

اثر کود ورمی کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی (*Olea europaea* L.)

سیده زهرا موسوی دهمورדי، مهدیه غلامی* و بهرام بانی نسب

گروه علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۱/۲۳)

چکیده:

خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی، منجر به آلودگی آب، خاک و هوا می‌گردد. به این علت امروزه دوباره کودهای آلی مورد توجه قرار گرفته‌اند. ورمی کمپوست یک کود زیستی محرك رشد گیاه می‌باشد که سبب افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی نیز می‌شود. کمبود آب آبیاری، عملکرد گیاهان به خصوص زیتون را به شدت کاهش می‌دهد. به همین علت آزمایشی با هدف بررسی اثر کود ورمی کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی درخت زیتون رقم زرد در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در گلخانه باگبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با چهار نسبت حجمی کود ورمی کمپوست (%۰٪، %۲۵٪، %۵۰٪) و دو سطح تنش خشکی (آبیاری کامل و قطع آبیاری) در قالب طرح پایه‌ی کامل تصادفی در ۴ تکرار و ۲ گلدان در هر تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که تنش قطع آبیاری، سبب کاهش ارتفاع، قطر نسبی ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوازی گردید و کاربرد کود ورمی کمپوست سبب افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشد رویشی شد. اعمال تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل کل و افزایش میزان نشت یونی و فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (در ۳۸ روز پس از قطع آبیاری)، کاتالاز و محتوای پروولین گردید؛ و کاربرد کود ورمی کمپوست سبب کاهش معنی‌دار میزان نشت یونی گردید. با وجود اثرات مثبت هر سه تیمار حجمی کود ورمی کمپوست بر برخی پارامترهای رشد و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی (مانند افزایش وزن تر و خشک ریشه)، تیمار %۲۵ حجمی کود ورمی کمپوست با کاهش بیشتر اثرات تخریبی تنش بر کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و مقدار پروولین و نیز با کاهش نشت یونی باعث ایجاد مقاومت بیشتری به خشکی و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه گردید.

واژه‌های کلیدی: آنتی اکسیدان‌ها، تنش کم آبیاری، کود آلی، هیومیک اسید

مقدمه:

صنعتی یا زیستی می‌باشند؛ تنها گونه‌ی خوراکی زیتون، گونه‌ی اروپایی آن (*europaea*) می‌باشد (Bartolucci *et al.*, 1999). درخت زیتون به طور گستره‌ای در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۰ و ۴۵ درجه، در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی، کشت می‌شود (Proietti *et al.*, 2013). بیش از ۷۵ درصد تولید زیتون در اروپاست. پس از آن آسیا (۱۳٪)، آفریقا (۸٪) و

زیتون (*Olea europaea* L.) درختی همیشه سبز و بومی آب و هوای نیمه خشک مدیترانه‌ای می‌باشد که از نظر گیاه‌شناسی به تیره زیتونسانان (Oleaceae) (X=23) تعلق دارد (Therios, 2009). این تیره ۳۰ تا ۳۵ جنس و حدود ۶۰۰ گونه دارد که اکثرًا در مناطق گرمسیری دنیا پراکنده‌اند و به صورت درختان

در قطر ساقه، از زمانی که میزان آب اتلافی از برگ بیش از میزان تأمین آب توسط ریشه باشد، آغاز می‌شود. در گلابی ژاپنی و گوجه فرنگی، نوسانات در قطر ساقه با درجه‌ی باز شدن روزنه‌ها تنظیم می‌شود (Ohashi *et al.*, 2006). گزارش شده است که تنش خشکی منجر به افزایش چشمگیری در محتوای نشت یونی برگ‌های کیوی شد، که نشان دهنده اکسیداسیون غشا در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Wang *et al.*, 2011). نشت یونی کم، یک شاخصی از ثبات غشای سلول و تحمل به تنش آب می‌باشد (Ortiz *et al.*, 2015). تنش‌های غیر زنده اغلب با افزایش نشت الکترون به سمت اکسیژن در طول فرایندهای فتوستتر و تنفس (Ali *et al.*, 2014) باعث تولید رادیکال‌های آزاد در اندامک‌های کلروپلاست، میتوکندری و پراکسیزوم می‌شوند (Ishibashi *et al.*, 2011). در نتیجه تنش خشکی باعث تحریک تنش اکسیداتیو در برگ می‌گردد (Fayez and Bazaid, 2014). گیاهان برای مقابله با تنش‌های اکسیداتیو، دارای سیستم‌های آنزیمی و غیرآنژیمی می‌باشند (Ahmad *et al.*, 2014; Ali *et al.*, 2014). مشاهده گردید که تنش خشکی منجر به افزایش چشمگیری در فعالیت آنزیم کاتالاز برگ‌های درختان کیوی گردید (Wang *et al.*, 2011). همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (GPX SOD APX) در درختان صنوبر در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Lei *et al.*, 2006). دیده شده که تنش خشکی سبب افزایش محتوای پرولین آزاد در درختان صنوبر شد (Lei *et al.*, 2006). افزایش پرولین در شرایط تنش ممکن است تا حدودی مسئول کاهش پراکسیداسیون چربی و رنگدانه‌های فتوستتری باشد (Fayez and Bazaid, 2014).

خشکی محدودیت جدی برای کشاورزیست و پیش‌بینی شده که تا سال ۲۰۳۰ به دلیل تغییرات آب و هوایی، ۱/۲ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار دهد (Ali *et al.*, 2014). بنابراین نیاز به توسعه روش‌هایی که باعث کاهش مصرف آب و افزایش سطح زیرکشت شود، به شدت احساس می‌شود. استفاده از کودهای شیمیایی اثرهای سوئی بر سلامت انسان و محیط زیست دارند؛ به این علت امروزه کودهای آلی جایگزین

آمریکا (۳٪) بیشترین میزان تولید را دارند (Therios, 2009). کشت زیتون امروزه در اغلب نقاط جهان به سرعت در حال افزایش است. در ایران نیز با توجه به اینکه روغن‌های نباتی با مصرف سرانه ۱۶۵ کیلوگرم، یکی از مهم‌ترین اقلام خوراکی در سبد مصرفی خانوارهای ایرانی محسوب می‌شوند و بیش از ۸۵ درصد ماده اولیه این صنعت از طریق واردات تأمین می‌گردد، شناسایی و بهره‌برداری از گنجینه‌های ژنتیکی زیتون کشور و ترویج کشت و صنعت زیتون در اقلیم‌های مستعد، زمینه را برای کاهش وابستگی به خارج از کشور فراهم خواهد نمود (Hosseini-Mazinani *et al.*, 2013).

تنش خشکی یکی از شایع‌ترین و مخرب‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که رشد گیاهان را در سراسر جهان و به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌کند و منجر به کاهش زیادی در عملکرد گیاهان می‌گردد (Wang *et al.*, 2011; Garcia *et al.*, 2014). خشکی محتوای پتاسیم، تعرق، توسعه و بهره‌وری محصول را کاهش می‌دهد. خشکی همچنین میزان فتوستتر، تولید رنگدانه‌های فتوستتری برگ و دیگر فرایندهای بیوشیمیایی مرتبط با رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Fayez and Bazaid, 2014). رنگدانه‌های کلروفیل در واکنش‌های فتوشیمیایی گیاه نقش مهمی را بازی می‌کنند (Li *et al.*, 2006). گزارش شده است که در درختان زیتون، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل، کمتر بود (Denaxa *et al.*, 2012). وزن گیاه نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (Ikemura, 2007). در گیاهان عالی، کاهش فشار توربسانس طی تنش خشکی با کاهش رشد و نمو سلول‌ها، باعث کاهش رشد برگ، سطح برگ و سطح تعرق گیاه شد و در نتیجه سطح فتوستتری گیاه را کاهش داد و منجر به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد شد (Shao *et al.*, 2008). ارتفاع گیاه، طول ساقه، تعداد میان گره‌ها، سطح برگ و بسیاری از فاکتورهای رشدی گیاه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (Ikemura, 2007). خشکی احتمالاً از طریق کاهش فتوستتر و کاهش انتقال شیره‌ی پروردۀ سبب کاهش ارتفاع می‌شود (رشتبری و علیخانی، ۱۳۹۱). تغییرات

تحمل گیاه به تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسید. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر و کارایی کود ورمی کمپوست بر بهبود رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک قلمه‌های یکساله زیتون رقم زرد در شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی اثر کود ورمی کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی نهال‌های زیتون، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور تنش خشکی و کود ورمی کمپوست، در قالب طرح پایه‌ی کامل تصادفی با چهار تکرار و دو گیاه در هر واحد آزمایشی در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ در گلخانه‌های آموزشی-پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. قلمه‌های یکساله رقم زرد زیتون از گلخانه‌ای در شهرستان ساوه، به صورت ریشه‌توبی و درون کیسه‌های پلاستیکی خریداری شدند. کود ورمی کمپوست نیز، در بسته‌بندی‌های یک و دو کیلوگرمی، از سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان تهیه گردید. قبل از اعمال تیمارها، بستر خاک به مدت ۴۸ ساعت در آون ضد عفونی شد. برخی مشخصات خاک گلدان‌ها شامل نسبت ۱:۱:۱ از خاک، پرلایت بستر اصلی خاک گلدان‌ها شامل نسبت ۱:۱:۱ از خاک، پرلایت و ماسه بود. قبل از کاشت، کود ورمی کمپوست در نسبت‌های ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۲۵ پس از کاشت، کود ورمی کمپوست در نسبت‌های پلاستیکی ۷ لیتری انتقال یافتند. حدود یک ماه پس از کاشت و استقرار نمونه‌ها، اعمال تنش خشکی شروع شد. تنش خشکی در دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری اعمال گردید. اعمال تنش بدین صورت بود که تیمارهای آبیاری کامل به صورت مداوم، تا حد ظرفیت مزرعه آبیاری می‌شدند و هیچ گونه تنشی به آنها وارد نشد، درحالی که در تیمارهای تنش خشکی، آبیاری به طور کامل برای مدت ۳۸ روز قطع گردید. پایان آزمایش مصادف بود با زمانی که گیاهان حدود ۸۰ درصد دچار تنش شدند. در این پژوهش فاکتورهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک مربوط به رشد گیاه و نیز مقاومت به تنش خشکی

آنها شده‌اند. ورمی کمپوست یک کود آلی بیولوژیک می‌باشد که از طریق تبدیل ضایعات آلی، طی یک فرایند غیرگرما دوست توسط عمل مشترک کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود (Joshi *et al.*, 2015) و با داشتن مقادیر زیادی مواد هیومیکی یک کود زیستی محرك رشد گیاه می‌باشد (Garcia *et al.*, 2012). ورمی کمپوست باعث بهبود جوانه زنی بذر، ارتفاع ساقه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک برگ، طول و تعداد ریشه، میزان کلروفیل، مواد مغذی ماکرو و میکرو، درصد پروتئین و کربوهیدرات و تعداد میوه گیاه می‌شود و رشد و عملکرد کلی گیاه و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد. بسیاری از تحقیقات تأیید کرده‌اند که کود ورمی کمپوست اثرهای مثبتی را روی رشد گیاه دارد و این تحقیقات در طیف گسترده‌ای از محصولات شامل غلات و حبوبات، سبزیجات، گیاهان زیستی، گلها و محصولات زراعی انجام شده است (Atiyeh *et al.*, 2001). در آزمایشی با کاربرد ورمی کمپوست در بستر گیاهان توت فرنگی (*Fragaria ananassa* var. Chandler) مشخص شد ۳۷٪ سطح برگ، ۳۷٪ بیومس ساقه، ۴۰٪ تعداد گل، ۳۶٪ تعداد ساقه‌های رونده و ۳۵٪ وزن میوه توت فرنگی، افزایش یافت (Arancon *et al.*, 2004). هیومیک اسید استخراج شده از ورمی کمپوست، هورمون‌های تنظیم‌کننده‌ی رشد گیاهی، مسیر رشد ریشه و متابولیسم ثانویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Garcia *et al.*, 2014) و هم چنین گیاهان را در برابر تنش شوری و خشکی محافظت می‌کند (Garcia *et al.*, 2014). Garcia *et al.*, 2012) این ماده در برخی از گونه‌های تحت تنش خشکی، با افزایش بیومس، رشد و عملکرد گیاه (Rashtbari *et al.*, 2012) و یا با اثر بر برخی عملکردهای آنتی اکسیدانی، موجب کنترل رادیکال‌های آزاد و در نتیجه موجب حفاظت گیاه در برابر تنش خشکی شد (Garcia *et al.*, 2012). به علت کاهش شدید آب در جهان، هر راهی که باعث کاهش اثرات منفی خشکی گردد، ممکن است اثر مثبت و معنی‌داری بر اقتصاد کشاورزی داشته باشد (Ashraf *et al.*, 2010). از این رو انجام پژوهشی در زمینه بررسی اثر کود ورمی کمپوست بر

جدول ۱- مشخصات ترکیب اصلی بستر مورد استفاده در این آزمایش

سیلت	رس	شن	بافت خاک	K mg.kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	Na mg.kg ⁻¹	Ph	EC µS.m ⁻¹
%	%	%						
۱۴/۹۴	۲۰	۶۵/۰۶	لوم شنی	۷۵/۴۲	۴۲/۳۵	۱۴۷/۵۷	۶/۱۴	۶۵۹

مجدداً ۳۰ ثانیه ورتکس و هدایت الکتریکی آنها نیز اندازه گیری گردید [Lo]. در نهایت درصد نشت یونی از رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{[Lt / Lo]}{100}$$

تعیین میزان کلروفیل: کلروفیل برگ‌ها به روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) در اواسط و اوخر تنفس خشکی توسط حلال استون ۱۰۰٪ استخراج گردید. ۰/۱ گرم نمونه برگی از جوانترین برگ‌های توسعه یافته در هاون چینی قرار داده و حدود ۱۰ میلی‌لیتر استون ۱۰۰٪ طی دومرحله به هاون اضافه گردید. نمونه‌ها کاملاً له شدند. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول هر لوله حدود ۴ میلی‌لیتر درون کووت دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل UV-600) ریخته و میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۴۴/۸ و ۶۶۱/۶ نانومتر خوانده شد. در نهایت میزان کلروفیل کل از طریق رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

$$C_a = 11.24 \times A_{661.6} - 2.04 \times A_{644.8}$$

$$C_b = 20.13 \times A_{644.8} - 4.19 \times A_{661.6}$$

$$C_{a+b} = 7.05 \times A_{661.6} + 18.09 \times A_{644.8}$$

در این روابط C_a : غلظت کلروفیل a، C_b : غلظت کلروفیل b،

C_{a+b} : میزان کلروفیل کل، $A_{661.6}$: جذب در طول موج

$A_{644.8}$: جذب در طول موج ۶۴۴/۸ می‌باشد.

تعیین میزان پرولین: میزان پرولین براساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه گیری شد. ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه‌های برگی هر تکرار وزن شد. سپس با اضافه کردن ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد، پرولین نمونه‌ها استخراج و نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دور ۲۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. ناین هیدرین به عنوان معرف در این آزمایش استفاده شد؛ روش تهیه آن بدین صورت بود که برای هر ۲۵ نمونه ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین در ۲۰ میلی‌لیتر اسیدفسفریک ۶ مولار و ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص حل شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از

اندازه گیری گردید.

اندازه گیری صفات مورفوЛОژیک: صفات مورفوЛОژیک از قبیل ارتفاع نسبی، قطر نسبی ساقه و وزن تر و خشک هر گیاه از هر واحد آزمایشی اندازه گیری شدند. اندازه گیری ارتفاع به صورت نسبی با استفاده از خطکش با دقت میلی‌متر از سطح خاک تا جوانه‌ی انتهایی، انجام شد. به این صورت که در ابتدا و انتهای آزمایش ارتفاع اندازه گیری و سپس اختلاف آنها به عنوان ارتفاع بر حسب درصد محاسبه و به صورت ارتفاع نسبی بیان گردید (Atiyeh et al., 2001). قطر ساقه در ۲ سانتی‌متری بالای سطح خاک، با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. در پایان آزمایش، نهال‌ها به آرامی از خاک بیرون آورده و از بستر خاک جدا شدند. بعد از شستشو، آب اضافه‌ی آنها گرفته شد. سپس وزن تر ریشه و اندام هوایی با استفاده از ترازوی حساس اندازه گیری شد. وزن خشک نمونه‌ها نیز با قرار گرفتن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و سپس وزن نمونه‌ها به دست آمد.

درصد نشت یونی: اندازه گیری میزان نشت یونی بر طبق روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) صورت گرفت (با اندکی تغییرات جزئی به منظور افزایش دقت کار). به این منظور از جوانترین برگ‌های توسعه یافته، ۵ دیسک برگی با قطر ۱ سانتی‌متر با استفاده از پانچ مخصوص جدا گردید. نمونه‌های برگی ابتدا با آب معمولی، ۲ بار با آب مقطر و سپس یک بار با آب دیونیزه آبکشی شدند و درون لوله‌های مخصوص قرار گرفتند. به هر کدام از لوله‌ها حدود ۱۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه اضافه و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و بر روی شیکر قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ ثانیه وورتکس شدند و میزان هدایت الکتریکی توسط دستگاه سنجش هدایت الکتریکی اندازه گیری گردید [Lt]. سپس، لوله‌ها درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از سرد شدن

یک دقیقه، TV: حجم کل بافر واکنش و عصاره (۳ میلی لیتر)، EV: حجم عصاره (۰/۰۵ میلی لیتر)، ΔA : ضریب خاموشی کاتالاز ($mM^{-1}cm^{-1}$)، D: ضریب رقت.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ۳ میلی لیتر ترکیب واکنش شامل بافر فسفات پتابسیم ۵۰ میلی مولار (pH 7)، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی، اتیلن دیامین تترا استیک اسید ۰/۱ میلی مولار، سدیم آسکوربات ۰/۵ میلی مولار و پراکسید هیدروژن ۰/۱ میلی مولار انجام شد. فعالیت این آنزیم در طول موج ۲۹۰ نانومتر در مدت ۱ دقیقه اندازه‌گیری شد (ضریب خاموشی برای آسکوربات پراکسیداز $mMcm^{-1}$ ۲/۸ می باشد). میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن ترکیه محاسبه گردید (Huberman *et al.*, 1997).

$$\text{فعالیت آسکوربات پراکسیداز (U)} = \frac{\Delta A \times TV \times D}{E \times EV}$$

تجزیه‌ی آماری داده‌ها: آنالیز آماری داده‌های مربوط به کلیه صفات به کمک نرم افزار آماری استاتیس‌تیکس (Stastix 8) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. برای انجام محاسبات و رسم نمودارها از نرم افزار اکسل (Excel) نسخه ۲۰۱۰ استفاده گردید.

نتایج:

ارتفاع نسبی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش بین خشکی و کود ورمی کمپوست در سطح ۰/۱ درصد اثر معنی‌داری را بر میزان ارتفاع نسبی داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین دادها در برهمکنش بین خشکی و کود ورمی کمپوست نشان داد که اگرچه غلظت ۱۲/۵ و ۵۰٪ حجمی کود ورمی کپوست بیشترین ارتفاع را در شرایط آبیاری کامل نسبت به تیمار شاهد داشتند، ولی در شرایط قطع آبیاری، تیمار ۱۲/۵ درصد به طور مؤثرتری از کاهش ارتفاع نسبت به شاهد جلوگیری کرد. هم چنین دیده شده است که در تیمار ۲۵ درصد، ارتفاع در شرایط تنش نسبت به آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری نداشت، پس می‌توان نتیجه گرفت که تیمار ۲۵ درصد اثر بیشتری بر حفظ ارتفاع در شرایط تنش داشته است (شکل ۱). قطر نسبی ساقه: نتایج حاصله از تجزیه واریانس داده‌ها

عصاره حاصل در لوله آزمایش ریخته و به آن به ترتیب ۲ میلی لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک خالص اضافه شد و به مدت ۱ ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام و سرد شدن آنها، به هر کدام ۴ میلی لیتر تولوئن اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه ورتكس شدند. پس از تشکیل دو فاز در لوله آزمایش، با پیپت ۲ میلی لیتر از فاز بالایی در کوئت دستگاه اسپکتروفوتومتر ریخته و در طول موج ۵۲۰ نانومتر عدد دستگاه خوانده شد. برای صفر کردن دستگاه از تولوئن و برای تهیه استاندارد پرولین از غلظت‌های مختلف پرولین استفاده شد. غلظت پرولین از نمودار استاندارد تعیین شده و براساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{پرولین (میکرومول بر گرم وزن ترکیب)} = \frac{[\mu\text{g proline/ml} \times \text{ml toluene}/115.5]}{[\text{g samples}/5]}$$

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان: ۰/۲ گرم از نمونه‌های برگی در ۱۰ میلی لیتر بافر ۵۰ میلی مولار پتابسیم فسفات pH ۷ شامل ۱ میلی مولار اتیلن دیامین تترا استیک اسید (EDTA) و ۱ درصد پلی وینیل پیرولیدین (PVP) (W/V) هموژن، سپس ۳۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ در سانتریفیوژ یخچال دار سانتریفیوژ شد. (برای آسکوربات پراکسیداز، از نمک سدیم آسکوربات ۰/۵ میلی مولار به جای اتیلن دیامین تترا استیک اسید استفاده شد). محلول رویی به عنوان عصاره آنزیمی استفاده گردید. برای اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز، ۳ میلی لیتر ترکیب واکنش شامل بافر پتابسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH 7)، ۵۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی و ۴/۵ میلی لیتر هیدروژن پراکسید (H_2O_2) بود. واکنش با اضافه کردن هیدروژن پراکسید آغاز شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از فرمول زیر و پس از خواندن میزان جذب ترکیب واکنش در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت یک دقیقه و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد.

$$\text{فعالیت کاتالاز (U)} = \frac{\Delta A \times TV \times D}{E \times EV}$$

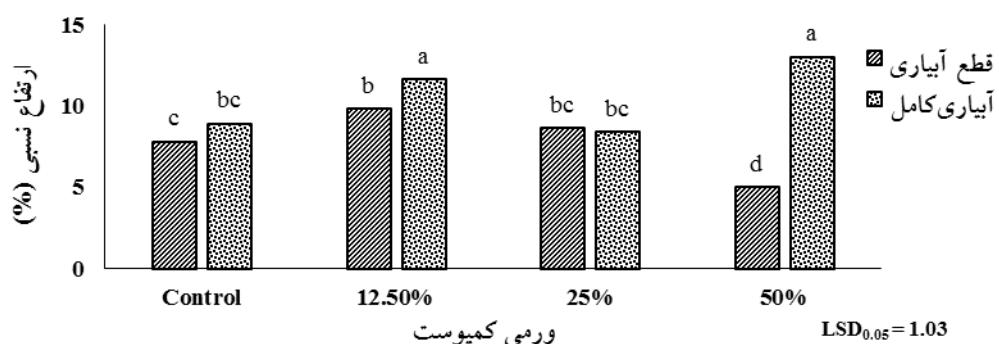
در این رایطه، U: یک واحد از فعالیت کاتالاز که مساوی است با مقدار آنزیمی که باعث تجزیه یک میکرومول هیدروژن پراکسید و تبدیل آن به اکسیژن و آب در مدت یک دقیقه می شود. ΔA : اختلاف جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی قلمه‌های یک ساله ریشه‌دار زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست

منابع تغییرات	ارتفاع نسبی	قطر نسبی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
میانگین مربعات						
خشکی	۳۵/۷۷***	۶۷/۰۲***	۲۲/۷۱**	۱/۸۴*	۲۴۱/۴۱***	۱۶/۷۸**
ورمی کمپوست	۷/۰۹**	۳۹/۹۱***	۲۵/۱۶***	۴/۸۴***	۱۳/۲۷*	۵/۷۸*
خشکی*ورمی کمپوست	۱۸/۸۸***	۱۶/۳۵***	۵/۴۲ns	۱/۸۲**	۷/۰۰۲ ns	۱/۱۷ns
خطای آزمایش	۲/۲۱	۰/۰۹	۱/۸۰	۰/۲۴	۳/۱۳	۱/۹۹
ضریب تغییرات	۹/۴۵	۲۵/۹۱	۱۲/۴۲	۸/۱۱	۱۳/۴۸	۱۵/۱۶

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، و

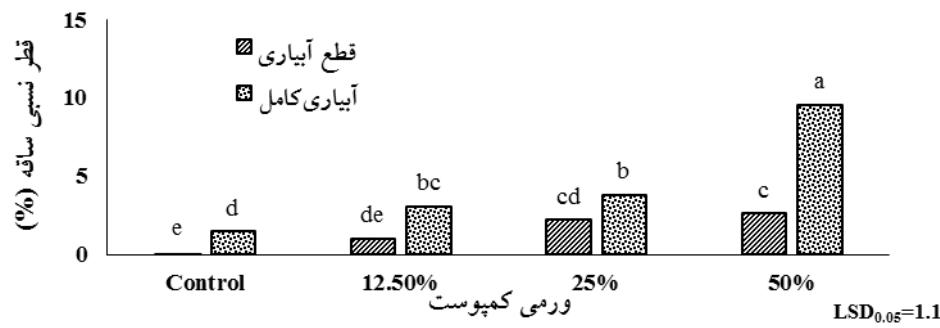
***: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪.



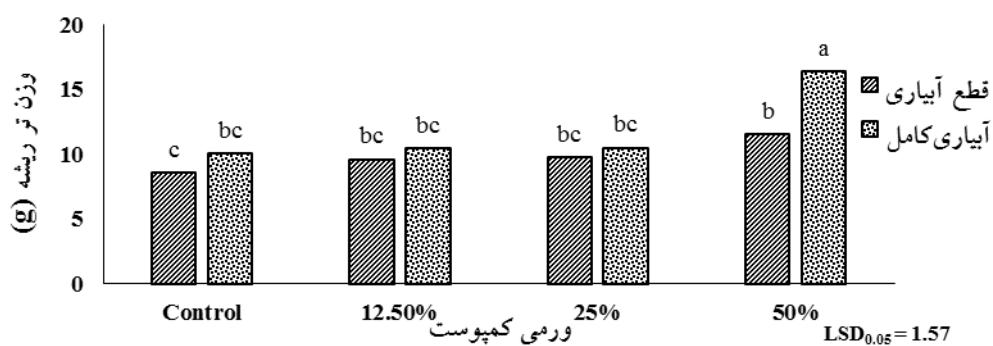
شکل ۱- اثر مقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر ارتفاع نسبی زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

به تیمار شاهد (۰/۱۸) گردد (شکل ۲). وزن تر و خشک ریشه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگرچه برهمکنش بین دو تیمار خشکی و کود ورمی کمپوست بر وزن تر ریشه‌های قلمه‌های یک ساله رقم زرد زیتون بی‌اثر بود ولی در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر میزان وزن خشک داشت (جدول ۲). مقایسات میانگین در برهمکنش بین تیمارها نشان داد که در تیمارهای قطع آبیاری و آبیاری کامل، کاربرد ۵۰ درصد حجمی کود ورمی کمپوست سبب بیشترین افزایش وزن تر ریشه در قلمه‌های یک ساله رقم زرد زیتون نسبت به شاهد گردید. تیمارهای ۲۵ و ۱۲/۵ درصد نیز با وجود افزایش در میزان وزن تر ریشه، تفاوت معنی‌داری را با شاهد نداشتند (شکل ۳). هم‌چنین، در هر دو سطح آبیاری مشاهده گردید که کاربرد ۵۰ درصد حجمی کود ورمی کمپوست، وزن خشک

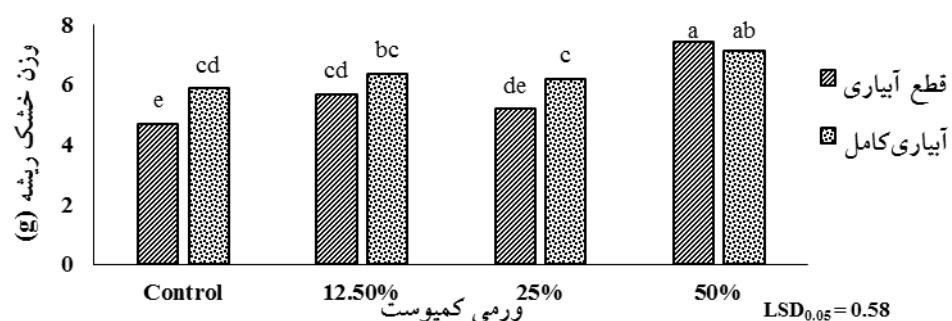
نشان داد که تنفس خشکی و کاربرد کود ورمی کمپوست در سطح احتمال ۰/۱ درصد اثر معنی‌داری بر درصد قطر نسبی ساقه داشتند (جدول ۲). برهمکنش بین خشکی و کود ورمی کمپوست بیانگر این موضوع بود که در هر دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری، افزایش نسبت ورمی کمپوست سبب افزایش درصد قطر نسبی ساقه گردید و تیمار شاهد در هر دو شرایط، کمترین میزان را به خود اختصاص داده بود. اگرچه در هر دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری، تیمار ۵۰٪ بیشترین میزان قطر ساقه را داشت؛ ولی با اعمال تنفس خشکی، میزان کاهش قطر در تیمار ۵۰٪ (۰/۵۷)، نسبت به حالت عدم درصد (۰/۵۳)، بسیار بالا بود (حدود ۷۳ درصد)؛ و تیمار ۲۵ درصد (۰/۱۸) توانست با مقداری مشابه تیمار ۵۰ درصد (۰/۵۷)، مانع از کاهش زیادی در قطر نسبی ساقه نسبت



شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر قطر نسبی ساقه زیتون رقم زرد. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



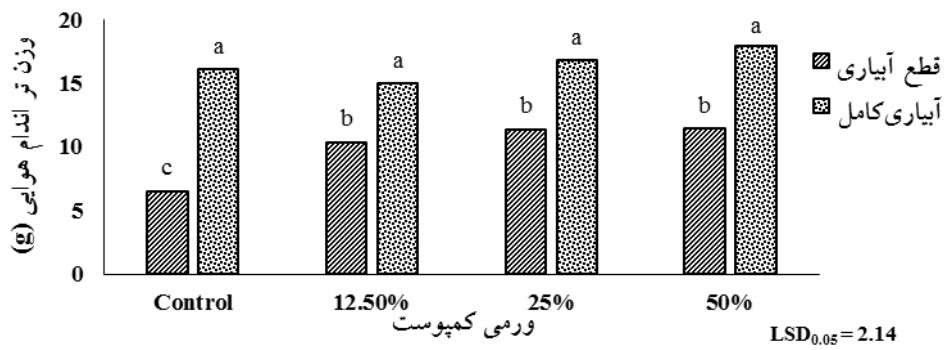
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر وزن تر ریشه زیتون رقم زرد. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



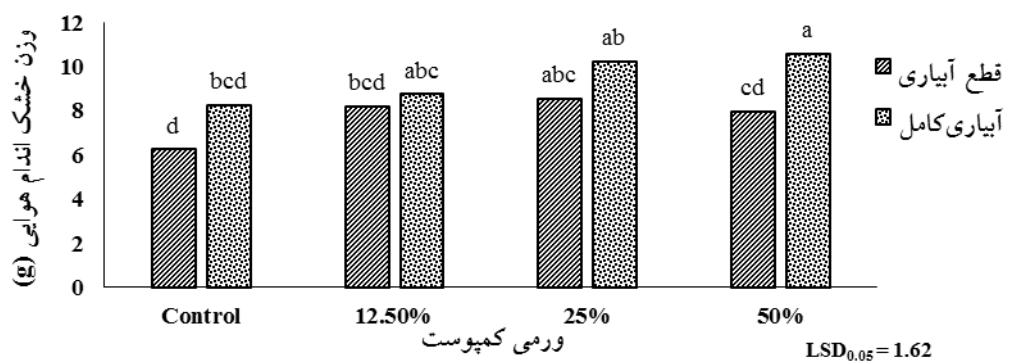
شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر وزن خشک ریشه زیتون رقم زرد. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.

وزن تر و خشک اندام هوایی: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲)، تیمار تنش خشکی و کود ورمی کمپوست اثر معنی داری بر صفت وزن تر و خشک اندام هوایی داشتند در حالی که برهمکنش آنها معنی دار نشد. بررسی برهمکنش کود ورمی کمپوست و تنش خشکی (شکل ۵) نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل هیچ گونه تفاوت

ریشه را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری افزایش داد؛ هرچند این تفاوت ها در تیمار آبیاری کامل معنی دار نشد. اگرچه در شرایط تنش، تیمار ۲۵ درصد تفاوت معنی داری با شاهد نداشت ولی به طور کلی، تیمارهای ۱۲/۵ و ۲۵ درصد حجمی نیز وزن خشک ریشه را با نسبتی کمتر از تیمار ۵۰ درصد حجمی نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (شکل ۴).



شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر وزن تر اندام هوایی زیتون رقم زرد. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰.۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



شکل ۶- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی زیتون رقم زرد. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰.۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

گرم و در شرایط قطع آبیاری با مقدار ۶/۲۳ گرم، کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی را دارا بود. درصد نشت یونی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش خشکی و ورمی کمپوست در هر دو زمان نمونه‌برداری، درصد نشت یونی را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. به طوری که در مرحله‌ی اول نمونه‌برداری در سطح احتمال ۵٪ در مرحله‌ی دوم در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴).

مقایسه میانگین‌ها در برهمکنش بین خشکی و ورمی کمپوست در هر دو مرحله‌ی نمونه‌گیری نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، کمترین میزان نشت یونی مربوط به نسبت ۰/۵۰٪ ورمی کمپوست بود ولی با اعمال تنش خشکی و قطع آبیاری، اگرچه در مرحله‌ی اول تیمار ۰/۵۰٪ اثر قابل توجهی را در کاهش میزان نشت یونی داشت ولی با گذشت مدت زمان

معنی‌داری در میزان وزن تر اندام هوایی بین تیمارها مشاهده نشد، ولی با اعمال تنش خشکی هر سه نسبت حجمی کود ورمی کمپوست توانستند در یک نسبت تقریباً مساوی میزان وزن تر اندام هوایی را نسبت به تیمار شاهد ۶/۴۹ گرم) در سطح بالاتری حفظ کنند. تجزیه آماری مربوط به برهمکنش داده‌ها (شکل ۶) همچنین نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان وزن خشک مربوط به تیمار ۵۰ درصد حجمی کود ورمی کمپوست بود، که آن نیز با دو نسبت حجمی کودی دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در شرایط تنش، تیمار ۲۵ درصد حجمی کود ورمی کمپوست توانست به طور مؤثرتری این شاخص را در سطح بالاتری نسبت به بقیه تیمارها حفظ کند؛ اگرچه دو نسبت کودی دیگر نیز با وجود روند کاهشی نسبت به تیمار ۲۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با آن نداشتند. تیمار شاهد در شرایط آبیاری کامل با مقدار ۸/۲۵

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک قلمه‌های یکساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ورمی کمپوست در مرحله‌ی اول نمونه برداری (۲۴ روز پس از قطع آبیاری)

منابع تغییرات	کلروفیل کل	نشت یونی	پرولین	آنزیم کاتالاز	آنزیم آسکوربات پراکسیداز
میانگین مربعات (۱)					
خشکی	۱۲/۱۶*	۰/۵۷۴۰ ns	۰/۰۰۳۳۰ ***	۰/۰۱۹۰۴ *	۶/۵۶۵۶ ns
ورمی کمپوست	۴۴/۰۳***	۹۱/۵۷۲۲***	۰/۰۰۱۶۴ ***	۰/۰۵۲۶۶ ***	۴۴/۰۱۴۲***
خشکی*ورمی کمپوست	۰/۵۷۸۶ ns	۱۲/۴۴۹۳*	۰/۰۰۳۴۸ ***	۰/۰۰۰۳۱ ns	۴۷/۵۷۸۵***
خطای آزمایش	۱/۶۵۲۶	۳/۴۰۴۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۶۸	۱/۸۰۸۶
ضریب تغییرات	۷/۱۵	۴/۹۱	۲/۱۰	۲۰/۹۸	۱۹/۹۸

ns، *، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۱٪، ۰.۵٪ و ۰.۱٪.

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک قلمه‌های یکساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ورمی کمپوست در مرحله‌ی دوم نمونه برداری (۳۸ روز پس از قطع آبیاری)

منابع تغییرات	کلروفیل کل	نشت یونی	پرولین	آنزیم کاتالاز	آنزیم آسکوربات پراکسیداز
میانگین مربعات (۲)					
خشکی	۱۵/۴۲***	۲۷۹۴/۴۷***	۰/۰۰۲۵۳ ***	۰/۰۰۵۷۶ ***	۲۴/۶۹۲۷***
ورمی کمپوست	۳۴/۱۹***	۱۳۶۱/۳۸***	۰/۰۰۰۹۳ **	۰/۰۰۰۷۹۴ ***	۵/۳۰۰۵۸**
خشکی*ورمی کمپوست	۲/۱۸*	۵۲۲/۳۷***	۰/۰۰۰۴۲ *	۰/۰۰۰۷۱ **	۳/۰۱۳۶*
خطای آزمایش	۰/۶۱۳۰	۳/۲۶	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۹	۰/۸۸۲۷
ضریب تغییرات	۳/۸۹	۳/۶۲	۵/۲۳	۱۸/۰۷	۱۷/۲۷

ns، *، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۱٪، ۰.۵٪ و ۰.۱٪.

بیشترین میزان کلروفیل کل را داشتند ولی با اعمال قطع آبیاری، تیمار ۰.۲۵٪ به طور مؤثرتری میزان کلروفیل کل را در سطح بالاتری نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود ورمی کمپوست) حفظ کرد و حتی میزان کلروفیل آن تفاوت معنی‌داری با حالت آبیاری کامل نداشت (شکل‌های ۹ و ۱۰).

محتوای پرولین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش بین خشکی و کود ورمی کمپوست در مرحله‌ی اول نمونه برداری در سطح احتمال ۰/۱ درصد و در مرحله‌ی دوم نمونه برداری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول‌های ۳ و ۴).

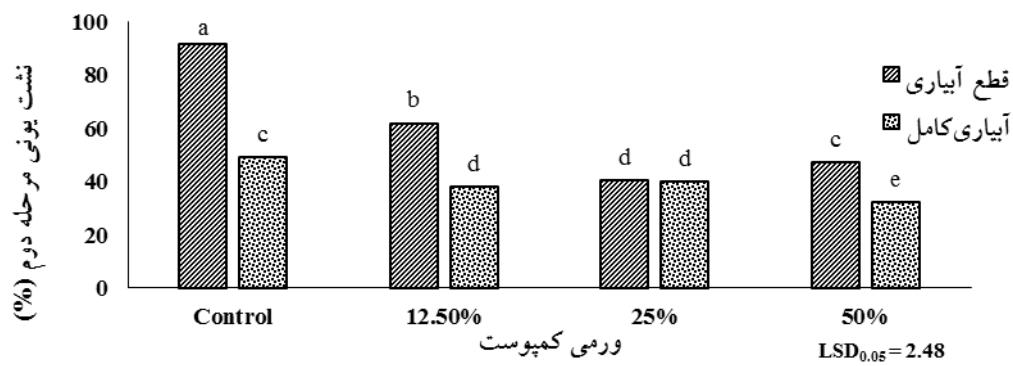
مقایسه میانگین‌ها در برهمکشن بین خشکی و ورمی کمپوست نشان داد که در شرایط تنش خشکی، اگرچه در مرحله‌ی اول نمونه برداری بیشترین میزان پرولین تولیدی

بیشتری از تنش (۳۸ روز)، تیمار ۰.۲۵٪ حجمی کود ورمی کمپوست به طور مؤثرتری توانست میزان نشت یونی را در حد پایین‌تری حفظ کند (شکل‌های ۷ و ۸).

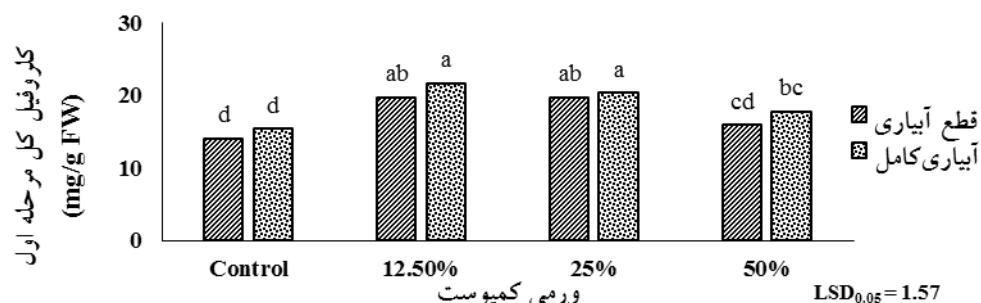
محتوای کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگرچه برهمکنش بین خشکی و ورمی کمپوست با گذشت ۲۴ روز پس از تنش خشکی معنی‌دار نشد، ولی بعد از ۳۸ روز، محتوای کلروفیل کل را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول‌های ۳ و ۴). برهمکنش بین خشکی و کود ورمی کمپوست نیز نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه برداری، تیمارهای ۱۲/۵ و ۰.۲۵٪، بیشترین میزان کلروفیل کل را در هر دو سطح آبیاری داشتند و شاهد کمترین میزان را به خود اختصاص داده بود. بعد از گذشت ۳۸ روز پس از قطع آبیاری، اگرچه در سطح آبیاری کامل دو تیمار ۰.۵۰٪



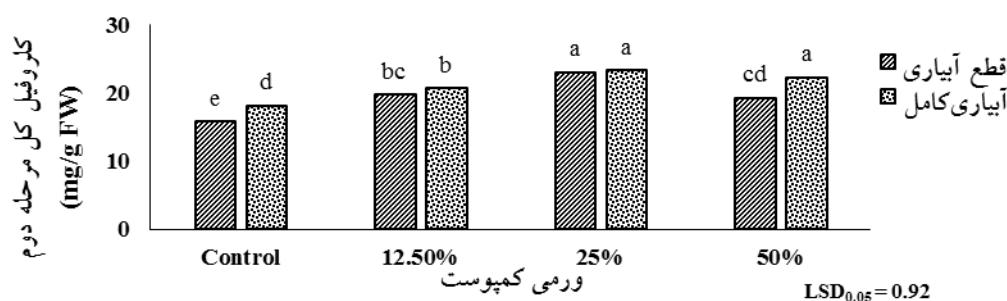
شکل ۷- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر میزان نیش یونی (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



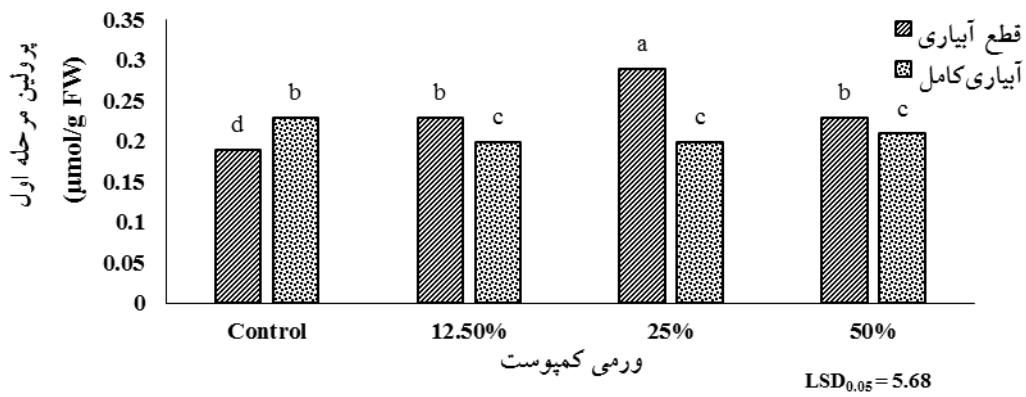
شکل ۸- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر میزان نیش یونی (مرحله ۲) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



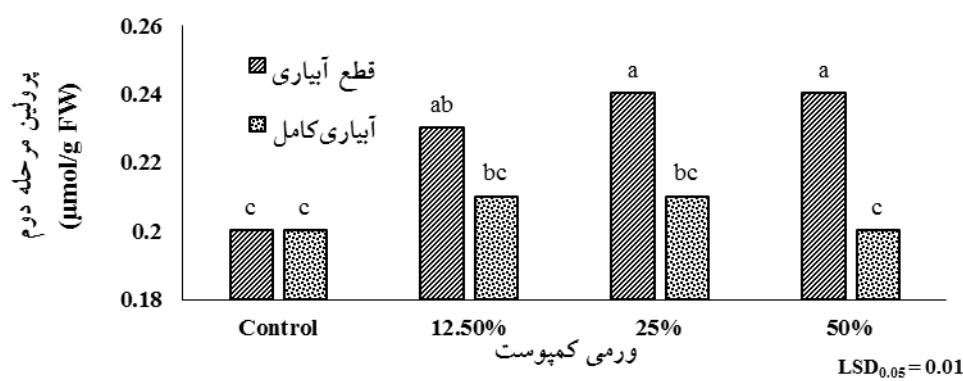
شکل ۹- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر محتوای کلروفیل کل (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



شکل ۱۰- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر محتوای کلروفیل کل (مرحله ۲) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



شکل ۱۱- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر محتوای پرولین (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

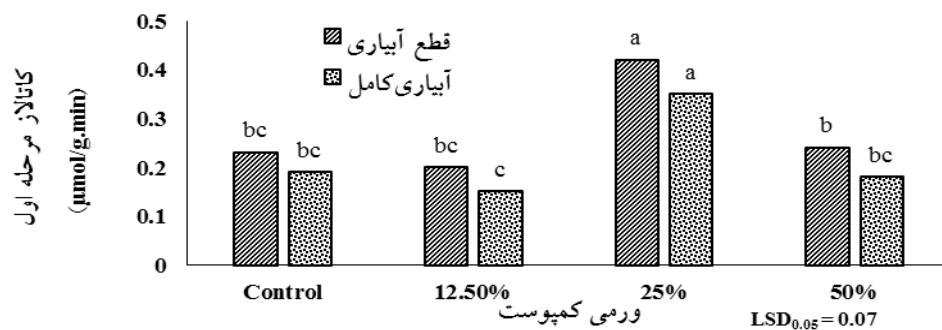


شکل ۱۲- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر محتوای پرولین (مرحله ۲) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

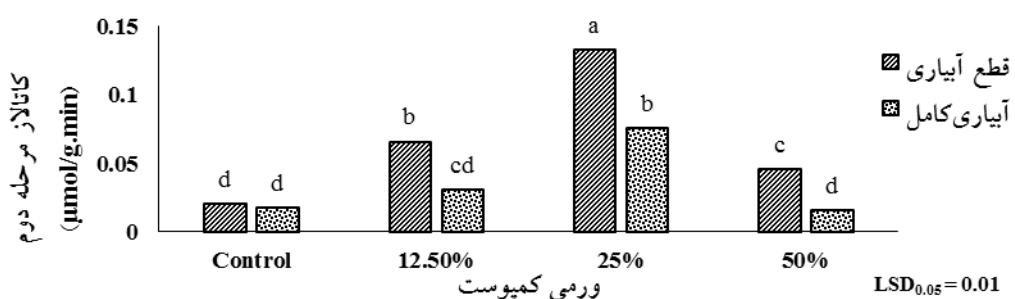
معنی‌داری با شاهد نداشتند. با اعمال تنش خشکی تیمار ۲۵٪ میزان فعالیت آنزیم را در سطح بالاتری نسبت به شاهد حفظ کرد. در مرحله‌ی دوم نمونه برداری دو تیمار کودی دیگر نیز اثرات مثبت خود بر افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را نسبت به شاهد نشان دادند و تیمار شاهد کمترین میزان فعالیت آنزیم را داشت.

آنزیم آسکوربات پراکسیداز: تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که برهمکنش خشکی و کود ورمی کمپوست در سطوح ۰/۱ و ۵ درصد اثرات معنی‌دار خود را در هر دو مرحله‌ی نمونه برداری نشان دادند (جدول‌های ۳ و ۴). مقایسه میانگین در برهمکنش بین خشکی و ورمی کمپوست نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه برداری، در تیمار آبیاری کامل اگرچه هر سه نداشتند و با اعمال تنش، اثرات آنها بر فعالیت آنزیم مشخص نشد؛ ولی با گذشت ۳۸ روز از شروع تنش خشکی، دیده شد

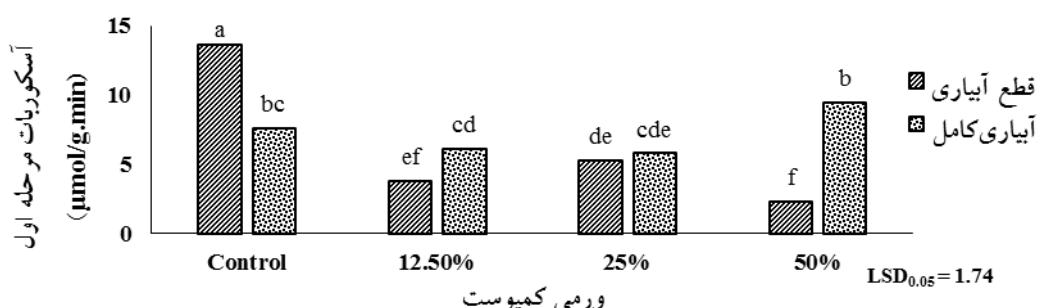
مربوط به تیمار ۲۵ بود ولی در مرحله‌ی دوم نمونه برداری با وجود بیشترین غلظت پرولین تولیدی در تیمار ۲۵٪، تفاوت معنی‌داری بین سه غلظت کود ورمی کمپوست مشاهده نشد. در هر دو زمان نمونه برداری تیمار شاهد، کمترین میزان پرولین موجود در برگ را دارا بود (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). آنزیم کاتالاز: نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه برداری با وجود معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و کاربرد کود ورمی کمپوست، برهمکنش آنها معنی‌دار نشد. با گذشت زمان و در مرحله‌ی دوم نمونه برداری، برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد، اثر معنی‌داری را بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز داشتند (جدول‌های ۳ و ۴). برهمکنش بین تیمارها (شکل‌های ۱۳ و ۱۴) نیز نشان داد که در شرایط آبیاری کامل در هر دو زمان نمونه برداری، تیمار ۲۵٪ بیشترین میزان فعالیت آنزیم را داشت و دو تیمار دیگر تفاوت



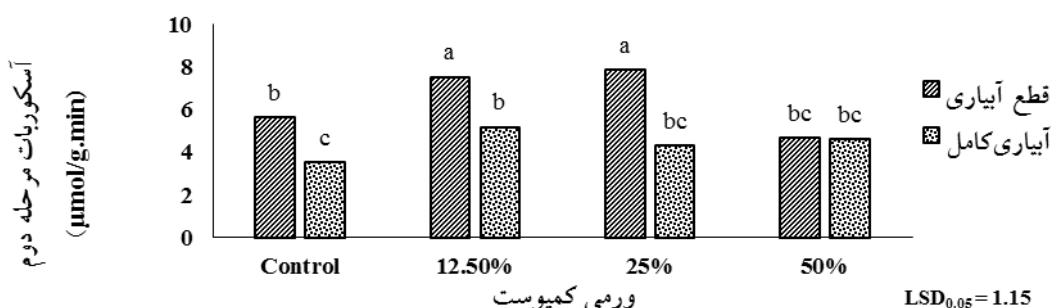
شکل ۱۳- اثربار مختلط سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



شکل ۱۴- اثربار مختلط سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز (مرحله ۲) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



شکل ۱۵- اثربار مختلط سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر فعالیت آنزیم آسکوربات (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.



شکل ۱۶- اثربار مختلط سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر فعالیت آنزیم آسکوربات (مرحله ۲) رقم زرد زیتون. میانگین های با حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ندارند.

طور مؤثری توانست قطر ساقه را نسبت به تیمار شاهد در سطح بالاتری نگه دارد (شکل ۲). گسترش تنه (میزان قطر ساقه) یکی از شاخص‌های حساس به تنش خشکی می‌باشد. کاهش ذخیره‌ی آب منجر به کاهش نرخ رشد می‌شود که این به دلیل بسته شدن روزندها و نیز کاهش قابلیت سیستم ریشه‌ای در حمایت و عرضه‌ی بدون مانع آب و مواد غذایی به کانوپی و نرخ فتوستز پایین‌تر است (Roussos *et al.*, 2010). بر اساس گزارشی (Bhunia and Chkraborty, 2011) عنوان شده است که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت توسط ورمی کمپوست، دلیل افزایش خصوصیات رشدی گیاه نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. جذب بهتر مواد مغذی توسط گیاهان تیمار شده با ورمی کمپوست نشان می‌دهد که بهبود رشد ریشه و یا جذب مواد مغذی در واحد ریشه ممکن است یکی از مکانیسم‌های درگیر در تحریک رشد گیاه باشد (Pant *et al.*, 2009). نتایج نشان می‌دهند که ورمی کمپوست اثر محافظتی خود را در گیاهان برج فرار گرفته در شرایط تنش، احتمالاً از طریق فعل و افعالات فیزیکی و شیمیایی بین هیومیک اسید و سیستم ریشه‌ای گیاه اعمال می‌کند (Garcia *et al.*, 2014). در گیاهان کلزا دیده شد که تنش خشکی سبب کاهش قطر ساقه و کاربرد کود ورمی کمپوست سبب افزایش این شاخص شد و بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار آبیاری کامل و کاربرد کود ورمی کمپوست به دست آمد (رشتیری و علیخانی، ۱۳۹۱).

وزن تر و خشک: در این پژوهش مشاهده شد که کود ورمی کمپوست اثر مثبتی را بر شاخص وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در شرایط تنش داشته است (شکل‌های ۳ تا ۶). رشد و توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای گونه‌های گیاهی مختلف، معیاری جهت تعیین مقاومت به خشکی و پتانسیل تولید در شرایط تنش می‌باشد. بر اساس گزارش کوچکی و علیزاده (۱۳۶۵)، در غلات رشد یافته در شرایط تنش، جریان کمتر آب از ریشه به اندام هوایی سبب کاهش پتانسیل آب برگ، انسداد روزنها، جذب کمتر کربن دی اکسید و در نهایت سبب کاهش رشد ریشه و گیاه می‌شود. با کاهش میزان تعرق و افزایش

که در شرایط بدون تنش، اگرچه هر سه نسبت کودی سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم نسبت به تیمار شاهد شدند ولی با اعمال تنش خشکی تنها دو تیمار ۱۲/۵ و ۰/۲۵٪ سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم شدند (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

بحث:

ارتفاع نسبی: نتایج برهمکنش بین خشکی و ورمی کمپوست نشان داد که کود ورمی کمپوست سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش آبی گردید (شکل ۱). با کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول، ارتفاع گیاه در تنش خشکی کاهش می‌باید (Cabuslay *et al.*, 2002) (Lechin و Chetoui de Granada، طویل شدن شاخه را به طور مشخصی مهار کرد (Benlloch-Gonzalez *et al.*, 2008) شد که کاربرد کود ورمی کمپوست بر ارتفاع نسبی اثرات متفاوتی گذاشت. گیاهان در نسبت‌های کم و ورمی کمپوست، برای جبران دسترسی کم به مواد مغذی، حجم ریشه‌ی خود را افزایش می‌دهند. در بسترها حاوی مقادیر بالای ورمی کمپوست به علت مقادیر بالای نمک و یا احتمالاً پاسخ به غلظت بالای هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین و هیومیک اسید تولیدی توسط میکرووارگانیسم‌ها، رشد نهال‌ها کاهش می‌باید (Manh and Wang, 2014). زیرا مواد هیومیکی در غلظت‌های پایین، محرك رشد گیاه می‌باشند (Vaughan and Malcolm, 1985) می‌رسد که ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف، بر روی میزان فتوستز و تولید زیست توده تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود ارتفاع گیاه شده است. در واقع به دلیل بهبودی که در جذب عناصر معدنی و آب و پیامد آن در فرایند فتوستز صورت گرفته بود، ارتفاع افزایش یافت.

قطر نسبی ساقه: نتایج حاصل از برهمکنش بین تیمارها نشان داد که کود ورمی کمپوست در هر دو سطح آبیاری، به

این پارامتر کاهش یافت (Wang *et al.*, 2011). گزارش شده است که در گیاهان برنج رشد یافته در شرایط تنفس، کاربرد ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید، بعد از گذشت ۲۴ ساعت با کاهش سطوح پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های آنتی اکسیدانی (CAT و APX)، باعث افزایش فعالیت آنزیمی و کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها شد (Garcia *et al.*, 2012). هم چنین ثابت شده است که مواد هیومیکی روی جذب یون‌ها به درون ریشه به هر دو صورت فعال و غیر فعال اثر گذاشته و در همان زمان این مواد جذب سلول می‌شوند (Vaughan and Malcolm, 1985). بنابراین بررسی کارایی مصرف هیومیک اسید بر تراوایی غشای سلولی و نشت الکتروولیت‌ها نشان می‌دهد که اسید هیومیک می‌تواند بر پایداری غشای سلول تأثیر معنی‌داری داشته باشد (رضوانی نسب و همکاران، ۱۳۹۴).

گزارش شده است که در دانه‌های خیار و هندوانه، میزان نشت یونی و محتوای دی‌ان‌ای (MDA) در تیمار شاهد به ترتیب حدود ۳۳/۶۹٪ - ۴/۴۷٪ و ۴۷/۷۵٪ - ۱۰۲/۳۱٪ نسبت به بستر حاوی ورمی‌کمپوست بالاتر بود (Zhang and Shang, 2007).

کلروفیل: ورمی‌کمپوست در جلوگیری از کاهش زیاد محتوای رنگدانه‌های فتوستتری در شرایط تنفس نقش بسزایی دارد (شکل‌های ۹ و ۱۰). در شرایط تنفس خشکی گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن که از ملکول‌های اکسیژن مشتق می‌شوند، در برگ‌ها تجمع می‌یابند که نتیجه‌ی این عمل، اکسیداسیون ترکیبات سلولی مانند نوکلئیک اسیدها، پروتئین‌ها، کلروفیل و چربی‌ها است (Miller *et al.*, 2010). محققان نشان دادند که هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، اثرات تنفس را در گیاهان کاهش داده و منجر به افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال مواد فتوستتری می‌شود و در نتیجه میزان کلروفیل را افزایش می‌دهد (رضوانی نسب و همکاران، ۱۳۹۴). دیده شده با کاربرد کود ورمی‌کمپوست محتوای کلروفیل در لیلیوم (Mirakalaei *et al.*, 2013) (*Lilium Longiflorum*) و کلروفیل (Amaranthus sp.) a و b در تاج خروس (Uma and Malathi, 2009) افزایش یافت. در دانه‌های گوجه فرنگی رشد یافته تحت شرایط تنفس شوری نیز مشاهده گردید

اتلاف حرارت، میزان فتوستتر خالص کاهش می‌باید تولید ماده‌ی خشک نیز کاهش می‌باید (Chen *et al.*, 2011; Farooq *et al.*, 2009) (Shao *et al.*, 2008). ریشه طی کمبود آب با فرایند تعديل اسمزی باعث می‌شود آب جذب شده را حفظ کند و اتلاف آب از دیواره‌ی سلولی کاهش یابد (Sharp *et al.*, 2004). تنظیم اسمزی در سیستم ریشه‌ای اجازه می‌دهد تا از آماس سلول نگهداری شود و از جدایی ریشه از ذرات خاک اجتناب شود و یا آن را به تأخیر اندازد (Xiloyannis *et al.*, 1997). مواد هیومیکی موجود در ورمی‌کمپوست، مواد سازگار با محیط زیست می‌باشند که با ترمیم خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، باعث بهبود در رشد گیاهان می‌شوند و آنها را در برابر اثرات تنفس آبی در تخریب خاک محافظت می‌کنند (Atiyeh *et al.*, 2000). مواد هیومیکی با تحریک تقسیم سلولی و تولید ریشه‌های فرعی، رشد گیاه را (از نظر ارتفاع و وزن تر و خشک) افزایش می‌دهند (Vaughan and Malcolm, 1985). در شرایط تنفس کم‌آبیاری در دانه‌های گوجه، تیمار با کود ورمی‌کمپوست، به طور قابل توجهی، وزن تر و خشک ریشه و شاخص‌سازه را نسبت به حالت عدم استفاده در گیاهان شاهد افزایش داد (Chinsamy *et al.*, 2014). همچنین اثرات محافظتی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست در دانه‌های برنج در شرایط تنفس شوری به اثبات رسیده است (Garcia *et al.*, 2014).

نشست یونی: نتایج هم چنین نشان داد که کود ورمی‌کمپوست اثر مثبتی را در کاهش میزان نشت یونی طی تنفس خشکی دارد (شکل‌های ۷ و ۸). افزایش تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال (H_2O_2) در شرایط تنفس خشکی، باعث القای پاسخ‌های حفاظتی و آسیب سلولی می‌شود. پراکسید هیدروژن منجر به پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه آسیب به غشا و نشت الکتروولیت‌ها می‌شود. آسیب به غشا و فرایندهای غشایی با اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدید (MDA) و نشت یونی بررسی می‌شود. گزارش شده است که در گیاهان ۲ ساله کیوی بررسی می‌شود. گزارش شده است که در گیاهان ۶ روز از تنفس خشکی (*Actinidia deliciosa*) بعد از گذشت ۶ روز از تنفس خشکی نسبت به روز اول، میزان نشت یونی افزایش و با آبیاری مجدد

آنژیم‌های سمزدا می‌باشند که با همکاری آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در چرخه گلوتاتیون آسکوربات، رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کنند (Wang *et al.*, 2011). فعالیت این آنژیم‌های آنتی اکسیدان نقش کلیدی را در بقای گیاه در شرایط تنش خشکی بازی می‌کند. تعامل هیومیک اسید کود ورمی کمپوست با سیستم ریشه‌ای گیاه، سبب فعال شدن عملکرد آنژیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شود و در نتیجه مقدار رادیکال‌های آزاد را کنترل می‌کند. به نظر می‌رسد که عمل هیومیک اسید با سیستم دفاعی ضد تنش در گیاهان شناسایی می‌شود (Garcia *et al.*, 2012). در گیاهان برج در شرایط تنش آبی مشاهده شد که هیومیک اسید ناشی از ورمی کمپوست سبب افزایش فعالیت آنژیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و گوایکول پراکسیداز نسبت به حالت عدم استفاده شد. این عمل محافظتی هیومیک اسید منجر به افزایش رشد شد (Garcia *et al.*, 2014). هم چنین در برخی از سبزیجات رشد یافته در شرایط تنش دمای بالا دیده شده است که، فعالیت آنژیم‌های آنتی اکسیدان در برگ‌های گیاهان کشت شده در بستر حاوی ورمی کمپوست نسبت به شاهد بالاتر بود (Zhang and Shang, 2006; Zhang and Shang; 2007).

نتیجه‌گیری کلی:

با اعمال تنش خشکی مشاهده گردید که ارتفاع، قطر نسبی ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و کلروفیل کل، نسبت به سطح آبیاری کامل، کاهش و میزان نشت یونی، فعالیت آنژیم آسکوربات پراکسیداز (در مرحله دوم نمونه برداری)، کاتالاز و محتوای پرولین افزایش یافت؛ و کاربرد کود ورمی کمپوست سبب کاهش معنی دار میزان نشت یونی و نیز افزایش فاکتورهای رشد و مقاومت به تنش خشکی گردید. با وجود اثرات مثبت تیمارهای ۱۲/۵ و ۵۰٪ حجمی کود ورمی کمپوست بر برخی پارامترهای رشد و مقاومت به تنش خشکی، تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی کمپوست توانست به طور مؤثرتری بر کاهش میزان نشت یونی اثر داشته باشد؛ و نیز از تخریب کلروفیل تحت تنش جلوگیری کند و باعث ستنز بیشتر آنژیم‌های آنتی اکسیدان و پرولین نسبت به شاهد گردد. با

که گیاهان تیمار شده با ورمی کمپوست، رنگدانه‌های فتوستنتزی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند (Chinsamy *et al.*, 2013). پرولین: تجزیه آماری داده‌ها همچنین نشان داد که کاربرد کود ورمی کمپوست اثر مثبتی بر افزایش محتوای پرولین تحت تنش خشکی دارد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). گزارش شده است که کاهش فشار تورژسانس، اولین دلیل برای تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Franco *et al.*, 2006). در شرایط تنش خشکی، اسیدآمینه پرولین برای سازگاری با شرایط اسمزی، از تخریب پروتئین‌ها ستنز می‌شود؛ و گزارش شده است که پرولین نقش مهمی را در تعادل اسمزی گیاه تحت تنش خشکی بازی می‌کند (Fedina *et al.*, 2002). برای مقاومت به تنش‌های غیرزنده، بسیاری از گیاهان با افزایش ستنز و ذخیره‌سازی پرولین، پتانسیل اسمزی خود را افزایش می‌دهند (Liu *et al.*, 2013). کاربرد کود ورمی کمپوست، در غلطت ۷/۴ (خاک-ورمی کمپوست) نسبت به بستر تمام خاک ۰/۱۶ اسیدآمینه ضروری گیاه به خصوص گلوتامات و آرژینین را که هر دو جزء پیشسازهای تولید پرولین می‌باشند، در برگ‌های کلم چینی تحت تنش خشکی به طور قابل توجهی افزایش داد. بنابراین افزایش تجمع پرولین توانست سبب افزایش تحمل کلم چینی به تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی شود (Wang *et al.*, 2010). در گل گاوزبان تیمار شده با کود ورمی کمپوست نیز مشاهده شده است که بیشترین محتوای پرولین در سطوح تنش بالا (۶۰٪ ظرفیت زراعی) و کمترین میزان در تیمار آبیاری کامل (شاهد- عدم کاربرد کود ورمی کمپوست)، وجود دارد (قلی نژاد، ۱۳۹۳).

آنژیم‌های آنتی اکسیدان: نتایج نشان داد که کاربرد کود ورمی کمپوست به طور مؤثری فعالیت آنژیم‌های آنتی اکسیدان را افزایش داد (شکل‌های ۱۳ تا ۱۶). تنش خشکی با آسیب رساندن به رنگدانه‌های کلروفیل و سیستم انتقال الکترون فتوستنتز، منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود. گیاهان برای مقابله با اثرات نامطلوب گونه‌های اکسیژن فعال، سیستم‌های دفاعی آنتی اکسیدانی آنژیمی و غیر آنژیمی را توسعه می‌دهند (Wu *et al.*, 2012). آنژیم‌های آنتی اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز، گوایکول پراکسیداز و کاتالاز، مهمترین

تشکر و سپاسگزاری:

بجا و شایسته است از دانشگاه صنعتی اصفهان و استادی بزرگوار، به دلیل حمایت‌های بی شائبه‌ی آنها در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی نماییم.

توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گیری کرد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست به خصوص در نسبت ۲۵٪ حجمی بر قلمه‌های یکساله‌ی ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون در شرایط تنفس خشکی، منجر به بهبود وضعیت رشدی گیاه گردید.

منابع:

- رشتبری، م. و علیخانی، ح. (۱۳۹۱) تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست بر روی ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و عملکرد کلزا در شرایط تنفس خشکی. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲: ۱۱۳-۱۲۷.
- رضوانی نسب، ا. فتوت، ر. آستانائی، ع. و آبادی پور، ا. ت. (۱۳۹۴) تاثیر دو ساله روش‌های اعمال اسید هیومیک بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته در شرایط مزرعه. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران-شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه. ۱۰۷۶-۱۰۷۲.
- قلی‌نژاد، ر. (۱۳۹۳) اثر تنفس خشکی، کود کمپوست و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گاوزبان (*Borago officinalis*). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل. ایران.
- کوچکی، ع. و علیزاده، ا. (۱۳۶۵) اصول زراعت در مناطق خشک. (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

- Ahmad, P. Jamsheed, S. Hameed, A. Rasool, S. Sharma, I. Azooz, M. and Hasanuzzaman, M. (2014) Drought Stress Induced Oxidative Damage and Antioxidants in Plants. Elsevier, New York. pp. 345-367.
- Ali, A. Ali, Z. Quraishi, U. M. Kazi, A. G. Malik, R. N. Sher, H. and Mujeeb-Kazi, A. (2014) Integrating physiological and genetic approaches for improving drought tolerance in crops. Emerging technologies and management of crop stress tolerance 2: 315-345.
- Arancon, N. Edwards, C. Bierman, P. Welch, C. and Metzger, J. (2004) Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource technology 93: 145-153.
- Ashraf, M. Akram, N. Artega, R. and Foolad, M. (2010) The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Sciences 29: 162-190.
- Atiyeh, R. Edwards, C. Subler, S. and Metzger, J. (2001) Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource technology 78: 11-20.
- Atiyeh, R. Subler, S. Edwards, C. Bachman, G. Metzger J. and Shuster W. (2000) Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579-590.
- Bartolucci, P. Raj Dhakal, B. and Kumar Shrestha, D. (1999) Prospects for Olive Growing in Nepal. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Kathmandu. 65p.
- Bates, L. Waldren, R. and Teare, I. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil 39: 205-207.
- Benlloch-González, M. Arquero, O. Fournier, J. M. Barranco, D. and Benlloch, M. (2008) K⁺ starvation inhibits water-stress-induced stomatal closure. Journal of plant physiology 165: 623-630.
- Bhunia, G. and S. Chakraborty, K. (2011) The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal of Horticulture and Forestry 3: 42-45.
- Cabuslay, G. Ito, S. O. and Alejar, A. A. (2002) Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science 163: 815-827.
- Chen, W. Yao, X. Cai, K. and Chen, J. (2011) Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological trace element research 142: 67-76.
- Chinsamy, M. Kulkarni, M. G. and Van Staden, J. (2013) Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. Plant Growth Regulation 71: 41-47.
- Chinsamy, M. Kulkarni, M. G. and Van Staden, J. (2014) Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. Hortscience 49: 1183-1187.
- Denaxa, N. K. Roussos, P. A. Damvakaris, T. and Stourmaras, V. (2012) Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophyll indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. Scientia Horticulturae 137: 87-94.
- Farooq, M. Wahid, A. and Lee, D. J. (2009) Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. Acta Physiologae Plantarum 31: 937-945.

- Fayez, K. A. and Bazaid, S. A. (2014) Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 13: 45-55.
- Fedina, I. Georgieva, K. and Grigorova, I. (2002) Light-dark changes in proline content of barley leaves under salt stress. *Biologia plantarum* 45: 59-63.
- Franco, J. Martínez-Sánchez, J. Fernández, J. and Bañón, S. (2006) Selection and nursery production of ornamental plants for landscaping and xerogardening in semi-arid environments. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 81: 3-17.
- Garcia, A. C. Santos, L. A. Izquierdo, F. G. Rumjanek, V. M. Castro, dos Santos, F. S. de Souza, L. G. A. and Berbara, R. L. L. (2014) Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Journal of Geochemical Exploration* 136: 48-54.
- García, A. C. Santos, L. A. Izquierdo, F. G. Sperandio, M. V. L. Castro, R. N. and Berbara, R. L. L. (2012) Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecological Engineering* 47: 203-208.
- Hosseini-Mazinani, M. Torkzaban, B. and Arab J. (2013) Iranian Olive Catalogue: Morphological and Molecular Characterization of Iranian Olive Germplasm. Tehran:NIGEB.
- Huberman, M. Riov, J. Aloni, B. and Goren, R. (1997) Role of ethylene biosynthesis and auxin content and transport in high temperature-induced abscission of pepper reproductive organs. *Journal of Plant Growth Regulation* 16: 129-135.
- Ikemura, Y. (2007) Remote sensing of drought and salinity stressed turfgrass. PhD diss. New Mexico State University.
- Ishibashi, Y. Yamaguchi, H. Yuasa, T. Iwaya-Inoue, M. Arima, S. and Zheng, S.-H. (2011) Hydrogen peroxide spraying alleviates drought stress in soybean plants. *Journal of plant physiology* 168: 1562-1567.
- Joshi, R. Singh, J. and Vig, A. P. (2015) Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14: 137-159.
- Lei, Y. Yin, C. and Li, C. (2006) Differences in some morphological, physiological and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum* 127: 182-191.
- LI, R. H. Guo, P. G. Michael, B. Stefania, G. and Salvatore, C. (2006) Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China* 5: 751-757.
- Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. PP. 350-382. In: R. Douce L.Packer (eds). *Methods in Enzymology*. Academic Press Ins, New York.
- Liu, H. Zhang, Y.-H. Yin, H. Wang, W. X. Zhao, X. M. and Du, Y. G. (2013) Alginate oligosaccharides enhanced *Triticum aestivum* L. tolerance to drought stress. *Plant physiology and biochemistry* 62: 33-40.
- Lufts, S., J. Kinet and J. Bouharmont. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* 78: 389-398.
- Manh, V. H. and C. H. Wang. (2014) Vermicompost as an important component in substrate: effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBEE Procedia* 8: 32-40.
- Miller, G. Suzuki, N. Ciftci-Yilmaz, S. and Mittler, R. (2010) Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, cell & environment* 33: 453-467.
- Mirakalaei, S. Ardebill, Z. and Mostafavi, M. (2013) The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lilium longiflorum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4: 181-186.
- Ohashi, Y. Nakayama, N. Saneoka, H. and Fujita, K. (2006) Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. *Biologia Plantarum* 50: 138-141.
- Ortiz, N. Armada, E. Duque, E. Roldan, A. and Azcón, R. (2015) Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil conditions: Effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. *Journal of plant physiology* 174: 87-96.
- Pant, A. P. Radovich, T. J. Hue, N. V. Talcott, S. T. and Krenek, K. A. (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. *Bonsai, Chinensis group*) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.
- Proietti, P. Nasini, L. Del Buono, D. D'Amato, R. Tedeschini, E. and Businelli, D. (2013) Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae* 164: 165-171.
- Rashtbari, M. Alikhani, H. and Ghorchiani, M. (2012) Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress. *International Journal of Agriculture: Research and Review* 2: 395-402.
- Roussos, P. A. Denaxa, N. K. Damvakaris, T. Stournaras, V. and Argyrokastritis, I. (2010) Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. *Scientia horticulturae* 125: 700-711.
- Shao, H. B. Chu, L. Y. Jaleel, C. A. and Zhao, C. X. (2008) Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologies* 331: 215-225.
- Sharp, R. E. Poroyko, V. Hejlek, L. G. Spollen, W. G. Springer, G. K. Bohnert, H. J. and Nguyen, H. T. (2004) Root

- growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany* 55: 2343-2351.
- Therios, I. 2009. Olives. Londen, UK. 426 p.
- Uma, B. and Malathi, M. (2009) Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5: 1054-1060.
- Vaughan, D. and Malcolm, R. (1985) Influence of humic substances on growth and physiological processes. *Soil organic matter and biological activity. Developments in Plant and Soil Sciences* 16: 37-75.
- Wang, D. Shi, Q. Wang, X. Wei, M. Hu, J. Liu, J. and Yang, F. (2010) Influence of cow manure vermicompost on the growth, metabolite contents, and antioxidant activities of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*). *Biology and fertility of soils* 46: 689-696.
- Wang, Y. Ma, F. Li, M. Liang, D. and Zou, J. (2011) Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. *Plant Growth Regulation* 64: 63-74.
- Wu, H. Wu, X. Li, Z. Duan, L. and Zhang, M. (2012) Physiological evaluation of drought stress tolerance and recovery in cauliflower (*Brassica oleracea* L.) seedlings treated with methyl jasmonate and coronatine. *Journal of plant growth regulation* 31: 113-123.
- Xiloyannis, C. Dichio, B. Nuzzo, V. and Celano, G. (1997) Defence strategies of olive against water stress. In III International Symposium on Olive Growing 474: 423-426.
- Zhang, Z. G. and Shang, Q. M. (2006) Studies on heat tolerance of solanaceous vegetable plug seedling with vermicompost-based substrate. *Journal of Shenyang Agricultural University* 37: 404.
- Zhang, Z. and Shang, Q. (2007) Studies on heat tolerance of cucumber and watermelon plug seedling with vermicompost-based substrate. *Chinese Academy of Agricultural Sciences* : 164-168.

Effect of vermicompost fertilizer on growth and drought tolerance of Olive (*Olea europaea* L. cv. Zard)

Seyedeh Zahra Mousavi Dehmordy, Mahdiyeh Gholami* and Bahram Baninasab

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

(Received: 12/12/ 2016, Accepted: 12/04/2017)

Abstract:

Drought is one of the most frequent abiotic stresses. Use of chemical fertilizers results in pollution of soil, water and air. Harmful effects of chemical fertilizers have shifted the interests towards organic amendments. Vermicompost is an organic fertilizer which has a potential influence on plant growth as well as stress tolerance. Olive (*Olea europaea* L.) yield is strongly reduced under dry conditions. Thus, a greenhouse experiment was conducted in 2015 in horticultural greenhouses of Isfahan University of technology to study the effect of vermicompost on growth and drought tolerance of olive cuttings cultivar Zard. The experiment was set up as factorial experiment in completely randomized design with two factors, including vermicompost application at four levels (0, 12.5%, 25% or 50%) and drought stress at two levels (full irrigation or non-irrigation) and 4 replications. The results showed that drought stress decreased plant height, relative leaf number, relative stem diameter and shoot and root fresh and dry weights, but addition of vermicompost increased vegetative growth parameters significantly compared to the plants cultivated in unamended soil. Water stress treatment decreased the total chlorophyll and increased ion leakage, ascorbat peroxidase (38 days after withholding irrigation) and catalase activity and proline content and application of vermicompost significantly decreased ion leakage. Although, all three vermicompost levels continued to be effective in increasing vegetative growth and drought tolerance indexes (such as root dry and fresh weight), 25% vermicompost treatment was numerically superior to others, increased chlorophyll and proline contents and antioxidant enzyme activity, but decreased ion leakage from leaves and improved morphological characteristics of plant.

Key words: Antioxidants, Water deficit stress, Organic fertilizer, Humic acid.