اثر کود ورمی‌کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی نهال‌های زیتون رقم زرد (*Olea europaea* L.)

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

گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی 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. ورمی‌کمپوست یک کود زیستی محرک 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 ورمی‌کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی درخت زیتون رقم زرد در سال ۱۳۹۵-۱۳۹٤ در گلخانه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با چهار نسبت حجمی کود ورمی‌کمپوست (۰٪ (شاهد)، ۱۲/۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪) و دو سطح تنش خشکی (آبیاری کامل و قطع آبیاری) در قالب طرح پایه‌ی کامل تصادفی در ٤ 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 هوایی گردید و کاربرد کود ورمی‌کمپوست 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 پرولین گردید؛ و کاربرد کود ورمی‌کمپوست سبب کاهش معنی‌دار میزان نشت یونی گردید. با وجود اثرات مثبت هر سه تیمار حجمی کود ورمی‌کمپوست بر برخی پارامترهای رشد و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی (مانند افزایش وزن تر و خشک ریشه)، تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست با کاهش بیشتر اثرات تخریبی تنش بر کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و مقدار پرولین و نیز با کاهش نشت یونی باعث ایجاد مقاومت بیشتری به خشکی و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه گردید.

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

مقدمه:

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 ٦۰۰ گونه دارد که اکثراً در مناطق گرمسیری دنیا پراکنده‌اند و به صورت درختان صنعتی یا زینتی می‌باشند؛ تنها گونه‌ی خوراکی زیتون، گونه‌ی اروپایی آن (*europaea*) می‌باشد (Bartolucci *et al.*, 1999). درخت زیتون به طور گسترده‌ای در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۳۰ و ٤۵ 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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:mah.gholami@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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 روغن های نباتی با مصرف سرانه ۱۶/۵ کیلوگرم، یکی از مهم‌ترین اقلام خوراکی در سبد مصرفی خانوارهای ایرانی محسوب می‌شوند و بیش از۸۵ درصد ماده اولیه این صنعت از طریق واردات تامین می‌گردد، شناسایی و بهره برداری 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 فتوسنتز، تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی 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 تورژسانس طی تنش خشکی با کاهش رشد و نمو سلول‌ها، باعث کاهش رشد برگ، سطح برگ و سطح تعرق گیاه شد و در نتیجه سطح فتوسنتزی 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 فتوسنتز و کاهش انتقال شیره‌ی پرورده، سبب کاهش ارتفاع می‌شود (رشتبری و علیخانی، ۱۳۹۱). تغییرات 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 دهنده‌ی 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 فتوسنتز 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 غیرآنزیمی 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 (SOD، GPX و 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 فتوسنتزی باشد (Fayez and Bazaid, 2014).

خشکی محدودیت جدی برای کشاورزیست و پیش بینی 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

آنها شده‌اند. ورمی‌کمپوست یک کود آلی بیولوژیک می‌باشد که از طریق تبدیل ضایعات آلی، طی یک فرایند غیرگرمادوست توسط عمل مشترک کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود (Joshi *et al.*, 2015) و با داشتن مقادیر زیادی مواد هیومیکی یک کود زیستی محرک رشد گیاه می‌باشد (Garcia *et al.*, 2012). ورمی‌کمپوست 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 ورمی‌کمپوست اثرهای مثبتی را روی رشد گیاه دارد و این تحقیقات در طیف گسترده‌ای از محصولات شامل غلات و حبوبات، سبزیجات، گیاهان زینتی، گلها و محصولات زراعی انجام شده است (Atiyeh *et al.*, 2001). در آزمایشی با کاربرد ورمی‌کمپوست در بستر گیاهان توت فرنگی (*Fragaria ananassa* var.Chandler) مشخص شد ۳۷٪ سطح برگ ، ۳۷٪ بیومس ساقه، ٤۰٪ تعداد گل ، ۳٦٪ تعداد ساقه‌های رونده و ۳۵٪ وزن میوه توت فرنگی، افزایش یافت (Arancon *et al.*, 2004). هیومیک اسید استخراج شده از ورمی‌کمپوست، 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 ورمی‌کمپوست بر تحمل گیاه به تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسید. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی اثر و کارایی کود ورمی‌کمپوست 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 ورمی‌کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی نهال‌های زیتون، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور تنش خشکی و کود ورمی‌کمپوست، در قالب طرح پایه‌ی کامل تصادفی با چهار تکرار و دو گیاه در هر واحد آزمایشی در پاییز و زمستان سال ۱۳۹٤ در گلخانه‌های آموزشی-پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. قلمه‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون از گلخانه‌ای در شهرستان ساوه، به صورت ریشه‌توپی و درون کیسه‌های پلاستیکی خریداری شدند. کود ورمی‌کمپوست نیز، در بسته‌بندی‌های یک و دو کیلوگرمی، از سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان تهیه گردید. قبل از اعمال تیمارها، بستر خاک به مدت ٤۸ ساعت در آون ضد عفونی شد. برخی مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. ترکیب بستر اصلی خاک گلدان‌ها شامل نسبت ۱:۱:۱ از خاک، پرلایت و ماسه بود. قبل از کاشت، کود ورمی‌کمپوست در نسبت‌های ۰ ، ۱۲/۵ ، ۲۵ و ۵۰ درصد حجمی با خاک گلدان‌ها ترکیب شد و سپس نهال‌ها در آبان ماه سال ۱۳۹٤ به درون گلدان‌های 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

جدول۱- مشخصات ترکیب اصلی بستر مورد استفاده در این آزمایش

EC $\mu S.m^{-1}$	Ph	Na $mg.kg^{-1}$	P $mg.kg^{-1}$	K $mg.kg^{-1}$	بافت خاک	شن ٪	رس ٪	سیلت ٪
٦٥٩	٦/١٤	١٤٧/٥٧	٤٢/٣٥	٧٥/٤٢	لوم شنی	٦٥/٠٦	٢٠	١٤/٩٤

اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک: صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع نسبی، قطر نسبی ساقه و وزن تر و خشک هر گیاه از هر واحد آزمایشی اندازه گیری شدند. اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری شد. وزن خشک نمونه‌ها نیز با قرار گرفتن به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و سپس وزن نمونه‌ها به دست آمد.

درصد نشت یونی: اندازه‌گیری میزان نشت یونی بر طبق روش Lutts و همکاران (١٩٩٦) صورت گرفت (با اندکی تعییرات جزیی 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 ٢٤ 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 اندازه‌گیری گردید [Lt]. سپس، لوله‌ها درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از سرد شدن مجدداً ۳۰ ثانیه ورتکس و هدایت الکتریکی آن‌ها نیز اندازه گیری گردید [Lo]. در نهایت درصد نشت یونی از رابطه زیر به دست آمد:

درصد نشت یونی = [Lt / Lo] × 100

تعیین میزان کلروفیل: کلروفیل برگ‌ها به روش Lichtenthaler (١٩٨٧) در اواسط و اواخر تنش 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 ٤ میلی‌لیتر درون کووت دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-600) ریخته و میزان جذب نور در طول موج‌های ٦٤٤/٨ و ٦٦١/٦ 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 ٦٦١/٦، $A_{644.8}$: جذب در طول موج ٦٤٤/٨ می‌باشد.

تعیین میزان پرولین: میزان پرولین براساس روش Bates و همکاران (١٩٧٣) اندازه‌گیری شد. ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه‌های برگی هر تکرار وزن شد. سپس با اضافه کردن ۱۰ میلی لیتر 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 ٦ مولار و ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص حل شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

عصاره حاصل در لوله آزمایش ریخته و به آن به ترتیب ۲ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر 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 ٤ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شدند. پس از تشکیل دو فاز در لوله آزمایش، با پیپت ۲ میلی لیتر از فاز بالایی در کوئت دستگاه اسپکتروفتومتر 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:

= پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)

[(µg proline/ml × ml toluene)/115.5] / [g samples/5]

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان: ۰/۲ گرم از نمونه‌های برگی در ۱۰ میلی لیتر بافر ۵۰ میلی مولار پتاسیم فسفات (pH 7) شامل ۱ میلی مولار اتیلن دیامین ترا استیک اسید (EDTA) و ۱ درصد پلی وینیل پیرولیدین (PVP) (W/V) هموژن، سپس ۳۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ در سانتریفیوژ یخچال‌دار سانتریفیوژ شد. (برای آسکوربات پراکسیداز، از نمک سدیم آسکوربات ۰/۵ میلی مولار به جای اتیلن دیامین ترا استیک اسید استفاده شد). محلول رویی به عنوان عصاره آنزیمی استفاده گردید. برای اندازه گیری فعالیت کاتالاز، ۳ میلی لیتر ترکیب واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH 7)، ۵۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی و ٤/۵ 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 ۲٤۰ نانومتر به مدت یک دقیقه و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

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

در این رابطه، 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 ۲٤۰ نانومتر در مدت یک دقیقه، TV: حجم کل بافر واکنش و عصاره (۳ میلی‌لیتر)، EV: حجم عصاره (۰/۰۵ میلی‌لیتر)، ε: ضریب خاموشی کاتالاز ($۳۹/٤\ mM^{-1}cm^{-1}$)، D: ضریب رقت.

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

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

تجزیه‌ی آماری داده‌ها: آنالیز آماری داده‌های مربوط به کلیه صفات به کمک نرم افزار آماری استاتیس‌تیکس (Stasistix 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 ورمی‌کمپوست در سطح ۰/۱ درصد اثر معنی‌داری را بر میزان ارتفاع نسبی داشتند (جدول۲). مقایسه میانگین دادها در برهمکنش بین خشکی و کود ورمی‌کمپوست نشان داد که اگرچه غلظت ۱۲/۵ و ۵۰٪ حجمی کود ورمی‌کپوست 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 (شکل۱).

قطر نسبی ساقه: نتایج حاصله از تجزیه واریانس داده‌ها

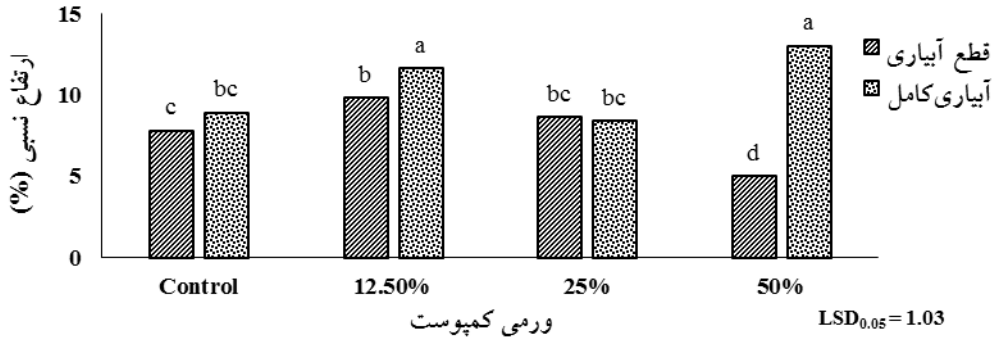
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

جدول۲- تجزیه واریانس خصوصیات رویشی قلمه‌های یک‌ساله ریشه‌دار زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست

منابع تغییرات	ارتفاع نسبی	قطر نسبی	وزن تر ریشه	وزن‌خشک ریشه	وزن تر اندام‌هوایی	وزن خشک اندام‌هوایی
	میانگین مربعات					
خشکی	۳۵/۷۷***	٦۷/۰۲***	۲۲/۷۱**	۱/۸٤*	۲٤۱/٤۱***	۱٦/٦۸**
ورمی‌کمپوست	۷/۰۹**	۳۹/۹۱***	۲۵/۱٦***	٤/۸٤***	۱۳/۲۷*	۵/۷۸*
خشکی*ورمی‌کمپوست	۱۸/۸۸***	۱٤/۳۵***	۵/٤۲^{ns}	۱/۸٤**	۷/۰۲^{ns}	۱/۱۷^{ns}
خطای آزمایش	۲/۲۱	۰/۵۹	۱/۸۰	۰/۲٤	۳/۱۳	۱/٦۹
ضریب تغییرات	۹/٤۵	۲۵/۹۱	۱۲/٤۲	۸/۱۱	۱۳/٤۸	۱۵/۱٦

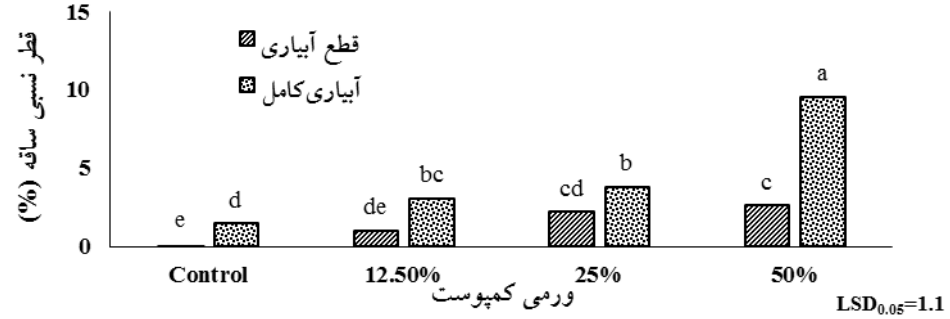
^{ns} : عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ** : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، و *** : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪



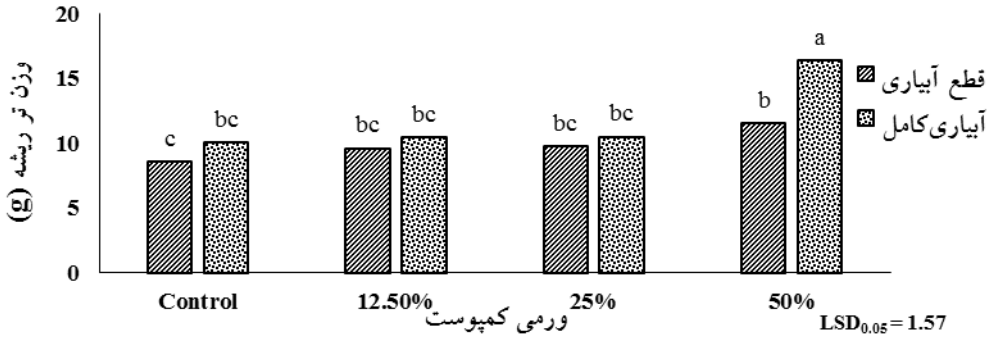
شکل ۱- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر ارتفاع نسبی زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

نشان داد که تنش خشکی و کاربرد کود ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۰/۱ درصد اثر معنی‌داری بر درصد قطر نسبی ساقه داشتند (جدول۲). برهمکنش بین خشکی و کود ورمی‌کمپوست بیانگر این موضوع بود که در هر دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری، افزایش نسبت ورمی‌کمپوست 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 تنش خشکی، میزان کاهش قطر در تیمار ۵۰٪ (۲/۵۷)، نسبت به حالت عدم تنش (۹/۵۳)، بسیار بالا بود (حدود ۷۳ درصد)؛ و تیمار ۲۵ درصد (۲/۱۸) توانست با مقداری مشابه تیمار ۵۰ درصد(۲/۵۷)، مانع از کاهش زیادی در قطر نسبی ساقه نسبت به تیمار شاهد (۰/۱۸) گردد (شکل۲). **وزن تر و خشک ریشه:** تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگرچه برهمکنش بین دو تیمار خشکی و کود ورمی‌کموست 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 (جدول۲). مقایسات میانگین در برهمکنش بین تیمارها نشان داد که در تیمارهای قطع آبیاری و آبیاری کامل، کاربرد ۵۰ درصد حجمی کود ورمی‌کمپوست 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 (شکل۳). هم‌چنین، در هر دو سطح آبیاری مشاهده گردید که کاربرد ۵۰ درصد حجمی کود ورمی‌کمپوست، وزن خشک

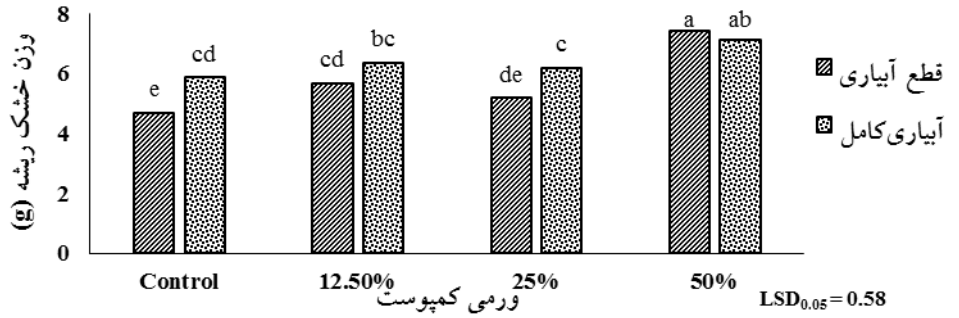
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]



شکل ۲- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر قطر نسبی ساقه زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



شکل ۳- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر وزن تر ریشه زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

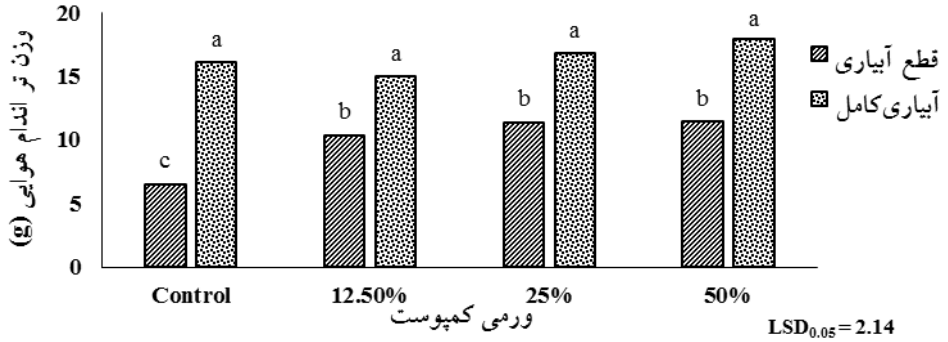


شکل ٤- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ریشه زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

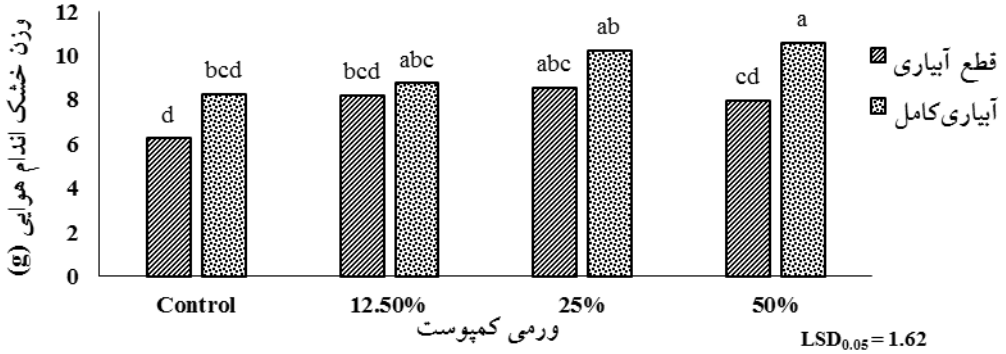
ریشه را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد؛ هرچند این تفاوت‌ها در تیمار آبیاری کامل معنی‌دار نشد. اگرچه در شرایط تنش، تیمار ۲۵ درصد تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت ولی به طور کلی، تیمارهای ۱۲/۵ و ۲۵ درصد حجمی نیز وزن خشک ریشه را با نسبتی کمتر از تیمار ۵۰ درصد حجمی نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (شکل٤).

وزن تر و خشک اندام هوایی: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲)، تیمار تنش خشکی و کود ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر صفت وزن تر و خشک اندام هوایی داشتند در حالی که برهمکنش آنها معنی‌دار نشد. بررسی برهمکنش کود ورمی‌کمپوست و تنش خشکی (شکل۵) نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل هیچ گونه تفاوت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]



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



شکل ٦- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی زیتون رقم زرد.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

معنی‌داری در میزان وزن تر اندام هوایی بین تیمارها مشاهده نشد، ولی با اعمال تنش خشکی هر سه نسبت حجمی کود ورمی‌کمپوست توانستند در یک نسبت تقریبا مساوی میزان وزن تر اندام هوایی را نسبت به تیمار شاهد (٦/٤٩ گرم) در سطح بالاتری حفظ کنند. تجزیه آماری مربوط به برهمکنش داده‌ها (شکل٦) هم‌چنین نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان وزن خشک مربوط به تیمار ۵۰ درصد حجمی کود ورمی‌کمپوست بود، که آن نیز با دو نسبت حجمی کودی دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در شرایط تنش، تیمار ۲۵ درصد حجمی کود ورمی‌کمپوست 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 گرم و در شرایط قطع آبیاری با مقدار٦/٢٣ گرم، کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی را دارا بود.

درصد نشت یونی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش خشکی و ورمی‌کمپوست 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 و در مرحله‌ی دوم در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ٤).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

جدول۳- تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک قلمه‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ورمی‌کمپوست در مرحله‌ی اول نمونه برداری (۲٤ روز پس از قطع آبیاری)

منابع تغییرات	کلروفیل کل	نشت یونی	پرولین	آنزیم کاتالاز	آنزیم آسکوربات پراکسیداز
		میانگین مربعات (۱)			
خشکی	۱۲/۱٦*	۰/۵۷٤۰^{ns}	۰/۰۰۳۳۰***	۰/۰۱۹۰٤*	٦/۵٦۵٦^{ns}
ورمی‌کمپوست	٤٤/۰۳***	۹۱/۵۷۲۳***	۰/۰۰۱٦٤***	۰/۰۵۲٦٦***	٤٤/۰۱٤۲***
خشکی*ورمی‌کمپوست	۰/۵۷۸٦^{ns}	۱۲/٤٤۹۳*	۰/۰۰۳٤۸***	۰/۰۰۰۳۱^{ns}	٤۷/۵۷۸۵***
خطای آزمایش	۱/٦۵۲٦	۳/٤۰٤۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲٦۸	۱/۸۰۸٦
ضریب تغییرات	۷/۱۵	٤/۹۱	۲/۱۰	۲۰/۹۸	۱۹/۹۸

^{ns}، *، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ۱٪ ، و ۰/۱٪.

جدول٤- تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک قلمه‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد ورمی‌کمپوست 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	۱۵/٤۲***	۲۷۹٤/٤۷***	۰/۰۰۲۵۳***	۰/۰۰۵۷٦***	۲٤/٦۹۲۷***
ورمی‌کمپوست	۳٤/۱۹***	۱۳٦۱/۳۸***	۰/۰۰۰۹۳**	۰/۰۰۷۹٤***	۵/۳۰۵۸**
خشکی*ورمی‌کمپوست	۲/۱۸*	۵۲۲/۳۷***	۰/۰۰۰٤۲*	۰/۰۰۰۷۱**	۳/۰۱۳٦*
خطای آزمایش	۰/٦۱۳۰	۳/۲٦	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۹	۰/۸۸۲۷
ضریب تغییرات	۳/۸۹	۳/٦۲	۵/۲۳	۱۸/۰۷	۱۷/۲۷

^{ns}، *، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ۱٪ ، و ۰/۱٪.

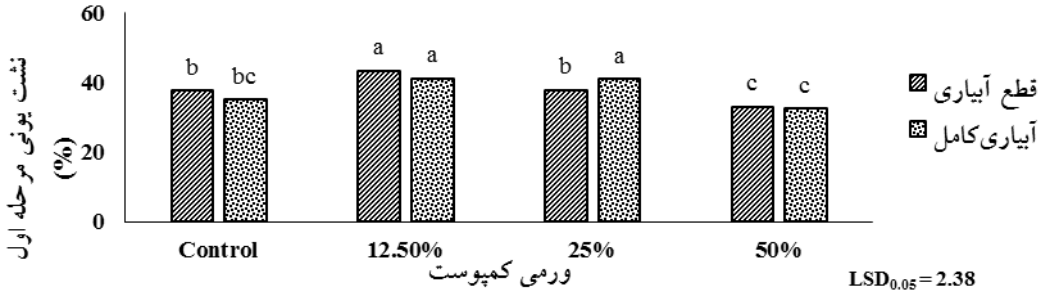
بیشتری از تنش (۳۸ روز)، تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست به طور مؤثرتری توانست میزان نشت‌یونی را در حد پایین‌تری حفظ کند (شکل‌های ۷ و ۸).

محتوای کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگرچه برهمکنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست با گذشت ۲٤ 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 ٤). برهمکنش بین خشکی و کود ورمی‌کمپوست نیز نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه برداری، تیمارهای ۱۲/۵ و 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 ۲۵ و ۵۰٪ بیشترین میزان کلروفیل کل را داشتند ولی با اعمال قطع آبیاری، تیمار 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).

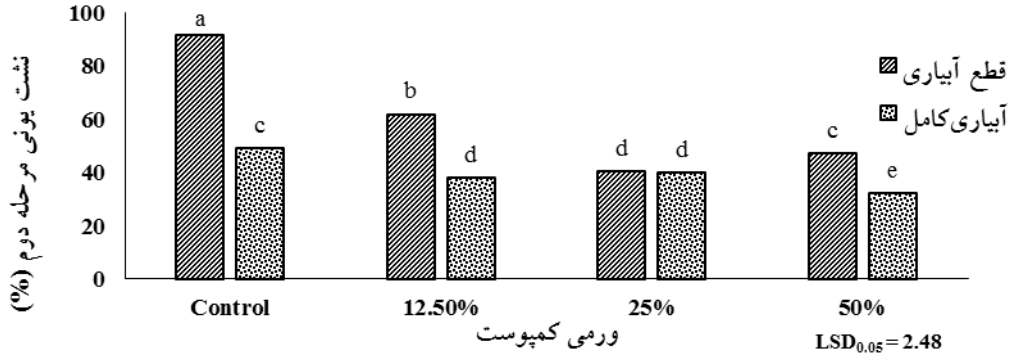
محتوای پرولین: نتایج حاصل ازتجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش بین خشکی و کود ورمی‌کمپوست در مرحله‌ی اول نمونه برداری در سطح احتمال ۰/۱ درصد و در مرحله‌ی دوم نمونه برداری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول‌های ۳ و ٤).

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

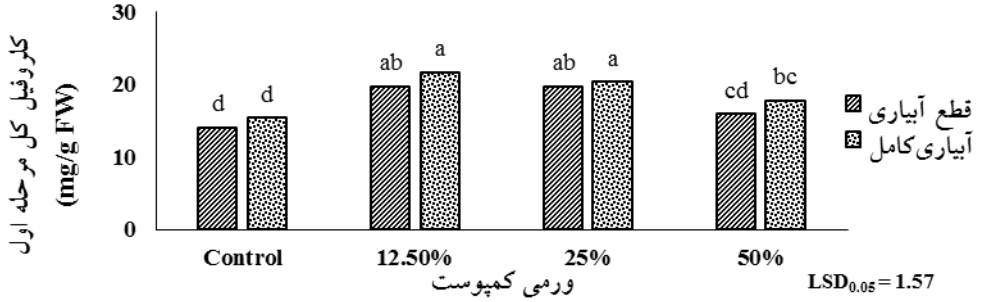
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]



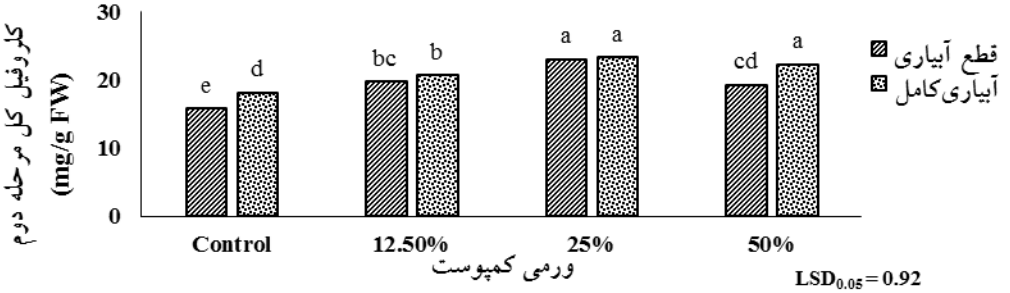
شکل ۷- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر میزان نشت یونی (مرحله ۱) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



شکل ۸- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر میزان نشت یونی (مرحله۲) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



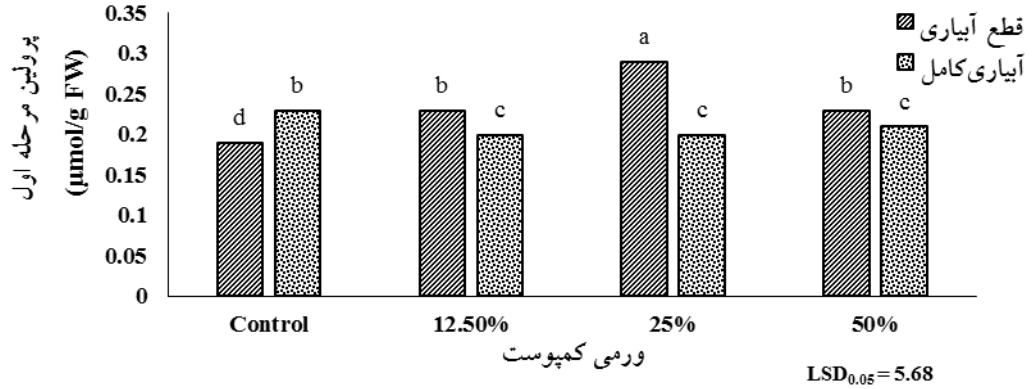
شکل ۹- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر محتوای کلروفیل کل (مرحله۱) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



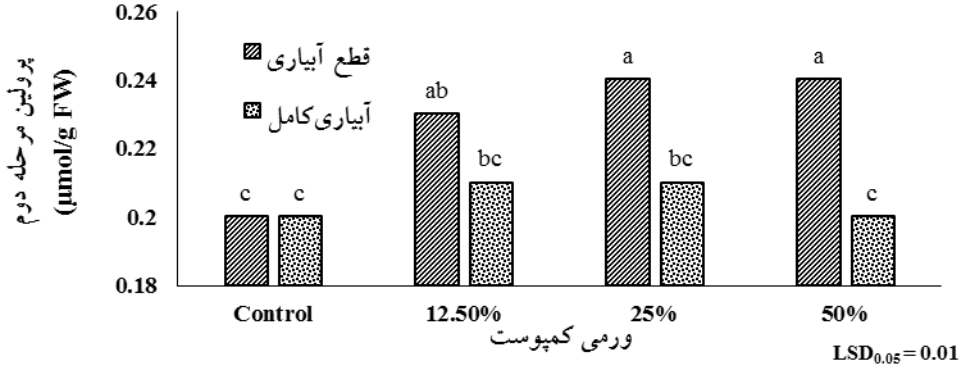
شکل ۱۰- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر محتوای کلروفیل کل (مرحله۲) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]



شکل ۱۱- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر محتوای پرولین (مرحله۱) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



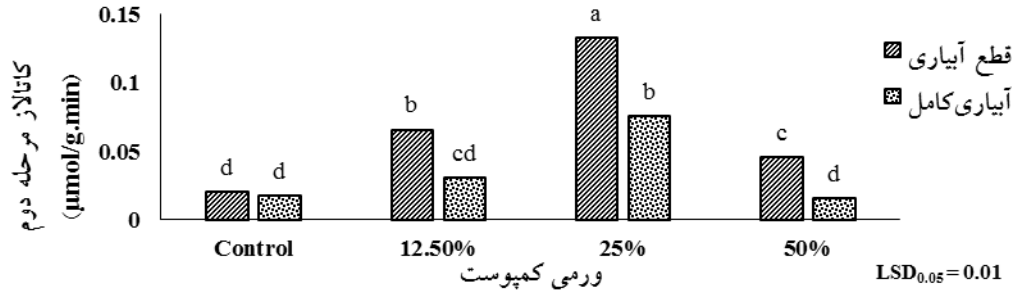
شکل ۱۲- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر محتوای پرولین (مرحله۲) رقم زرد زیتون. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

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 نمونه‌برداری با وجود معنی‌دار بودن اثر تنش خشکی و کاربرد کود ورمی‌کمپوست، 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 ٤). برهمکنش بین تیمارها (شکل‌های ۱۳ و ١٤) نیز نشان داد که در شرایط آبیاری کامل در هر دو زمان نمونه‌برداری، تیمار ۲۵٪ بیشرین میزان فعالیت آنزیم را داشت و دو تیمار دیگر تفاوت 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 ورمی‌کمپوست در سطوح ۰/۱ و ۵ درصد اثرات معنی‌دار خود را در هر دو مرحله‌ی نمونه‌برداری نشان دادند (جدول‌های ۳ و ٤). مقایسه میانگین در برهمکنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه‌برداری، در تیمار آبیاری کامل اگرچه هر سه نسبت کودی ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند و با اعمال تنش، اثرات آنها بر فعالیت آنزیم مشخص نشد؛ ولی با گذشت ۳۸ روز از شروع تنش خشکی، دیده شد

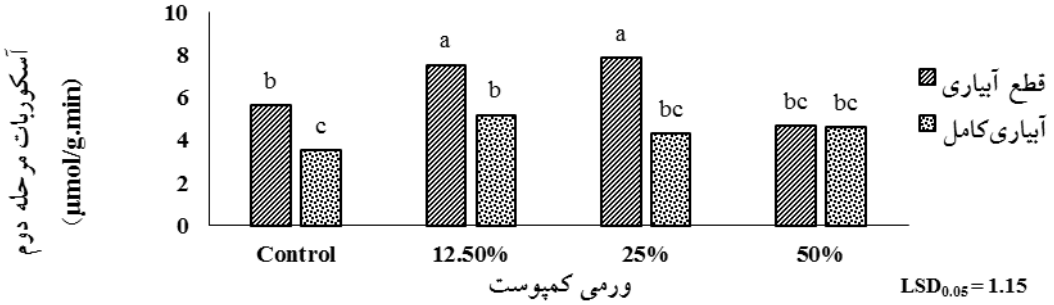
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

شکل ۱۳- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز (مرحله۱) رقم زرد زیتون.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



شکل ١٤- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم کاتالاز (مرحله۲) رقم زرد زیتون.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

شکل ۱۵- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم آسکوربات (مرحله۱) رقم زرد زیتون.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.



شکل ١٦- اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم آسکوربات (مرحله۲) رقم زرد زیتون.
میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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 ۲۵٪ سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم شدند (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

بحث:

ارتفاع نسبی: نتایج برهمکنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست نشان داد که کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش آبی گردید (شکل۱). با کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول، ارتفاع گیاه در تنش خشکی کاهش می‌یابد (Cabuslay *et al.*, 2002). در آزمایشی مشاهده شد که تنش خشکی در سه رقم زیتون (Arbequina، Chetoui و Lechın de Granada، طویل شدن شاخه را به طور مشخصی مهار کرد (Benlloch-Gonzalez *et al.*, 2008). در این پژوهش مشاهده شد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر ارتفاع نسبی اثرات متفاوتی گذاشت. گیاهان در نسبت‌های کم ورمی‌کمپوست، برای جبران دسترسی کم به مواد مغذی، حجم ریشه‌ی خود را افزایش می‌دهند. در بسترهای حاوی مقادیر بالای ورمی‌کمپوست به علت مقادیر بالای نمک و یا احتمالاً پاسخ به غلظت بالای هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین و هیومیک اسید تولیدی توسط میکروارگانیسم‌ها، رشد نهال‌ها کاهش می‌یابد (Manh and Wang, 2014). زیرا مواد هیومیکی در غلظت‌های پایین، محرک رشد گیاه می‌باشند (Vaughan and Malcolm, 1985). در این مطالعه به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف، بر روی میزان فتوسنتز 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 فتوسنتز صورت گرفته بود، ارتفاع افزایش یافت.

قطر نسبی ساقه: نتایج حاصل از برهمکنش بین تیمارها نشان داد که کود ورمی‌کمپوست در هر دو سطح آبیاری، به طور مؤثری توانست قطر ساقه را نسبت به تیمار شاهد در سطح بالاتری نگه دارد (شکل۲). 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 روزنه‌ها و نیز کاهش قابلیت سیستم ریشه‌ای در حمایت و عرضه‌ی بدون مانع آب و مواد غذایی به کانوپی و نرخ فتوسنتز 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 ورمی‌کمپوست، دلیل افزایش خصوصیات رشدی گیاه نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. جذب بهتر مواد مغذی توسط گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست 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 ورمی‌کمپوست اثر محافظتی خود را در گیاهان برنج قرار گرفته در شرایط تنش، احتمالاً از طریق فعل و انفعالات 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 ورمی‌کمپوست سبب افزایش این شاخص شد و بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار آبیاری کامل و کاربرد کود ورمی‌کمپوست به دست آمد (رشتبری و علیخانی، ۱۳۹۱).

وزن تر و خشک: در این پژوهش مشاهده شد که کود ورمی‌کمپوست 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 روزنه، جذب کمتر کربن دی اکسید و در نهایت سبب کاهش رشد ریشه و گیاه می‌شود. با کاهش میزان تعرق و افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

اتلاف حرارت، میزان فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2011; Farooq *et al.*, 2009). با کاهش فتوسنتز، تولید ماده‌ی خشک نیز کاهش می‌یابد (Shao *et al.*, 2008). ریشه طی کمبود آب با فرایند تعدیل 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 تنش 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 تنش کم‌آبیاری در دانهال‌های گوجه، تیمار با کود ورمی‌کمپوست، به طور قابل‌توجهی، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره را نسبت به حالت عدم استفاده در گیاهان شاهد افزایش داد (Chinsamy *et al.*, 2014). همچنین اثرات محافظتی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست در دانهال‌های برنج در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (Garcia *et al.*, 2014).

نشت یونی: نتایج هم چنین نشان داد که کود ورمی‌کمپوست اثر مثبتی را در کاهش میزان نشت یونی طی تنش خشکی دارد (شکل‌های ۷ و ۸). افزایش تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال (مانند H_2O_2) در شرایط تنش خشکی، باعث القای پاسخ‌های حفاظتی و آسیب سلولی می‌شود. پراکسید هیدروژن منجر به پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه آسیب به غشا و نشت الکترولیت‌ها می‌شود. آسیب به غشا و فرایندهای غشایی با اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و نشت یونی بررسی می‌شود. گزارش شده است که در گیاهان ۲ ساله کیوی (*Actinidia delicios*) بعد از گذشت ٦ روز از تنش خشکی نسبت به روز اول، میزان نشت یونی افزایش و با آبیاری مجدد این پارامتر کاهش یافت (Wang *et al.*, 2011). گزارش شده است که در گیاهان برنج رشد یافته در شرایط تنش، کاربرد ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید، بعد از گذشت ٢٤ 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 الکترولیت‌ها نشان می‌دهد که اسید هیومیک می‌تواند بر پایداری غشای سلول تأثیر معنی‌داری داشته باشد (رضوانی نسب و همکاران، ١٣٩٤). گزارش شده است که در دانهال‌های خیار و هندوانه، میزان نشت یونی و محتوای دی ان ای (MDA) در تیمار شاهد به ترتیب حدود ٪۱۰۲/۳۱ – ٪٤/٤٧ و ٪٤٧/٧٥ – ٪۳۳/٦۹ نسبت به بستر حاوی ورمی‌کمپوست بالاتر بود (Zhang and Shang, 2007).

کلروفیل: ورمی‌کمپوست در جلوگیری از کاهش زیاد محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش نقش بسزایی دارد (شکل‌های ۹ و ۱۰). در شرایط تنش خشکی گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن که از ملکول‌های اکسیژن مشتق می‌شوند، در برگ‌ها تجمع می‌یابند که نتیجه‌ی این عمل، اکسیداسیون ترکیبات سلولی مانند نوکلوئیک اسیدها، پروتئین‌ها، کلروفیل و چربی‌ها است (Miller *et al.*, 2010). محققان نشان دادند که هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، اثرات تنش را در گیاهان کاهش داده و منجر به افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه میزان کلروفیل را افزایش می‌دهد (رضوانی نسب و همکاران، ١٣٩٤). دیده شده با کاربرد کود ورمی‌کمپوست محتوای کلروفیل در لیلیوم (*Lilium Longiflorum*) (Mirakalaei *et al.*, 2013) و کلروفیل a و b در تاج خروس (*Amaranthus* sp.) (Uma and Malathi, 2009) افزایش یافت. در دانهال‌های گوجه فرنگی رشد یافته تحت شرایط تنش شوری نیز مشاهده گردید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

که گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست، رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند (Chinsamy *et al.*, 2013).

پرولین: تجزیه آماری داده‌ها هم‌چنین نشان داد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست 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 سنتز 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 سنتز و ذخیره‌سازی پرولین، پتانسیل اسمزی خود را افزایش می‌دهند (Liu *et al.*, 2013). کاربرد کود ورمی‌کمپوست، در غلظت ٤:٧ (خاک–ورمی کمپوست) نسبت به بستر تمام خاک (۰:۷)، ١٦ اسید آمینه‌ی 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 ورمی‌کمپوست نیز مشاهده شده است که بیشترین محتوای پرولین در سطوح تنش بالا (٦٠٪ ظرفیت زراعی) و کمترین میزان در تیمار آبیاری کامل (شاهد– عدم کاربرد کود ورمی کمپوست)، وجود دارد (قلی نژاد، ۱۳۹۳).

آنزیم‌های آنتی اکسیدان: نتایج نشان داد که کاربرد کود ورمی‌کمپوست به طور مؤثری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان را افزایش داد (شکل‌های ۱۳ تا ١٦). تنش خشکی با آسیب رساندن به رنگدانه‌های کلروفیل و سیستم انتقال الکترون فتوسنتز، منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود. گیاهان برای مقابله با اثرات نامطلوب گونه‌های اکسیژن فعال، سیستم‌های دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی را توسعه می‌دهند (Wu *et al.*, 2012). آنزیم‌های آنتی اکسیدان سوپر اکسید دیسموتاز، گوایکول پراکسیداز و کاتالاز، مهمترین آنزیم‌های سم‌زدا می‌باشند که با همکاری آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در چرخه‌ی گلوتاتیون آسکوربات، رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کنند (Wang *et al.*, 2011). فعالیت این آنزیم‌های آنتی اکسیدان نقش کلیدی را در بقای گیاه در شرایط تنش خشکی بازی می‌کند. تعامل هیومیک اسید کود ورمی‌کمپوست با سیستم ریشه‌ای گیاه، سبب فعال شدن عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی 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 برنج در شرایط تنش آبی مشاهده شد که هیومیک اسید ناشی از ورمی‌کمپوست سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های 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 آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ‌های گیاهان کشت شده در بستر حاوی ورمی‌کمپوست 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 آنزیم آسکوربات پراکسیداز (در مرحله‌ی دوم نمونه برداری)، کاتالاز و محتوای پرولین افزایش یافت؛ و کاربرد کود ورمی‌کمپوست سبب کاهش معنی‌دار 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 ورمی‌کمپوست 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 سنتز بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین نسبت به شاهد گردد. با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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 تنش خشکی، منجر به بهبود وضعیت رشدی گیاه گردید.

تشکر و سپاسگزاری:

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

منابع:

رشتبری، م. و علیخانی، ح. (۱۳۹۱) تاثیر و کارایی کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست بر روی ویژگی های مورفو-فیزیولوژیکی و عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲ : ۱۱۳-۱۲۷.

رضوانی نسب، ا. فتوت، ر. آستارائی، ع. و آبادی پور، ا. ت. (۱۳۹٤) تاثیر دو ساله روشهای اعمال اسید هیومیک بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال های پسته در شرایط مزرعه. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران-شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه. ۱۰۷۲-۱۰۷٦.

قلی‌نژاد، ر. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی، کود کمپوست و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گاوزبان (*Borago officinalis*)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل. ایران.

کوچکی،ع. و علیزاده، ا. (۱۳٦۵) 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. Arteca, 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 Agriqulture 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 Stournaras, V. (2012) Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly 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 Physiologiae Plantarum 31: 937-945.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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.

Lutts, 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 (Lillium 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]

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, Isfshsn 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 resultes 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 greenhoude 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.

mah.gholami@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.25.8]