

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

معصومه لایق حقیقی<sup>۱\*</sup> و بهلول عباسزاده<sup>۲</sup>

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

پست الکترونیک: layeghghighi@yahoo.com

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

تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰

### چکیده

زیتون (*Olea europaea* L.) علاوه بر مصرف به عنوان یک ماده غذایی، یک درخت دارویی با ارزش نیز به حساب می آید. برگ زیتون، به عنوان یک اندام حاوی ماده مؤثره، در صنایع مختلف دارای ارزش فراوان می باشد. استفاده از عصاره برگ زیتون به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی، از رایج ترین کاربردهای این گیاه می باشد. الئوروپین مهم ترین ترکیب فنلی در گونه های زیتون است که نقش مهمی در سلامت دارد. الئوروپین و کوئرستین به عنوان ترکیب های مؤثر در داروهای ضد سرطان، ضد ویروس و ضد التهاب بکار می روند. این تحقیق به منظور بررسی اثر کاربرد ورمی کمپوست (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار) بر صفات مورفولوژیک، عملکرد برگ و الئوروپین، 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 بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار (۹ درختچه در هر تکرار) انجام گرفت. درختچه ها (سه ساله) با فاصله ۵ متر روی ردیف و ۵ متر بین ردیف ها با عمق ۵۰ سانتی متر کشت شدند. اثر ورمی کمپوست بر عملکرد برگ تر و خشک در هکتار و میزان کوئرستین و الئوروپین برگ در هر دو سال معنی دار (در سطح احتمال ۱٪) بود. بالاترین عملکرد برگ خشک در هکتار در تیمار ۴ تن ورمی کمپوست (سال اول ۵۵/۵۷۳ کیلوگرم و سال دوم ۶۳/۰۴۷ کیلوگرم) بدست آمد. میزان کوئرستین از ۱۸/۴۸ و ۱۸/۷ میکروگرم بر میلی گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن ورمی کمپوست در هکتار (به ترتیب در سال های اول و دوم) رسید. همچنین استفاده از مقدار ۲ تن ورمی کمپوست در هکتار منجر به افزایش الئوروپین برگ در هر دو سال شد. تیمارهای مختلف کود ورمی کمپوست موجب افزایش جذب اکثر عناصر ماکرو و میکرو از جمله فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در هر دو سال گردید. نتایج نشان داد که با استفاده از مقادیر مناسب ورمی کمپوست می توان نسبت به تولید گیاه با کوئرستین و الئوروپین بالا اقدام کرد.

واژه های کلیدی: زیتون (*Olea europaea* L.)، ترکیب های فنلی، عناصر ماکرو، عناصر میکرو.

### مقدمه

گیاهان دارویی در سطح جهان و نیاز مبرم صنایع داروسازی، بهداشتی و غذایی به گیاهان دارویی، باعث شده

افزایش جمعیت و رویکرد روزافزون به استفاده از

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

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. گیاهان دولپه‌ای و متعلق به خانواده Oleaceae بوده و در جهان از حوزه دریای مدیترانه، شمال آفریقا، جنوب شرقی 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، هیدروکسی 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

## مواد و روش‌ها

این تحقیق برای بررسی اثر کاربرد ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی 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 ورمی کمپوست در جدول ۱ ارائه شده است.

مختلف ورمی کمپوست بود. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که استفاده از ورمی کمپوست و قطع آبیاری در مراحل ابتدایی گلدهی گیاه مرزه یک‌ساله، موجب افزایش میزان ترکیب‌های مهم اسانس می‌شود (Heidarpour et al., 2019). به طوری که با افزودن ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، 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 ورمی کمپوست مشاهده شد (Tasdighi et al., 2015). نتایج مشابهی نیز در بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) با مصرف ۱۰-۵ تن در هکتار ورمی کمپوست گزارش شد (Kazeminasab et al., 2016). با توجه به اهمیت مواد مؤثره موجود در برگ زیتون، این تحقیق برای بررسی تأثیر مصرف سطوح مختلف ورمی کمپوست بر میزان ترکیب‌های فنلی کوئرستین، الوروپین و عناصر میکرو و ماکرو در شرایط مزرعه بر برگ زیتون اجرا شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی کمپوست 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

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 ورمی کمپوست 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 به صورت قطره‌ای بود. رسیدگی در طول دوره رشد انجام شد. برداشت

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۵ تیمار در ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (بدون ورمی کمپوست)، کود ورمی کمپوست ۱، ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار، به عبارتی به ترتیب ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلوگرم در هر چاله کشت بود (Hashemi Majd & Jamaati Samarini, 2010). فاصله بین ردیف‌ها ۵ متر و فاصله بین هر پایه درختچه از یکدیگر ۵ متر با عمق ۵۰

مولیبدات وانادات) اندازه‌گیری و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (Labnics Equipment-LW50501-00) در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و در نهایت مقدار فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب گرم درصد محاسبه و بیان گردید (Chapman & Pratt, 1961). اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتمتر 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 به ترتیب 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 به ترتیب 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 الیوروپین

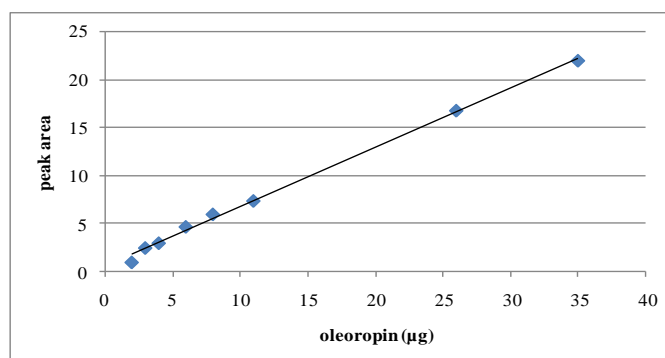
برای استخراج الیوروپین از برگ‌های زیتون، پس از خشک کردن، نمونه‌ها پودر شدند و یک گرم از این پودر با ۱۰ میلی‌لیتر حلال اتانول-آب (۷۰:۳۰) به مدت ۳۰ دقیقه در ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حمام فراصوت گذاشته شد. محلول حاصل، با دور ۴۰۰۰rpm سانتریفیوژ گردید و محلول رویی دور ریخته شد. پس از صاف کردن محلول توسط حلال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

برگ‌ها در ۳۰ شهریور (هر دو سال) انجام گردید. برای بررسی تأثیر تیمارهای اعمال شده بر میزان رشد گیاه و همچنین به دلیل 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 آن 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



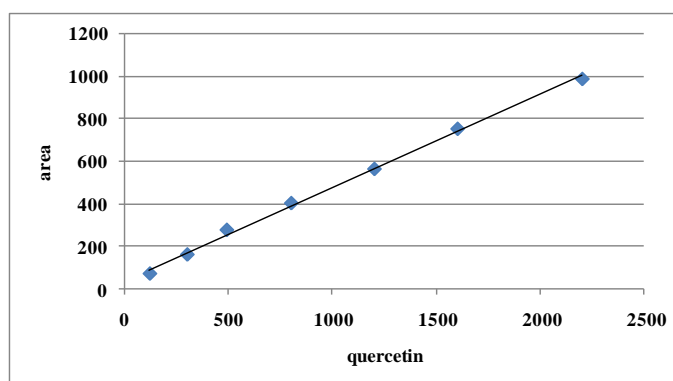
شکل ۱- منحنی کالیبراسیون اولئوروپین

Figure 1. Calibration curve of Oleuropein

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).

#### 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،



شکل ۲- منحنی کالیبراسیون ترکیب کوئرستین

Figure 2. Calibration curve of Quercetin

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٪ استونیتریل) با pH حدود ۷ بود و با سرعت یک میلی‌لیتر در دقیقه جریان داشت. نسبت

#### 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

بیشترین قطر تنه در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار کود ورمی کمپوست با میانگین ۷ سانتی متر مشاهده شد و بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیشترین تعداد شاخه فرعی، در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار کود ورمی کمپوست با میانگین ۲۷۳۴/۳ عدد بر پایه بدست آمد. البته، تعداد برگ در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار از کود ورمی کمپوست با ۲۷۳۲ عدد بر پایه بیشتر از بقیه بود. بلندترین طول برگ در تیمارهای مصرف ۱ و ۴ تن در هکتار کود ورمی کمپوست به ترتیب با میانگین های ۳/۶ و ۳/۹ سانتی متر مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر اثر کود ورمی کمپوست بر کلیه عملکردها بود، به طوری 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 ورمی کمپوست در هکتار با ۵۵۵۷۳ گرم بیشترین بود. با بررسی نتایج سال دوم مشاهده شده که بیشترین قطر تنه با میانگین ۱۱/۶ سانتی متر در تیمار مصرف ۳ تن در هکتار وجود داشت، بیشترین تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، عرض برگ و طول برگ به ترتیب با میانگین های ۶۴ عدد در پایه، ۲۹۴۴/۷ عدد در پایه، ۱/۲ سانتی متر و ۳/۷ سانتی متر در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست در هکتار به ترتیب با میانگین های ۲۷۴/۳ گرم در پایه، ۱۵۷/۶ گرم در پایه، ۱۰۹۷۳۳ گرم در هکتار و ۶۳۰۴۷ گرم در هکتار بیشترین بودند (جدول ۴).

حلال های A و B در زمان شروع به ترتیب 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 اندازه گیری ترکیب های فنلی مورد نظر، طول موج شناساگر فرابنفش در ۲۸۰ و ۳۳۰ نانومتر تنظیم شد.

برای تجزیه آماری داده ها از نرم افزار SAS نسخه ۹ (SAS Institute. 2002) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها، با آزمون چند دامنه ای دانکن انجام و در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

## نتایج

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

نتایج تجزیه واریانس اثر کود ورمی کمپوست بر عناصر جذبی در سال اول نشان داد که ورمی کمپوست بر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس اثر معنی دار داشت. اثر معنی دار ورمی کمپوست 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 میانگین های سال اول،

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر ورمی کمپوست 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

First year													
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	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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)		Trunk diameter (cm)		Branches number (no.tree <sup>-1</sup> )		Leaves number (no.tree <sup>-1</sup> )		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Fresh leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )		Dry leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )		Fresh leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )		Dry leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )	
	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year
0	108a*	125.6b	4.6b	8.2c	15.3d	24.3d	916.3b	1133.7b	0.8b	0.7c	2.75c	2.7b	147.3c	183.6c	79.9b	103.8b	58941c	73440c	31989b	41535b
1	87a	118b	4.9b	7.9c	29c	40c	943.7b	1217.7b	1.01ab	0.8bc	3.57ab	3.7a	160.1bc	204.3bc	85.8b	112b	64059bc	81733bc	34320b	44799b
2	104.3a	143.3ab	5.3b	10.2b	32c	44.6bc	1244.7b	1447.3b	1.07ab	1.08ab	3.32b	3.5a	173.8bc	217bc	92.3b	116.2b	69520bc	86800bc	36933b	46508b
3	114a	154.6ab	5.6b	11.6a	40.6b	52.3b	1816b	1724.3b	1.42a	1.1ab	3.3b	3.3a	186.4b	225.6b	99.8b	125.1b	74554b	90267b	39920b	50039b
4	126.6a	164.6a	7a	11.2ab	49.6a	64a	2734.3a	2944.7a	1.46a	1.2a	3.9a	3.7a	230a	274.3a	138.9a	157.6a	91998a	109733a	55573a	63047a

\*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 ورمی کمپوست 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 <sup>-1</sup> )	N (%)		K (%)		P (%)		Ca (%)		Mg (%)		Fe (ppm)		Mn (ppm)		Zn (ppm)		Cu (ppm)	
	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> year	1 <sup>st</sup> year	2 <sup>nd</sup> 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

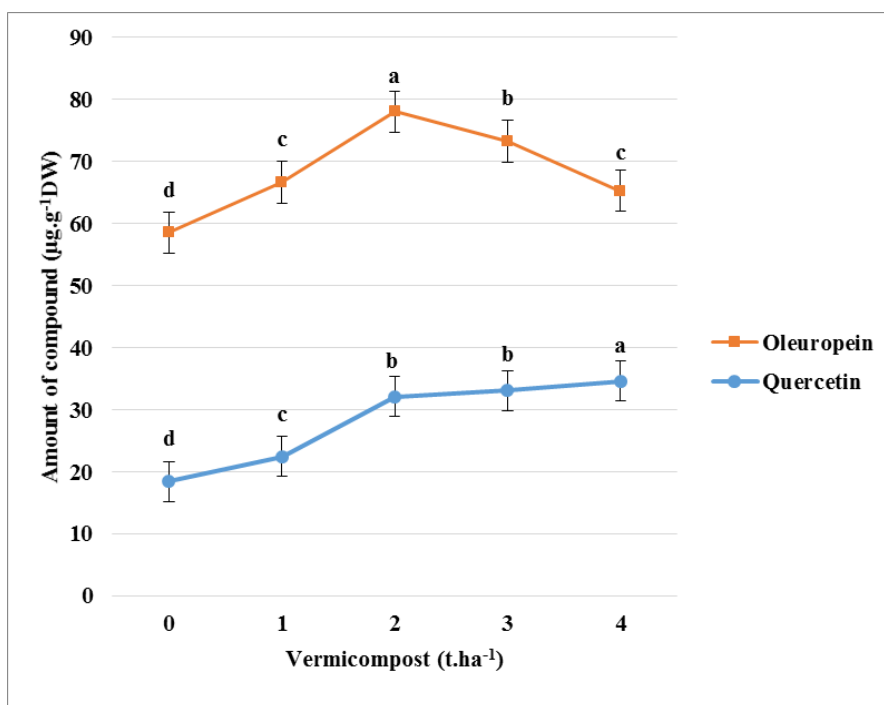
\*In each column, the means with at least one common letter are not significantly different (Duncan test) at 5% probability level.

هکتار بیشترین بودند (جدول ۵).

در دو سال آزمایش مشاهده شد که با مصرف ۴ تن ورمی کمپوست در هکتار، میزان کوئرتستین به شدت افزایش یافت، به طوری که در سال اول از تیمار شاهد با ۱۸/۴۸ میکروگرم بر میلی گرم ماده خشک به ۳۴/۶۷ میکروگرم بر میلی گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن در هکتار رسید. همچنین مشاهده شد که استفاده از میزان ۲ تن ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست، افزایش قابل توجهی از تیمار عدم مصرف تا تیمار مصرف دو تن در هکتار به چشم می خورد، هر دو ترکیب الئوروپین و کوئرتستین این افزایش را نشان دادند. الئوروپین با افزایش سطح مصرف بعد از ۲ تن در هکتار، روند کاهشی نشان داد اما کوئرتستین کماکان به روند افزایشی خود ادامه داد. نکته قابل توجه این است که این روند افزایشی در کوئرتستین از تیمار ۲ تن در هکتار با شیب کمتری ادامه پیدا می کند، به گونه ای 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 می باشد اما اختلاف آن با گروه آماری دوم، از اختلاف گروه آماری دوم با سوم و سوم با چهارم از لحاظ عددی کمتر است و می توان نتیجه گرفت که برای صرفه اقتصادی و با توجه به نمودار اولئوروپین، مصرف ۲ تن در هکتار ورمی کمپوست برای مدیریت تولید این دو ترکیب مهم، مناسب می باشد (شکل ۳).

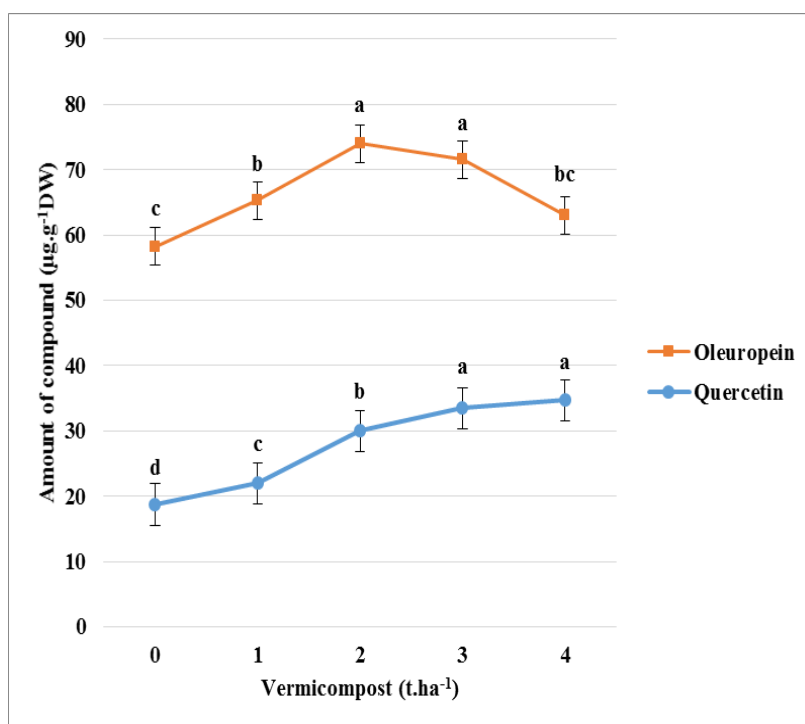
نتایج مقایسه میانگین الئوروپین در سال دوم نشان داد که بیشترین آن با ۷۴ میکروگرم در گرم ماده خشک متعلق به تیمار ۲ تن در هکتار بود (شکل ۴). بالاترین میزان کوئرتستین از مصرف ۴ تن ورمی کمپوست در هکتار با ۳۴/۷ میکروگرم در گرم ماده خشک بدست آمد (شکل ۴).

مقایسه میانگین های سال اول نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن در تیمار ۴ تن در هکتار ورمی کمپوست با میانگین ۲/۴۵٪ مشاهده شد، هرچند بین این تیمار با تیمارهای مصرف ۱، ۲ و ۳ تن در هکتار از ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست با میانگین ۷ppm بیشترین و شاهد با میانگین ۴/۵ppm کمترین مقدار را داشتند. جدول مقایسه میانگین اثر ورمی کمپوست بر عناصر جذبی در سال دوم نشان داد که میانگین های 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



شکل ٣- اثر سطوح مختلف ورمي كميوسـت بر ميزان كوئرسـتين و الـثورويـين زيتون زرد (*Olea europaea* L.) (سال اول)

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



شکل ٤- اثر سطوح مختلف ورمي كميوسـت بر ميزان كوئرسـتين و الـثورويـين زيتون زرد (*Olea europaea* L.) (سال دوم)

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

جدول ۶- آنالیز مرکب دو سال اثر ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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.

هکتار (۵۹۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) و کوئرتستین (۳۴/۷ میکروگرم در گرم ماده خشک) در تیمار مصرف ۴ تن ورمی کمپوست 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 به ترتیب با میانگین های 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 معنی دار داشته، به گونه ای 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 به ترتیب با میانگین های 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).

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که اثر کود ورمی کمپوست و سال تقریباً بر کلیه صفات اندازه گیری شده معنی دار بود و اثر متقابل ورمی کمپوست × سال بجز قطر تنه بر هیچ یک از صفات اختلاف آماری نداشت (جدول ۶).

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

نتایج مقایسه میانگین دو سال (مرکب) کود ورمی کمپوست نشان داد که بیشترین ارتفاع (۱۴۵/۶ سانتی متر)، قطر تنه (۹/۱ سانتی متر)، تعداد شاخه فرعی (۵۶/۸ عدد در پایه)، تعداد برگ (۲۸۳۹/۵ عدد در پایه)، عرض برگ (۱/۳۵ سانتی متر)، طول برگ (۳/۸۱ سانتی متر)، وزن تر برگ در هکتار (۱۰۰۸۶۶ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک برگ در

جدول ۸- مقایسه میانگین دو سال اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست 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 <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Trunk diameter (cm)	Branches number (no.tree <sup>-1</sup> )	Leaves number (no.tree <sup>-1</sup> )	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fresh leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )	Dry leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )	Fresh leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )	Dry leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )
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 <sup>-1</sup> )	Quercetin (µg.g <sup>-1</sup> )	Oleuropein (µg.g <sup>-1</sup> )	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 اندازه گیری شده زیتون زرد (*Olea europaea* L.)

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

Year	Plant height (cm)	Trunk diameter (cm)	Branches number (no.tree <sup>-1</sup> )	Leaves number (no.tree <sup>-1</sup> )	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fresh leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )	Dry leaf weight (g.tree <sup>-1</sup> )	Fresh leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )	Dry leaf yield (g.ha <sup>-1</sup> )
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 <sup>-1</sup> )	Oleuropein (µg.g <sup>-1</sup> )	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.

اراضی کشاورزی موجب مشکلات زیست محیطی بسیاری از جمله آلودگی منابع آب، افت 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 از جمله ورمی‌کمپوست، به عنوان 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).

نتایج همبستگی میانگین دو سال صفات نشان داد که ارتفاع گیاه با قطر تنه ( $r=0/77^{***}$ )، تعداد شاخه فرعی ( $r=0/46^{**}$ )، تعداد برگ ( $r=0/5^{**}$ )، طول برگ ( $r=0/36^{**}$ )، عملکرد برگ در هکتار ( $r=0/69^{**}$ ) و عملکرد برگ خشک در هکتار ( $r=0/68^{**}$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. بین قطر تنه با تعداد شاخه فرعی ( $r=0/66^{**}$ )، تعداد برگ ( $r=0/53^{**}$ )، عملکرد برگ در هکتار ( $r=0/60^{**}$ ) و عملکرد برگ خشک در هکتار ( $r=0/62^{**}$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. تعداد شاخه فرعی با تعداد برگ ( $r=0/66^{**}$ )، عرض برگ ( $r=0/57^{**}$ )، طول برگ ( $r=0/45^{**}$ )، عملکرد برگ در هکتار ( $r=0/47^{**}$ )، عملکرد برگ خشک در هکتار ( $r=0/49^{**}$ )، کوئرستین ( $r=0/74^{**}$ )، میزان کلسیم ( $r=0/47^{**}$ )، منیزیم ( $r=0/51^{**}$ )، آهن ( $r=0/65^{**}$ )، منگنز ( $r=0/45^{**}$ )، روی ( $r=0/73^{**}$ ) و مس ( $r=0/53^{**}$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. بین تعداد برگ با عرض برگ ( $r=0/62^{**}$ )، طول برگ ( $r=0/49^{**}$ )، عملکرد برگ در هکتار ( $r=0/71^{**}$ )، عملکرد برگ خشک در هکتار ( $r=0/79^{**}$ )، کوئرستین ( $r=0/48^{**}$ )، آهن ( $r=0/42^{**}$ )، روی ( $r=0/59^{**}$ ) و مس ( $r=0/36^{**}$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت. میزان کوئرستین با اولئوروپین ( $r=0/48^{**}$ )، نیتروژن ( $r=0/60^{**}$ )، پتاسیم ( $r=0/38^{**}$ )، فسفر ( $r=0/54^{**}$ )، کلسیم ( $r=0/77^{**}$ )، منیزیم ( $r=0/88^{**}$ )، آهن ( $r=0/88^{**}$ )، منگنز ( $r=0/71^{**}$ )، روی ( $r=0/81^{**}$ ) و مس ( $r=0/79^{**}$ ) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. نیتروژن جذب شده با دیگر عناصر اندازه‌گیری 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



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

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 کمی 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)، به طوری 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، همان طوری که اشاره شد، مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش تعداد شاخه فرعی، طول شاخه فرعی، تعداد برگ، طول و عرض برگ گردید، در نتیجه سبب افزایش عملکرد 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 علاوه بر 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

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 به ترتیب در سال اول و دوم افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به روند افزایشی مشاهده شده در هر دو سال، به نظر 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 به دلیل همین صفت باشد، زیرا در شرایط نامساعد محیطی و به ویژه 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. به عبارتی ورمی‌کمپوست و کمپوست موجب افزایش تعداد برگ و گل در این گیاه شدند (Gajalakeshmi & Abbasi, 2002).

(*Borago officinalis*)، مشاهده کردند که ورمی کمپوست بر میزان غلظت عناصر کم مصرف (مس، منگنز، روی، آهن) در برگ و گل گاوزبان اثر مثبت معنی دار داشت. مس و منگنز نیز هر یک نقش ویژه‌ای در فیزیولوژی رشد و نمو زیتون دارند. کمبود مس موجب کوتاه شدن 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 ورمی کمپوست در هکتار، میزان کوئرتستین در سال اول و دوم به شدت افزایش یافت، به طوری که از شاهد با ۱۸/۴۸ و ۱۸/۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک به ۳۴/۶۷ و ۳۴/۷ میکروگرم بر میلی‌گرم ماده خشک در تیمار ۴ تن در هکتار به ترتیب 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 معنی دار 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 به نظر 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 معنی دار نشان داد. همچنین در شرایط داشتن تعداد شاخه‌های فرعی و برگ بیشتر، گیاه به دلیل تعرق بیشتر، در طول روز دچار تنش خشکی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها می‌باشد. در جدول ۱۰ مشاهده شد که کوئرتستین با این صفت نیز همبستگی مثبت معنی دار دارد، به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی از جمله آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL) که آنزیم کلیدی مسیر سنتز این ترکیب‌ها است (Shehata et al., 2011) می‌تواند میزان ترکیب

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 ورمی کمپوست بر عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس اثر معنی دار داشت (جدول ۳) که نشان‌دهنده تأثیر مثبت استفاده از کود ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست با میانگین ۴۵۷ppm مشاهده شد که همگی نشان‌دهنده نقش ورمی کمپوست در جذب عناصر است، در سال دوم میزان جذب فسفر غیر معنی دار بوده و مقدار جذب برخی عناصر مانند نیتروژن، کلسیم، منیزیم و آهن در تیمار ۳ تن در هکتار با ۴ تن اختلاف معنی دار 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 ورمی کمپوست در تغذیه این گیاه استفاده کرد. به نظر می‌رسد که افزایش فعالیت بیولوژیک در محیط رشد حاوی ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست 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 ورمی کمپوست بر میزان عناصر غذایی کم مصرف در خاک و غلظت‌های آنها در گیاه گاوزبان

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 الثوروپین، 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., Rezvaneh, F., Hassanzadeh Khayat, M., Laskzian, A. and Neamati, H., 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricari arcutia*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 24(1): 82-93.
- Baker, G.H., Carter, P.J. and Barrett, V.J., 1999. Influence of earthworms, *Aporrectodea* spp. (*Lumbricidae*), on pasture production on southeastern. *Australian Journal of Agriculture Research*, 50: 1247-1252.
- Befrozfar, M.R., Habibi, D., Asgharzandeh, A., sadeghi shoae, M. and Tookaloo, R., 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and homoc 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
- فلاونوئیدی کوئرستین را افزایش دهد. همچنین مشاهده شد که استفاده از میزان ۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار منجر به افزایش الثوروپین برگ در هر دو سال شد و با افزایش سطح تیمار کودی از میزان الثوروپین کاسته شد (شکل‌های ۳ و ۴). نتایج نشان‌دهنده آنست که با بهبود شرایط تغذیه و بهتر شدن رشد گیاه از میزان تولید الثوروپین کاسته می‌شود. وجود همبستگی مثبت بین کوئرستین و الثوروپین 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 به دنبال 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 کاهش 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 به دنبال 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

- 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., Esmailpour, 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 on the 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 Kupposwamy, G., 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response 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., Rios, 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 reduce the effects of take all (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) on soft wheatspring wheat (*Triticum aestivum* cv. 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 absorption spectrophotometry*. Perkin-Elmer Cooperation, Norwalk, CT, 200p.
  - Esmailpour, B., Rahmadian, 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., Dueñas, 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.
  - Gajalakshmi, S. and Abbasi, S.A., 2002. Effect of the application of water hyacinth compost and vermicompost on the growth and flowering of *Crossandra undulataefolia* and on several vegetables. *Bioresource Technology*, 85: 197-199.
  - Ganjali, A. and Kaykhani, 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 *Phytophthora 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 influencing 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 University, 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 balanced 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. *Scientia Horticultural*, 110: 274-278
- Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahai, H. and Mahdavaei, A., 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Iranian Journal of crops Researches*, 7(1): 257-267.
- Mohammady, H. and Vakili, D., 2007. Olive (cultivation, management 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 sewage 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. Layeghhaghi<sup>1\*</sup> and B. Abbaszadeh<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: laeghhaghi@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  $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  dry matter in the control treatment (in the first and second years, respectively) to 34.67 and 37.7  $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  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 vermicompost could be used to produce a plant with high quercetin and oleuropein.

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