنصری پودری براساس نتیجه آزمون خاک بود (Pandit, Mulder, 2017; Hale, Schmidt, & Cornelissen, 2017). محلول‌پاشی همه نقاط تاج درختان با محلول کودهای اوره (ده در هزار)، سولوپتاس (ده در هزار)، سولفات روی (سه در هزار) و اسیدبوریکی (پنج در هزار) با سمپاش دستی به هنگام غروب آفتاب انجام شد. برخی عملیات شامل سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با

در زمان تولید فرآورده‌های تفاله زیتون، به‌منظور سرعت بخشیدن، اثر گذاری قویتر و موفقیت در بلوغ کمپوست و ورمی کمپوست (Pan et al., 2012) و جهت غنی سازی آن‌ها با باکتری‌های مفید خاکزی، از سنگ فسفات به میزان ۱ درصد (Ahmad et al., 2007) به همراه زادمایه باکتری‌های PGPR<sup>۱</sup> (باکتری‌های حل‌کننده فسفر (باسیلوس مگاتریوم)، تثبیت کننده نیتروژن (ازتو باکتر کروکوکوم) و گوگرد به میزان ۱ درصد وزنی به همراه جدایه‌های تیوباسیلوس تیوپاروس استفاده شد (Busato, Lima, Aguiar, Canellas, & Olivares, 2014; Kapoor, Yadav, 2012; Alikhani & Hemmati, 2014; Singh, Mishra, & Tauro, 1983; از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شدند. جمعیت زادمایه کشت تازه هر جدایه باکتری بر اساس فاکتور رقت در حدود ۱۰<sup>۹</sup> × ۴ کلنی بر میلی‌لیتر تنظیم و سپس هر کیلوگرم فرآورده‌های تفاله زیتون با ۲۵ میلی‌لیتر از هر زادمایه تلقیح شدند (Busato et al., 2012). بخشی از کمپوست و ورمی کمپوست نیز با استفاده از اختلاط کود نیتروژنی، فسفری و گوگردی به میزان ۱ درصد وزنی به ترتیب از منابع اوره (یک کیلوگرم)، سوپرفسفات تریپل (یک کیلوگرم) و گوگرد عنصری (یک کیلوگرم) به‌صورت شیمیایی غنی‌سازی شدند (Alikhani & Hemmati, 2014; Majeed, 2018; Munawar, Niaz, et al., 2018). تیمارها شامل تفاله خام زیتون

از جمله اسید چرب آزاد، ارزش پراکسید، ضریب خاموشی مخصوص در دو طول موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر انجام گرفت.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ارزیابی شدند. ترسیم جداول به کمک اکسل انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی تعیین گردید و تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح  $P < 0.01$  و  $P < 0.05$  مشخص گردید.

## نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس اثر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر برخی ویژگی‌های میوه و روغن زیتون نشان داد که ویژگی‌های ارزش پراکسید روغن، در صد روغن، ضرایب خاموشی ( $K_{270}$ ,  $K_{232}$ )، اسید چرب آزاد، فسفر برگ، عملکرد میوه و روغن زیتون در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر برخی ویژگی‌های میوه و روغن زیتون

Table 4- Analysis of variance results for the effect of olive pomace-derived products on selected fruit and olive oil characteristics

| میانگین مربعات Average of squares |                          |                                  |                                  |                                   |                          |                       |                         |                 |                       |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| ارزش پراکسید Peroxide value       | درصد روغن Oil percentage | $K_{270}$ Extinction coefficient | $K_{232}$ Extinction coefficient | اسیدهای چرب آزاد Free fatty acids | فسفر برگ Leaf phosphorus | عملکرد روغن Oil yield | عملکرد میوه Fruit yield | درجه آزادی (df) | منابع تغییرات (S.O.V) |
| 0.75 <sup>ns</sup>                | 2.001 <sup>ns</sup>      | 0.003 <sup>ns</sup>              | 0.0009 <sup>ns</sup>             | 0.0002 <sup>ns</sup>              | 0.00001 <sup>ns</sup>    | 0.005*                | 4.11**                  | 2               | بلوک Block            |
| 17.54**                           | 313.17**                 | 0.91**                           | 0.66**                           | 0.14**                            | 0.015**                  | 6.25**                | 189.78**                | 11              | تیمار Treatment       |
| 0.24                              | 1.002                    | 0.001                            | 0.0004                           | 0.0005                            | 0.0001                   | 0.001                 | 0.53                    | 22              | خطای کل Total error   |
| 10.05                             | 2.56                     | 7.76                             | 1.57                             | 5.98                              | 6.46                     | 4.7                   | 1.86                    |                 | ضریب تغییرات C.V. (%) |

ns، \* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

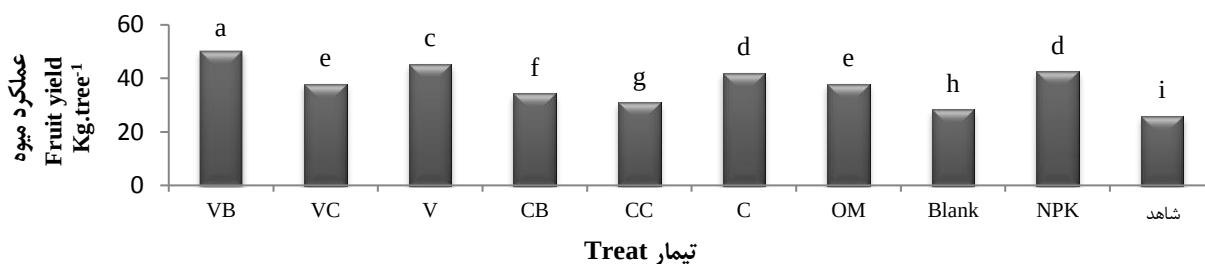
ns, \* and \*\* indicate non-significance and significance at the probability level of 5 and 1%, respectively.

عمل (Montemurro, Fiore, D'Andrea, & Diacono, 2016). تلقیح ریزموجودات به مواد آلی از طریق افزایش جذب فسفر و سایر عناصر جهت افزایش رشد و عملکرد گیاهان توجه بسیاری را به خود جلب کرده است (Khosravi et al., 2017). طبق بررسی‌های توسکانو و همکاران (Toscano, Casacchia, Diacono, & Montemurro, 2013) و سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2017)، تولید کمپوست از تفاله جامد زیتون در باغات زیتون موجب افزایش عملکرد میوه زیتون شد. بنابراین کاربرد ورمی کمپوست و کمپوست تفاله جامد زیتون تأثیر مثبتی در تغذیه رقم آریبکن از لحاظ فسفر نشان داد که می‌توان آن را به افزایش عملکرد میوه هم تعمیم داد.

آفات و حشرات و سایر عملیات باغداری برای همه تکرارها به طور یکسان اجرا گردید. بعد از اعمال تیمارهای مورد نظر و مراقبت‌های داشت، برداشت میوه‌ها همزمان با تغییر رنگ آن‌ها از سبز به ارغوانی و مقارن با زمان رسیدگی میوه‌ها صورت گرفت. کل میوه‌های هر درخت به طور جداگانه برداشت شده و توزین گردید. سپس از هر درخت به طور تصادفی حدود ۲ کیلوگرم میوه با دست برداشت و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و تا زمان اندازه‌گیری برخی پارامترهای میوه و روغن، در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌برداری برگ‌ها از وسط شاخه‌های جوان فصل جاری اواسط تیرماه برای تعیین غلظت فسفر به روش خشک سوزانی انجام شد. برای استخراج روغن در ابتدا زیتون به صورت خمیر یکنواخت درآمده و سپس به کمک دستگاه روغن‌گیری دستی روغن‌کشی شدند. نمونه‌های روغن به دست آمده تا زمان شروع آزمایش در یخچال با دمای حدود ۴ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی نگهداری شدند. برای تعیین درصد روغن میوه از روش سوکسله، برخی صفات کیفی روغن

بر طبق نتایج مقایسه میانگین، عملکرد میوه زیتون با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۵۰/۳۳ کیلوگرم به ازای هر درخت نسبت به شاهد بود که ۹۳/۵۸ درصد افزایش داشت. بعد از آن تیمار ورمی کمپوست معمولی عملکرد بالایی را به خود اختصاص داد. مابقی تیمارها از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۱). نتایج این پژوهش در توافقی با یافته‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) بود که دریافتند کاربرد کمپوست در درختان زیتون موجب افزایش وزن میوه و عملکرد میوه شد. پژوهشگران دیگر در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که کاربرد تفاله زیتون به عنوان اصلاح‌کننده ارزشمند خاک و منبع مواد آلی خاک، تأثیر مثبت روی عملکرد زیتون دارد (López-Piñeiro et al., 2008).





شکل ۱- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر عملکرد میوه زیتون

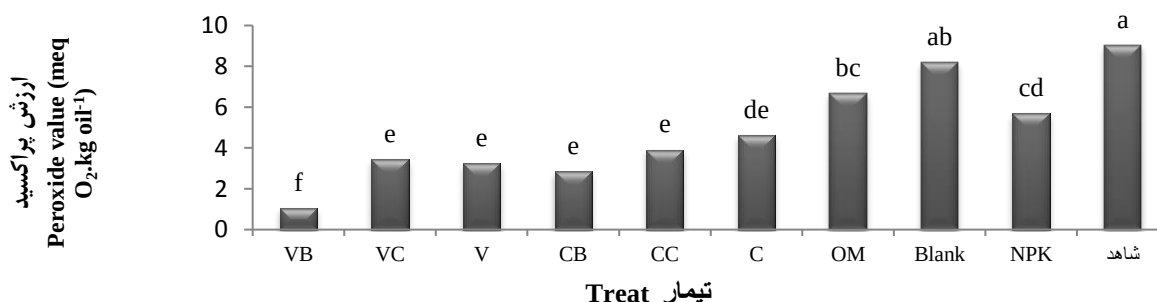
(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 1- The effect of different raw olive pomace products on olive fruit yield

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

ورمی کمپوست غنی نشده از کیفیت بالایی برخوردار بود. غنی سازی ورمی کمپوست موجب افزایش گروه‌های عاملی اسید هیومیک شد که می تواند عاملی در جهت افزایش توانایی و بهبود خواص فیزیکوشیمیایی خاک باشد (Alikhani & Hemmati, 2014). غنی سازی ورمی کمپوست با سنگ فسفات موجب افزایش زیست فراهمی فسفر به علت تغییر و افزایش جمعیت ریزموجودات بومی خاک شد. این امر افزایش عملکرد و جذب عناصر غذایی را به دنبال دارد. این کار با هدف تغییر جوامع میکروبی در ورمی کمپوست و بهبود کیفیت کود های آلی صورت می گیرد (Busato et al., 2012). ورمی کمپوست به دلیل داشتن عناصر غذایی به خصوص فسفر به شکل های آلی و معدنی، مواد محرک رشد و ریز جانداران مفید، رشد گیاهان را افزایش می دهد. ورمی کمپوست سبب افزایش رشد کلم نیز می شود. همچنین تأثیر مثبتی بر روی رشد سبزیگی گیاهان دارد و ریشه و اندام هوایی گیاه را توسعه می بخشد (Khosravi et al., 2017).

پایین ترین ارزش پراکسید روغن زیتون با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۱/۰۶ میلی اکسیژن بر کیلوگرم روغن نسبت به شاهد با مقدار ۹/۰۴ میلی اکسیژن بر کیلوگرم روغن حاصل شد؛ که نسبت به شاهد ۸۸/۲۷ درصد کاهش نشان داد. شکل ۲ نشان داد که تیمارهای کمپوست و ورمی کمپوست نسبت به مابقی تیمارها پایین ترین ارزش پراکسید روغن را دارا بودند؛ هر چند که نسبت به هم اختلاف معنی دار نداشتند. کمتر بودن ارزش پراکسید یک ویژگی مثبت کیفیت روغن محسوب می شود. هر چند که برخی از تیمارها نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشتند، اما به نظر می رسد که استفاده از فرآورده های تفاله زیتون و فرآیند غنی سازی بر ارزش پراکسید روغن تأثیر مثبت قابل توجهی داشته و کیفیت روغن زیتون را از طریق کاهش ارزش پراکسید درختان تیمار شده نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشیده است (شکل ۲). یافته های ما با نتایج سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) مطابقت دارد. ورمی کمپوست غنی شده با کودهای شیمیایی NPS نسبت به



شکل ۲- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر ارزش پراکسید روغن زیتون

(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

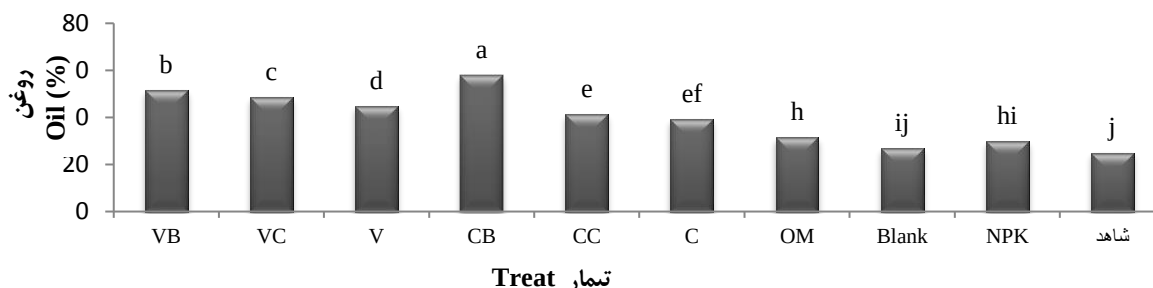
Figure 2- The effect of different raw olive pomace products on the peroxide value of olive oil

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)



جذب غنی هستند و شرایط تغذیه‌ای خوبی دارند، عملکرد روغن رضایت بخشی دارند (Fatahinejhad, Siadat, Esfandiari, Moghdisi, Moazi, 2013). کاربرد کمپوست قویترین اثر بر روی تغذیه و رشد گیاهان دارد (Sadeh Zadeh et al., 2018). بر طبق بررسی‌های توسکانو و همکاران (Toscano et al., 2013) و سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2017)، تولید کمپوست از تفاله جامد زیتون در باغات زیتون موجب افزایش روغن زیتون شد.

بیشترین درصد روغن زیتون در تیمار کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۵۷/۷۷ درصد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۳۲/۱۹۴ درصد افزایش داشته است. کمترین درصد روغن مربوط به شاهد و Blank بود که نسبت به هم در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۳). کاربرد کودهای آلی غنی شده و غنی نشده بر درصد روغن میوه زیتون تأثیر گذار بودند. نتایج این پژوهش در توافق با یافته‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) می‌باشد که دریافتند کاربرد کمپوست در درختان زیتون موجب افزایش مقدار روغن شد. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که خاک‌هایی که از نظر فسفر قابل



شکل ۳- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر درصد روغن میوه زیتون

(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

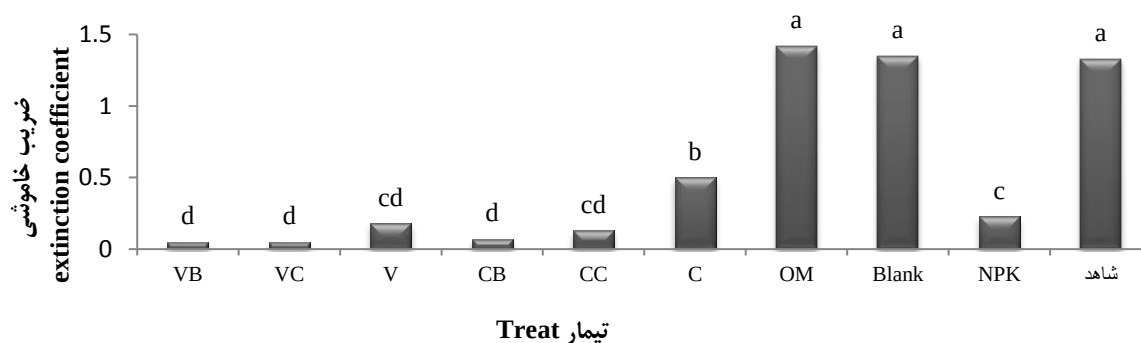
Figure 3- The effect of different raw olive pomace products on the percentage of olive fruit oil

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

مقایسه میانگین، کمترین شاخص ضریب خاموشی روغن زیتون ( $K_{232}$ ) با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی نسبت به شاهد حاصل شد که نسبت به شاهد ۷۸/۵۳ درصد کاهش داشت. بالاترین این شاخص در سه تیمار شاهد، Blank و NPK مشاهده شد (شکل ۵). نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد تفاله زیتون و فرآورده‌های حاصل از آن، نه تنها هیچ گونه تأثیر منفی بر این صفت کیفی نداشت؛ بلکه موجب بهبود کیفیت روغن زیتون از نظر این صفت شد. که می‌توان به بهبود تغذیه درختان رقم آربکین از نظر جذب فسفر و نیتروژن و پتاسیم اشاره کرد. نتایج ما مغایر با یافته‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) بود که گزارش کردند سطوح مختلف کمپوست تأثیری بر شاخص ضریب خاموشی در طول موج ۲۳۲ نانومتر نداشته است.

بر طبق جدول مقایسه میانگین، پایین‌ترین شاخص ضریب خاموشی روغن زیتون ( $K_{270}$ ) با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی حاصل شد که نسبت به شاهد ۹۶/۲۴ درصد کاهش داشته است. به علاوه تیمارهای مختلف کمپوست و ورمی کمپوست و NPK نیز کمترین ضریب خاموشی روغن را نشان دادند. هر چند که از لحاظ آماری با تیمار ورمی کمپوست غنی شده زیستی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۴). به‌طور کلی مشاهده شد که کاربرد اصلاح کننده آلی تأثیر مثبت و قابل توجهی بر شاخص ضریب خاموشی روغن زیتون ( $K_{270}$ ) داشت. این نتایج در توافق با یافته‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) مبنی بر بهبود کیفیت روغن در اثر کاربرد کمپوست بوده است.

شاخص ضریب خاموشی روغن زیتون ( $K_{232}$ ) تحت تأثیر فرآورده‌های تولید شده از تفاله خام زیتون قرار گرفت. طبق جدول

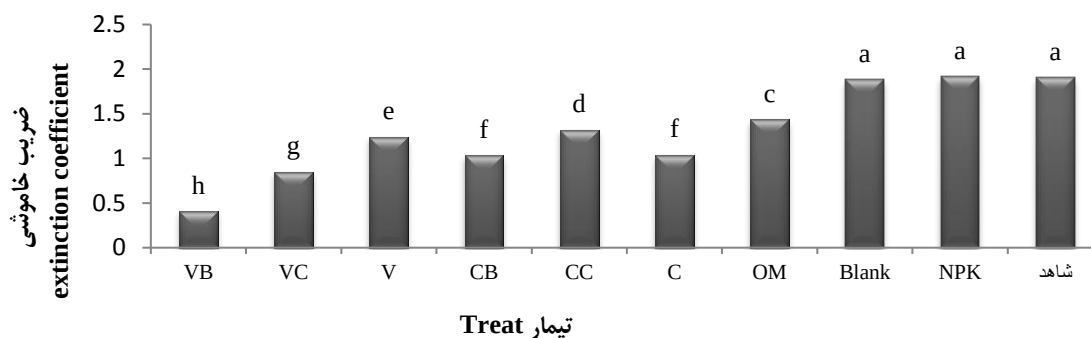


شکل ۴- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر ضریب خاموشی

(K<sub>270</sub>) (VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 4- The effect of different raw olive pomace products on extinction coefficient (K<sub>270</sub>)

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)



شکل ۵- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر ضریب خاموشی

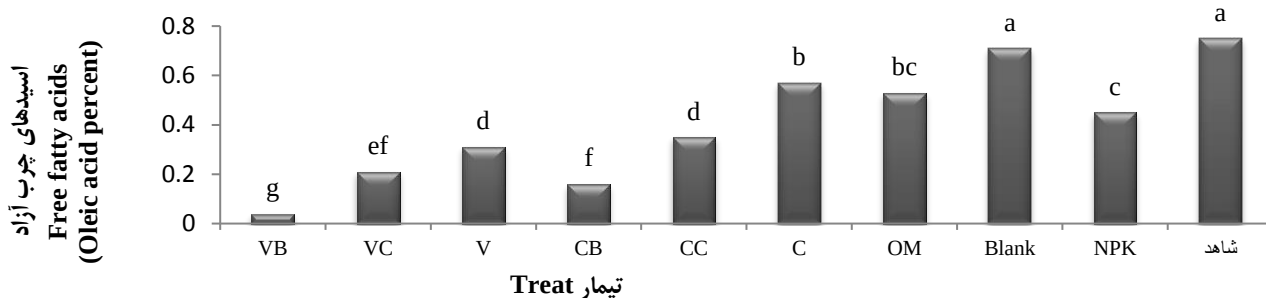
(K<sub>232</sub>) (VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 5- The effect of different raw olive pomace products on extinction coefficient (K<sub>232</sub>)

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین فسفر برگ متعلق به ورمی کمپوست غنی شده زیستی با ۰/۳۳ درصد و کمترین مقدار متعلق به تیمار شاهد به میزان ۰/۱ درصد بود. این افزایش به میزان ۲۳۰ درصد بوده است. به علاوه در تیمارهای ورمی کمپوست معمولی و شیمیایی و کمپوست غنی شده زیستی نیز میزان فسفر برگ بالایی مشاهده شد. هر چند که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی نسبت به سایر تیمارها بالاترین مقدار را دارا بودند (شکل ۷). ورمی کمپوست حاوی عناصری مانند نیتروژن و فسفر می‌باشد که می‌تواند موجب افزایش رشد گیاه شود. افزایش رشد و توسعه گیاهان در حضور ورمی کمپوست به دلیل وجود مقادیر بالای هیومیک اسید و عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد.

اسیدهای چرب آزاد روغن زیتون تحت تأثیر فرآورده‌های تولید شده از تفاله خام زیتون قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد روغن زیتون با کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی نسبت به شاهد حاصل شد و بیشترین مقدار متعلق به تیمار شاهد بود. میزان کاهش ۹۴/۶۶ درصد بود (شکل ۶). کمتر بودن این صفت یکی از ویژگی‌های کیفی روغن زیتون می‌باشد؛ بنابراین کاربرد ورمی کمپوست غنی شده زیستی تأثیر مثبت و کاهش بر اسیدهای چرب آزاد داشته است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت فرآورده‌های غنی شده زیستی تفاله جامد زیتون بر جذب فسفر توسط گیاه، بهبود شرایط تغذیه‌ای و در نهایت بهبود کیفیت روغن می‌باشد. نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از پژوهش‌های سیدی و همکاران (Seyedi et al., 2016) همخوانی دارد.



شکل ۶- تأثیر فرآورده‌های مختلف تفاله خام زیتون بر اسیدهای چرب آزاد

(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 6- The effect of different raw olive pomace products on free fatty acids

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Positive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

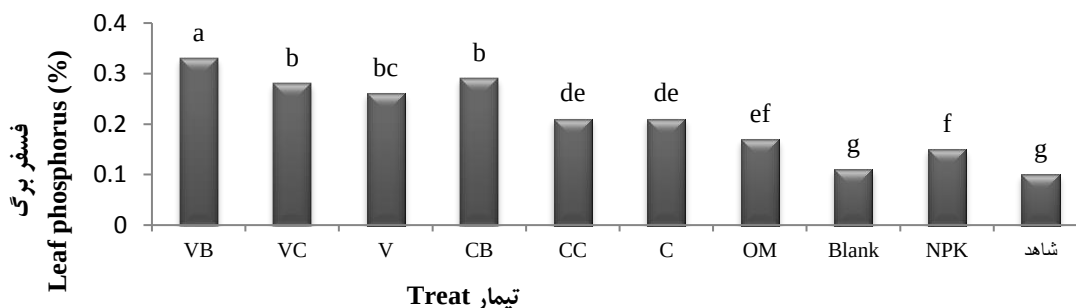
نیتروژن، فسفر، پتاسیم می‌باشد که موجب حاصلخیزی خاک و کاهش خطر ناشی از تخریب خاک می‌گردد (Seyedi et al., 2018). استفاده از قارچ و باکتری‌ها به دلیل اثرات مختلف این ریزموجودات در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر فسفر برای گیاه، روند افزایشی در بهبود رشد گیاه و جذب فسفر دارد. همچنین ورمی کمپوست موجب تحریک میکروارگانیسم‌های مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به‌ویژه نیتروژن و فسفر گیاه می‌شود. کاربرد ورمی کمپوست سبب افزایش غلظت فسفر برگ می‌گردد (Fayazi et al., 2018). استفاده از مواد آلی به همراه کودهای شیمیایی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی خاک، می‌تواند در جذب بهتر عناصر مؤثر باشد (Taheri, Basirt, Khosh zaman, Mehshari, & Shakri, 2017). کودهای آلی توانستند بخش مهمی از فسفر قابل استفاده خاک را تأمین نمایند. زیرا با کاربرد مواد آلی فسفر با پیوندهای کم انرژی تر نگهداری شده و قابلیت استفاده آن افزایش می‌یابد. از طرف دیگر فعالیت‌های میکروبی در خاک با کاربرد کودهای گوسفندی و کمپوست زباله شهری بیش‌تر شد. مواد آلی فراهمی فسفر را در خاک‌های آهکی به سبب تشکیل شکل‌های فسفات با پایداری کمتر افزایش می‌دهد. با افزودن مقادیر یکسان فسفر از منابع گوناگون کودی به خاک ظرفیت خاک برای تثبیت فسفر کاهش و سرعت آزاد شدن فسفر در خاک افزایش یافت (Shahabifar, Panahpour, Moshiri, Gholami, & Mansherari, 2013). ریزجانداران موجب بهبود رشد، کارایی جذب فسفر، کارایی فسفر ریشه و شاخساره شدند. تلقیح با ریزجانداران به دلیل بالا بردن توان انتقال فسفر از ریشه به اندام‌های هوایی نقش مؤثری در افزایش غلظت فسفر در بخش‌های هوایی گیاه گندم دارد (Rahmani Iranshahi, Sepehri, Zarei, & Jahandideh, 2016). استفاده از ریزجانداران خاکری که توانایی

در ورمی کمپوست فسفر آلی و معدنی و ریزجانداران محرک رشد حل‌کننده فسفات نامحلول و ترکیبات کلات‌کننده وجود دارد که جذب فسفر را افزایش می‌دهند (Khosravi et al., 2017).

به نظر می‌رسد کاربرد مواد آلی غنی شده با میکروارگانیسم‌های مفید خاکری در خاک‌های قلیایی تأثیر مثبت بر جذب فسفر توسط گیاه داشته است. به بیان دیگر تیمارهای غنی شده زیستی توانسته‌اند فسفر قابل جذب بیشتری در اختیار گیاه قرار داده و در نتیجه جذب فسفر توسط گیاه را بهبود بخشند. بنابراین غنی‌سازی زیستی مواد آلی تأثیر مثبت و فزاینده‌ای در تغذیه درختان زیتون از نظر فسفر داشته است. به‌طور کلی، افزایش فسفر خاک را می‌توان به افزایش فسفر برگ و بهبود تغذیه درختان زیتون تعمیم داد. همچنین به نظر می‌رسد کاربرد سطوح بالاتر کمپوست تأثیر مثبتی بر جذب فسفر توسط گیاه داشته است (Seyedi et al., 2016). فسفر یکی از عناصر ضروری پرمصرف در تغذیه گیاهان است و در پسماندها نیز در اندازه‌ی قابل توجه وجود دارد. نتایج بررسی‌های هاشم‌پور و همکاران (Hashempour et al., 2018) نشان داد که کاربرد پسماند جامد کارخانه تصفیه زیتون سبب بهبود ویژگی‌های زیستی خاک و افزایش فسفر قابل دسترس شد و مایه‌زنی باکتری‌های با سیلوس در سطوح پایین پسماند (۲ در صد) پیامد مثبتی بر فسفر قابل دسترس داشت. باکتری‌های حل‌کننده فسفر قابلیت دسترسی فسفر را از طریق ترشح اسیدهای آلی و تولید آنزیم‌های فسفاتاز افزایش می‌دهند، که به‌ترتیب باعث انحلال فسفر معدنی و معدنی شدن فسفر آلی شده و تغذیه فسفوری گیاه را بهبود می‌بخشند (Sarikhani, Chelbianlu, & Alavi Kia, 2015). بر طبق نتایج به‌دست آمده، محصولات خروجی کارخانه روغن‌کشی زیتون حاوی مواد آلی، عناصر مختلفی مانند

به دلیل تحریک فعالیت فسفوموناسترازا تأثیر قابل توجهی در افزایش زیست فراهمی فسفر دارد (Vahedi & Rasouli Sadekiani, 2019). به طور کلی، ورمی کمپوست و کمپوست طی فرآیند معدنی شدن، مواد هیومیکی آزاد کرده و فسفات خاک را به فرم قابل دسترس تبدیل می نمایند. بنابراین، توانسته اند فسفر قابل جذب بیشتری در اختیار گیاه قرار داده و جذب فسفر توسط گیاه را بهبود بخشند. مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده ها، بیشترین عملکرد روغن زیتون متعلق به ورمی کمپوست غنی شده زیستی به میزان ۱۱/۱۴ کیلوگرم به ازای هر درخت بود و بعد از آن ورمی کمپوست شیمیایی و کمپوست غنی شده زیستی به ترتیب به میزان ۹/۴۷ و ۹/۴۳ کیلوگرم به ازای هر درخت بالاترین مقادیر را داشتند؛ هر چند که هر دو در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۸).

انحلال فسفر تثبیت شده را دارند، یکی از راه های مؤثر برای افزایش جذب فسفر در خاک های قلیایی است. کاربرد فسفر نیز تأثیر معنی داری بر غلظت فسفر در اندام های هوایی و جذب کل فسفر توسط اندام های هوایی داشت. استفاده هم زمان فسفر و باکتری های حل کننده بر غلظت فسفر در اندام های هوایی سورگوم داشت. اثر مثبت ریز جانداران حل کننده فسفات در خاک می تواند به علت فراهمی عناصر غذایی به ویژه فسفر و ترشح هورمون های رشد باشد (Farahbakhsh, Ziaian, Besharti, & Jokar, 2014). نتایج نشان داد که استفاده از ریز جانداران حل کننده فسفات و مواد آلی باعث کاهش معنی دار pH و افزایش هدایت الکتریکی، فسفر محلول و فسفر قابل دسترس خاک شد. همچنین استفاده از ماده آلی و تلقیح میکروبی

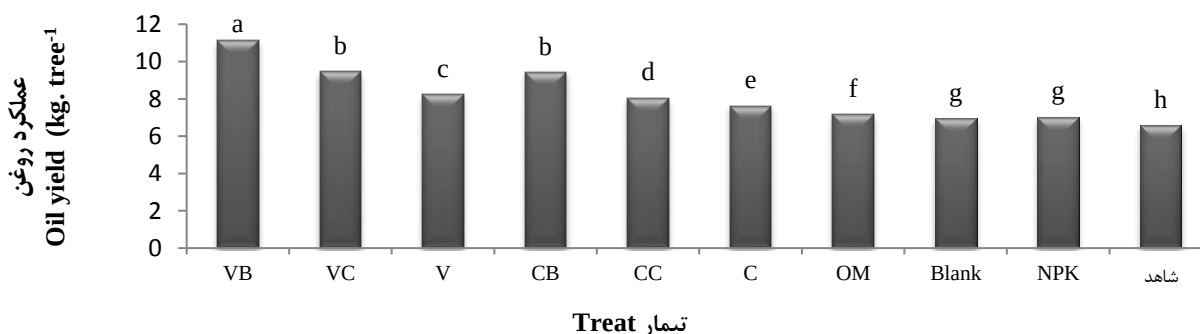


شکل ۷- تأثیر فرآورده های مختلف تفاله خام زیتون بر فسفر برگ

(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 7- The effect of different raw olive pomace products on leaf phosphorus

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Posetive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)



شکل ۸- تأثیر فرآورده های مختلف تفاله خام زیتون بر عملکرد روغن زیتون

(VB= ورمی کمپوست زیستی، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست زیستی، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، Blank= شاهد مثبت (دارای کود دامی)، NPK= (مخلوط اوره+سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد= بدون کود دامی)

Figure 8- The effect of different raw olive pomace products on oil yield

(VB= Biological Vermicompost, VC= Chemical Vermicompost, V= Vermicompost, CB= Biological Compost, CC= Chemical Compost, C= Compost, OM= Olive mill, Blank= Posetive Control (with 10 kg of cow manure), NPK (750 grams of urea, 250 grams of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

of triple superphosphate, 750 grams of potassium sulfate), Control= Without cow manure)

یک در صد معنی‌دار بوده است، که این نیز می‌تواند به تغذیه فسفر و سایر عناصر کم‌مصرف موجود در این ترکیبات نسبت داده شود. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مواد آلی غنی‌شده با باکتری‌های محرک رشد، به‌ویژه زمانی که دارای مقادیر مناسبی از فسفر باشند، می‌تواند از طریق بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، اثرات مثبت و معناداری بر کیفیت روغن زیتون و عملکرد کلی درخت داشته باشد. در این پژوهش، ورمی کمپوست غنی‌شده زیستی به‌عنوان مؤثرترین تیمار شناخته شد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در زمینه استفاده از سایر انواع مواد آلی غنی‌شده، با تمرکز بر ترکیب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، برای تغذیه زیتون انجام گیرد تا امکان بهبود بیشتر کیفیت و کمیت محصول فراهم شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از ریاست محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و مدیر گروه محترم گروه علوم خاک سرکار خانم دکتر نسرین قربان‌زاده، اساتید بزرگوار گروه علوم باغبانی و علوم خاک، دانشجویان دکتری آقایان فرجی، شعبانی و تمامی کارکنان محترم آزمایشگاه مرکزی دانشکده کشاورزی خانم‌ها سلیقه‌دار و عاشورزاده، همچنین از مسئول محترم مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران واحد کوهین جناب آقای دکتر چگینی تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج حاصل از عملکرد روغن با نتایج توسکانو و همکاران (Toscano *et al.*, 2013) هم‌خوانی داشت که نشان دادند کاربرد کمپوست پسماند جامد کارخانه روغن کشی زیتون در خاک عملکرد روغن در درخت را افزایش داد. محققین گزارش کردند که کاربرد کمپوست عملکرد روغن را به دلیل افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود تغذیه گیاهان و افزایش عملکرد میوه زیتون افزایش داد (Montemurro *et al.*, 2016).

### نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست و کمپوست غنی‌شده زیستی باعث بهبود قابل توجهی در برخی ویژگی‌های کیفی روغن زیتون، از جمله کاهش ارزش پراکسید، کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد، بهبود شاخص ضرایب خاموشی ( $K_{232}$ )، افزایش میزان فسفر در برگ، و افزایش عملکرد میوه و روغن شد. یکی از دلایل اصلی این بهبودها، وجود مقدار قابل توجهی فسفر در ترکیب کمپوست‌ها و ورمی کمپوست‌های مورد استفاده بود. فسفر به‌عنوان یکی از عناصر پر مصرف و ضروری برای گیاه، نقش کلیدی در فرآیندهای متابولیکی، به‌ویژه در سنتز لیپیدها و رشد زایشی دارد؛ از این رو، فراهمی بهتر آن در بستر تغذیه‌ای درختان زیتون، موجب افزایش کیفیت روغن و کارایی تولیدی گیاه شد. نتایج همچنین نشان داد که اثر کمپوست زیستی‌شده بر درصد روغن میوه در سطح احتمال

### References

- Ahmad, R., Jilani, Gh., Arshad, M., Zahir, Z.A., & Khalid, A. (2007). Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects. *Annals of Microbiology*, 57(4), 471-479. <https://doi.org/10.1007/BF03175343>
- Alikhani, H.A., & Hemmati, A. (2014). The effect of vermicompost enrichment with fertilizer and bacterial treatments on humicization and humic acid characteristics. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(1), 113-125. (In Persian with English abstract)
- Busato, J.G., Lima, L.S., Aguiar, N.O., Canellas, L.P., & Olivares, F.L. (2012). Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. *Bioresour Technol*, 110, 390-395. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.01.126>
- Farahbakhsh, A., Ziaian, A.H., Besharti, H., & Jokar, L. (2014). Phosphate solubilizing bacteria roles on the mineral nutrition uptake and yield of sorghum. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 4(2), 239-253. (In Persian with English abstract)
- Fatahinejad, I., Siadat, A., Esfandiari, M., Moghdisi, R., & Moazi, A.A. (2012). Effect of phosphorus fertilizer on yield, oil and canola protein in dry farming in different groups of soil phosphorus fertility. *Crop Physiology Journal*, 5(18), 83-100. (In Persian with English abstract). <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-63-fa.html>
- Fayazi, H., Abdali Mashhadi, A., Kochzadeh, A., Popzen, A.H., & Arzanesh, M.H. (2018). The effect of organic and biological fertilizers on the content of nitrogen, phosphorus and potassium, photosynthetic pigments and the amount of the effective substance of the medicinal plant (*Echinacea Purpurea* L.). *Agricultural Research of Iran*, 16(2), 283-298. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v16i2.49182>

7. Hachicha, R., Rigane, H., Ben Khodher, M., Nasri, M., & Medhioub, K. (2003). Effects of partial stone removal on the co- composting of olive- oil processing solid residues with poultry manure and the quality of compost, *Environmental Technology*, 24(1), 59-67. <https://doi.org/10.1080/09593330309385536>
8. Hashempour, A., Fatuhi Qazvini, R., Bakhshi, D., & Asadi Sanam, S. (2010). Evaluation of Virgin olive (*Olea europaea* L.) oil quality from cultivars, "Zard, Roghani and Mari", Kazeroon region. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 41(1), 47-53. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.2478/v10133-010-0053-z>
9. Hashempour, E., Farhani Rasti, M.B., Gurbanzadeh, N., & Fazli Sangani, M. (2018). Studying the release of phosphorus from olive solid residue by *Bacillus* bacteria in soil. Master's thesis, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Gilan University, Rasht, 77 Pp. (In Persian with English abstract)
10. Kapoor, K.K., Yadav, K.S., Singh, D.P., Mishra, M.M., & Tauro, P. (1983). Enrichment of compost by *Azotobacter* and phosphate solubilising microorganisms. *Agricultural Wastes*, 5, 125-133.
11. Khaja Haghvardi, M., Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., & Nejatkah Manavi, P. (2018). The effect of vermicompost, biochar and mycorrhizal symbiosis on some quantitative and qualitative characteristics of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 34(1), 87-100. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2018.114886.2095>
12. Khosravi, A., Zarei, M., & Ronaghi, A.M. (2017). Effect of *Claroidoglomus atonicatum* fungus, vermicompost and phosphate sources on root colonization and growth of lettuce. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 7(2), 167-181. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22069/ejsms.2017.11499.1663>
13. López-Piñero, A., Albarrán, A., Rato Nunes, J.M., & Barreto, C. (2008). Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid mediterranean conditions. *Bioresource Technology*, 99, 7982-7987. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.051>
14. Majeed, A., Munawar Mehdi, Sh., Niaz, A., Mahmood, A., Ul-Haq, E., Ahmad, N., Javid, Sh., & Mahmood, A. (2018). Influence of P-enriched compost application on economics and P use efficiency of a maize-wheat rotation system. *The crop Journal*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.05.007>
15. Michailides, M., Christou, G., Akratos, C.S., Tekerlekopoulou, A.G., & Vayenas, D.V. (2011). Composting of olive leaves and pomace from a three-phase olive mill plant. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, 560-564. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.02.007>
16. Montemurro, F., Fiore, A., D'Andrea, L., & Diacono, M. (2016). Olive mill by-products application: Organic olive orchard yield performance and soil fertility. *Journal of Agricultural Sciences Technology*, 18, 1883-1896. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-1360-en.html>
17. Pandit, N.R., Mulder, J., Hale, S.E., Schmidt, H.P., & Cornelissen, G. (2017). Biochar from "Kon Tiki" flame curtain and other kilns: Effects of nutrient enrichment and kiln type on crop yield and soil chemistry. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176378>
18. Pan, I., Dam, B., & Sen, S.K. (2012). Composting of common organic wastes using microbial inoculants. *Biotechnology*, 2, 127-134. <https://doi.org/10.1007/s13205-011-0033-5>
19. Rahmani Iranshahi, D., Sepehri, M., Zarei, M., & Jahandideh Mahjanabadi, V. (2016). The effect of endophytic fungi on phosphorus efficiency indices and wheat tolerance to P deficiency stress. *Journal of Plant Process and Function*, 5(18), 193-205. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/20.1001.1.23222727.1396.6.19.10.8>
20. Sadegh Zadeh, F., Fallah Tolekolai, S., Bahmanyar, M.A., & Emadi, M. (2018). Application of biochar and compost for enhancement of Rice (*Oryza sativa* L.) grain yield in calcareous sandy soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(5), 552-566. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1431272>
21. Sánchez, Ó.J., Ospina, D.A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, 69, 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
22. Sarikhani, M.R., Chelbianlu, N., & Alavi Kia, S.S. (2015). Investigating the distribution of phosphate dissolving bacteria and soil phosphatase activity in different uses. *Water and Soil, Agricultural Sciences and Industries*, 29(6), 1673-1662. (In Persian with English abstract).
23. Seyedi, A., Hamid Oghli, Y., Ghasemnejad, M., & Ghorbanzadeh, N. (2018). Effect of olive oil mill wastewater application on soil biological properties, oil quality and fruit yield of two cultivars of olive. *Journal of Iranian Horticultural Sciences*, 49(2), 365-374. (In Persian with English abstract).
24. Seyedi Morghaki, A., Hamid Oghli, Y., & Qasimnejad, M. (2017). Effect of olive mill pomace compost on yield, oil percentage and the leaf elements content in two olive cvs 'Zard' and 'Roughany '. *Journal of Plant Production Research*, 24(2), 125-138. (In Persian with English abstract).
25. Seyedi, A., Ghasemnejad, M., & Hamid Oghli, Y. (2016). The effect of wastewater and olive pomace compost on vegetative growth, reproduction and oil quality of two local yellow and oily olive varieties. *Department of*



- Horticultural Sciences (Fruit Cultivation)*, Master's Thesis, Gilan University, Rasht, 152 Pp. (In Persian with English abstract)
26. Seifi, I., Jalali, A., Ebrahimnia, S., & Feridouni, H. (2016). Comparison of the biochemical composition of three varieties of olive oil (*Olea europaea* L.) in different regions of Golestan province. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 11(43), 52-65. (In Persian with English abstract)
  27. Shahabifar, J., Panahpour, I., Moshiri, F., Gholami, A., & Mansherari, M. (2013). Phosphorus release and uptake in wheat using organic and chemical fertilizers on calcareous soils. *Quarterly Journal of Plant Cell and Molecular Biology*, 8(3 and 4), 29-39. (In Persian with English abstract)
  28. Taheri, M., Basirt, M., Khosh zaman, T., Mehshari, M., & Shakri, M.A. (2017). Integrated management of soil fertility and plant nutrition in olive trees. Ministry of Agriculture. Agricultural research, education and extension organization. *Soil and Water Research Institute*, 105 Pp. (In Persian with English abstract)
  29. Toscano, P., Casacchia, T., Diacono, M., & Montemurro, F. (2013). Composted olive mill by-products: compost characterization and application on olive orchards. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 15, 627-638. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-2628-en.html>
  30. Vahedi, R., & Rasouli Sadekiani, M.H. (2019). The effect of biochar and rhizospheric growth-promoting bacteria on the activity of phosphomonoesterase enzymes and phosphorus bioavailability. *The 16th Iran Soil Science Congress*, Zanzan, Iran. (In Persian with English abstract)
  31. Wang, J., Xia, K., Waigia, M.G., Gaoa, Y., Odingaa, E.S., Linga, W., & Liua, J. (2018). Application of biochar to soils may result in plant contamination and human cancer risk due to exposure of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environment International*, 121, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.010>