



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources



Soil Science Society of Iran

(OPEN ACCESS)

Effect of organic products of olive mill waste on soil characteristics and olive fruit quality (Arbequina)

Seyedeh Hamideh Mousavi Dizkouhi^{*1}, Esmail Dordipour²,
Mojtaba Barani Motlagh³, Elham Malekzadeh⁴, Fardin Sadeghzadeh⁵,
Mahmoud Ghasem Nejhad⁶

1. Corresponding Author, Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: s.hamidehmousavi@yahoo.com
2. Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: dordipour@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mbarani2002@yahoo.com
4. Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: malekzadeh.elham@gmail.com
5. Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: fardin.upm@gmail.com
6. Professor, Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: sana1385@yahoo.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 12.26.2023

Revised: 09.22.2024

Accepted: 10.21.2024

Keywords:

Available phosphor,
Boichar,
Compost,
Olive waste,
Vermicompost

ABSTRACT

Background and Objectives: Fruits and olive oil are highly valued for their nutritional and antioxidant properties. The residue left after olive oil extraction contains organic matter and essential minerals, particularly phosphorus, making it a valuable source of organic fertilizer for agriculture. This study aimed to reuse olive oil extraction waste as an organic fertilizer in olive groves to improve tree nutrition and fruit yield.

Materials and Methods: Olive solid waste was first processed into compost, vermicompost, and biochar. Portions of the compost and vermicompost were biologically enriched with 1% phosphate rock along with phosphorus-solubilizing bacteria (*Bacillus megaterium*), nitrogen-fixing bacteria (*Azotobacter chroococcum*), and 1% sulfur combined with *Thiobacillus thioparus*. Other portions were chemically enriched with 1% nitrogen (urea), phosphorus (triple superphosphate), and sulfur (elemental sulfur). Biochar was enriched with nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) using thermal treatment. The treatments were applied around the olive tree roots using the Chalkod method. Olive solid waste and its products were used at 3% by weight, while NPK (urea, triple superphosphate, potassium sulfate) and micronutrients were applied according to soil test results. The experiment was conducted in a randomized complete block design on the Arbequina cultivar with three replications and 12 treatments, including: raw olive mill waste, non-enriched compost, chemically enriched compost, biologically enriched compost, non-enriched vermicompost, chemically enriched vermicompost, biologically enriched vermicompost, non-enriched biochar, chemically enriched biochar, NPK (750 g urea, 250 g triple superphosphate, 750 g potassium sulfate), farmyard manure (10 kg cow manure), and a control (no fertilizer). A total

of 36 experimental units were set up in Aliabad Olive Garden, Rudbar, Guilan Province, Iran. Soil properties, leaf phosphorus content, and olive yield were measured.

Results: The treatments significantly affected soil available phosphorus, leaf phosphorus, and olive yield at the 1% level. The highest soil available phosphorus (17.43 mg/kg) was observed in non-inoculated biochar, representing a 272.43% increase compared to the control. The greatest leaf phosphorus concentration (0.33%) and fruit yield (50.33 kg per tree) were obtained with biologically enriched vermicompost. This treatment increased olive yield by 93.58% compared to the control.

Conclusion: Application of 9 kg of biochar enhanced soil available phosphorus. However, the highest leaf phosphorus concentration and olive fruit yield were achieved with vermicompost inoculated with beneficial bacteria. Olive trees fertilized with biologically enriched vermicompost derived from olive pomace performed best in terms of soil pH, electrical conductivity, leaf phosphorus, and fruit yield. Therefore, using plant growth-promoting bacteria in compost and vermicompost enrichment is recommended to improve soil quality and olive production in calcareous soils. Among all treatments, biologically enriched vermicompost was identified as the most effective.

Cite this article: Mousavi Dizkouhi, Seyede Hamideh, Dordipour, Esmail, Barani Motlagh, Mojtaba, Malekzadeh, Elham, Sadeghzadeh, Fardin, Ghasem Nejjad, Mahmoud. 2025. Effect of organic products of olive mill waste on soil characteristics and olive fruit quality (Arbequina). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 15 (2), 77-97.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22027.2129

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



اثر فرآورده‌های آلی حاصل از تفاله زیتون بر ویژگی‌های خاک و میوه زیتون (Arbequina)

سیده حمیده موسوی دیزکوهی^{۱*}، اسماعیل دردی‌پور^۲، مجتبی بارانی مطلق^۳، الهام ملک‌زاده^۴،
فردین صادق‌زاده^۵، محمود قاسم‌نژاد^۶

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: s.hamidehmousavi@yahoo.com
۲. دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: dordipour@gmail.com
۳. دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mbarani2002@yahoo.com
۴. استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: malekzadeh.elham@gmail.com
۵. دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: fardin.upm@gmail.com
۶. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: sana1385@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: سابقه و هدف: میوه و روغن زیتون به علت دارا بودن خواص عالی و آنتی‌اکسیدانی از ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی برخوردار است. پسماند حاصل از روغن‌کشی میوه زیتون حاوی مواد آلی و عناصر معدنی به‌خصوص فسفر بوده که می‌تواند به عنوان منبع غنی کود آلی در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش، مصرف دوباره پسماند حاصل از روغن‌کشی میوه زیتون و کاربرد آن به عنوان کود آلی در باغات در جهت بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان و عملکرد میوه زیتون می‌باشد. تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰	مواد و روش‌ها: ابتدا فرآورده‌های مختلف مانند کمپوست، ورمی‌کمپوست و زغال زیستی از تفاله جامد زیتون تولید شدند. سپس بخشی از کمپوست و ورمی‌کمپوست با سنگ فسفات به میزان ۱٪ وزنی به همراه زادمایه باکتری‌های حل‌کننده فسفر (باسیلوس مگاتریوم) و تثبیت‌کننده نیتروژن (ازتوباکتر کروکوکوم)؛ گوگرد به میزان ۱٪ وزنی به همراه جدایه‌های تیوباسیلوس (تیوباسیلوس تیوپاروس) به صورت بیولوژیکی و بخشی دیگر از کمپوست و ورمی‌کمپوست نیز با اختلاط کودهای نیتروژنی، فسفوری و گوگردی به میزان ۱ درصد وزنی به ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و گوگرد عنصری به صورت شیمیایی غنی‌سازی شدند. زغال‌زیستی با نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) به روش داغ غنی‌سازی شد. تیمارها در بخش سایه‌انداز
واژه‌های کلیدی: پسماند زیتون، زغال زیستی، فسفر قابل جذب، کمپوست، ورمی‌کمپوست	

درختان زیتون به روش چالکود اعمال گردید. مقدار مصرف تفاله جامد زیتون و فرآورده‌های تولیدی از آن ۳ درصد وزنی و مقادیر NPK از منبع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم و همچنین عناصر کم مصرف براساس نتیجه آزمایش خاک بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر روی رقم آربکین در سه تکرار با ۱۲ تیمار که شامل تفاله جامد زیتون، کمپوست غنی نشده، کمپوست غنی شده شیمیایی، کمپوست غنی شده بیولوژیکی، ورمی کمپوست غنی نشده، ورمی کمپوست غنی شده شیمیایی، ورمی کمپوست غنی شده بیولوژیکی، زغال زیستی غنی نشده، زغال زیستی غنی شده شیمیایی، NPK (۷۵۰ گرم اوره، ۲۵۰ گرم سوپر فسفات تریپل، ۷۵۰ گرم سولفات پتاسیم)، کود حیوانی (با ۱۰ کیلوگرم کود گاوی)، شاهد (بدون کود گاوی) بودند و در مجموع ۳۶ نمونه در باغ مادری زیتون علی آباد شهرستان رودبار استان گیلان اجرا شد. در نهایت برخی ویژگی‌های خاک، فسفر برگ و عملکرد زیتون اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تیمارها بر فسفر قابل جذب خاک، فسفر برگ و عملکرد زیتون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. حداکثر مقدار فسفر قابل جذب خاک متعلق به زغال زیستی غنی نشده ۱۷/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و نسبت به شاهد ۲۷۲/۴۳ درصد افزایش داشت. بالاترین مقدار فسفر برگ و عملکرد میوه زیتون متعلق به تیمار ورمی کمپوست بیولوژیک بود که به ترتیب ۰/۳۳ درصد و ۵۰/۳۳ کیلوگرم به ازای هر درخت بود. با کاربرد ورمی کمپوست بیولوژیک، عملکرد زیتون ۹۳/۵۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، کاربرد ۹ کیلوگرم زغال زیستی سبب افزایش غلظت فسفر قابل جذب خاک شد. همچنین بالاترین مقدار فسفر برگ و عملکرد میوه زیتون در خاک‌های دارای ورمی کمپوست تلقیح شده با باکتری به دست آمد. به نظر می‌رسد درختان زیتونی که با ورمی کمپوست حاصل از تفاله جامد زیتون غنی شده با باکتری تغذیه شده‌اند، از نظر اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر برگ و عملکرد میوه زیتون رضایت‌بخش بوده‌اند. بنابراین، می‌توان از باکتری‌های محرک رشد گیاه در غنی‌سازی کمپوست و ورمی کمپوست برای بهبود کیفیت خاک و عملکرد زیتون خاک‌های آهکی بهره برد. ضمناً، ورمی کمپوست بیولوژیک به عنوان تیمار برتر شناخته شد.

استناد: موسوی دیزکوهی، سیده حمیده، دزدی‌پور، اسماعیل، بارانی مطلق، مجتبی، ملک‌زاده، الهام، صادق‌زاده، فردین، قاسم‌نژاد، محمود (۱۴۰۴). اثر فرآورده‌های آلی حاصل از تفاله زیتون بر ویژگی‌های خاک و میوه زیتون (Arbequina). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۵ (۲)، ۷۷-۹۷.

DOI: 10.22069/ejsms.2025.22027.2129



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

میوه زیتون (*Olea europaea* L.) دارای روغنی مطلوب و با خواص تغذیه‌ای عالی می‌باشد. با توجه به نیاز شدید کشور به روغن، افزایش سطح زیر کشت زیتون یکی از اهداف برنامه‌های کشاورزی ایران است (۱). یکی از صنایع رایج در ایران و بسیاری از کشورهای زیتون‌خیز دنیا، صنعت استخراج روغن زیتون می‌باشد که طی آن میزان زیادی پسماند جامد تولید می‌گردد (۲، ۳ و ۴). پسماند جامد زیتون می‌تواند موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی و اتلاف منابع گردد (۵ و ۶). هم‌چنین کاربرد مستقیم ضایعات آلی خام به علت ترکیبات ناشناخته برای مصرف پاتوژن‌ها، وجود ترکیبات سمی، تخم علف‌های هرز و عناصر سنگین برای استفاده زراعی نامناسب است. به علاوه، جوامع جانوری از ترکیبات آلی وارد شده به خاک تأثیر می‌پذیرند (۷). با این وجود، یکی از مؤثرترین روش‌های دفع و بازیافت پسماند جامد زیتون تولید کمپوست از آن است که بسیار مناسب و مقرون به صرفه می‌باشد (۸ و ۹). پژوهش‌گران پیشنهاد دادند که کودهای آلی علاوه بر بهبود وضعیت کلی خاک، باعث افزایش رشد گیاه و افزایش تولید می‌شوند (۱۰، ۱۱ و ۱۲). با وجود پتانسیل بالای ضایعات آلی به عنوان منبع پایدار مواد مغذی و آلی، گاهی به جای استفاده در کشاورزی، بیش‌تر دور ریخته می‌شوند. در صورتی که می‌توانند جهت تامین سلامت خاک و تولید محصول استفاده شوند (۱۳). کاربرد ضایعات آلی به صورت کمپوست و زغال زیستی به عنوان بهترین روش جهت اصلاح خاک، افزایش ماده آلی، بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تامین سلامت خاک محسوب می‌شود. به علاوه، تولید زغال زیستی در راستای استفاده بهینه از تفاله زیتون جهت حفظ محیط زیست و کاهش آلاینده‌ها و تبدیل ضایعات به ترکیبات مفید کاربرد دارد (۱۴). هر چند

درخت زیتون یکی از معدود درختانی است که می‌تواند در خاک‌های غیر حاصلخیز میوه تولید کند و از آن روغنی با کیفیت مناسب به دست آورد (۱۵). اما استفاده از پسماند جامد زیتون در باغات زیتون، به دلیل غنی بودن از مواد آلی و عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) می‌تواند بر عملکرد میوه و روغن زیتون اثرگذار باشد (۲ و ۳). طبق بررسی‌های سیدی و همکاران (۱۳۹۶) در منطقه رودبار گیلان، کاربرد کمپوست تفاله زیتون و کود دامی بر کیفیت روغن زیتون تأثیر مثبت داشته است (۲). پسماند کارخانجات روغن‌کشی زیتون غنی از مواد آلی و عناصر غذایی است که می‌توان از آن پس از کمپوست‌سازی، جهت بهبود حاصلخیزی خاک و حل مشکل بازیافت استفاده کرد (۲ و ۴). فسفر یکی از عناصر ضروری پرمصرف در تغذیه گیاهان است و در پسماند زیتون نیز در اندازه قابل توجه وجود دارد (۴ و ۶). نتایج دیگر نشان می‌دهد که کودهای زیستی با باکتری تیوباسیلوس می‌توانند pH را کاهش داده و از طریق واکنش‌های میکروبیولوژیکی اثر مشخصی بر تولید اسید سولفوریک و حلالیت فسفر دارند. هم‌چنین این باکتری‌ها می‌توانند فسفر را از فاز آلی پسماند آزاد کرده و در خاک قابل دسترس نمایند (۴). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داد، کمپوست حاصل از تفاله هسته‌دار زیتون موجب افزایش اندازه غده سیب‌زمینی شد (۱۶). با کاربرد کمپوست تفاله زیتون عملکرد کاهو به میزان ۱۴۵٪ افزایش داشت که نشانه بهبود ساختار خاک، محتوی مواد آلی و ذخیره و افزایش عناصر غذایی می‌باشد (۸). طبق نتایج بررسی‌های دیگر، ورمی‌کمپوست تفاله زیتون، به علت دارا بودن نیتروژن و فسفر سبب افزایش رشد کلم گردید. هم‌چنین تأثیر مثبت بر رشد گیاهان داشت و ریشه و اندام هوایی گیاهان را توسعه بخشید (۱۷). فیاضی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی‌های خود نشان

مواد و روش‌ها

این آزمایش در باغ مادری زیتون علی‌آباد شهرستان رودبار استان گیلان با متوسط بارندگی سالانه ۲۰۹/۳ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد و ۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد اجرا شد. برای این منظور از رقم اسپانیایی آربکین، ۱۰ ساله، عاری از بیماری و بارور استفاده شد؛ که از نظر ارتفاع، قطر تاج، شرایط تغذیه‌ای، هرس و میزان آبیاری یکنواخت بودند. در مجموع، تعداد ۳۶ اصله درخت زیتون برای انجام آزمایش استفاده شد. از نقاط مختلف باغ مادری زیتون، نمونه‌های مرکب خاک به صورت تصادفی از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر تهیه شد، سپس به خوبی مخلوط، هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱).

دادند، استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر همراه با ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش مقدار نیتروژن و فسفر ورمی‌کمپوست شود (۱۸). همچنین استفاده از ورمی‌کمپوست و زغال زیستی توأم با هم برای افزایش عملکرد و شاخص‌های عملکرد کدوی تخم کاغذی توصیه شده است (۱۹). هدف از این پژوهش، استفاده سودمند از پسماند و تفاله میوه زیتون و تبدیل آن به کمپوست، ورمی‌کمپوست و زغال زیستی در باغ‌های زیتون به عنوان یک کود آلی مناسب و بررسی اثر آن‌ها بر عملکرد زیتون و برخی ویژگی‌های خاک و افزایش قابلیت حاصلیت فسفر بود تا با مدیریت بهینه دفع این محصول زاید ارزشمند، از بروز بسیاری از مشکلات جدی زیست‌محیطی جلوگیری نموده و در نهایت به کشاورزی پایدار رسید.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش.

Table 1. Some physical and Chemical properties of soil in the experimental site, olive mill and manure.

فسفر قابل جذب P _{ava}	پتاسیم قابل جذب K _{ava}	کربنات کلسیم معادل CCE	نیتروژن کل TN	کربن آلی OC	SP	EC	pH	شن Sand	پست Silt	گل Clay	بافت خاک Soil texture	عمق خاک Soli depth
(mgkg ⁻¹)			(%)			(dSm ⁻¹)		(%)				(Cm)
2.5	191.5	10.6	0.02	0.23	32	1.85	7.25	56	35	9	شن‌ریز Sandy loam	0-30
2.3	88	9	0.01	0.18	34	1.5	7.25	62	27	11	شن‌ریز Sandy loam	30-60

شده والکلی- بلاک، نیتروژن کل به روش هضم تر با دستگاه کج‌لادل، فسفر قابل جذب به روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم قابل استفاده خاک با استات آمونیوم و با دستگاه فلیم‌فوتومتر و

بافت خاک به روش هیدرومتری، pH در گل اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک به ترتیب با دستگاه pH متر و هدایت‌سنج الکتریکی قرائت شد. کربن آلی خاک به روش اصلاح

رطوبت و مرطوب شدن تمامی قسمت‌های بستر، شستشوی عناصر محلول و کاهش شوری انجام شد. سپس هوا خشک گردید و برخی ویژگی‌های تفاله زیتون و کود دامی اندازه‌گیری شدند. از تفاله زیتون به عنوان مواد پایه و از کود دامی جهت تحریک فعالیت‌های میکروبی و آغازگر استفاده شد (جدول ۲).

کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیترا با سود تعیین شدند (۲۰). تفاله جامد حاصل از روغن‌کشی میوه زیتون از شرکت روغن‌کشی در شهرستان رودبار 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

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های تفاله زیتون و کود دامی (گاوی) مورد استفاده.

Table 2. Some physical and chemical properties of soil in the experimental site, olive mill and manure.

نیترژن کل TN	کربن آلی OC	SP	EC	C/N	pH	
	%		(dSm ⁻¹)			
0.68	21.86	37.9	2.88	32.14	7.5	تفاله زیتون Olive mill
0.99	23.53	28.28	3.8	23.76	7.36	کود دامی Manure

pH و EC تفاله زیتون و کود دامی در نسبت ۱۰:۱ اندازه‌گیری شد

pH and EC Olive mill and manure were measured at ratio 1:10

ایزینیافتیدا^۱ (۵۰۰ گرم خاکی به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم بستر)) به مدت ۴ تا ۵ ماه تولید شدند (شکل ۱).

کمپوست و ورمی‌کمپوست از ماده اولیه کود گاوی و تفاله جامد زیتون به نسبت وزنی ۱:۱ (برای ورمی‌کمپوست، در حضور کرم کمپوست‌ساز



شکل ۱- آماده‌سازی و تهیه کمپوست و ورمی‌کمپوست از تفاله جامد زیتون.

Figure 1. Preparation and preparation of compost and vermicompost from solid olive pomace.

1- Eisenia foetida

سطح ویژه و حفرات بیوپچار از تکنیک BET^2 و بررسی گروه‌های عامل در سطح مولکولی به کمک دستگاه اسپکتروسکوپ $FTIR^3$ بررسی شدند (۳۰). هم‌چنین مقادیر کربن، هیدروژن و نیتروژن توسط دستگاه CHNSO Analyzer مدل Costech ECS4010 و با ترازوی حساس آزمایشگاهی مدل OHAUS (DV215CD) اندازه‌گیری شدند (۳۱).

در زمان تولید فرآورده‌های تفاله زیتون به منظور سرعت بخشیدن، اثرگذاری قوی‌تر و موفقیت در بلوغ کمپوست و ورمی‌کمپوست و جهت غنی‌سازی آن‌ها با باکتری‌های مفید خاکری از سنگ فسفات به میزان ۱٪ به همراه زادمایه باکتری‌های حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن و گوگرد به میزان ۱٪ وزنی به‌همراه جدایه‌های تیوباسیلوس استفاده شد (۳۲). سپس هر کیلوگرم فرآورده با ۲۵ میلی‌لیتر از هر زادمایه تلقیح شد. بخشی از کمپوست و ورمی‌کمپوست نیز با اختلاط کود نیتروژنی، فسفوری و گوگردی به میزان ۱ درصد وزنی به ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و گوگرد عنصری به‌صورت شیمیایی (۳۲) و زغال زیستی NPK به روش داغ غنی‌سازی شدند (۳۳).

تیمارها شامل تفاله خام زیتون (O_{mill})، کمپوست غنی‌نشده (C)، کمپوست غنی‌شده شیمیایی (CC)، کمپوست غنی‌شده بیولوژیکی (CB)، ورمی‌کمپوست غنی‌نشده (V)، ورمی‌کمپوست غنی‌شده شیمیایی (VC)، ورمی‌کمپوست غنی‌شده بیولوژیک (VB)، زغال زیستی غنی‌نشده (B)، زغال زیستی غنی‌شده شیمیایی (BC)، NPK (750 گرم اوره، ۲۵۰ گرم سوپر فسفات تریپل و ۷۵۰ گرم سولفات پتاسیم)، کود حیوانی (فقط ۱۰ کیلوگرم کود گاوی پوسیده)، شاهد (بدون کود گاوی پوسیده) بودند. در اسفند ۱۳۹۸ تیمارهای موردنظر در بخش سایه‌انداز درختان زیتون درون چالکودها اعمال گردید. مقدار مصرف تفاله

برخی مراقبت‌های تامین رطوبت (درصد)، هوادهی روزانه، دما (۶۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد) و نور به صورت دستی انجام شد (۲۱). سپس برخی ویژگی‌های آن‌ها اندازه‌گیری شدند (جدول ۳). هدایت الکتریکی (۱:۱۰) و pH (۱:۱۰) به ترتیب با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی و pH‌متر (۲۱)، درصد رطوبت (۲۲)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با دی‌کرومات پتاسیم به روش والکلی بلاک (۲۳) و نیتروژن کل به روش هضم تر با دستگاه کج‌لدال (۲۴) تعیین شدند. فسفر قابل‌جذب به روش آبی (۲۵) و فسفر کل به روش زرد واناومولیدات با استفاده از روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۶)، سدیم و پتاسیم کل و پتاسیم قابل‌جذب به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتومتر (۲۷)، کلسیم و منیزیم کل با دستگاه جذب اتمی به روش هضم خشک (۲۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش محلول آبی کلرید باریم (۲۸)، عناصر کم‌مصرف کل به روش هضم خشک (۲۶) و قابل‌جذب (DTPA) با دستگاه جذب اتمی (۲۹) تعیین گردید.

برای تهیه زغال‌زیستی از کوره الکتریکی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب دانشگاه تهران در کوهین استفاده شد، بنابراین بعد از ریختن تفاله خام زیتون درون ظروف حلبی درب‌دار، داخل کوره الکتریکی تحت گاز نیتروژن قرار داده شد. گرماکافت آهسته نمونه‌ها با آهنگ افزایش دمای کوره حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط اکسیژن محدود به مدت ۳ ساعت صورت گرفت (۲۲). پس از خنک‌شدن زغال‌زیستی، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شدند (جدول ۳) (۲۶).

برخی ویژگی‌هایی مانند: مورفولوژی سطح و شکل ساختاری زغال‌زیستی تولیدی با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM^1 ، ویژگی‌های

2- Bruneuer Emmett Teller

3- Fourier Transform Infrared Spectroscopy

1- Scanning Electron Microscope

یکسان اجرا گردید. در آبان ۱۳۹۹ بعد از اعمال تیمارهای موردنظر و مراقبت‌های داشت، جهت بررسی عملکرد میوه، روغن و کیفیت روغن برداشت میوه‌ها صورت گرفت. در همان زمان نمونه‌های خاک از درون چالکود تهیه کرده و به آزمایشگاه منتقل و مقادیر pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی و فسفر قابل جذب طبق روش‌های ذکر شده در آزمایش خاک اندازه‌گیری شدند. نمونه‌برداری از برگ، از وسط شاخه‌های جوان فصل جاری نیز اواسط تیرماه (۲) برای تعیین غلظت فسفر انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ارزیابی شدند. ترسیم جداول به کمک Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (Tukey) تعیین و تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح $P < 0.05$ و $P < 0.01$ مشخص گردید.

جامد زیتون و فرآورده‌های تولیدی از آن در اسفند ماه ۱۳۹۸، ۳ درصد وزنی (۹ کیلوگرم به ازای هر درخت) 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 اسیدبوریک و گوگرد عنصری پودری براساس نتیجه آزمایش خاک بود. همه نقاط تاج درختان با محلول کودهای اوره (ده در هزار)، سولوپتاس (ده در هزار)، سولفات روی (سه در هزار) و اسیدبوریک (پنج در هزار) محلول‌پاشی شدند. برخی عملیات شامل سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و حشرات و سایر عملیات باغداری برای همه تکرارها به‌طور

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی کمپوست، ورمی‌کمپوست و زغال زیستی حاصل از تفاله زیتون.

Table 3. Chemical properties of compost, vermicompost and biochar from olive mill.

زغال زیستی Biochar (mgkg ⁻¹)	ورمی کمپوست Vermicompost (mgkg ⁻¹)	کمپوست Compost (mgkg ⁻¹)	کمپوست Compost (%)	زغال زیستی Biochar (%)	ورمی کمپوست Vermicompost (%)	کمپوست Compost (%)	ویژگی‌های شیمیایی Chemical properties	زغال زیستی Biochar (%)	ورمی کمپوست Vermicompost (%)	کمپوست Compost (%)	ویژگی‌های شیمیایی Chemical properties
485	470	450	Fe.ava	0.34	0.25	0.23	T. Fe	5.93	29.26	30.11	رطوبت Moisture
5	330	220	Mn.ava	0.05	0.66	0.47	T.Mn	35.58	31.86	30.75	O.C
15	20	15	Zn.ava	0.03	0.08	0.06	T.Zn	1.35	1.69	1.25	TN
35	95	65	Cu.ava	0.1	0.17	0.16	T.Cu	0.48	2.18	0.44	T.P
934	676	778	K.ava	25.54	18.85	24.61	C/N	18	5.1	3.5	T.Na
750	400	300	Na.ava	10	33.48	30.43	CEC*	11.6	2.3	3.9	T.K
410	380	320	P.ava	61.46	-	-	C	25	6.95	4.25	T.Ca
سیاه	قهوه‌ای مایل به سیاه	قهوه‌ای مایل به سیاه	رنگ	3.91	-	-	H	0.73	1.6	1.4	T.Mg
سوختن چوب	خاک	خاک	بو	0	-	-	S	44.2	-	-	عملکرد
7.4	7.06	7.2	pH*	2.6	-	-	N	12.28	-	-	خاکستر
1.99	2.02	2.25	EC*	1.32	-	-	O				

* مقادیر CEC برحسب $\text{Cmol}^+\text{kg}^{-1}$ ، EC (1:10) برحسب dSm^{-1} ، pH (1:10) و C/N بی‌واحد می‌باشد

* Amount CEC according to $\text{Cmol}^+\text{kg}^{-1}$, EC (1:10) according to dSm^{-1} , pH (1:10) and C/N without unit

نتایج و بحث

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر مقدار فسفر قابل جذب خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که اثر تیمارهای اعمال شده بر میزان فسفر قابل جذب خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد زغال زیستی غنی‌نشده بیش‌ترین تاثیر را بر فسفر قابل جذب خاک (۱۷/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) داشت، به طوری که مقدار آن نسبت به تیمار شاهد (۴/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۲۷۲/۴۳ درصد افزایش داشت (شکل ۲) این موضوع را می‌توان به علت بهبود ویژگی‌های کیفی خاک، افزایش نگهداری آب و حفظ عناصر غذایی، بهبود کارایی استفاده از عناصر غذایی، افزایش سطح کربن و تحریک فعالیت بیولوژیکی خاک و وجود فسفر در تفاله زیتون نسبت داد (۳۴). طبق پژوهش‌های صورت گرفته، زغال زیستی با بلوکه

کردن مکان‌های تثبیت فسفر موجب افزایش فراهمی فسفر خاک می‌شود (۳۵). کاربرد زغال زیستی می‌تواند از طریق آزادسازی اجزاء معدنی فسفر به عنوان راهکاری مؤثر در افزایش قابلیت فراهمی فسفر و کاهش نیاز به مصرف کود فسفره در خاک‌های آهکی مطرح باشد (۳۶، ۳۷). افزایش فسفر قابل جذب در خاک‌های آهکی به دلیل تأثیر آن بر محصول و کیفیت میوه و روغن تولیدی، یکی از ویژگی‌های کلیدی کیفیت خاک می‌باشد. لذا افزودن زغال زیستی برگ زیتون سبب تغییرات مثبت در برخی ویژگی‌های خاک می‌شود. با توجه به این‌که زغال زیستی به عنوان منبع کربنی شناخته می‌شود و از آنجایی‌که کربن دارای ماهیت بسیار متخلخل و دارای قدرت نگهداشت مواد مغذی و رطوبت می‌باشد؛ در نتیجه استفاده از آن در راستای بهبود ویژگی‌های خاک می‌تواند نقش اساسی ایفا نماید (۳۸).

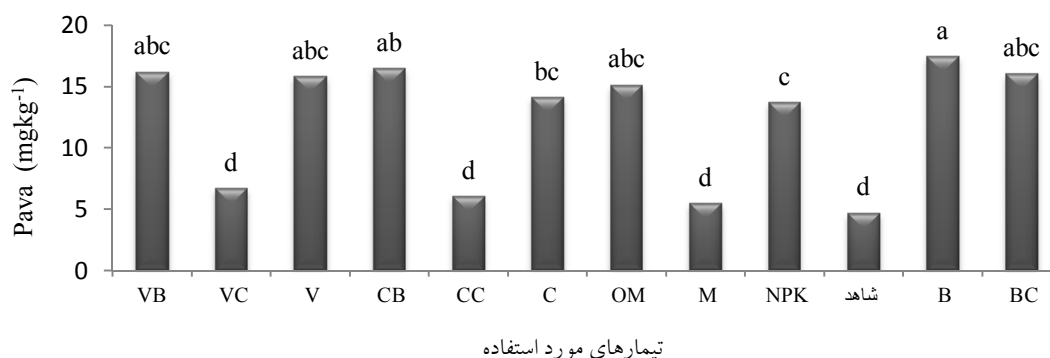
جدول ۴- تجزیه واریانس اثر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر برخی ویژگی‌های خاک، عملکرد و غلظت فسفر برگ زیتون.

Table 4. Analysis of variance Effect of products of olive solid waste on soil characteristics, olive yield and leaf phosphorous concentration.

عملکرد Yield	فسفر برگ زیتون P _{leaf}	میانگین مربعات				درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of variation
		هدایت الکتریکی خاک EC	خاک pH	کربن آلی خاک OC	فسفر قابل جذب خاک P _{ava}		
4.11**	0.00001 ^{ns}	0.48*	0.02 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.75 ^{ns}	2	بلوک Block
189.78**	0.015**	4.37**	1.72**	2.3**	74.54**	11	تیمار Treatment
0.53	0.0001	0.1	0.01	0.05	0.85	22	خطای کل Total error
1.86	6.46	14.09	1.27	13.69	7.5	-	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)

^{ns}، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند

^{ns}, * and ** are indicative insignificant, significant at 5 and 1% probability level respectively



شکل ۲- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر مقدار فسفر قابل جذب خاک.

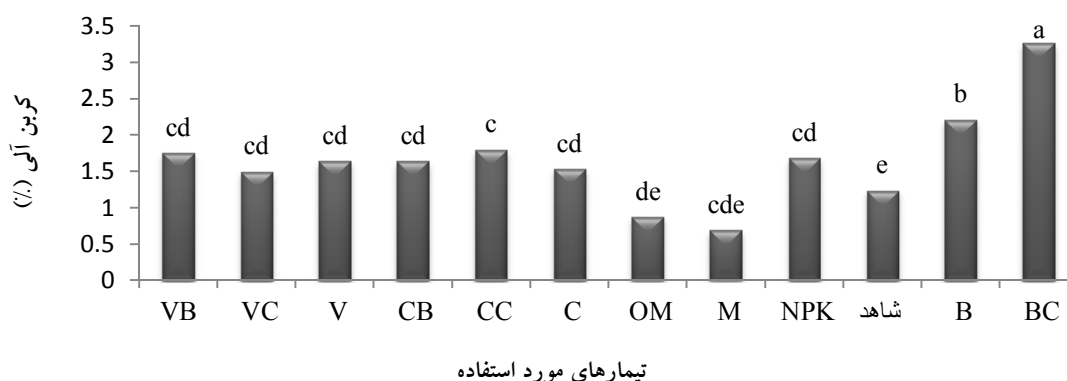
Figure 2. Effect of Olive solid waste products on soil available phosphorus.

(VB=ورمی کمپوست بیولوژیک، VC=ورمی کمپوست شیمیایی، V=ورمی کمپوست، CB=کمپوست بیولوژیک، CC=کمپوست شیمیایی، C=کمپوست، OM=تفاله خام زیتون، M=Manure دارای کود دامی، NPK=(مخلوط اوره+ سوپر فسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد=شاهد بدون کود دامی، B=زغال زیستی، BC=زغال زیستی شیمیایی).

می‌توانند به بهبود کیفیت خاک، افزایش و جذب مواد مغذی خاک کمک کنند که این نتایج در توافق با نتایج این پژوهش بود (۴۵). طبق پژوهشی دیگر، کاربرد کمپوست موجب پویایی فسفر قابل دسترس خاک و افزایش رشد محصولات در اراضی خشک ایالت متحده شد (۴۶). در مجموع، تلقیح ریزجانداران به همراه منابع کم محلول فسفر در خاک‌های آهکی منطقه مورد مطالعه، توانست سبب رفع نیاز فسفوری گیاه شود (۴۷).

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر مقدار کربن آلی خاک: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر تیمارها بر کربن آلی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن به ترتیب مربوط به تیمار زغال زیستی غنی‌شده با کود شیمیایی به میزان ۳/۲۶ درصد و شاهد با ۰/۶۸ درصد بود؛ هر چند که با برخی از تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۳).

زغال زیستی، فراهمی زیستی عناصر پرمصرف به‌ویژه فسفر (فسفر اولسن) را زیاد می‌کند (۳۹ و ۴۰). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بعد از زغال زیستی، فسفر قابل جذب خاک تحت تأثیر کمپوست بیولوژیک نیز قرار گرفت و نسبت به تیمار شاهد ۱۶/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که با برخی از تیمارها مانند ورمی کمپوست بیولوژیک، ورمی کمپوست، کمپوست، تفاله خام زیتون، زغال زیستی و زغال زیستی شیمیایی در یک گروه آماری قرار گرفتند. پژوهش‌گران دریافتند استفاده از ضایعات تفاله زیتون موجب افزایش کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک شد و اثر متقابل منابع فسفوری و تلقیح میکروبی بر مقدار فسفر قابل جذب خاک معنی‌دار بود (۴، ۴۱ و ۴۲). پژوهش‌گران در بررسی‌های خود نشان دادند، کاربرد منابع فسفوری و مایه‌زنی میکروبی بر قابلیت دسترسی فسفر در خاک اثر مثبت دارد (۴۳ و ۴۴). کاربرد ورمی کمپوست و زغال زیستی حاصلخیزی خاک را از طریق افزایش غلظت عناصر غذایی بهبود می‌بخشند. بنابراین،



شکل ۳- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر مقدار کربن آلی خاک.

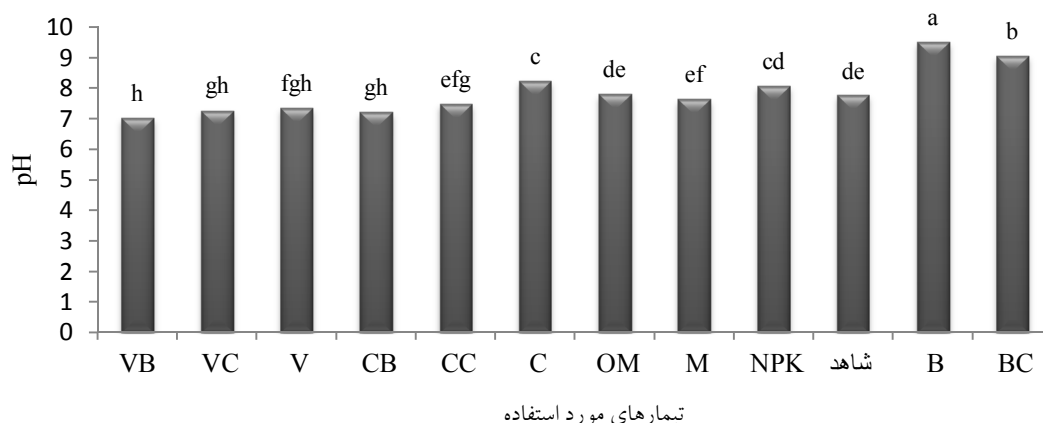
Figure 3. Effect of Olive solid waste products on soil organic carbon.

(VB= ورمی کمپوست بیولوژیک، VC= ورمی کمپوست شیمیایی، V= ورمی کمپوست، CB= کمپوست بیولوژیک، CC= کمپوست شیمیایی، C= کمپوست، OM= تفاله خام زیتون، M= Manure دارای کود دامی، NPK= (مخلوط اوره+ سوپرفسفات تریپل+ سولفات پتاسیم)، شاهد= شاهد بدون کود دامی، B= زغال زیستی، BC= زغال زیستی شیمیایی).

پروتون‌ها باعث بازی شدن محلول خاک می‌گردند. نتایج ما با یافته‌های سرمستی و ارشدی، (۱۴۰۱) مبنی بر تأثیر زغال زیستی غنی شده بر افزایش pH خاک هم‌خوانی دارد (۳۵). البته، بعد از زغال زیستی، کمپوست معمولی و ترکیب کودهای شیمیایی هم موجب افزایش pH خاک به ترتیب به میزان ۸/۲۳ و ۸/۰۶ شدند و بقیه تیمارها نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. این نتایج با یافته‌های حسن‌پور و همکاران (۱۴۰۱) مغایرت دارد که بیان کردند، کاربرد زغال زیستی اندکی pH خاک را کاهش داد (۳۶). هم‌چنین، کم‌ترین مقدار pH خاک (نزدیک به خنثی) مربوط به تیمار ورمی کمپوست بیولوژیک می‌باشد (۷/۰۱). استفاده از ۱۹/۵ درصد تفاله جامد زیتون باعث ایجاد pH نزدیک خنثی می‌گردد (۹). در پژوهشی دیگر پژوهش‌گران بیان کردند که کاربرد سنگ فسفات و تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات در ورمی کمپوست موجب افزایش pH شد (۴۴). بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که غنی‌سازی ورمی کمپوست و کاربرد آن می‌تواند در ایجاد pH نزدیک خنثی تأثیر داشته باشد.

طبق بررسی‌ها، کاربرد زغال زیستی موجب افزایش کربن آلی خاک شد (۳۵ و ۳۶) که می‌تواند به دلیل عدم شستشوی عناصر غذایی از خاک و ارتقاء ویژگی‌های شیمیایی و حاصلخیزی خاک‌های آهکی باشد. درستکار و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک در تیمار کنجاله زیتون و سیاهدانه مشاهد شد (۴۸).

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر pH خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد کاربرد فرآورده‌های تفاله زیتون بر pH خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بر طبق مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴)، بیش‌ترین pH خاک متعلق به زغال زیستی معمولی و غنی شده شیمیایی بود، که بر سدیمی بودن خاک تأثیر افزایشی داشتند؛ و علت آن را می‌توان به وجود کربنات‌های قلیایی و مواد معدنی سرشار از اکسیدها و هیدرواکسیدهای بازی، منشا گیاهی، دمای مناسب تولید زغال زیستی و افزایش درصد خاکستر در زمان فرایند گرماکافت نسبت داد. هم‌چنین اکثر زغال‌های زیستی قلیایی هستند و دارای گروه‌های عاملی با بار منفی می‌باشند، که با پیوند دادن



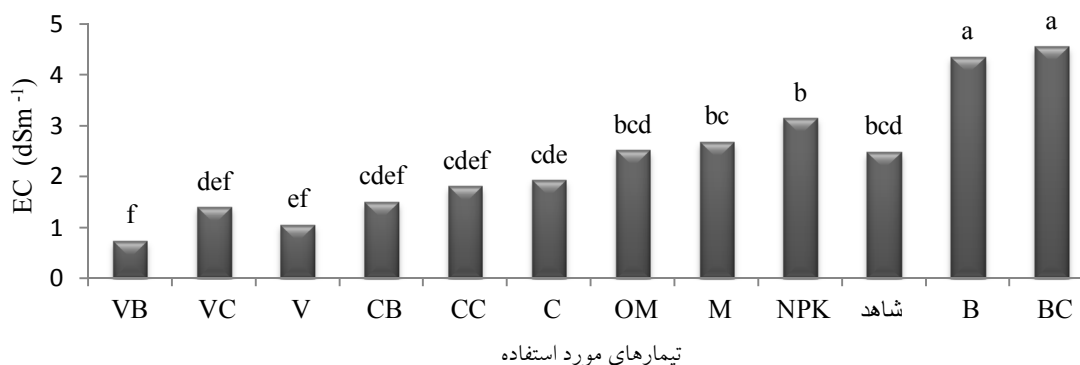
شکل ۴- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر pH خاک.

Figure 4. Effect of Olive solid waste products on soil pH.

(VB=ورمی کمپوست بیولوژیک، VC=ورمی کمپوست شیمیایی، V=ورمی کمپوست، CB=کمپوست بیولوژیک، CC=کمپوست شیمیایی، C=کمپوست، OM=تفاله خام زیتون، M=Manure دارای کود دامی، NPK=(مخلوط اوره+ سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد=شاهد بدون کود دامی، B=زغال زیستی، BC=زغال زیستی شیمیایی).

زیستی pH و هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. هر چه دمای پیرولیز بیشتر باشد، pH و هدایت الکتریکی افزایش بیشتری خواهد داشت. کاربرد بیوجار تولید شده از مخروط کاج و شلتوک برنج در خاک‌های آهکی اصفهان اندکی هدایت الکتریکی خاک را افزایش داد (۳۶). در حالی که زارعی و خسروی (۲۰۱۸) گزارش کردند غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با سنگ فسفات و باکتری‌های حل‌کننده فسفر هدایت الکتریکی خاک را افزایش در حالی که غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با پودر ماهی در مقایسه با کاربرد تکی غنی‌سازی ورمی‌کمپوست با باکتری‌های حل‌کننده فسفر هدایت الکتریکی خاک را کاهش داد (۴۴).

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) اثر تیمارها بر هدایت الکتریکی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بر طبق مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵)، بیش‌ترین مقدار مربوط به زغال زیستی شیمیایی با ۴/۵۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد بود که دلیل آن را می‌توان به تجزیه بافت‌های گیاهی و آزادسازی عناصر و نمک‌های قلیایی از بخش آلی در اثر گرماکافت نسبت داد. درصد کاربرد و دمای تولید زغال زیستی هم می‌تواند در افزایش شوری دخالت داشته باشد (۳۸). کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست بیولوژیک با مقدار ۰/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در اثر تبدیل بقایای کشاورزی به زغال



شکل ۵- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر هدایت الکتریکی خاک.

Figure 5. Effect of Olive solid waste products on soil electrical conductivity.

(VB) = ورمی کمپوست بیولوژیک، VC = ورمی کمپوست شیمیایی، V = ورمی کمپوست، CB = کمپوست بیولوژیک، CC = کمپوست شیمیایی، C = کمپوست، OM = تفاله خام زیتون، M = Manure دارای کود دامی، NPK = (مخلوط اوره + سوپرفسفات تریپل + سولفات پتاسیم)، شاهد = شاهد بدون کود دامی، B = زغال زیستی، BC = زغال زیستی شیمیایی).

عناصر پرمصرف (به ویژه فسفر) اندام هوایی افزایش پیدا کرد. همچنین افزودن باکتری سودوموناس فلورسنتس^۱ نیز سبب افزایش معنی‌دار غلظت عناصر اندام هوایی گردید (۴۹). نتایج نشان داد که اثر متقابل منابع فسفر (تری کلسیم فسفات و خاک فسفات) و تلقیح میکروبی (سودوموناس‌های گروه فلورسنت و قارچ اسپرژیلوس) بر مقدار فسفر اندام هوایی گیاه ذرت معنی‌دار شد. به‌طورکلی، در خاک‌های آهکی با فراهمی پایین فسفر، تلقیح میکروارگانیسم‌ها به همراه منابع کم‌محلول فسفر مانند تری کلسیم فسفات و خاک فسفات می‌تواند سبب رفع نیاز فسفر گیاه ذرت شود (۴۱ و ۴۲).

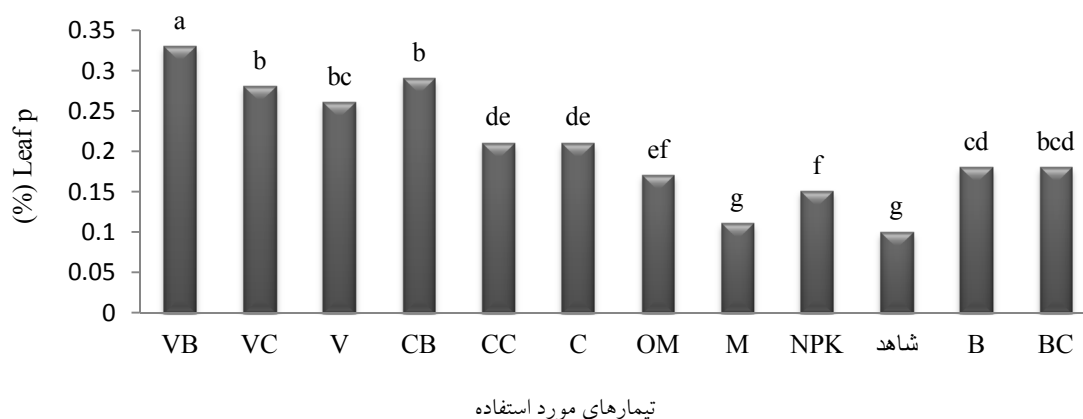
کاربرد کودهای آلی در کنار کودهای شیمیایی می‌توانند موجب بهبود ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه زیتون شوند (۵۰). کاربرد کود بیولوژیک، ورمی کمپوست، کود شیمیایی NPK موجب افزایش جذب عناصر پرمصرف از جمله فسفر برگ گشنیز به میزان ۱/۶۳ درصد در هر دو سال گردید که با نتیجه پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (۵۱). درختان زیتون تلقیح‌شده با

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر فسفر برگ درخت زیتون: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) فسفر برگ تحت تأثیر تیمارهای استفاده شده قرار گرفت. به‌طوری‌که با کاربرد فرآورده‌های تفاله زیتون، فسفر برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب متعلق به ورمی کمپوست بیولوژیک با ۰/۳۳ درصد و تیمار شاهد به میزان ۰/۱ درصد بود. بقیه تیمارها مانند ورمی کمپوست شیمیایی، ورمی کمپوست، کمپوست بیولوژیک، کمپوست شیمیایی، کمپوست، زغال زیستی و زغال زیستی شیمیایی از لحاظ آماری نسبت به هم اختلاف معنی‌دار نداشتند (شکل ۶). به نظر می‌رسد تیمارهای غنی‌شده بیولوژیک توانسته‌اند فسفر قابل‌جذب بیش‌تری در اختیار گیاه قرار داده و در نتیجه جذب فسفر توسط گیاه را بهبود بخشند. 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. با کاربرد منابع مواد آلی غلظت

1- Pseudomonas fluorescence

ورمی کمپوست غنی شده با باکتری می‌تواند بر مقدار جذب فسفر برگ تأثیرگذار باشد.

ریزجانداران نسبت به درختان بدون تلقیح، دارای میزان فسفر برگ و ریشه بالاتر و عملکرد بهتری بودند (۵۲). به نظر می‌رسد تغذیه درختان زیتون با



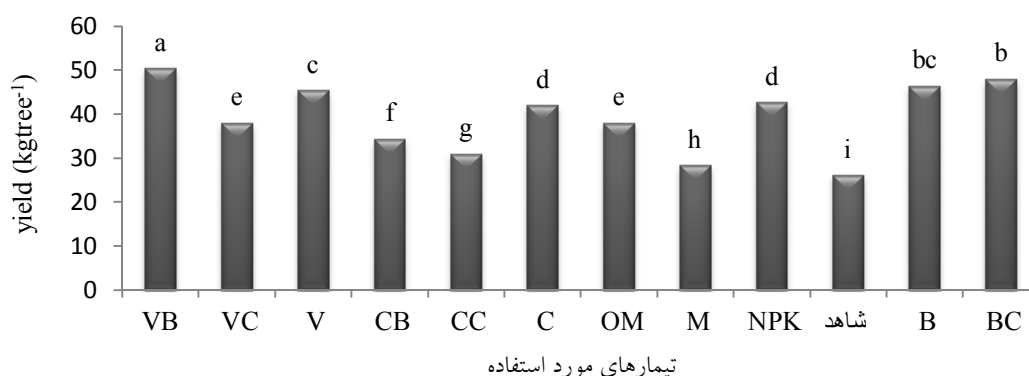
شکل ۶- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر فسفر برگ.

Figure 6. Effect of olive solid waste products on leaf phosphorus.

(VB=ورمی کمپوست بیولوژیک، VC=ورمی کمپوست شیمیایی، V=ورمی کمپوست، CB=کمپوست بیولوژیک، CC=کمپوست شیمیایی، C=کمپوست، OM=تفاله خام زیتون، M=Manure دارای کود دامی، NPK=(مخلوط اوره+ سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد=شاهد بدون کود دامی، B=زغال زیستی، BC=زغال زیستی شیمیایی).

براساس نتایج واحدی و همکاران (۱۴۰۱)، باغات زیتون با عملکرد بالا اثرپذیری مثبت بالاتری با عناصر غذایی از جمله فسفر داشتند که موجب افزایش عملکرد زیتون شد (۵۳). کاربرد مواد آلی عملکرد را افزایش می‌دهد؛ در نتیجه می‌توان جهت بهبود کمیت و کیفیت عملکرد زیتون از آن بهره برد (۵۴). سیدی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که کاربرد کمپوست در درختان زیتون موجب افزایش وزن میوه، عملکرد میوه و مقدار روغن شد (۲). ورمی کمپوست سرشار از فلور میکروبی (باسیلوس) می‌باشد و با تولید ترکیبات زیستی فعال روی سطح نقش حفاظتی در برابر پاتوژن‌های مختلف برای گیاه داشته و موجب تحریک رشد گیاهان می‌گردد (۵۵). بنابراین مواد آلی تأثیر مثبت و افزایشی بر عملکرد زیتون داشته است و می‌توان از ورمی کمپوست غنی شده در باغات زیتون بهره برد.

اثر فرآورده‌های مختلف تفاله جامد زیتون بر میزان عملکرد زیتون: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، عملکرد میوه زیتون در اثر کاربرد فرآورده‌های تولید شده از تفاله خام زیتون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد زیتون با کاربرد ورمی کمپوست بیولوژیک نسبت به شاهد به میزان ۵۰/۳۳ کیلوگرم به‌ازای هر درخت حاصل شد (شکل ۷) که نسبت به شاهد ۹۳/۵۸ درصد افزایش داشت. علاوه بر این، عملکرد میوه با کاربرد سه تیمار زغال زیستی معمولی و غنی شده شیمیایی و ورمی کمپوست معمولی نیز نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بود؛ هر چند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشتند. بوالحسنی و همکاران (۱۳۹۸) دریافتند کاربرد ۰/۵ و ۱ درصد پوسته برنج و ۰/۵ و ۱ درصد زغال زیستی پوسته برنج و دو سطح باکتری (با و بدون باکتری سودوموناس فلورسنس) غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی و عملکرد گیاه اسفناج را افزایش داد (۴۹).



شکل ۷- تأثیر فرآورده‌های تفاله جامد زیتون بر عملکرد میوه زیتون.

Figure 7. Effect of Olive solid waste products on olive fruit yield.

(VB=ورمی کمپوست بیولوژیک، VC=ورمی کمپوست شیمیایی، V=ورمی کمپوست، CB=کمپوست بیولوژیک، CC=کمپوست شیمیایی، C=کمپوست، OM=تفاله خام زیتون، M=Manure دارای کود دامی، NPK=(مخلوط اوره+ سوپرفسفات تریپل+سولفات پتاسیم)، شاهد=شاهد بدون کود دامی، B=زغال زیستی، BC=زغال زیستی شیمیایی).

آهکی مناسب‌تر باشد. اثر ورمی کمپوست بیولوژیک بر عملکرد میوه زیتون چشمگیر بود؛ به‌طوری‌که بالاترین عملکرد میوه زیتون به میزان ۵۰/۳۳ کیلوگرم به‌ازای هر درخت حاصل شد. درختان زیتونی که با ورمی کمپوست حاصل از تفاله جامد زیتون غنی‌شده با باکتری تغذیه شده‌اند، بالاترین فسفر برگ زیتون به‌میزان ۰/۳۳ درصد دارا بودند.

بافت خاک لوم شنی و از نظر کربن آلی، نیتروژن و فسفر فقیر بود. بنابراین افزودن فرآورده‌های تفاله جامد زیتون می‌تواند موجب بهبود حاصلخیزی خاک گردد و می‌توان از باکتری‌های محرک رشد گیاه در غنی‌سازی کمپوست و ورمی کمپوست برای بهبود کیفیت خاک و عملکرد زیتون خاک‌های آهکی بهره برد. در ضمن، ورمی کمپوست بیولوژیک به‌عنوان تیمار برتر شناخته شد.

پیشنهادهای

پیشنهاد می‌شود تأثیر کاربرد فرآورده‌های آلی حاصل از پسماندهای دیگر بر درخت زیتون و یا گیاهان دیگر بررسی گردد. هم‌چنین به‌منظور کاربرد

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای حاصل از تفاله جامد زیتون تأثیر متفاوتی بر مقدار فسفر قابل جذب خاک داشتند که بیش‌ترین مقدار آن متعلق به زغال زیستی غنی‌نشده، ۱۷/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بنابراین با توجه به اولویت تأمین عناصر غذایی پرمصرف مانند فسفر برای درختان زیتون، می‌توان گفت که کاربرد زغال زیستی در خاک‌های آهکی به‌علت توانایی آن‌ها در افزایش فراهمی فسفر خاک با ایجاد پیوند زغال زیستی با کاتیون‌های خاک، پوشش دادن یا رقابت بر سر مکان‌های جذب فسفر، کاهش جذب مکان‌های جذبی فسفر در خاک، افزایش فسفر محلول به‌عنوان ماده آلی جهت افزایش فراهمی فسفر و بهبود تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک قابل‌توصیه است. هم‌چنین، باکتری‌های حل‌کننده فسفر، تثبیت‌کننده نیتروژن و اکسیدکننده گوگرد تلقیح‌شده بر قابلیت جذب فسفر تأثیر مثبت داشتند. از آنجایی‌که با افزایش دمای تولید زغال زیستی، pH زغال زیستی افزایش می‌یابد، بنابراین دمای پایین‌تر جهت تولید زغال زیستی می‌تواند برای خاک‌های

خرد شده حاصل از هرس زیتون به عنوان عامل حجم‌دهنده جهت فرآیند کمپوست‌سازی و بازگرداندن مواد گیاهی خارج شده از باغ استفاده کرد.

فرآورده‌های آلی حاصل از تفاله جامد زیتون در چندین سال متوالی در باغ زیتون پژوهش‌های بیش‌تری صورت گیرد. می‌توان از شاخ و برگ

منابع

1. Seifi, E., Jalali, A., Ebrahimnia, S., & Freydoni, H. (2016). Comparison of the biochemical composition of three varieties of olive oil (*Olea europaea* L.) in different regions of Golestan province. *Plant Environmental Physiology*, 11 (43), 52-65. [In Persian]
2. Seyed Marghaki, A., Ghasemnezhad, M., & Hamidoghli, Y. (2017). The effect of solid waste compost of olive oil extraction factory on the percentage and quality of olive oil of yellow and oil varieties in Manjil region. *Horticultural Sciences of Iran*, 48 (3), 645-653. doi: 10.22059/ijhs.2017.203028.976. [In Persian]
3. Seyed Marghaki, A., Hamidoghli, Y., Ghasemnezhad, M., & Ghorbanzadeh, N. (2018). The effect of olive oil factory effluent on soil biological characteristics, oil percentage and quality, and fruit yield of two olive cultivars. *Horticultural Sciences of Iran*. 49 (2). 365-374. doi: 10.22059/ijhs.2017.223862.1157. [In Persian]
4. Hashempour, E., Farhangi Rasti, M. B., Ghorbanzadeh, N., & Fazeli Sangani, M. (2018). The study of phosphorus release from olive solid residue by *Bacillus* bacteria in soil. *Department of Soil Science*, 77p. doi: 10.22067/jsw.v34i1.80353. [In Persian]
5. Li, L., Deng, Y., LI, Z., Zhang, Z., Gao, X., Geng, X., & Zhang, D. (2020). Resourcing potential of olive oil pomace. *Thermal Science*, 24 (3), 1761-1768. doi.org/10.2298/TSCI190603049L.
6. López-Piñeiro, 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. doi:10.1016/j.biortech.2008.03.051.
7. 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. doi: 10.1007/BF03175343.
8. 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. doi: 10.1016/j.ibiod.2011.02.007.
9. Fougaira, S., El Haji, M., Benhra, J., & Ammar, E. (2023). Optimization of olive oil extraction wastes co-composting procedure based on bioprocessing parameters. *Heliyon*, 9, 1-13. doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19645.
10. Aliyar, Sh., Aliasgharzad, N., Dabbagh Mohhamadi nasab, A., & Ostan, Sh. (2021). The effect of vermicompost application on the growth and water relations of quinoa plant under salinity stress conditions. *Scientific Research Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 31 (3), 131-147. [In Persian]
11. Ghasemi Tabasi, H., Darzi, M. T., & Haj seyed hadi, M. R. (2023). The effect of integrated management of organic and biological fertilizers on the quantity and quality of coriander essential oil (*Coriandrum sativum* L.). *Agricultural knowledge and sustainable production*, 23 (2), 35-48. doi: 10.22034/saps.2022.49834.2803. [In Persian]

12. Kodaolu, B., Mohammed, I., Gillespie, A. W., Audette, Y., & Longstaffe, J. G. (2023). Phosphorus availability and corn (*Zea mays* L.) response to application of P-based commercial organic fertilizers to a calcareous soil. *Soil Science Society of America*, 1-12. doi: 10.1002/saj2.20587.
13. Daverkosen, L., Holzknecht, A., Friedel, J. K., Keller, T., Strobel, B. W., Wendeberg, A., & Jordan, S. (2022). The potential of regenerative agriculture to improve soil health on Gotland, Sweden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185, 901-914. doi: 10.1002/jpln.202200200.
14. Brichi, L., Fernandes, J. V. M., Silva, B. M., Vizú, J. de F., Junior, J. N. G., & Cherubin, M. R. (2023). Organic residues and their impact on soil health, crop production and sustainable agriculture: A review including bibliographic analysis. *Soil use and management*, 39 (2), 686-706. doi.org/10.1111/sum.12892.
15. Hashempour, A., Fotohi Ghazvini, R., Bakhshi, D., & Asadi Sanam, S. (2010). The effect of Kazaron climate on quality indicators of olive oil of yellow, oil and Mari cultivars (*Olea europaea* L.). *Horticultural Sciences of Iran*, 41 (1), 47-53. [In Persian]
16. 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. doi.org/10.1080/09593330309385536.
17. Khosravi, A., Zarei, M., & Ronaghi, A. M. (2017). Effect of Claroidoglossum atonicatum fungus, vermicompost and phosphate sources on root colonization and growth of lettuce. *Soil Management and Sustainable Production*, 7 (2), 167-181. http://ejsms.gau.ac.ir. [In Persian]
18. Fayazi, H., Ebdali Mashhadi, A. R., Kochakzadeh, A., Papzan, 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 Researches of Iran*, 16 (2), 283-298. doi:10.22067/gsc.v16i2.49182. [In Persian]
19. Khajehaghverdi, M., Ardakani, M. R., Abbaszadeh, B., & Nejatkhah Manavi, P. (2018). The effect of vermicompost, biochar and mycorrhizal symbiosis on some quantitative and qualitative characteristics of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Researches on Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 34 (1), 87-100. doi: 10.22092/ijmapr.2018.114886.2095. [In Persian]
20. Sparks, D. L. (1996). Methods of soil analysis Madison: SSSA, ASA Publishing Takahashi, F., Mizoguchi, T., Yoshida, R., Ichimura, K. and Shinozaki, K. F2011 Calmodulin-dependent activation of MAP kinase for ROS homeostasis in Arabidopsis. *Molecular Cell*. 41, 649-660.
21. Gong, X., Cai, L., Li, S., Chang, S. X., Sun, X., & An, ZH. (2018). Bamboo biochar amendment improves the growth and reproduction of *Eisenia fetida* and the quality of green waste vermicompost. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 197-204. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.023.
22. Toscano, P., Casacchia, T., Diacono, M., & Montemurro, F. (2013). Composted Olive Mill By-products: Compost Characterization and Application on Olive Orchards. *Journal of Agriculture Science Technology*, 15, 627-638.
23. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
24. Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen-Total. P. 595-624. In: Page, A. L., et al (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

25. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA, Cire. 939, U. S. Gover. Prin. Office, Washington DC.
26. Jones, J. B. Jr., & Case, V. W. (1990). Sampling, Handling and analyzing plant tissue samples, in R.L. Westerman, E. d. Soil testing and Plant Analysis. 3rd. ed. SSSA. Book Series Number 3. *Soil science Society of America*, Madison, WI. 389-427.
27. Knudsen, D., Peterson, G. A., & Pratt, P. F. (1982). Lithium, Sodium and potassium. In: A. L. Page et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI*. 225-246.
28. Mehlich, A. 1953. Rapid determination of cation and anion exchange properties and pH of soils. *J. Ass. Agric. Chem.* 36, 445-457.
29. Lindsay, W. L., & Norwell, W. A. (1978). Development of a DTPA micronutrient soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
30. Qiao, Y., Wu, J., Xu, Y., Fang, Z., Zheng, L., Cheng, W., Tsang, E. P., Fang, J., & Zhao, D., (2017). Remediation of cadmium in soil by biochar-supported iron phosphate nanoparticles. *Ecological Engineering*, 106, 515-522.
31. Karunanithi, R., Sik, Ok., Dharmarajan, R., Ahmad, M., Seshadri, B., Bolan, N., & Naidu, R. (2017). Sorption, kinetics and thermodynamics of phosphate sorption onto soybean stover derived biochar. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 113-125. doi.org/10.1016/j.eti.2017.06.002.
32. Alikhani, H., & Hemmati, A. (2014). The effect of vermicompost enrichment with fertilizer and bacterial treatments on humicization and humic acid characteristics. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 24 (1), 13. [In Persian]
33. 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*, 12 (4), 18. doi.org/10.1371/journal.pone.0176378.
34. Rezaei Danesh, N., Rasouli Sedghiyani, M. H., Moradi, N., & Barin, M. (2021). Combined effect of compost, biochar and biological inoculation on enzyme activity and some soil microbial indicators, *Soil Biology*, 9 (2), 12-15.
35. Sarmasti, Kh., & Arshadi, F. (2022). The effect of biochar on chemical and biological properties in acid soil and soil organic carbon dynamics. *Journal of Soil Productivity*, 1 (1), 19. [In Persian]
36. Hassanpour, E., Shirvani, M., Hajabbasi, M. A., & Majidi, M. M. (2022). The effect of acidic biochars on some chemical characteristics and nutrient absorption capacity of calcareous soils. *Water and Soil Sciences*, 26 (2), 39-59. [In Persian]
37. Mousavi, R., Rasouli sedghiyani, M. H., Sepehr, A., & Barin, M. (2023). Effect of enriched biochar on phosphorus absorption behavior in saline and non-saline soils of Lake Urmia basin. *Journal of Water and Soil Sciences*, 27 (1), 230-270. [In Persian]
38. Ferasati, M., Shakeri, H., & Rahemi, A. (2020). Investigating the effect of olive leaf biochar on physical and chemical properties of silty loam soil. *Environmental Studies, Natural Resources and Sustainable Development*, 4 (1), 10. [In Persian]
39. Becagli, M., Santin, M., & Cardelli, R. (2022). Co-application of wood distillate and biochar improves soil quality and plant growth in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185, 120-131. doi: 10.1002/jpln.202100239.
40. Gonzalez Sarango, E. M., Leimer, S., Valarezo Manosalvas, C., & Wilcke, W. (2022). Does biochar improve nutrient

- availability in Ultisols of tree plantations in the Ecuadorian Amazonia? *Soil Science Society of America Journal*, 86, 1072-1085. doi: **10.1002/saj2.20421**.
41. Rasouli Sedghiani, M. H., Ebrahimi karimabad, R., & Vahedi, R. (2020). Investigating the effect of microorganisms that dissolve insoluble phosphates on the efficiency of phosphorus absorption and consumption of corn plants. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University. *Journal of Water and Soil Sciences*, 24 (3), 11. [In Persian]
 42. Busato, J. G., Ferrari, L. H., Chagas Junior, A. F., da Silva, D. B., dos Santos Pereira, T., & de Paula. A. M. (2020). Trichoderma strains accelerate maturation and increase available phosphorus during vermicomposting enriched with rock phosphate. *Journal of Applied Microbiology*, 9p. doi: **10.1111/jam.14847**.
 43. Rouhi Kellarlo, T., & Khadem Moghadam Egdalo, N. (2022). The effect of using triple superphosphate, biofertilizer containing azotobacter and mycorrhizal fungi on the growth and nutrition of corn. *Soil Fertility*, 1(1), 16. [In Persian]
 44. Zarei, M., & Khosravi, A. (2018). Effect of organic and inorganic additives on some chemical properties of vermicompost, earthworm's biomass and reproduction. *Iran Agricultural Research*, 37 (2), 35-44. doi: **10.22099/IAR.2018.5000**.
 45. Hue, S., Zhang, R., Zhang, C., Wang, L., Wang, H., & Wang, X. (2023). Role of vermicompost and biochar in soil quality improvement by promoting (*Bupleurum falcatum* L.) nutrient absorption. *Soil use and management*, 39 (4), 1600-1617. doi.org/10.1111/sum.12955.
 46. Atoloye, I. A., Jacobson, A., Creech, E., & Reeve, J. (2021). Variable impact of compost on phosphorus dynamics in organic dryland soils following a one-time application. *Soil Science Society of America Journal*, 85 (4), 1122-1138. doi: **10.1002/saj2.20275**.
 47. Rahman, M. d. S., Scheffe, C., & Weatherley, A. (2023). The combined addition of citric and aromatic organic acids to an acid soil prolongs phosphorus availability. *Soil Science Society of America*, 87, 797-807. doi: **10.1002/saj2.20532**.
 48. Dorostkar, V., Yosefi Fard, M., & Jajarmi, Z. (2019). The effect of oil meal as a micronutrient fertilizer in saline and non-saline soils. *Water and soil sciences (agricultural sciences and techniques and natural resources)*, 23 (2), 12. [In Persian]
 49. Bolhasani, Z., Ronaghi, A. M., Ghasemi, R., & Zarei, M. (2019). The effect of rice husk biochar and growth promoting bacteria on yield and chemical composition of spinach in soil under salinity stress. *Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 33 (3), 335-349. [In Persian]
 50. Abbaszadeh, B., Asadi Sanam, S., & Layegh Haghighi, M. (2019). Changes in morphophysiological characteristics and phenolic compounds of olive leaves (*Olea europaea* L.) with soil application of chemical and organic fertilizers. *Plant Production Research*, 26 (3), 20. doi: **10.22069/jopp.2019.15532.2395**. [In Persian]
 51. Zolfaghari, M., Tolideh, S., Sedighi dehkordi, F., & Mahmoudi Sarvestani, M. (2022). Investigating the growth, yield and essential oil of the coriander medicinal plant (*Coriandrum sativum* L.) under mycorrhizal, vermicompost and chemical fertilizer treatments. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 32 (1), 35-46. [In Persian]
 52. Dag, A., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A., Zipori, I., & Kapulnik, Y. (2009). Nursery and post-transplant field response of olive trees to arbuscular mycorrhizal fungi in an arid region. *Crop & Pasture Science*, 60, 427-433. doi: **10.1071/CP08143**.
 53. Vahedi, S., Besharat, S., Davatgar, N., & Taheri, M. (2022). Investigating the role

- of nutritional status of leaves on photosynthetic indices of olive tree. *Horticultural Sciences of Iran*, 53 (2), 309-320. doi: **10.22059/ijhs.2020.300543.1787**. [In Persian]
54. Sosa, de L. L., Benítez, E., Girón, I., & Madejón, E. (2021). Agro-Industrial and Urban Compost as an Alternative of Inorganic Fertilizers in Traditional Rainfed Olive Grove under Mediterranean Conditions. *Agronomy*, 11, 1223. doi.org/**10.3390/agronomy11061223**.
55. Malakar, C., Barman, D., Kalita, M. C., & Deka, S. (2023). A biosurfactant-producing novel bacterial strain isolated from vermicompost having multiple plant growth-promoting traits. *Journal of Basic Microbial*, 63 (7), 746-758. doi.org/**10.1002/jobm.202200608**.

