نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2022.356461.3081
جلد ۳۸، شماره ۱، صفحه ۶۰-۳۸ (۱۴۰۱) | شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350905.1401.38.1.3.1

تأثیر ورمی‌کمپوست بر میزان کوئرستین، الئوروپین و عناصر برگ زیتون (*Olea europaea* L.)

معصومه لایق‌حقیقی[1*] و بهلول عباس‌زاده[2]

۱*- نویسنده مسئول، دکتری، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: layeghhaghighi@yahoo.com

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰ | تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۴۰۰ | تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

چکیده

زیتون (*Olea europaea* L.) علاوه‌بر مصرف به‌عنوان یک ماده غذایی، یک درخت دارویی با ارزش نیز به حساب می‌آید. برگ زیتون، به‌عنوان یک اندام حاوی ماده مؤثره، در صنایع مختلف دارای ارزش فراوان می‌باشد. استفاده از عصاره برگ زیتون به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی، از رایج‌ترین کاربردهای این گیاه می‌باشد. اولئوروپین مهم‌ترین ترکیب فنلی در گونه‌های زیتون است که نقش مهمی در سلامت دارد. اولئوروپین و کوئرستین به‌عنوان ترکیب‌های مؤثر در داروهای ضدسرطان، ضدویروس و ضدالتهاب بکار می‌روند. این تحقیق به‌منظور بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار) بر صفات مورفولوژیک، عملکرد برگ و اولئوروپین، کوئرستین و عناصر ماکرو و میکرو عصاره برگ زیتون در شرایط مزرعه، در ایستگاه تحقیقات البرز، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، در دو سال و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (۹ درختچه در هر تکرار) انجام گرفت. درختچه‌ها (سه ساله) با فاصله ۵ متر روی ردیف و ۵ متر بین ردیف‌ها با عمق ۵۰ سانتی‌مترکشت شدند. اثر ورمی‌کمپوست بر عملکرد برگ تر و خشک در هکتار ومیزان کوئرستین و الئوروپین برگ در هر دو سال معنی‌دار (در سطح احتمال ۱٪) بود. بالاترین عملکرد برگ خشک در هکتار در تیمار ۴ تن ورمی‌کمپوست (سال اول ۵۵/۵۷۳ کیلوگرم و سال دوم ۶۳/۰۴۷ کیلوگرم) بدست آمد. میزان کوئرستین از ۱۸/۴۸ و ۱۸/۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک در تیمار شاهد (به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم) به ۳۴/۶۷ و ۳۷/۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار (به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم) رسید. همچنین استفاده از مقدار ۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار منجر به افزایش الئوروپین برگ در هر دو سال شد. تیمارهای مختلف کود ورمی‌کمپوست موجب افزایش جذب اکثر عناصر ماکرو و میکرو ازجمله فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در هر دو سال گردید. نتایج نشان داد که با استفاده از مقادیر مناسب ورمی‌کمپوست می‌توان نسبت به تولید گیاه با کوئرستین و الئوروپین بالا اقدام کرد.

واژه‌های کلیدی: زیتون (*Olea europaea* L.)، ترکیب‌های فنلی، عناصر ماکرو، عناصر میکرو.

مقدمه

افزایش جمعیت و رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهان و نیاز مبرم صنایع داروسازی، بهداشتی و غذایی به گیاهان دارویی، باعث شده

که تحقیق درباره این دسته گیاهان از نظر کشت، تولید و مصرف از اهمیت خاصی برخوردار باشد (Oreopoulou *et al.*, 2019). زیتون با نام علمی *Olea europaea* L. از گیاهان دولپه‌ای و متعلق به خانواده Oleaceae بوده و در جهان از حوزه دریای مدیترانه، شمال آفریقا، جنوب‌شرقی آسیا، شمال تا جنوب چین، اسکاتلند و شرق استرالیا پراکنده است. الئوروپین به مقدار زیادی در برگ زیتون و اندکی در روغن زیتون وجود دارد (Lujan & Castro, 2006). الئوروپین مهمترین ترکیب فنلی برگ زیتون است و یکی از ترکیب‌های مهم حاصل از هیدرولیز الئوروپین، هیدروکسی تیروزین است که ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن در آن ۱۰ برابر چای سبز است (Guinda, 2006). استفاده از عصاره برگ زیتون به‌عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی و با ارزش در روغن‌های گیاهی برای غنی‌سازی و افزایش پایداری اکسیداتیو آن، می‌تواند یکی از استفاده‌های مؤثر و کارآمد از برگ زیتون محسوب شود (Bouaziz & Sayadi, 2005). برگ‌های زیتون که غنی از ترکیب‌های پلی‌فنلی مانند اولئوروپین، ورباسکوزید، لیگستروزید، تیروزول، هیدرکسی تیروزول و اسید کافئیک هستند (Le Floch *et al.*, 1998)، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بیشترین اثر خنثی‌کنندگی را بر رادیکال‌های آزاد دارند (Lee & Lee, 2010).

از آنجا که در یک سیستم خاک–گیاه، محیط ریشه حکم مرکز ثقل انرژی در خاک است، بنابراین تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک، تولیدات کشاورزی و پایداری بوم‌نظام را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Leithy *et al.*, 2006). در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار، از کودهای آلی برای بهبود حاصل‌خیزی خاک و نیز پیشگیری و کنترل آفات و امراض گیاهی استفاده می‌شود (Abbasi *et al.*, 2002؛ Ghorbani *et al.*, 2006). استفاده از ورمی‌کمپوست، مؤثر در افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک گیاهیست (Scheu, 2004). بهبود ساختمان خاک (Shipitalo & Protz, 1988)، افزایش خلل‌وفرج خاک (Binet *et al.*, 1997)، افزایش رشد فلور (پوشش گیاهی) و فون (پوشش جانوری) خاک (Clapperton *et al.*, 2001) و بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک (Baker *et al.*, 1999؛ Hu *et al.*, 1998) به‌عنوان نقش کودهای ورمی‌کمپوست گزارش شده است. کرم خاکی با ترشح اسید هیومیک از طریق اثرگذاری بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه سبب رشد گیاه می‌شود (Baker *et al.*, 1999). در آزمایشی مشاهده شد که مصرف ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK به میزان N50 و P25 و K25 کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی ریحان (*Ocimium basilicum* L.) نسبت به تیمار شاهد شد (Anwar *et al.*, 2005). همچنین در تحقیقی دیگر وزن تر و خشک آویشن در اثر کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بیشترین مقدار بود (Khorshidi *et al.*, 2013). نتایج تحقیقات Befrozfar و همکاران (۲۰۱۳)، نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، سطح برگ و عملکرد اسانس داشته است. نتایج مشابه در گیاه کروساندرا (*Crossandra infundibuliformis*) نشان داد که ورمی‌کمپوست و کمپوست موجب افزایش ارتفاع، تعداد برگ و گل آن شد (Gajalakeshmi & Abbasi, 2002). طبق نتایج حاصل از آزمایشی در ترکیه، با کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک، غلظت روی و مس قابل جذب خاک نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد (Ridvan, 2004). طی آزمایشی روی گیاه دارویی بابونه آلمانی، درصدهای وزنی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ از ورمی‌کمپوست استفاده شد. بیشترین عملکرد گل خشک به تیمار ۱۵٪ نسبت داده شد که دارای سطوح زیاد عناصر غذایی قابل جذب بود (Azizi *et al.*, 2008). مقدار ترکیب‌های فنلی برگ زیتون نیز تحت تأثیر عواملی مانند ژنوتیپ (Petridis *et al.*, 2012)، مرحله رشدی و سن برگ (Malik & Bradford, 2006)، تغذیه (Tekaya *et al.*, 2016)، شیوه استخراج و تنش‌های زیستی و غیرزیستی (Talhaoui *et al.*, 2015) قرار دارد.

تحقیقات Esmaielpour و همکاران (۲۰۱۷) بر روی ریحان (*Ocimum basilicum*) و Ganjali و Kaykhaii (۲۰۱۷) بر روی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*)، بیانگر بهبود عملکرد این گیاهان در اثر استفاده از سطوح

مختلف ورمی‌کمپوست بود. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که استفاده از ورمی‌کمپوست و قطع آبیاری در مراحل ابتدایی گلدهی گیاه مرزه یک‌ساله، موجب افزایش میزان ترکیب‌های مهم اسانس می‌شود (Heidarpour *et al*., 2019). به‌طوری که با افزودن ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، بالاترین سطح تولید ماده مؤثره در بابونه (*Matricaria chamomilla*) که تحت تنش شدید خشکی بود، ثبت شد، در حالی که کمترین مقدار اسانس در تیمار بدون مصرف ورمی‌کمپوست مشاهده شد (Tasdighi *et al*., 2015). نتایج مشابهی نیز در بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) با مصرف ۱۰–۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست گزارش شد (Kazeminasab *et al*., 2016). با توجه به اهمیت مواد مؤثره موجود در برگ زیتون، این تحقیق برای بررسی تأثیر مصرف سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر میزان ترکیب‌های فنلی کوئرستین، الئوروپین و عناصر میکرو و ماکرو در شرایط مزرعه بر برگ زیتون اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق برای بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمّی و کیفی عصاره برگ زیتون (*Olea europaea* L.) در شرایط مزرعه، در ایستگاه تحقیقاتی البرز وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، (تهران، ایران) طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. ایستگاه البرز در ۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان کرج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه شرقی، در ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد، متوسط بارندگی منطقه حدود ۲۳۵ میلی‌متر، کمینه دمای آن ۲۰– درجه سانتی‌گراد و بیشینه درجه حرارت آن حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد است. نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه آزمایشی بخش گیاهان دارویی و ورمی‌کمپوست در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱– نتایج آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست قبل از کاشت

Table 1. Results of physical and chemical properties analysis of soil and vermicompost before planting

Sample	N (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
Vermicompost	1.579	1.155	0.3	1.31	0.22	1022	150	496	22
Soil	0.07	182	9.5	-	-	-	-	-	-

ادامه جدول ۱– ...

Continued table 1. …

Sample	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Text	pH	Ec	TNV (%)	OC (%)	OM (%)
Soil	45	29	26	Sa.C-L	7.57	0.7	11.5	0.87	1.51

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۵ تیمار در ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (بدون ورمی‌کمپوست)، کود ورمی‌کمپوست ۱، ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار، به‌عبارتی به‌ترتیب ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلوگرم در هر چاله کشت بود (Hashemi Majd & Jamaati Samarin, 2010). فاصله بین ردیف‌ها ۵ متر و فاصله بین هر پایه درختچه از یکدیگر ۵ متر با عمق ۵۰ سانتی‌متری روی یک خط بود. پس از آماده‌سازی زمین، درختچه‌های رقم زیتون زرد که از ایستگاه تحقیقاتی زیتون قزوین تهیه شده بود در اسفند ماه ۱۳۹۳ در چاله‌ها کاشته شد. کود ورمی‌کمپوست با خاک مخلوط شده و به هنگام کاشت بخشی از آن در ته چاله‌ها و بخشی دیگر نیز به اطراف نهال‌ها در داخل چاله ریخته شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای بود. رسیدگی در طول دوره رشد انجام شد. برداشت

برگ‌ها در ۳۰ شهریور (هر دو سال) انجام گردید. برای بررسی تأثیر تیمارهای اعمال شده بر میزان رشد گیاه و همچنین به‌دلیل استفاده از عرقیات و برگ زیتون در صنایع مختلف دارویی، برای بررسی کیفیت برگ قبل از برداشت، صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شد و پس از برداشت و جداسازی، برگ‌ها به مدت دو هفته در سایه و با جریان هوا خشک شدند و بعد برای اندازه‌گیری ترکیب‌های فنلی اولئوروپین و فلاونوئیدی کوئرستین و تجزیه عناصر مانند نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn) و مس (Cu) مورد استفاده قرار گرفتند.

اندازه‌گیری عناصر درشت و ریز مغذی برگ

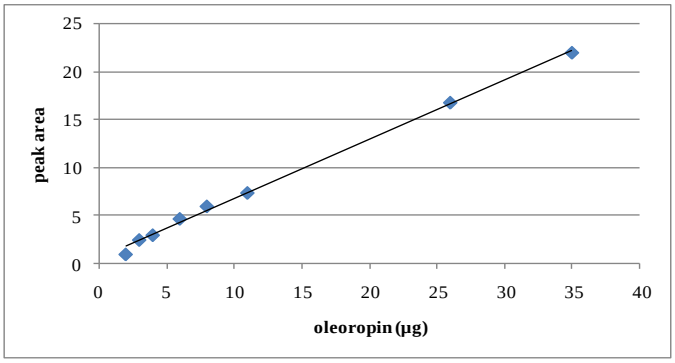
ابتدا برگ‌های زیتون با آب معمولی، سپس با اسید هیدروکلریک (HCL) ۰/۱ مولار و دوباره با آب مقطر شستشو شدند. پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و بعد آسیاب گردیدند. نمونه‌های آسیاب شده برگ، پس از عبور از الک ۰/۵ میلی‌متر، به مقدار دو گرم با ترازوی دقیق توزین و در بوته‌های چینی (کروزه) ریخته شد. بوته‌های چینی حاوی نمونه را در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت حرارت داده و خاکستر حاصل آن با آب مقطر کمی خیس شد. سپس، ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک دو مولار به آن اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات، محتویات بوته چینی از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر عبور داده شد. عصاره نهایی صاف شده را در نهایت به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و برای اندازه‌گیری عناصر استفاده شد (Wahing *et al*., 1989).

برای اندازه‌گیری عناصر درشت‌مغذی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، از عصاره بدست آمده درصد نیتروژن کل برگ با عمل هضم اندازه‌گیری شد (Wahing *et al*., 1989). درصد فسفر برگ با عمل کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) اندازه‌گیری و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (Labnics Equipement-LW50501-00) در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و در نهایت مقدار فسفر در نمونه خشک گیاه برحسب گرم درصد محاسبه و بیان گردید (Chapman & Pratt, 1961). اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر خوانده و بیان شد (Wahing *et al*., 1989). اندازه‌گیری درصد کلسیم و منیزیم برگ گیاه هم با دستگاه جذب اتمی به‌ترتیب در طول موج‌های ۴۲۲/۷ و ۲۸۵/۲ نانومتر بر حسب گرم درصد ماده خشک برگ محاسبه و بیان شد (Wahing *et al*., 1989).

برای اندازه‌گیری عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، روی و مس)، از عصاره بدست آمده، به روش جذب اتمی شعله‌ای با عمل هضم و از راه سوزاندن خشک و استفاده از اسید هیدروکلریک، جذب آهن، منگنز، روی و مس به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۴۸/۳، ۲۸۹/۵، ۲۱۳/۹ و ۳۲۴/۷ نانومتر خوانده و غلظت عناصر بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک برگ محاسبه و بیان شد (Elmer, 1982).

استخراج الئوروپین

برای استخراج الئوروپین از برگ‌های زیتون، پس از خشک کردن، نمونه‌ها پودر شدند و یک گرم از این پودر با ۱۰ میلی‌لیتر حلال اتانول–آب (۷۰:۳۰) به مدت ۳۰ دقیقه در ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حمام فراصوت گذاشته شد. محلول حاصل، با دور ۴۰۰۰rpm سانتریفیوژ گردید و محلول رویی دور ریخته شد. پس از صاف کردن محلول توسط حلال استخراجی رقیق، آماده تزریق به دستگاه HPLC شد. شناسایی پیک الئوروپین با استفاده از مقایسه زمان بازداری با نمونه الئوروپین ۹۸٪ تهیه شده از شرکت Merck به عنوان استاندارد (شکل ۱) انجام شد (Japon-lujan *et al*., 2006).

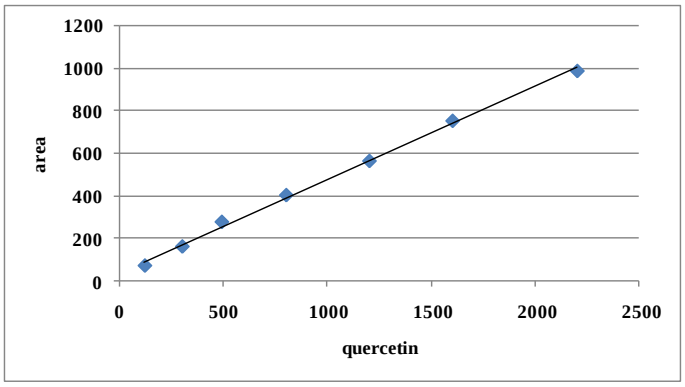


شکل ۱- منحنی کالیبراسیون اولئوروپین

Figure 1. Calibration curve of Oleuropein

استخراج کوئرستین

برای استخراج کوئرستین، ۵ گرم از ماده خشک تهیه شده، با حلال متانول-اسیداستیک (۱:۹)، توسط همزن برقی مخلوط شد و به مدت یک هفته در این حلال خیسانده شد، بعد از صاف کردن عصاره بدست آمده، نمونه‌ها را به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده و آماده تزریق به دستگاه HPLC شدند و با استاندارد کوئرستین (Quercetin dehydrate)، منحنی کالیبراسیون (شکل ۲) برای اندازه‌گیری کوئرستین نمونه‌های برگ زیتون رسم شد (Daigle & Conkerton, 1982).



شکل ۲- منحنی کالیبراسیون ترکیب کوئرستین

Figure 2. Calibration curve of Quercetin

مشخصات دستگاه HPLC

تعیین اجزای تشکیل‌دهنده مواد فنلی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا "HPLC" (Breeze system, Waters, MA,USA) مجهز به شناساگر UV-Visible (Waters Dual λ Absorbance 2487) و ستون Symentery C18 (150 mm×4.6 mm×5 µm) (Waters, DublinIreland) انجام شد. فاز متحرک شامل دو حلال A (۹۵٪ آب: ۵٪ متانول) با pH حدود ۳ و B (۵۰٪ متانول: ۵۰٪ استونیتریل) با pH حدود ۷ بود و با سرعت یک میلی‌لیتر در دقیقه جریان داشت. نسبت

حلال‌های A و B در زمان شروع به‌ترتیب ۹۰٪ و ۱۰٪ بود که تا دقیقه ۱۵ به ۴۵٪ و ۵۵٪ و تا دقیقه ۲۵ به ۱۵٪ و ۸۵٪ رسید. حجم نمونه تزریق شده، ۲۰ میکرولیتر بود. برای اندازه‌گیری ترکیب‌های فنلی مورد نظر، طول موج شناساگر فرابفش در ۲۸۰ و ۳۳۰ نانومتر تنظیم شد.

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ (SAS Institute. 2002) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام و در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس سال اول صفات نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ در سطح احتمال ۱٪ و بر قطر تنه و طول برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. اثر ورمی‌کمپوست بر وزن تر و خشک برگ یک پایه و وزن تر و خشک برگ در هکتار، میزان کوئرستین و الئوروپین برگ در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد. در آنالیز سال دوم مشاهده شد که اثر ورمی‌کمپوست بر قطر تنه و تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال ۱٪ و بر تعداد برگ، عرض برگ و طول برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. وزن برگ تر یک پایه، عملکرد برگ تر در هکتار، کوئرستین و الئوروپین زیتون در سال دوم در سطح احتمال ۱٪ و وزن برگ خشک یک پایه و عملکرد برگ خشک در هکتار در سطح احتمال ۵٪، تحت تأثیر عامل ورمی‌کمپوست قرار گرفتند (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس اثر کود ورمی‌کمپوست بر عناصر جذبی در سال اول نشان داد که ورمی‌کمپوست بر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس اثر معنی‌دار داشت. اثر معنی‌دار ورمی‌کمپوست در سال دوم بر عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های سال اول، بیشترین قطر تنه در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۷ سانتی‌متر مشاهده شد و بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیشترین تعداد شاخه فرعی، در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۲۷۳۴/۳ عدد بر پایه بدست آمد. البته، تعداد برگ در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از کود ورمی‌کمپوست با ۲۷۳۲ عدد بر پایه بیشتر از بقیه بود. بلندترین طول برگ در تیمارهای مصرف ۱ و ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به‌ترتیب با میانگین‌های ۳/۶ و ۳/۹ سانتی‌متر مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر اثر کود ورمی‌کمپوست بر کلیه عملکردها بود، به‌طوری که بیشترین وزن برگ تر یک پایه را تیمار مصرف ۴ تن در هکتار با میانگین ۲۳۰ گرم و کمترین را تیمار عدم مصرف با میانگین ۱۴۷/۳ گرم داشت (جدول ۴). وزن برگ خشک یک پایه با میانگین ۱۳۸/۹ بیشترین بود و بقیه تیمارها کمتر از آن و در یک گروه آماری قرار داشتند. بیشترین عملکرد برگ تر در هکتار را تیمار ۴ تن در هکتار با میانگین ۹۱۹۹۸ گرم در هکتار و کمترین را تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۵۸۹۴۱ گرم بر هکتار داشت. عملکرد برگ خشک در هکتار نشان داد که در تیمار مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار با ۵۵۵۷۳ گرم بیشترین بود. با بررسی نتایج سال دوم مشاهده شده که بیشترین قطر تنه با میانگین ۱۱/۶ سانتی‌متر در تیمار مصرف ۳ تن در هکتار وجود داشت، بیشترین تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، عرض برگ و طول برگ به‌ترتیب با میانگین‌های ۶۴ عدد در پایه، ۲۹۴۴/۷ عدد در پایه، ۱/۲ سانتی‌متر و ۳/۷ سانتی‌متر در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود. وزن برگ تر یک پایه، وزن برگ خشک یک پایه، عملکرد برگ تر و عملکرد برگ خشک در هکتار در تیمار مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۷۴/۳ گرم در پایه، ۱۵۷/۶ گرم در پایه، ۱۰۹۷۳۳ گرم در هکتار و ۶۳۰۴۷ گرم در هکتار بیشترین بودند (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیک و عملکرد برگ زیتون زرد (***Olea europaea* L.**) طی دو سال

Table 2. ANOVA of vermicompost effects on morphological traits and leaf yield of olive (*Olea europaea* L.) during two years

Source of variation	d.f.	Plant height	Trunk diameter	Branches number	Leaves number	Leaf width	Leaf length	Fresh leaf weight per tree	Dry leaf weight per tree	Fresh leaf yield per hectare	Dry leaf yield per hectare	Oleuropein	Quercetin
First year													
Block	2	1404.8ns	8.8 **	21.06 ns	1578727 *	0.21 ns	1.05 **	22793 **	8272 **	3646934285 **	1323675802 **	25.52 **	32.43 **
Vermicompost	4	629.16ns	5.8 *	498.8 **	1750498**	0.24 ns	0.53 *	3028 **	1631 **	484517724 **	261039898 **	156.6 **	169.7 **
Error	8	624.7	0.44	19.7	203716	0.07	0.07	324.8	173.5	51972236	27759162	0.63	0.61
C.V. (%)		23.1	12.1	13.3	29.4	23.9	8.2	10	13.2	10	13.2	2.82	3.14
Second year													
Block	2	1872 *	9.6**	2 ns	1429299 *	0.05 ns	1.04 **	25337 **	7217 **	4054003627**	1154875211**	6.7 *	74 **
Vermicompost	4	1137 ns	8.6 **	650 **	1625098 *	0.1 *	0.5 *	3419 **	1302 *	547051093 **	208350178 *	151 **	123 **
Error	8	363.6	0.3	33.4	245054	0.03	0.1	340	208	54462293	33381254	1.1	7.2
C.V. (%)		13.5	6.2	12.8	29.2	17.1	9.3	8.3	11.7	8.3	11.7	7.9	4.04

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳ – تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست بر عناصر برگ زیتون زرد (***Olea europaea* L.**) طی دو سال

Table 3. ANOVA of vermicompost effects on leaf elements of olive (*Olea europaea* L.) during two years

First year										
Source of variation	d.f.	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Block	2	2.26 **	2.03 **	0.008 **	0.2 **	0.001 **	16704 **	563 **	107 **	5.8 **
Vermicompost	4	0.31 *	0.01 ns	0.0007 **	0.05 **	0.0009 **	36594 **	185.7 *	420 **	2.94 **
Error	8	0.05	0.04	0.00003	0.003	0.00001	358.2	35.1	2.4	0.03
C.V. (%)		11.01	10	4.1	8.4	6.2	5.8	9.1	4.2	3.2
Second year										
Block	2	0.03 ns	0.01 **	0.0006 *	0.005 **	0.0001 **	500 **	10.9 **	8.9 **	0.4 **
Vermicompost	4	0.2 **	0.1 **	0.0002 ns	0.04 **	0.001 **	34249 **	200 **	421 **	2.9 **
Error	8	0.007	0.0009	0.0001	0.0005	0.00001	19.5	0.4	0.3	0.005
C.V. (%)		4.3	11.6	10.4	13.4	5.9	11.4	12.1	10.5	11.4

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیک زیتون زرد (***Olea europaea* L.**) طی دو سال

Table 4. Means comparison of different levels of vermicompost effects on morphological traits of olive (*Olea europaea* L.) during two years

Vermi Compost ($t.ha^{-1}$)	Plant height (cm)		Trunk diameter (cm)		Branches number ($no.tree^{-1}$)		Leaves number ($no.tree^{-1}$)		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Fresh leaf weight ($g.tree^{-1}$)		Dry leaf weight ($g.tree^{-1}$)		Fresh leaf yield ($g.ha^{-1}$)		Dry leaf yield ($g.ha^{-1}$)	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year
0	108a*	125.6 b	4.6b	8.2c	15.3 d	24.3d	916.3 b	1133. 7b	0.8b	0.7c	2.75c	2.7b	147.3c	183.6c	79.9b	103.8 b	58941 c	73440 c	31989 b	41535 b
1	87a	118b	4.9b	7.9c	29c	40c	943.7 b	1217. 7b	1.01ab	0.8bc	3.57ab	3.7a	160.1 bc	204.3 bc	85.8b	112b	64059 bc	81733 bc	34320 b	44799 b
2	104.3a	143.3a b	5.3b	10.2b	32c	44.6bc	1244. 7b	1447. 3b	1.07ab	1.08ab	3.32b	3.5a	173.8 bc	217bc	92.3b	116.2 b	69520 bc	86800 bc	36933 b	46508 b
3	114a	154.6a b	5.6b	11.6a	40.6 b	52.3b	1816b	1724. 3b	1.42a	1.1ab	3.3b	3.3a b	186.4 b	225.6 b	99.8b	125.1 b	74554 b	90267 b	39920 b	50039 b
4	126.6a	164.6a	7a	11.2ab	49.6 a	64a	2734. 3a	2944. 7a	1.46a	1.2a	3.9a	3.7a	230a	274.3a	138.9a	157.6a	91998 a	10973 3a	55573 a	63047 a

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عناصر برگ زیتون زرد (***Olea europaea* L.**) طی دو سال

Table 5. Means comparison of different levels of vermicompost effects on leaf elements of olive (*Olea europaea* L.) during two years

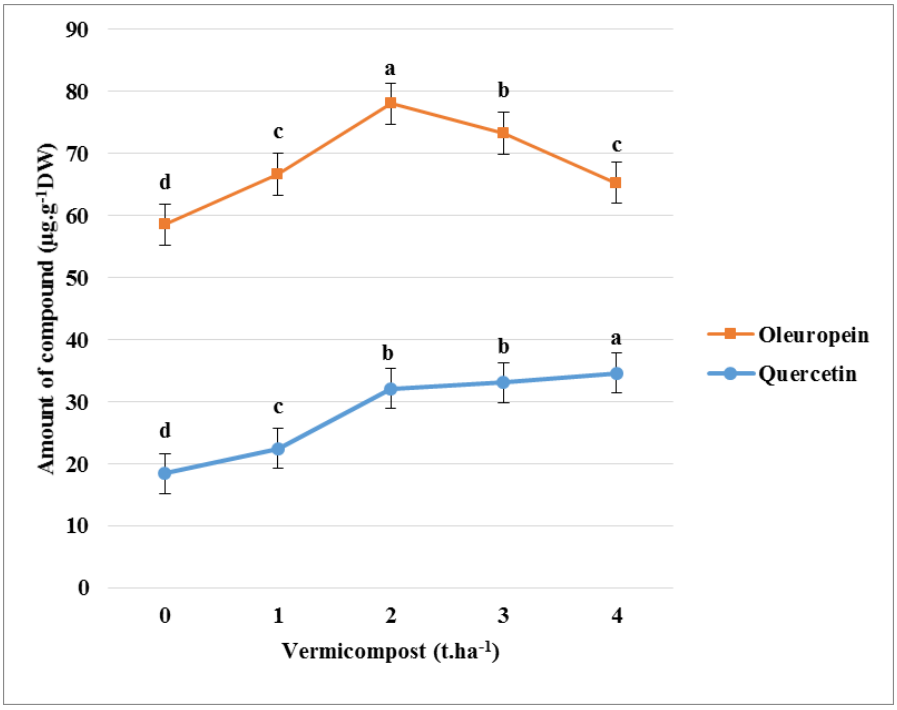
Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	N (%)		K (%)		P (%)		Ca (%)		Mg (%)		Fe (ppm)		Mn (ppm)		Zn (ppm)		Cu (ppm)	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year	1st year	2nd year
0	1.6b*	1.5c	2a	1.6d	0.11c	0.1a	0.52c	0.5d	0.04c	0.03d	216d	205e	59b	55d	24.5d	22.4e	4.5c	4.2e
1	2.22a	2b	2.09a	1.7b	0.11c	0.1a	0.7b	0.6c	0.06b	0.05c	225d	216d	57.8b	54.3d	30c	28d	4.7c	4.4d
2	2.25a	2b	2.06a	1.7c	0.14ab	0.1a	0.78ab	0.7b	0.08a	0.06b	292c	286c	64b	61c	31c	30c	5.5b	5.1c
3	2.36a	2.1ab	2.14a	2a	0.13b	0.1a	0.8ab	0.7ab	0.08a	0.07a	457a	435a	66.6ab	63.4b	41b	37.8b	5.7b	5.3b
4	2.45a	2.2a	2.13a	2a	0.14a	0.1a	0.85a	0.8a	0.08a	0.07a	417b	408b	77.5a	74.5a	54.5a	53a	7a	6.7a

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

مقایسه میانگین‌های سال اول نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن در تیمار ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۲/۴۵٪ مشاهده شد، هرچند بین این تیمار با تیمارهای مصرف ۱، ۲ و ۳ تن در هکتار از ورمی‌کمپوست اختلافی وجود نداشت و کمترین میزان جذب نیتروژن متعلق به تیمار شاهد با ۱/۶٪ بود. درصد پتاسیم در بین تیمارهای مختلف اختلاف آماری قابل مشاهده ای نداشت. بیشترین درصد فسفر در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از ورمی‌کمپوست با میانگین ۰/۱۴٪ و در تیمار عدم مصرف با میانگین ۰/۱۱٪ کمترین بود. بیشترین درصد کلسیم در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از ورمی‌کمپوست با میانگین ۰/۸۵ و در تیمار عدم مصرف با میانگین ۰/۵۲٪ کمترین بود. درصد منیزیم در تیمارهای مصرف ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار ۰/۰۸٪ و در تیمار عدم مصرف ۰/۰۴٪ بود. بیشترین میزان آهن در تیمار سه تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۴۵۷ppm و کمترین در تیمار عدم مصرف با میانگین ۲۱۶ppm مشاهده شد. مقایسه میانگین منگنز نشان داد که بیشترین آن با میانگین ۷۷/۵ppm در تیمار ۴ تن در هکتار بیشترین و با میانگین ۵۹ppm در تیمار عدم مصرف کمترین بود. بیشترین روی جذب شده با میانگین ۵۴/۵ppm در تیمار ۴ تن در هکتار و کمترین آن با میانگین ۲۴/۵ppm در تیمار عدم مصرف مشاهده شد. مقایسه میانگین میزان مس جذب شده نشان داد که تیمار مصرف ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۷ppm بیشترین و شاهد با میانگین ۴/۵ppm کمترین مقدار را داشتند. جدول مقایسه میانگین اثر ورمی‌کمپوست بر عناصر جذبی در سال دوم نشان داد که میانگین‌های نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در دو تیمار مصرف ۳ تن در هکتار و مصرف ۴ تن در هکتار، در یک گروه آماری قرار داشتند. آهن در تیمار مصرف ۳ تن در هکتار با میانگین ۴۳۵ppm، منیزیم (۷۴/۵ppm)، روی (۵۳ppm) و مس (۶/۷ppm) در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار بیشترین بودند (جدول ۵).

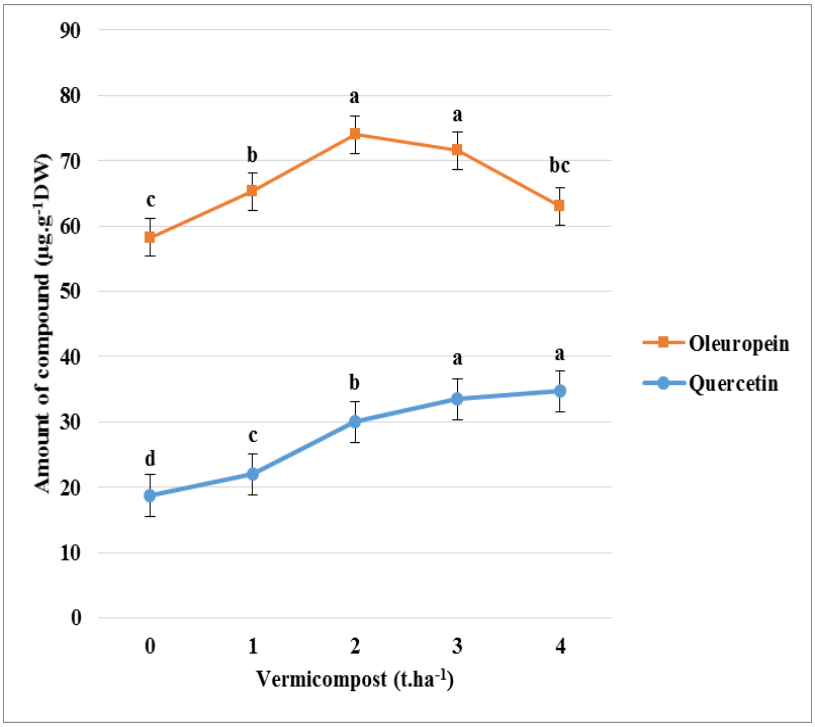
در دو سال آزمایش مشاهده شد که با مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار، میزان کوئرستین به‌شدت افزایش یافت، به‌طوری که در سال اول از تیمار شاهد با ۱۸/۴۸ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک به ۳۴/۶۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن در هکتار رسید. همچنین مشاهده شد که استفاده از میزان ۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار در سال اول منجر به افزایش الئوروپین برگ شد و با افزایش سطح تیمار کودی از میزان الئوروپین کاسته شد. با بررسی شکل ۳ اختلاف سطوح مختلف مصرف ورمی‌کمپوست، افزایش قابل توجهی از تیمار عدم مصرف تا تیمار مصرف دو تن در هکتار به چشم می‌خورد، هر دو ترکیب الئوروپین و کوئرستین این افزایش را نشان دادند. الئوروپین با افزایش سطح مصرف بعد از ۲ تن در هکتار، روند کاهشی نشان داد اما کوئرستین کماکان به روند افزایشی خود ادامه داد. نکته قابل توجه این است که این روند افزایشی در کوئرستین از تیمار ۲ تن در هکتار با شیب کمتری ادامه پیدا می‌کند، به گونه‌ای که تیمار ۳ تن در هکتار با تیمار مصرف ۲ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفته است و تیمار مصرف ۴ تن در هکتار با وجود اینکه در رده آماری اول می‌باشد اما اختلاف آن با گروه آماری دوم، از اختلاف گروه آماری دوم با سوم و سوم با چهارم از لحاظ عددی کمتر است و می‌توان نتیجه گرفت که برای صرفه اقتصادی و با توجه به نمودار اولئوروپین، مصرف ۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست برای مدیریت تولید این دو ترکیب مهم، مناسب می‌باشد (شکل ۳).

نتایج مقایسه میانگین الئوروپین در سال دوم نشان داد که بیشترین آن با ۷۴ میکروگرم در گرم ماده خشک متعلق به تیمار ۲ تن در هکتار بود (شکل ۴). بالاترین میزان کوئرستین از مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار با ۳۴/۷ میکروگرم در گرم ماده خشک بدست آمد (شکل ۴).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر میزان کوئرستین و الئوروپین زیتون زرد (***Olea europaea*** **L.**) (سال اول)

Figure 3. Different levels of vermicompost effects on quercetin and oleuropein amounts of olive (*Olea europaea* L.) (1st year)



شکل ۴- اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر میزان کوئرستین و الئوروپین زیتون زرد (***Olea europaea*** **L.**) (سال دوم)

Figure 4. Different levels of vermicompost effects on quercetin and oleuropein amounts of olive (*Olea europaea* L.) (2nd year)

جدول ۶- آنالیز مرکب دو سال اثر ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیک و عملکرد برگ زیتون زرد (***Olea europaea* L.**)

Table 6. Two-year combined analysis of vermicompost effects on morphological traits and leaf yield of olive (*Olea europaea* L.)

Source of variation	d.f.	Plant height	Trunk diameter	Branches number	Leaves number	Leaf width	Leaf length	Fresh leaf weight per tree	Dry leaf weight per tree	Fresh leaf yield per hectare	Dry leaf yield per hectare	Oleuropein	Quercetin
Block	2	3246.4**	11.9**	17.5*	2994795**	0.22**	2.1**	48090**	15437**	7694528395**	2470025289**	28.1**	99.2**
Vermicompost	4	1631.7**	9.2**	1143.2**	3344119**	0.35**	0.9**	6428**	2920**	1028529619**	467351380**	306.8**	290.7**
Error a	8	946.5	0.5	5.8	406528	0.08	0.1	631	354	101041843	56664485	1.2	3.8
Year	1	8300**	142.1**	1032.5**	198128*	0.15*	0.02ns	12885**	4175**	2061736264**	668102807**	0.9ns	28.01*
Year *Vermicompost	4	134.4ns	1.9*	5.8ns	31477ns	0.02ns	0.04ns	18.9ns	12.7ns	3039198ns	2038696ns	1.5ns	2.7ns
Error	10	1548.9	0.5	3	36440	0.02	0.02	34.9	33	5596052	5285889	1.2	4.6
C.V. (%)		5.05	9.8	4.4	11.8	14.5	4.9	2.9	5.1	2.9	5.1	3.9	3.1

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷- آنالیز مرکب دو سال اثر ورمی‌کمپوست بر عناصر برگ زیتون زرد (***Olea europaea* L.**)

Table 7. Two-year combined analysis of vermicompost effects on leaf elements of olive (*Olea europaea* L.)

Source of variation	d.f.	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Block	2	1.4*	1.2*	0.006**	0.1**	0.001**	11492**	366*	89.4**	4.8**
Vermicompost	4	0.5ns	0.09ns	0.0009ns	0.09*	0.002**	70786**	385**	840.5**	5.8**
Error a	8	0.03	0.01	0.00009	0.0008	0.000003	196	15.8	2.1	0.01
Year	1	0.3ns	0.47ns	0.001ns	0.007ns	0.0006*	974ns	83.6ns	28.8ns	0.8ns
Year × Vermicompost	4	0.005ns	0.02ns	0.00004ns	0.0002ns	0.00002ns	57.4ns	0.2ns	1.01ns	0.004ns
Error	10	0.2	0.1	0.0005	0.01	0.00008	1287	57.5	5.8	0.3
C.V. (%)		21.5	22.2	17.9	18.4	14.6	11.3	11.9	6.8	10.5

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که اثر کود ورمی‌کمپوست و سال تقریباً بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود و اثر متقابل ورمی‌کمپوست× سال بجز قطر تنه بر هیچ یک از صفات اختلاف آماری نداشت (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس آنالیز مرکب سال× مصرف کود ورمی‌کمپوست بر عناصر نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر کوئرستین، اولئوروپین و بیشتر عناصر معنی‌دار بود. البته، اثر متقابل ورمی‌کمپوست در سال بر هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین دو سال (مرکب) کود ورمی‌کمپوست نشان داد که بیشترین ارتفاع (۱۴۵/۶ سانتی‌متر)، قطر تنه (۹/۱ سانتی‌متر)، تعداد شاخه فرعی (۵۶/۸ عدد در پایه)، تعداد برگ (۲۸۳۹/۵ عدد در پایه)، عرض برگ (۱/۳۵ سانتی‌متر)، طول برگ (۳/۸۱ سانتی‌متر)، وزن تر برگ در هکتار (۱۰۰۸۶۶ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک برگ در هکتار (۵۹۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) و کوئرستین (۳۴/۷ میکروگرم در گرم ماده خشک) در تیمار مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد. میزان اولئوروپین با میانگین ۷۶/۰۴ میکروگرم در گرم ماده خشک در تیمار مصرف ۲ تن در هکتار بیشترین بود. منیزیم، روی و مس به‌ترتیب با میانگین‌های ۷۶، ۵۳/۷۵ و ۶/۸۵ppm بیشترین مقدار را در تیمار ۴ تن در هکتار داشتند (جدول ۸).

نتایج مقایسه میانگین دو سال نشان داد که سال دوم در صفات مورفولوژی افزایش معنی‌دار داشته، به گونه‌ای که ارتفاع، قطر تنه، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و عرض برگ در سال دوم بیشتر بوده است. عملکرد برگ تر و برگ خشک در هکتار به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۸۳۹۴/۷ و ۴۹۱۸۵/۴ گرم در هکتار در سال دوم بیشتر بود. البته، میزان اولئوروپین با میانگین ۶۸/۳ میکروگرم در گرم ماده خشک در سال اول بالاتر از سال دوم بود (جدول ۹).

جدول ۸- مقایسه میانگین دو سال اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر صفات اندازه گیری شده زیتون زرد (***Olea europaea*** **L.**)

Table 8. Two-year means comparison of different levels of vermicompost effects on measured traits of olive (*Olea europaea* L.)

Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	Plant height (cm)	Trunk diameter (cm)	Branches number ($no.tree^{-1}$)	Leaves number ($no.tree^{-1}$)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fresh leaf weight ($g.tree^{-1}$)	Dry leaf weight ($g.tree^{-1}$)	Fresh leaf yield ($g.ha^{-1}$)	Dry leaf yield ($g.ha^{-1}$)
0	116.8c*	6.4c	19.8e	1025d	0.75d	2.76c	165.4e	91.9d	66191e	36762d
1	102.5d	6.4c	34.5d	1080.7d	0.94cd	3.67a	182.2d	98.8cd	72896d	39559cd
2	123.8c	7.7b	38.3c	1346c	1.08bc	3.44b	195.4c	104.3c	78160c	41721c
3	134.3b	8.6ab	46.5b	1770.2b	1.27ab	3.29b	206.02b	112.4b	82410b	44979b
4	145.6a	9.1a	56.8a	2839.5a	1.35a	3.81a	252.1a	148.2a	100866a	59310a

ادامه جدول ۸- ...

Continued table 8. …

Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	Quercetin ($\mu g.g^{-1}$)	Oleuropein ($\mu g.g^{-1}$)	N (%)	K (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
0	18.6d	58.3d	1.5b	1.79a	0.1b	0.5	0.03c	210.5c	57b	23.4d	4.35c
1	22.2c	60.04c	2.1ab	1.94a	0.11ab	0.67ab	0.05b	220.5c	56.05b	29c	4.55c
2	31.08b	76.04a	2.1ab	1.89a	0.13ab	0.76a	0.07a	289b	62.5b	30.5c	5.3b
3	33.3a	72.4b	2.2a	2.07a	0.12ab	0.79a	0.07a	446a	65b	39.4b	5.5b
4	34.7a	64.1c	2.3a	2.09a	0.13a	0.83a	0.07a	412.5a	76a	53.7a	6.8a

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر سال بر صفات اندازه‌گیری شده زیتون زرد (***Olea europaea* L.**)

Table 9. Means comparison of year effecs on measured traits of olive (*Olea europaea* L.)

Year	Plant height (cm)	Trunk diameter (cm)	Branches number (no.tree^{-1})	Leaves number (no.tree^{-1})	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fresh leaf weight (g.tree^{-1})	Dry leaf weight (g.tree^{-1})	Fresh leaf yield (g.ha^{-1})	Dry leaf yield (g.ha^{-1})
First	108b	5.5b	33.3b	1531b	1.009b	3.3a	179.5b	99.3b	71814b	39747b
Second	141.2a	9.8a	45.06a	1693a	1.15a	3.4a	220.9a	122.9a	88394a	49185a

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

ادامه جدول ۹- ...

Continued table 9. …

Year	Quercetin (µg.g^{-1})	Oleuropein (µg.g^{-1})	N (%)	K (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
First	27.8a	68.3a	2.1a	2.08a	0.13a	0.7a	0.06a	321.4a	64.9a	36.2a	5.4a
Second	28.1a	6.4b	1.9a	1.8a	0.11a	0.6a	0.05b	310a	61.1a	34.2a	5.1a

*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

نتایج همبستگی میانگین دو سال صفات نشان داد که ارتفاع گیاه با قطر تنه (r=۰/۷۷**)، تعداد شاخه فرعی (r=۰/۴۶*)، تعداد برگ (r=۰/۵**)، طول برگ (r=۰/۳۶*)، عملکرد برگ در هکتار (r=۰/۶۹**) و عملکرد برگ خشک در هکتار (r=۰/۶۸**) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. بین قطر تنه با تعداد شاخه فرعی (r=۰/۶۶**)، تعداد برگ (r=۰/۵۳**)، عملکرد برگ تر در هکتار (r=۰/۶۰**) و عملکرد برگ خشک در هکتار (r=۰/۶۲**) همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. تعداد شاخه فرعی با تعداد برگ (r=۰/۶۶**)، عرض برگ (r=۰/۵۷**)، طول برگ (r=۰/۴۵*)، عملکرد برگ تر در هکتار (r=۰/۴۷**)، عملکرد برگ خشک در هکتار (r=۰/۴۹**)، کوئرستین (r=۰/۷۴**)، میزان کلسیم (r=۰/۴۷**)، منیزیم (r=۰/۵۱**)، آهن (r=۰/۶۵**)، منگنز (r=۰/۴۵*)، روی (r=۰/۷۳**) و مس (r=۰/۵۳**) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. بین تعداد برگ با عرض برگ (r=۰/۶۲**)، طول برگ (r=۰/۴۹**)، عملکرد برگ تر در هکتار (r=۰/۷۱**)، عملکرد برگ خشک در هکتار (r=۰/۷۹**)، کوئرستین (r=۰/۴۸**)، آهن (r=۰/۴۲*)، روی (r=۰/۵۹**) و مس (r=۰/۳۶*) همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت. میزان کوئرستین با اولئوروپین (r=۰/۴۸**)، نیتروژن (r=۰/۶۰**)، پتاسیم (r=۰/۳۸*)، فسفر (r=۰/۵۴**)، کلسیم (r=۰/۷۷**)، منیزیم (r=۰/۸۸**)، آهن (r=۰/۸۸**)، منگنز (r=۰/۷۱**)، روی (r=۰/۸۱**) و مس (r=۰/۷۹**) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. نیتروژن جذب شده با دیگر عناصر اندازه گیری شده همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. بین تمامی عناصر بررسی شده، همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۱۰).

بحث

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب مشکلات زیست محیطی بسیاری ازجمله آلودگی منابع آب، اُفت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها شده است (Sharma, 2002). بنابراین کشاورزی پایدار با هدف مصرف کودهای مناسب و حذف یا کاهش چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، گام به عرصه زندگی بشر نهاده است (Saleh Rastin, 2001). از سویی با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، افزودن مواد آلی به آنها ضروریست. ورود مواد آلی به خاک با افزایش مقدار و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه، سبب افزایش سطح حاصلخیزی خاک و همچنین بهبود شرایط فیزیکی آن می‌شود (Akbarinia *et al.*, 2004). با توجه به اینکه منابع سنتی و محدود مواد آلی، جوابگوی نیاز روزافزون بخش کشاورزی به کود آلی نیست، از این رو استفاده از موادی مانند ضایعات کشاورزی و مواد زائد صنعتی ازجمله ورمی‌کمپوست، به‌عنوان منابع تأمین‌کننده مواد آلی خاک رو به گسترش است (Jeybal & Kupposwany, 2001). زیرا استفاده مداوم گیاهان از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزینی مناسب، باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک می‌شود (Malakouti, 2001). در نتیجه برای رهایی از این مشکلات و مدیریت حاصل‌خیزی خاک، نیاز به مصرف کودهای آلی برای تغذیه گیاه افزایش پیدا کرده است (Mirzaei *et al.*, 2009). نتایج نشان داد که واکنش رشد ارتفاع گیاه زیتون به کود ورمی‌کمپوست در سال اول معنی‌دار نبود (جدول ۴) که احتمالاً بدلیل سرعت رشد کند این گیاه در طول سال و نیز میزان کم عناصر و به‌ویژه نیتروژن آزاد شده از کود ورمی‌کمپوست باشد، زیرا نتایج سال دوم مؤید اثر کود ورمی بر ارتفاع گیاه است. درخت رقم زیتون زرد به لحاظ مورفولوژی متوسط تا کوتاه بوده و شکل تاج آن گرد و با ارتفاع متوسط و دارای طول عمر زیادی می‌باشد (Mohammady & Vakili, 2007).

جدول ۱۰- همبستگی صفات زیتون زرد (*Olea europaea* L.) (میانگین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست)

Table 10. Traits correlation in olive (*Olea europaea* L.) (Mean of different vermicompost levels)

	Plant height	Trunk diameter	Branches number	Leaves number	Leaf width	Leaf length	Fresh leaf weight per tree	Dry leaf weight per tree	Fresh leaf yield per hectare	Dry leaf yield per hectare	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1																		
2	0.77**	1																	
3	0.46*	0.66**	1																
4	0.5**	0.53**	0.66**	1															
5	0.26ns	0.13ns	0.57**	0.62**	1														
6	0.36*	0.32ns	0.45*	0.49**	0.58**	1													
7	0.69**	0.60**	0.47**	0.71**	0.51**	0.50**	1												
8	0.68**	0.62**	0.49**	0.79**	0.50**	0.52**	0.97**	1											
9	0.3ns	0.3ns	0.74**	0.48**	0.54**	0.19ns	0.25ns	0.25ns	1										
10	0.04ns	0.12ns	0.24ns	0.16ns	0.40*	0.40*	0.09ns	0.08ns	0.48**	1									
11	-0.03ns	-0.15ns	0.29ns	0.0003ns	0.19ns	-0.10ns	-0.005ns	-0.06ns	0.60**	0.12ns	1								
12	-0.07ns	-0.32ns	0.03ns	-0.2ns	0.02ns	-0.26ns	-0.15ns	-0.22ns	0.38*	-0.08ns	0.87**	1							
13	-0.06ns	-0.27ns	0.1ns	-0.14ns	0.07ns	-0.28ns	-0.11ns	-0.20ns	0.54**	-0.03ns	0.85**	0.86**	1						
14	0.05ns	0.02ns	0.47**	0.14ns	0.28ns	0.04ns	0.1ns	0.03ns	0.77**	0.23ns	0.91**	0.76**	0.86**	1					
15	0.06ns	-0.005ns	0.51**	0.18ns	0.41*	0.03ns	0.09ns	0.03ns	0.88**	0.39*	0.82**	0.67**	0.80**	0.92**	1				
16	0.33ns	0.24ns	0.65**	0.42*	0.53**	0.08ns	0.23ns	0.21ns	0.88**	0.24ns	0.62**	0.53**	0.59**	0.73**	0.81**	1			
17	0.09ns	0.01ns	0.45*	0.35ns	0.32ns	-0.09ns	0.16ns	0.14ns	0.71**	-0.04ns	0.74**	0.68**	0.80**	0.86**	0.77**	0.72**	1		
18	0.31ns	0.21ns	0.73**	0.59**	0.55**	0.28ns	0.32ns	0.34ns	0.81**	0.02ns	0.61**	0.48**	0.55**	0.69**	0.73**	0.84**	0.80**	1	
19	0.17ns	0.04ns	0.53**	0.36*	0.38*	0.006ns	0.18ns	0.16ns	0.79**	0.001ns	0.79**	0.70**	0.82**	0.87**	0.83**	0.79**	0.96**	0.89**	1

ns, *, and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بدلیل رشد کُند، از ارتفاع متوسط تا کوتاه برخوردار بوده و اثر کود مصرفی بر این صفت در سال اول قابل ملاحظه نبوده است. همچنین شاید یکی دیگر از دلایل عدم افزایش ارتفاع طولی گیاه در سال اول، افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و طول آنها بوده باشد که مواد فتوسنتزی بیشتری به آنها اختصاص یافته است.

مقایسه میانگین قطر تنه نشان داد که با افزایش میزان ورمی‌کمپوست، قطر تنه حدود ۲/۵ و ۳ سانتی‌متر نسبت به تیمار بدون مصرف کود به‌ترتیب در سال اول و دوم افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به روند افزایشی مشاهده شده در هر دو سال، به‌نظر می‌رسد که در صورت مصرف کود بیشتر، این صفت می‌تواند همچنان افزایش داشته باشد. شاید یکی از دلایل سازگاری رقم زیتون زرد در اقلیم‌های مختلف ایران و دنیا به‌دلیل همین صفت باشد، زیرا در شرایط نامساعد محیطی و به‌ویژه زمستان‌های بسیار سرد، سرشاخه‌های نازک گیاه در اثر سرمازدگی و یخ‌زدگی از بین می‌روند و در درختان و درختچه‌های زیتون، با وجود خشک شدن سرشاخه‌های ضعیف و کوچک، تنه گیاه بدون آسیب باقی مانده و سال بعد به رشد خود ادامه می‌دهد.

بیشترین تعداد شاخه فرعی در هر دو سال، در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از کود ورمی‌کمپوست بدست آمد که نشان‌دهنده کاهش تعداد شاخه فرعی با کاهش مصرف کود بود (جدول ۴). همچنین بیشترین تعداد برگ نیز در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از کود ورمی‌کمپوست بدست آمد که همگی نشان‌دهنده تأثیر مثبت این کود بر افزایش طولی شاخه‌های فرعی و در نتیجه تعداد برگ بوده است، زیرا تعداد برگ با تعداد و طول شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت دارد (جدول ۱۰)، بنابراین هر چقدر تعداد و طول شاخه‌های فرعی افزایش یابد، تعداد برگ افزایش خواهد یافت. نتایج مشابه در گیاه *Crossandra infundibuliformis* گزارش شد. به‌عبارتی ورمی‌کمپوست و کمپوست موجب افزایش تعداد برگ و گل در این گیاه شدند (Gajalakeshmi & Abbasi, 2002).

عرض برگ در تیمارهای مصرف کود ورمی‌کمپوست ۱، ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار افزایش نشان داد. همچنین با مصرف کود بر میزان طول برگ نسبت به شاهد افزوده شد. با توجه به این که ورود مواد آلی به خاک با افزایش مقدار و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه، افزایش سطح حاصل‌خیزی خاک و همچنین بهبود شرایط فیزیکی آن و افزایش رشد گیاه همراه است، در نتیجه موجب افزایش سطح فتوسنتز کننده و در نهایت رشد کمّی و کیفی گیاه شده است (Akbarinia *et al*., 2004).

مشاهده شد که ورمی‌کمپوست موجب افزایش صفات وزن تر و خشک برگ یک پایه و عملکرد تر و خشک برگ در هکتار شد (جدول ۴)، به‌طوری که بیشترین وزن برگ تر و خشک یک پایه را تیمار مصرف ۴ تن در هکتار در هر دو سال داشت و بیشترین عملکرد برگ تر و خشک در هکتار نیز از همین تیمار بدست آمد. از دلایل افزایش عملکرد برگ می‌توان به تأثیر کود ورمی‌کمپوست بر اجزای عملکرد اشاره کرد، همان‌طوری که اشاره شد، مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش تعداد شاخه فرعی، طول شاخه فرعی، تعداد برگ، طول و عرض برگ گردید، در نتیجه سبب افزایش عمکرد برگ شده است. وجود رابطه مثبت بین اجزای عملکرد برگ (جدول ۱۰) نشان‌دهنده این است که هر گونه افزایش در هر یک از این صفات، موجب افزایش عملکرد برگ خواهد شد. از نظر ترکیب‌های شیمیایی، ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی از مواد آلی و عناصر بازی قابل تبادل شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و منگنز قابل استفاده گیاه نسبت به خاک اطراف است و کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و به دلیل بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی باعث افزایش باروری خاک شده و علاوه‌بر بهبود جنبه‌های غذایی، شرایط فیزیکی و میکروبی خاک را در پی دارد (Robin *et al*., 2001). بهبود ساختمان خاک (Shipitalo & Protz, 1988)، افزایش خلل و فرج خاک (Binet *et al*., 1997)، افزایش رشد فلور (پوشش گیاهی) و

فون (پوشش جانوری) خاک (Clapperton *et al.*, 2001) و بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک (Baker *et al.*, 1999؛ Hu *et al.*, 1998) موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. نتایج مشابهی در تحقیقات (Anwar *et al.*, 2005) گزارش شد. مشاهده شد که کود ورمی‌کمپوست بر عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳) که نشان‌دهنده تأثیر مثبت استفاده از کود ورمی‌کمپوست در تغذیه گیاه زیتون بوده است. مقایسه میانگین‌های سال اول نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، روی و مس در تیمار ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست وجود داشت (جدول ۵). در سال دوم بیشترین میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی و مس در تیمار ۴ تن در هکتار بود اما در سال اول بالاترین درصد منیزیم در تیمارهای مصرف ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار با ۰/۰۸٪ بود و نیز بیشترین میزان آهن در تیمار ۳ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با میانگین ۴۵۷ppm مشاهده شد که همگی نشان‌دهنده نقش ورمی‌کمپوست در جذب عناصر است، در سال دوم میزان جذب فسفر غیر معنی‌دار بوده و مقدار جذب برخی عناصر مانند نیتروژن، کلسیم، منیزیم و آهن در تیمار ۳ تن در هکتار با ۴ تن اختلاف معنی‌دار نشان ندادند که نشان‌دهنده آزاد شدن بیشتر این عناصر در سال دوم می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت نیاز به برگ‌های با عناصر بالا و با احتمال بسیار بالا برای داشتن میوه‌هایی با عناصر بالا، می‌توان از ورمی‌کمپوست در تغذیه این گیاه استفاده کرد. به نظر می‌رسد که افزایش فعالیت بیولوژیک در محیط رشد حاوی ورمی‌کمپوست و پیامد بهبود جذب عناصر، ضمن افزایش وزن خشک گیاه، می‌تواند باعث افزایش جذب عناصر شود. طبق نتایج حاصل از آزمایشی در ترکیه، با کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک، غلظت روی و مس قابل جذب خاک نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد (Ridvan, 2004). Ahmad Abadi و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی کاربرد ورمی‌کمپوست بر میزان عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک و غلظت‌های آنها در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis*)، مشاهده کردند که ورمی‌کمپوست بر میزان غلظت عناصر کم‌مصرف (مس، منگنز، روی، آهن) در برگ و گل گاوزبان اثر مثبت معنی‌دار داشت. مس و منگنز نیز هر یک نقش ویژه‌ای در فیزیولوژی رشد و نمو زیتون دارند. کمبود مس موجب کوتاه‌شدن میان‌گره‌ها و شاخه‌دهی غیرطبیعی می‌گردد. منگنز در فعالیت برخی آنزیم‌های مؤثر فتوسنتز و همچنین سنتز پروتئین‌ها مؤثر می‌باشد (Fernández-Escobar, 1996).

مشاهده شد که با مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار، میزان کوئرستین در سال اول و دوم به‌شدت افزایش یافت، به‌طوری که از شاهد با ۱۸/۴۸ و ۱۸/۷میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک به ۳۴/۶۷ و ۳۴/۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن در هکتار به‌ترتیب در سال اول و دوم رسید (شکل ۳)، بنابراین به نظر می‌رسد که تولید این ترکیب با تغذیه و عناصر ارتباط داشته باشد، در نتیجه با بررسی همبستگی بین صفات (جدول ۱۰) مشاهده شد که تولید این ترکیب با فسفر، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس همبستگی مثبت معنی‌دار دارد. با توجه به عدم همبستگی تولید آن با نیتروژن و بیشتر صفات مورفولوژیک و عملکرد برگ و از سوی دیگر رابطه مثبت آن با فسفر، می‌توان نتیجه گرفت که تولید آن در شرایط بهینه رشد اتفاق نمی‌افتد و به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش، تولید این ترکیب افزایش می‌یابد؛ با دقت بیشتر در روابط بین صفات این مسئله بیشتر مورد تأیید قرار می‌گیرد، زیرا قطر تنه در شرایط تنش بیشتر افزایش پیدا می‌کند که با این صفت همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. هم‌چنین در شرایط داشتن تعداد شاخه‌های فرعی و برگ بیشتر، گیاه به‌دلیل تعرق بیشتر، در طول روز دچار تنش خشکی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها می‌باشد. در جدول ۱۰ مشاهده شد که کوئرستین با این صفت نیز همبستگی مثبت معنی‌دار دارد، به‌نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی ازجمله آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) که آنزیم کلیدی مسیر سنتز این ترکیب‌ها است (Shehata *et al.*, 2011) می‌تواند میزان ترکیب

فلاونوئیدی کوئرستین را افزایش دهد. همچنین مشاهده شد که استفاده از میزان ۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار منجر به افزایش الئوروپین برگ در هر دو سال شد و با افزایش سطح تیمار کودی از میزان الئوروپین کاسته شد (شکل‌های ۳ و ۴). نتایج نشان‌دهنده آنست که با بهبود شرایط تغذیه و بهتر شدن رشد گیاه از میزان تولید الئوروپین کاسته می‌شود. وجود همبستگی مثبت بین کوئرستین و الئوروپین نشان می‌دهد که تولید این دو ترکیب به هم مرتبط بوده و هر عاملی که موجب افزایش یکی شود دیگری نیز افزایش خواهد یافت. تحقیقات نشان داده که متابولیسم فنیل پروپانوئید اغلب وقتی که گیاه در معرض تنش‌های غیرزیستی قرار می‌گیرد، تحریک می‌شود (Petridis *et al*., 2012). زیادی مصرف نیتروژن موجب تجمع نیتروژن در برگ زیتون شده و به‌دنبال آن مقدار ترکیب‌های فنلی برگ به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد (Fernández-Escobar *et al*., 2006). کاهش پلی‌فنل‌ها در برگ‌های زیتون در اثر مصرف کود نیتروژن در گزارش Tekaya و همکاران (۲۰۱۶) نیز آمده است (Tekaya *et al*., 2016). البته، اثرهای کاهشی مصرف نیتروژن بر کاهش مقدار ترکیب‌های فنلی در *Pinus sylvestris* نیز گزارش شده است (Kainulainen *et al*. 2000). رابطه منفی بین کودهای نیتروژن و فنل کل به این دلیل است که ترکیب‌های فنلی و اسیدهای آمینه از یک چرخه مشابه در شیکمیک اسید سنتز می‌شوند که موجب رقابت بین سنتز پروتئین و ترکیب‌های فنلی برای دسترسی به نیتروژن می‌شود (Jones & Hartley, 1999). بدین ترتیب متابولیسم فنل‌ها می‌تواند به آسانی به‌دنبال کاربرد ترکیب‌های نیتروژن‌دار در بافت‌ها و سلول‌های گیاهی تغییر کند. این تغییر بدین صورت خواهد بود که با کاهش دسترسی به نیتروژن مقدار ترکیب‌های فنلی افزایش و با افزایش فراهمی آن مقدار این ترکیب‌ها کاهش خواهد یافت (Haukioja *et al*., 1998).

به‌طور کلی اثر ورمی‌کمپوست بر برخی صفات مورفولوژیک از قبیل تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، قطر تنه و طول برگ و نیز عملکرد برگ مثبت بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار مصرف ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست مؤثرترین تیمار برای افزایش عملکرد برگ، جذب بیشتر عناصر ماکرو و میکرو و نیز کوئرستین بود. بنابراین، برای داشتن درصد آهن بالا، مصرف ۳ تن در هکتار از ورمی‌کمپوست قابل پیشنهاد بوده و برای داشتن بالاترین میزان الئوروپین، استفاده از ۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار نتیجه بهتری را در پی خواهد داشت.

References

- Abbasi, P.A., Al-Dahmani, J., Shahin, F., Hoitink, H.A.J. and Miller, S., 2002. Effect of compost amendments on diseases severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. Plant Disease, 86: 156-161.
- Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlou, M. and Rahimi Alashti, S., 2012. Effect of vermicompost on physical and chemical properties of soil. Journal of Water and Soil Science, 15(58): 125-137.
- Akbarinia, A., Ghalavand, Z., Tahmasebi Sarvestani, Z. and Sharifi Ashorabadi, A., 2004. Effect of different nutrition systems on soil properties, Elemental uptake and seed yield of Ajowan (*Carum copticum*). Pajouhesh & Sazandegi, 62: 11-19.
- Anwar, M.D., Patra, D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. and Khanuja, S., 2005. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1737-1746.
- Azizi, M., Rezvanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Laskzian, A. and Neamati, H., 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigiation on morphological properties and essential oil content of German chamomile *(Matricari arecutia)*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatocic Plant, 24(1): 82-93.
- Baker, G.H., Carter, P.J. and Barrett, V.J., 1999. Influence of earthworms, Aporrectodea spp. (*Lumbricidiae*), on pasture production on southeastern. Australian Journal of Agriculture Research, 50: 1247-1252.
- Befrozfar, M.R., Habibi, D., Asgharzandeh, A., sadeghi shoae, M. and Tookalloo, R., 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and homic acid can affect the growth and essence of basil. Annals of Biological Research, 4(2): 8-12.
- Binet, F., Hallaive, V. and Curmi, P., 1997. Agricultural practices and the spatial distribution of earthworm in maize fields. Relationships between earthworm abundance, maize plants, and soil

The First National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Crop Production, Isfahan, Iran, 10 November.
- Haukioja, E., Ossipov, V., Koricheva, J., Honkanen, T., Larsson, S. and Lempa, K., 1998. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization?. Chemoecology, 8: 133-139.
- Heidarpour, O., Esmaielpour, B., Ashraf Soltani, A. and Khorramdel, S., 2019. Effect of vermicompost on essential oil composition of (*Satureja hortensis* L.) under water stress condition. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(2): 484-492.
- Hu, F., Wu, X.Q., Li, H. and Wu, S.M., 1998. Effect of earthworm and ants on the properties of red soils (in Chinese). In: Research onthe Red Soil Ecosystem. China Agricultural Science and Technology Publishing House, Beijing, 276-285.
- Japon-Lujan, R., Luque-Rodriguez, J.M. and Luque de Castro, M.D., 2006. Dynamic ultrasound assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. Journal of Chromatography A, 1108: 76-82.
- Jeybal, H. and Kupposwany, G., 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its vosponsec in rice- legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy, 15: 153-170.
- Jones, C.G. and Hartley, S.E., 1999. A protein competition model of phenolic allocation. Oikos, 86: 27-44.
- Kainulainen, P., Utriainen, J., Holopainen, J.K., Oksanen, J.A.R.I. and Holopainen, T., 2000. Influence of elevated ozone and limited N availability on conifer seedlings in an open-air fumigation system: effects on growth nutrient content mycorrhiza needle ultrastructure starch and secondary compounds. Global Change Biology, 6: 345-355.
- Kazeminasab, A., Yarnia, M., Lebaschy, M.H., Mirshekari, B. and Rejali, F., 2016. The effect of vermicompost and PGPR on physiological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant under drought stress. Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 135-144.
- Khorshidi, M., Bahadori, F. and Behnamnia, M., 2013. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*) and vermicompost application on yield and nutrient uptake in garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(11): 1191-1194.
- Le Floch, F., Tena, M.T., Rıos, A. and Yalcarcel, M., 1998. Supercritical fluid extraction of phenol compounds from olive leaves. Talanta, 46: 1123-1130.
- Lee, O.H. and Lee, B.Y., 2010. Antioxidant and antimicrobial activities of individual and combined compaction. Soil Biology and Biochemistry, 22: 577-583.
- Bouaziz, M. and Sayadi, S., 2005. Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of a Tunisian cultivar olive tree. European Journal of Lipid Science and Technology, 107: 497-504.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F., 1961. Method of analysis for soils, plants and waters. University of California, Los Angeles, 309p.
- Clapperton, M.J., Lee, N.O., Binet, F. and Conner, R.L., 2001. Earthworm indirectly reduse the effects of take all *(Gaeumannomyces graminist* var. *tritici)* on soft whitespring wheat (*Triticum aestivumcv* Fielder). Soil Biology and Biochemistry, 33: 1531-1538.
- Daigle, D.J. and Conkerton, E.J., 1982. Highperformance liquid chromatography of 34 selected flavonoids. Journal of Chromatography, 240: 202-205.
- Elmer, P., 1982. Biochemistry, BC5, BC7. Analytical methods for atomic absorbtion spectrophotometry. Perkin-Elmer Cooperation, Norwark, CT, 200p.
- Esmaielpour, B., Rahmanian, M., Heidarpour, O. and Shahriyari, M.H., 2017. Effect of vermicompost and spent mushroom compost on the nutrient and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(5): 1283-1292.
- Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., Barranco, D., Duefias, A. and Ganan, J.A., 1996. Response of olive trees to folk application of humic substances extracted from leonardite. Scientia Horticulturae, 66: 191-200.
- Fernández-Escobar, R., Beltrán, G., Sánchez-Zamora, M.A., García-Novelo, J., Aguilera, M.P. and Uceda, M., 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. HortScience, 41(1): 215-219.
- Gajalakeshmi, S. and Abbasi, S.A., 2002. Effect of the application of water hyacinth compost and vermicompost on the growth and flowering of *Crossandra undulaefolia* and on several vegetables. Bioresource Technology, 85: 197-199.
- Ganjali, A. and Kaykhaii, M., 2017. Investigating the essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* before and after fertilizing with vermicompost. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(5): 1413-1417.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S. and Leifert, C., 2006. Alternative treatments for late blight control in organic potato, Antagonistic micro-organism and compost extract for activity against *Phytophtora infestans*. Potato Research, 48: 171-179.
- Guinda, Á., 2006. Use of solid residue from the olive industry. Grasas y Aceites, 57(1): 107-115.
- Hashemi Majd, K. and Jamaati Samarin, Sh., 2010. Quantitative and qualitative yield of fruit and nutritional status of peach trees affected by vermicompost enriched with iron and zinc.

- Robin, A., Szmidt, R.A.K. and Dickson, W., 2001. Use of Compost in Agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland, 324-336.
- Saleh Rastin, N., 2001. Sustainable management from a biological perspective: 5-31. Khavazi, K. and Malakouti, J., (Eds.). A Compilation of Papers of Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran. Nashr Amouzesh Keshavarzi, Tehran, Iran, 464p.
- Scheu, S., 2004. Effect of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. Pedobiology, 47: 846-865.
- Sharma, A.K., 2002. biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India, 407p.
- Shehata, S.A., Gharib, A.A., El-Mogy, M.M., Abdel-Gawad, K.F. and Shalaby, E.A., 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research, 5: 2304-2308.
- Shipitalo, M.J. and Protz, R., 1988. Factors influcing the dispersibility of claying wormcasts. Soil Science Society of America Journal, 52: 764-769.
- Talhaoui, N., Taamalli, A., Mara Gomez-Caravaca, A., Fernandez-Gutierrez, A. and Segura-Carretero, A., 2015. Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits. Food Research International, 77(2): 92-108.
- Tasdighi, H., Salehi, A., MovahhediDehnavi, M. and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(3): 61-78.
- Tekaya, M., El-Gharbi, S., Mechri, B., Chehab, H., Bchir, A., Chraief, I., Ayachi, M., Boujnah, D., Attia, F. and Hammami, M., 2016. Improving performance of olive trees by the enhancement of key physiological parameters of olive leaves in response to foliar fertilization. Acta Physiologiae Plantarum, 38(101): 1-12.
- Wahing, I.W., Van Houba, V.J.G. and Van der lee, J.J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure. Wageningenagriculture Uiversity, 170p.

phenolics in olea European leaf extract. Bioresource Technology, 101: 3751-3754.
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A. and Abdallah. E.F., 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer irrigation regime on Rosmary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research, 2: 773-779.
- Lujan, R. and Castro, M.D., 2006. Superheated liquid extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. Journal of Chromatography A, 1136: 185-191.
- Malakouti, M.J., 2001. The Effect of using balabced fertilizers and the role of microelements in qualitative and quantitative improvement of agricultural products and the environment. Proceedings of The Second National Conference on the Effective Use of Fertilizers and Toxins, February: 48-52.
- Malik, N.S.A. and Bradford, J.M., 2006. Changes in oleuropein levels during differentiation and development of floral buds in ‘Arbequina’olives. Scienta Horticultural, 110: 274-278
- Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahai, H. and Mahdavai, A., 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Iranian Journal of crops Researches, 7(1): 257-267.
- Mohammady, H. and Vakili, D., 2007. Olive (cultivation, managment and harvesting). Nedaye Sabz Shomal, 214p.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D. and Oreopoulou, V., 2019. Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: An overview of the methods and the effect of extraction parameters: 243-259. In: Watson, R.R., (Ed.). Polyphenols in Plants. Academic Press, 424p.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G. and Tananaki, C., 2012. Salinity-induced changes in phenolic compounds in leaves and roots of four olive cultivars (*Olea europaea* L.) and their relationship to antioxidant activity. Environmental and Experimental Botany, 79: 37-43.
- Ridvan, K., 2004. Cu and Zn accumulation in earthworm *Lumbricus terrestris* in sewag sludge amended soil and fraction of Cu and Zn casts and surrounding soil. Science, 22: 141-145.

Effects of vermicompost on amount of quercetin, oleuropein, and leaf elements in olive (*Olea europaea* L.)

M. Layeghhaghighi[1*] and B. Abbaszadeh[2]

1*- Corresponding author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: laeghhaghighi@yahoo.com
2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: October 2021 Revised: January 2022 Accepted: January 2022

Abstract

Olive (*Olea europaea* L.) is a valuable medicinal tree in addition to being used as a food. Olive leaf, as an organ containing active ingredients, is of great value in various industries. Use of olive leaves extract as a natural antioxidant is one of the most common applications of this plant. Oleuropein is the most important phenolic compound in olive species that plays an important role in health. Oleuropein and quercetin are used as effective compounds in anti-cancer, anti-virus, and anti-inflammatory drugs. To investigate the effects of vermicompost (0, 1, 2, 3, and 4 tons per hectare) application on morphological traits, leaf yield, and oleuropein, quercetin, macro and micro elements of the olive leaf extract under field conditions, an experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications (nine shrubs in each replicate) at the Alborz Research Station, Research Institute of Forests and Rangelands in two years. Three-year-old shrubs were planted at a distance of 5 m on the row and 5 m between the rows at a depth of 50 cm. Vermicompost affected fresh and dry leaf yield per hectare and quercetin and oleuropein amounts of the leaves significantly (at the level of 1% probability) in both years. The highest dry leaf yield per hectare was obtained in the 4 tons of vermicompost treatment (55.573 kg in the first year and 63.047 kg in the second one). The amount of quercetin increased from 18.48 and 18.7 µg.mg^{-1} dry matter in the control treatment (in the first and second years, respectively) to 34.67 and 37.7 µg.mg^{-1} dry matter in the 4 tons vermicompost per hectare treatment (in the first and second years, respectively). Also, the use of 2 tons of vermicompost per hectare increased the leaf oleuropein in both years. Different vermicompost treatments increased the uptake of most macro and micro elements including phosphorus, calcium, magnesium, iron, manganese, zinc, and copper in both years. The results showed that the appropriate amounts of vermicompostcould be used to produce a plant with high quercetin and oleuropein.

Keywords: Olive (*Olea europaea* L.), phenolic compounds, macro elements, micro elements.