نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۶۷ تا ۸۰

تأثیر کود ورمی‌کمپوست بر برخی فاکتورهای فیزیولوژیکی و جذب عناصر معدنی نهال‌های زیتون رقم زرد (*Olea europaea* L. cv. Zard) در شرایط تنش کم‌آبی

سیده زهرا موسوی دهموردی[۱]، مهدیه غلامی[۲*] و بهرام بانی نسب[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲)

چکیده

کم‌آبی یکی از معمول‌ترین تنش‌هایی است که گیاهان آن را تجربه می‌کنند و رشد گیاهان را در سراسر جهان و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند. در این پژوهش، تأثیر کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و تحمل به تنش خشکی نهال زیتون (*Olea europaea* L.) رقم زرد بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی که در آن فاکتور اول چهار نسبت حجمی کود ورمی‌کمپوست (۰٪ (شاهد)، ۱۲/۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪) و فاکتور دوم تنش خشکی (آبیاری کامل و قطع آبیاری) در چهار تکرار در گلخانه پژوهشی بخش باغبانی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بر اساس نتایج، تنش قطع آبیاری تعداد نسبی برگ را کاهش داد و کاربرد کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش آن شد. اعمال تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل a، b، کاروتنوئید و غلظت فسفر ریشه و افزایش میزان سدیم برگ و ریشه شد و کاربرد کود ورمی‌کمپوست میزان سدیم ریشه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. با وجود اثرات مثبت هر سه تیمار حجمی کود ورمی‌کمپوست بر برخی پارامترهای رشد و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، تعداد نسبی برگ، کلروفیل a، b و کاروتنوئید و مقاومت به خشکی در گیاهان تیمار شده با ۲۵٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج نشان داد در زیتون رقم زرد، اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک در نسبت ۲۵٪ حجمی، به‌دلیل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، سبب افزایش غلظت فسفر و پتاسیم و بهبود رشد شد.

واژه‌های کلیدی: تنش غیر زیستی، خشکی، درختان میوه، ویژگی‌های رویشی

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mah.gholami@iut.ac.ir

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) از جمله درختان نیمه‌گرمسیری بوده و از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده و منابع غذایی مهم به شمار می‌آید که با پیدایش اولین تمدن‌های انسانی، استفاده از آن نیز رواج پیدا کرده است (۱۳ و ۲۸). بر اساس آمارهای به‌دست آمده از سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد (FAO)، اسپانیا با تولید ۸۱۳۷۸۱۰ تن بیشترین میزان تولید را داشته است و پس از آن به‌ترتیب کشورهای یونان، ایتالیا، ترکیه و مراکش قرار دارند؛ درحالی‌که میزان تولید در ایران به حدود ۱۰۸۰۰۰ تن می‌رسد (۸). زیتون اگرچه تحمل خوبی در برابر کمبود آب دارد و می‌تواند مدت‌ها بی‌آبی را تحمل کند (۲)، اما نرخ رشد و عملکرد نهایی محصول کاهش می‌یابد و این یکی ازمحدودیت‌های اصلی در بهره‌وری درخت تحت تنش در اکوسیستم‌های خشک است (۲۲). ورمی‌کمپوست یک کود آلی بیولوژیک است که تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالایی را دارد و حضور میکروب‌ها به‌خصوص قارچ، باکتری و اکتینومیست، آن را برای رشد گیاه مناسب می‌کنند. مواد مغذی مانند نیترات، فسفات، کلسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول در دسترس گیاه، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، سایتوکینین و نیز اکسین در ورمی‌کمپوست وجود دارند (۱۴). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد خارجی کود ورمی‌کمپوست بر دامنه‌ی وسیعی از محصولات، رشد گیاه را به‌طور مؤثری افزایش داده است (۳). تنش خشکی، رشد ساقه، رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ، محتوای پتاسیم، فتوسنتز، تعرق، توسعه و بهره‌وری محصول و دیگر فرایندهای بیوشیمیایی مرتبط با رشد گیاه را کاهش می‌دهد و باعث تحریک تنش اکسیداتیو در برگ می‌شود (۹). هیومیک اسید استخراج شده از ورمی‌کمپوست، ممکن است با اثر بر مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و گونه‌های اکسیژن فعال (reactive oxygen species)، گیاهان را در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده محافظت کند و فرایندهای رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (۱۲).

ورمی‌کمپوست، دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی بوده که آن را به یک کود زیستی محرک رشد گیاه تبدیل می‌کند (۱۱). هیومیک اسید، هورمون‌های تنظیم‌کننده‌ی رشد گیاهی، مسیر رشد ریشه و متابولیسم ثانویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۰) و درنتیجه گیاهان را در برابر تنش شوری و خشکی محافظت می‌کند (۱۰ و ۱۱). اثر کود ورمی‌کمپوست بر افزایش رشد و عملکرد گیاه توسط تحقیقات به اثبات رسیده است. در آزمایشی اثر کود ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک مکمل خاکی و به‌صورت ترکیبی با خاک در نسبت‌های [۰:۱:۱-۱:۱:۲-۱:۱:۳-۱:۱:۴-۱:۱:۵]، برای بهبود رشد، عملکرد و کیفیت میوه‌های گوجه فرنگی (*Lycopersicom esculentum*) نشان داد که نسبت‌های ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳، اسیدیته قابل اندازه‌گیری میوه وpH خاک را کاهش و مواد جامد محلول و نامحلول، غلظت کربوهیدرات‌ها و عملکرد گوجه فرنگی را افزایش دادند (۱۲). تیمار گیاهان کلزای موجود در شرایط تنش خشکی با کود ورمی‌کمپوست، باعث افزایش بیومس، رشد و عملکرد گیاه شد (۲۴). در آزمایش دیگری مشخص شد که هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاهان برنج در برابر تنش آبی می‌شود (۱۱). با توجه به اینکه تنش خشکی هر ساله خسارت هنگفتی را به محصولات زراعی و باغی، به‌خصوص در ایران که کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود، وارد می‌کند (۲۵)، بنابراین به توسعه ارقام مقاوم و روش‌هایی که سبب افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی می‌شوند، نیاز است. از این‌رو هدف از این پژوهش، بررسی اثر و کارایی کود ورمی‌کمپوست بر بهبود رشد رویشی، محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئید و جذب عناصر معدنی نهال‌های یک‌ساله زیتون رقم زرد در شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ در گلخانه‌های آموزشی- پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه صنعتی

اصفهان روی نهال‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون صورت گرفت. کود ورمی‌کمپوست از سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان و نهال‌های زیتون از یک نهالستان معتبر در اراک تهیه شدند. دمای گلخانه در طول مدت آزمایش، به‌طور میانگین حداکثر ۳۵/۷ و حداقل ۱۹/۳ درجه سلسیوس بود و گلخانه به‌طور مداوم در برابر آفات و بیماری‌ها کنترل می‌شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تکرار و دو گیاه در هر واحد آزمایشی انجام شد. به‌منظور انجام آزمایش، کود ورمی کمپوست در ۴ نسبت حجمی (صفر، ۱۲/۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪) در گلدان‌های هفت لیتری با بستر اصلی ترکیب و نهال‌ها در آن کشت شدند. برخی مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. همچنین برخی از ویژگی‌های شیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش نیز در جدول ۲ نمایش داده شده است (استاندارد درجه یک و دو، مربوط به دو نوع کود ورمی‌کمپوست تولید شده توسط سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان است). تا زمان اطمینان از استقرار نهال‌ها، مقدار آب آبیاری همه‌ی تیمارها یکسان و تا حد ظرفیت مزرعه انجام می‌شد. پس از استقرار کامل، به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی روی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه، گیاهان به دو قسمت تقسیم و تنش خشکی در دو سطح (آبیاری کامل و قطع آبیاری) اعمال شد. اعمال تنش بدین صورت بود که تیمارهای آبیاری کامل همچنان مانند قبل به صورت مداوم تا حد ظرفیت مزرعه آبیاری می‌شدند، درحالی‌که در تیمارهای تنش خشکی، آبیاری به‌طور کامل تا زمانی که حدود ۸۰ درصد برگ گیاهان علائم تنش از جمله پژمردگی و ریزش را نشان دادند، قطع شد. این مدت ۳۸ روز به طول انجامید. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل تعداد نسبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل a و b، کاروتنوئید، مقادیر عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر در برگ و ریشه بود. فاکتورهایی چون تعداد نسبی برگ، به‌صورت نسبی یعنی هم در ابتدا و هم در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد. به‌منظور درک بهتر پاسخ به تنش، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ و نیز نمونه‌گیری از گیاه و فیکس کردن در ازت مایع و نگهداری در فریزر منفی ۸۰ درجه سلسیوس برای اندازه‌گیری رنگدانه‌ها، در طی دو مرحله، شامل اواسط (۲۴ روز پس از قطع آبیاری) و اواخر تنش (۳۸ روز پس از قطع آبیاری)، انجام شد.

برای شمارش تعداد برگ، تمامی برگ‌های کاملاً توسعه یافته (صرف نظر از برگ‌های جوان انتهایی و برگ‌های مسن پایینی) شمارش شدند. تعداد برگ در ابتدا و انتهای آزمایش شمارش و اختلاف آنها بر حسب درصد بیان شد (۳). محتوای نسبی آب برگ نیز با استفاده از روش ژنگ و همکاران اندازه‌گیری شد (۳۱). اندازه‌گیری رنگدانه‌ها با استفاده از روش لیشتنتالر (۱۵) در اواسط و اواخر تنش خشکی انجام شد و میزان جذب نور در سه طول موج ۶۴۴/۸، ۶۶۱/۶ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت میزان کلروفیل و کاروتنوئید از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شد:

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

$$C_b = 20.13 \times A_{644.8} - 4.19 \times A_{661.}$$

$$C_{x+c} = \left(1000 \times A_{470} - 1.90\, C_a - 63.14\, C_b\right)/214$$

C_a = غلظت کلروفیل a، C_b = غلظت کلروفیل b، C_{x+c} = غلظت کاروتنوئید، $A_{661.6}$ = جذب در طول موج ۶۶۱/۶، $A_{644.8}$ = جذب در طول موج ۶۴۴/۸، A_{470} = جذب در طول موج ۴۷۰

به علت نقش اساسی سدیم و پتاسیم در تنظیم اسمزی و مقدار زیاد فسفر در هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، سه عنصر ذکر شده مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور بر اساس پروتوکل مورد استفاده در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی اصفهان، نمونه‌های برگ و ریشه نهال‌های زیتون بعد از خشک شدن به صورت مجزا آسیاب و از الک مش ۴۰ عبور داده شدند. سپس به‌منظور جلوگیری از تغییر وزن و نفوذ رطوبت، نمونه‌های پودر شده درون قوطی‌های پلاستیکی نگهداری شدند. به‌منظور تهیه‌ی عصاره از پودر تهیه شده، حدود ۰/۵ گرم از هر نمونه گیاهی در بوته چینی ریخته و در کوره الکتریکی به‌مدت ۵ ساعت با دمای ۵۰۰ درجه‌ی سلسیوس قرار داده شدند تا در طی این فاصله زمانی تمامی مواد آلی موجود در آنها سوخته شود. پس از کاهش دما و سرد شدن کوره، بوته‌های چینی

جدول ۱. مشخصات بستر خاک مورد استفاده در این آزمایش

EC	pH	Na	K	بافت خاک	شن	رس	سیلت
(dS/m)		(mg/kg)				(٪)	
۰/۶۶	۶/۱۴	۱۴۷	۴۲/۳	۷۵/۴	لوم شنی	۶۵/۱	۲۰	۱۴/۹

جدول ۲. نتایج آنالیز نمونه کود ورمی‌کمپوست انجام شده توسط سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان

	واحد	مقدار	استاندارد درجه یک	استاندارد درجه دو
مواد آلی	g/g DW	۳۷/۲	–	–
کربن آلی	g/g DW	۲۳/۶	۲۰>	۱۰>
ازت کل	٪DW	۱/۴	۱>	۰/۵>
نسبت کربن به نیتروژن	–	۱۶/۹	۲۰–۱۵	۱۵–۱۰
خاکستر	g/g DW	۶۲/۸	–	–
pH	–	۸/۲۳	۶/۸–۵/۵	۶/۸–۵/۵
هدایت الکتریکی	dS/m	۲/۹	۸<	۱۰<
فسفر (P_2O_5)	٪DW	۳/۴۶	۱>	۰/۵>
پتاسیم (K_2O)	٪DW	۱/۲	>۱	۰/۵>
سدیم	٪DW	۰/۵۵	–	–
کلسیم	٪DW	۳/۹	–	–
منیزیم	٪DW	۰/۵۶	–	–
رطوبت	٪DW	۵۳	۳۰–۲۰	۳۰–۲۰

حاوی خاکستر نمونه‌ها از کوره خارج و به هر کدام حدود ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شد و بر روی هیتر برقی با دمای ۱۰۰–۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا زمانی که بخارات سفید رنگ از آنها خارج شود. سپس نمونه‌ها از روی هیتر برداشته، از کاغذ صافی اشلس عبور داده و در نهایت حجم نمونه‌ها با استفاده از آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. با استفاده از نمک‌های کلرید سدیم و پتاسیم خالص، استانداردهای مورد نیاز تهیه شدند. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم با دستگاه شعله سنج (مدل PFP7) انجام گرفت. در پایان با استفاده از نمودار استاندارد و معادله‌های رگرسیونی حاصل از آنها، غلظت هر دو عنصر برآورد و سپس بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن خشک محاسبه شد (۲۹).

برای اندازه‌گیری فسفر نیز بر اساس روش مورد استفاده در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی اصفهان، استانداردهای مورد نیاز در دامنه‌ی مناسب از پودر فسفر، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات خالص و خشک تهیه شدند. برای اندازه گیری فسفر ابتدا نیاز به تهیه‌ی محلول A، به صورت ۱۲ گرم مولیبدات آمونیوم، ۱۲۵ میلی لیتر آب مقطر، ۰/۱۴۵۴ گرم تارتارات آنتیمونی و ۷۴ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ بود. سپس ترکیب ذکر شده به حجم یک لیتر رسانده شد. این محلول در ظرف تاریک و در مکانی خنک نگهداری شد. برای تهیه‌ی محلول B، ۰/۵۲۸ گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر محلول A حل شد. این محلول پایدار نبود و باید روزانه تهیه می‌شد. حدود ۵ میلی لیتر از عصاره هر نمونه به درون بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به

جدول ۳. تجزیه واریانس برخی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیک نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست (۱- مرحله اول نمونه‌برداری ۲- مرحله دوم نمونه‌برداری).

صفات	منابع تغییرات			
	خشکی	ورمی‌کمپوست	خشکی × ورمی‌کمپوست	خطای آزمایش
تعداد نسبی برگ	۲۷۵**	۱۷۰**	۲۵/۰۴ns	۱۹/۰۲
محتوای نسبی آب برگ(۱)	۱۳۳***	۴۷۹***	۹/۱۱*	۲/۱۷
محتوای نسبی آب برگ(۲)	۲۹۱۴***	۴۸۹***	۳۱۴***	۲/۲۱
کلروفیل a (۱)	۴/۳۶**	۸/۷۰***	۰/۵۳ns	۰/۴۱
کلروفیل a (۲)	۴/۷۹***	۸/۶۷***	۰/۵۹*	۰/۱۴
کلروفیل b (۱)	۰/۰۸۹ns	۲/۷۰**	۰/۳۲ns	۰/۲۹
کلروفیل b (۲)	۸/۲۶**	۳/۵۴**	۲/۵۲*	۰/۴۹
کاروتنوئید (۱)	۰/۷۰*	۳/۲۰***	۰/۰۳۴ns	۰/۱۲
کاروتنوئید (۲)	۳/۶۱**	۴/۶۷***	۰/۲۷ns	۰/۲۸
درجه آزادی	۱	۳	۳	۲۱

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٪.

آن حدود ۴ میلی لیتر از محلول B اضافه و حجم بالن با آب مقطر به نصف رسانده شده و اجازه داده شد تا رنگ آبی در محلول ظاهر شود. در ادامه بالن به حجم رسانده و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۸۰ نانومتر خوانده شد. در پایان آزمایش با استفاده از نمودار استاندارد غلظت فسفر، غلظت این عنصر در عصاره نمونه‌ها برآورد و سپس بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک محاسبه شد (۲۹ و ۳۰).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statistics و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی و ورمی‌کمپوست بر تعداد برگ‌های نسبی نهال‌های یک ساله رقم زرد زیتون اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند درحالی که برهم‌کنش این دو معنی‌دار نبود (جدول ۳).

برهم‌کنش بین تیمارهای تنش خشکی و کود همچنین نشان داد که تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست در هر دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری سبب بیشترین تعداد برگ نسبی، نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴).

مدارکی وجود دارد که نشان می‌دهد علت ریزش برگ‌ها در شرایط تنش ممکن است به‌دلیل تغییر در تعادل هورمون‌ها و یا متابولیت‌ها باشد (۷). هیومیک اسید از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها، سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها می‌شود. البته غلظت‌های نسبتاً بالای ورمی‌کمپوست به علت سمیت عناصر غذایی و یا افزایش هدایت الکتریکی (EC) ممکن است روی تعداد برگ‌ها نتیجه عکس داشته باشد (۲۰). نتایج مشابهی در دانهال‌های گوجه فرنگی تحت شرایط تنش تیمار شده با ورمی‌کمپوست، مشاهده شده است (۵). همچنین دیده شده که در گیاهان کلزا در شرایط تنش خشکی، بیشترین تعداد و سطح برگ در تیمار آبیاری کامل و اعمال ۴٪ ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (۲۳).

جدول ۴. اثر برهم‌کنش بین کود ورمی‌کمپوست و سطوح مختلف آبیاری بر تعداد نسبی برگ و محتوای نسبی آب نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون

سطح تنش خشکی	ورمی کمپوست (٪)			
	۰	۱۲/۵	۲۵	۵۰
	تعداد نسبی برگ (٪)			
آبیاری کامل	۲۳/۰^{ab}	۲۴/۱^{ab}	۲۶/۸^{a}	۱۷/۰^{bc}
قطع آبیاری	۱۳/۲^{c}	۱۴/۵^{c}	۲۶/۱^{a}	۹/۷۰^{c}
	محتوای نسبی آب برگ (۱) (٪)			
آبیاری کامل	۵۲/۱^{fg}	۶۳/۴^{c}	۷۴/۹^{a}	۵۷/۲^{d}
قطع آبیاری	۴۹/۹^{g}	۵۵/۳^{de}	۶۹/۸^{b}	۵۳/۶^{ef}
	محتوای نسبی آب برگ (۲) (٪)			
آبیاری کامل	۶۳/۴^{bc}	۶۱/۱^{c}	۶۶/۶^{a}	۶۷/۹^{a}
قطع آبیاری	۲۷/۲^{e}	۳۹/۳^{d}	۳۷/۷^{d}	۶۵/۹^{ab}

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در هر دو مرحله‌ی نمونه برداری، سطوح آبیاری و کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۰/۱ درصد و برهم‌کنش این دو به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۰/۱ درصد اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ قلمه‌های زیتون داشت (جدول ۳). برهم‌کنش تنش خشکی و کاربرد ورمی‌کمپوست نشان داد که در مرحله‌ی اول نمونه برداری نسبت حجمی ۲۵٪ سبب بیشترین آب نسبی برگ در هر دو سطح آبیاری شد، درحالی‌که در مرحله‌ی دوم نمونه برداری، اگرچه در شرایط آبیاری کامل هر دو غلظت ۲۵٪ و ۵۰٪ ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی در شرایط تنش، نسبت ۵۰٪ به نحو مؤثرتری از کاهش آب نسبی برگ نهال‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون محافظت کرد (جدول ۴). در درختان زیتون مشاهده شده است که کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تنش خشکی، به علت بیشتر بودن تعرق نسبت به میزان جذب آب توسط ریشه است (۲۲). کود اصلاحی ورمی‌کمپوست ظرفیت نگهداری آب خاک، موادمغذی و عناصر مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد و به نوبه‌ی خود منجر به رشد و توسعه‌ی بهتر گیاه می‌شود (۱۴). نتایج نشان داد که اگرچه تنش ملایم (۵۵٪ ظرفیت زراعی) و شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی)، سبب کاهش رشد، محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه کلزا شد، ولی کاربرد ۴٪ کود ورمی‌کمپوست اثرات مطلوبی را بر این پارامترها در تمامی سطوح آبیاری و تنش خشکی داشت (۲۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در هر دو زمان نمونه برداری، خشکی، ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a داشتند. همچنین دیده شده که اثرات متقابل بین تیمارها بر میزان کلروفیل b، اگرچه در مرحله اول نمونه برداری معنی‌دار نشد، ولی در مرحله‌ی دوم نمونه برداری (با گذشت ۳۸ روز از قطع آبیاری)، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کاروتنوئید نیز نشان داد که در هر دو زمان نمونه برداری اثر تنش خشکی و کاربرد کود ورمی‌کمپوست معنی‌دار شد ولی برهم‌کنش آنها معنی‌دار نشد (جدول ۳). برهم‌کنش بین تیمارها نیز نشان داد که تحت شرایط آبیاری کامل درمرحله‌ی اول نمونه‌گیری تیمار ۱۲/۵ و ۲۵٪ و در مرحله ی دوم نمونه‌گیری تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی کمپوست دارای بیشترین میزان

جدول ۵. اثر برهم‌کنش بین کود ورمی‌کمپوست و سطوح مختلف آبیاری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون

سطح تنش خشکی	ورمی کمپوست (٪)			
	۰	۱۲/۵	۲۵	۵۰
	کلروفیل a (۱) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۱۱/۱۱^{d}	۱۴/۱۱^{a}	۱۴/۰۴^{a}	۱۲/۵۲^{bc}
قطع آبیاری	۱۰/۹۳^{d}	۱۲/۳۹^{bc}	۱۳/۳۳^{ab}	۱۱/۵۵^{cd}
	کلروفیل a (۲) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۱۵/۲^{b}	۱۴/۷^{b}	۱۷/۳^{a}	۱۵/۱^{b}
قطع آبیاری	۱۳/۶^{c}	۱۳/۵^{c}	۱۶/۷^{a}	۱۴/۹^{b}
	کلروفیل b (۱) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۵/۱۷^{c}	۷/۱۴^{a}	۶/۰۴^{bc}	۵/۴۶^{c}
قطع آبیاری	۵/۶۹^{bc}	۶/۴۶^{ab}	۵/۷۹^{bc}	۵/۲۹^{c}
	کلروفیل b (۲) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۴/۳۲^{bc}	۵/۲۷^{ab}	۶/۳۱^{a}	۶/۴۰^{a}
قطع آبیاری	۳/۴۶^{c}	۵/۳۲^{ab}	۵/۳۶^{ab}	۳/۴۱^{c}
	کاروتنوئید (۱) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۲/۵۲^{c}	۴/۲۲^{a}	۴/۰۳^{ab}	۳/۵۷^{b}
قطع آبیاری	۲/۲۰^{c}	۳/۷۸^{ab}	۳/۵۵^{b}	۳/۴۳^{b}
	کاروتنوئید (۲) (mg/g FW)			
آبیاری کامل	۳/۰۸^{b}	۴/۶۱^{a}	۴/۶۴^{a}	۴/۴۹^{a}
قطع آبیاری	۱/۸۶^{c}	۴/۲۶^{a}	۴/۲۶^{a}	۳/۲۴^{b}

در هر ستون و ردیف میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار ندارند.

کلروفیل a بود. با اعمال تنش خشکی (قطع آبیاری) مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل a در مرحله‌ی اول در تیمار ۲۵ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی داری با تیمار ۱۲/۵٪ نداشت. با گذشت ۳۸ روز از شروع تنش و در مرحله ی دوم، تیمار ۲۵٪ حجمی کود ورمی کمپوست بیشترین و دو تیمار شاهد و ۱۲/۵٪ کمترین میزان کلروفیل a را نشان دادند. نتایج همچنین نشان داد که اگرچه در مرحله اول نمونه‌برداری در هر دو سطح تنش خشکی بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار ۱۲/۵٪ مشاهده شد ولی با شدت گرفتن اثرات تنش خشکی و درواقع در طی نمونه گیری دوم، هر دو تیمار ۱۲/۵ و ۲۵٪ حجمی کود ورمی کمپوست دارای بیشترین اثرات محافظت‌کنندگی از محتوای کلروفیل b در هر دو سطح تنش خشکی بودند. برهم‌کنش بین تیمارها همچنین نشان داد که در شرایط آبیاری کامل اثرات مثبت هر سه تیمار ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست در هر دو زمان نمونه‌برداری کاملاً مشهود بود.

در شرایط تنش خشکی، بیشترین میزان کاروتنوئید با گذشت ۲۴ روز پس از شروع تنش خشکی، مربوط به تیمار ۱۲/۵٪ بوده و با شدت گرفتن تنش و در مرحله‌ی دوم نمونه‌برداری مربوط به دو تیمار ۱۲/۵ و ۲۵٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست بود که تیمار ۲۵٪ نیز با تیمار ۵۰٪ اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن که از مولکول‌های اکسیژن مشتق

جدول ۶. تجزیه واریانس عناصر معدنی (پتاسیم، سدیم و فسفر) در ریشه و برگ نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی زیتون تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست

صفات	منابع تغییرات			
	خشکی	ورمی‌کمپوست	خشکی×ورمی‌کمپوست	خطای آزمایش
پتاسیم ریشه	۰/۰۱^{ns}	۲۴/۳***	۱۷/۵***	۰/۵۷
پتاسیم برگ	۱/۱۷^{ns}	۱۱۱***	۶۵/۸***	۱/۸۱
سدیم ریشه	۹/۱۳***	۲۱/۸***	۲/۵۴**	۰/۳۷
سدیم برگ	۱/۰۹***	۳/۳۱***	۰/۴۲***	۰/۰۱
فسفر ریشه	۰/۰۱۸۲*	۰/۰۱۶***	۰/۰۲***	۰/۰۰۳
فسفر برگ	۰/۰۱۸۰^{ns}	۰/۶۸**	۰/۷۴***	۰/۰۶۸
درجه آزادی	۱	۳	۳	۲۱

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٪.

می‌شوند، در برگ‌ها تجمع می‌یابند که نتیجه‌ی این عمل، اکسیداسیون ترکیبات سلولی مانند نوکلوئیک اسیدها، پروتئین‌ها، کلروفیل و چربی‌ها است (۱۸). هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه، توانسته است میزان ساخت رنگدانه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه را راحت‌تر کند (۶).

ورمی‌کمپوست در جلوگیری از کاهش زیاد محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش نقش بسزایی دارد. 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 (۲۵). در دانهال‌های گوجه فرنگی رشد یافته تحت شرایط تنش شوری نیز مشاهده شد که گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست، رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند (۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان پتاسیم ریشه و برگ قلمه‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون نداشت ولی کاربرد کود ورمی‌کمپوست و برهم‌کنش سطوح تنش خشکی و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری را بر میزان پتاسیم ریشه و برگ داشتند (جدول ۶). برهم‌کنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست نشان داد که اگرچه در تیمار آبیاری کامل بین سه نسبت ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰٪ ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی با اعمال تنش خشکی، تیمار ۵۰٪ به‌طور مؤثرتری توانست پتاسیم ریشه را نسبت به سایر تیمارها افزایش دهد و دو تیمار ۱۲/۵ و ۲۵٪ با وجود عدم تفاوت معنی‌دار، میزان پتاسیم بالاتری نسبت به شاهد داشتند. در مورد پتاسیم برگ نیز دیده شده که در شرایط آبیاری کامل تیمار ۲۵٪ و در شرایط قطع آبیاری تیمار ۵۰٪ حجمی کود ورمی‌کمپوست میزان پتاسیم برگ بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (جدول ۷).

در مورد عنصر سدیم نیز تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری را بر میزان سدیم ریشه و برگ به‌ترتیب در سطوح احتمال ۱ و ۰/۱ درصد رقم زرد زیتون داشتند (جدول ۶). برهم‌کنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست نیز نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، فقط تیمار ۵۰٪ سبب کاهش سدیم ریشه شد ولی در شرایط تنش تیمار ۲۵٪ نیز (هرچند با اثری کمتر) سبب کاهش تجمع سدیم در ریشه‌ی نهال‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون شد.

جدول ۷. اثر برهم‌کنش بین کود ورمی‌کمپوست و سطوح مختلف آبیاری بر برخی عناصر معدنی نهال‌های یک‌ساله ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون

سطح تنش خشکی	ورمی کمپوست (%)			
	۰	۱۲/۵	۲۵	۵۰
	محتوای پتاسیم ریشه (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۵/۵۸^{de}	۷/۹۸^{b}	۸/۳۸^{b}	۷/۳۰^{bc}
قطع آبیاری	۴/۲۹^{e}	۵/۹۳^{d}	۶/۳۲^{cd}	۱۲/۵۱^{a}
	محتوای پتاسیم برگ (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۱۶/۱۵^{de}	۱۸/۴۵^{cd}	۲۸/۵۴^{a}	۲۴/۴۳^{b}
قطع آبیاری	۱۴/۷۳^{e}	۲۵/۲۲^{b}	۲۰/۳۶^{c}	۲۹/۰۵^{a}
	محتوای سدیم ریشه (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۶/۱۲^{b}	۶/۳۹^{b}	۵/۹۱^{b}	۳/۴۳^{c}
قطع آبیاری	۸/۰۱^{a}	۸/۷۰^{a}	۵/۷۷^{b}	۳/۸۲^{c}
	محتوای سدیم برگ (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۰/۲۰^{e}	۰/۴۶^{d}	۰/۸۹^{c}	۱/۳۲^{b}
قطع آبیاری	۰/۳۶^{de}	۰/۴۳^{d}	۱/۲۶^{b}	۲/۵۱^{a}
	محتوای فسفر ریشه (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۰/۳۹^{cd}	۰/۷۰^{b}	۰/۴۰^{cd}	۰/۴۴^{c}
قطع آبیاری	۰/۱۳^{e}	۰/۳۲^{d}	۰/۳۹^{cd}	۰/۸۷^{a}
	محتوای فسفر برگ (mg/g DW)			
آبیاری کامل	۱/۲۸^{de}	۱/۵۳^{cd}	۲/۴۲^{a}	۱/۶۴^{cd}
قطع آبیاری	۱/۰۶^{e}	۲/۲۶^{ab}	۱/۳۸^{de}	۱/۹۴^{bc}

در هر ستون و ردیف میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار ندارند.

همچنین دیده شده که در هر دو سطح آبیاری کامل و قطع آبیاری، افزایش نسبت حجمی کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش تجمع سدیم در برگ‌های نهال‌های یک‌ساله رقم زرد زیتون شد (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش بین خشکی و ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۰/۱ درصد، اثر معنی‌داری بر میزان فسفر ریشه و برگ نهال‌های رقم زرد زیتون داشتند (جدول ۶). برهم‌کنش بین تیمارها نیز نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل، بیشترین میزان فسفر ریشه مربوط به تیمار ۱۲/۵٪ بود، ولی با اعمال تنش خشکی و قطع آبیاری، تیمار ۵۰٪ به‌طور مؤثرتری توانست میزان فسفر ریشه را در سطح بالاتری نسبت به شاهد حفظ کند. دو تیمار ۱۲/۵ و ۲۵٪ نیز تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

برهم‌کنش بین تیمارهای مربوط به فسفر برگ نیز نشان داد که اگرچه در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان فسفر برگ مربوط به تیمار ۲۵٪ بود و دو تیمار ۱۲/۵ و ۵۰٪ تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، در شرایط تنش، تیمارهای ۱۲/۵ و ۵۰٪ به‌طور مؤثری توانستند میزان فسفر برگ را در سطح بالاتری نسبت به شاهد حفظ کنند (جدول ۷).

خشکی هم باعث کاهش میزان جذب عناصر غذایی توسط ریشه و هم انتقال آنها از ریشه به سمت اندام هوایی می‌شود، زیرا در این شرایط هم میزان تعرق محدود می‌شود و هم در نفوذپذیری غشای سلولی و انتقال مواد اختلال ایجاد می‌شود (۱). تجمع یون‌های معدنی یکی از راهکارهای گیاهان برای سازگاری با تنش‌های محیطی است (۲۶). افزایش سدیم تحت تنش خشکی، یک مکانیسم دفاعی است که به کمک آن گیاهان موجود در شرایط تنش می‌توانند فشار اسمزی سلول‌ها

و بافت‌ها را تنظیم کنند تا قابلیت جذب آب از خاک بهبود یابد (۲۱). شارما و جولکا (۲۷) گزارش کردند که در دانهال‌های بادام ('Non Pareil')، با افزایش تنش خشکی میزان فسفر و پتاسیم برگ کاهش یافت. هیومیک‌اسید موجود در ورمی‌کمپوست سبب افزایش دسترسی عناصر غذایی شده و به جذب بهتر مواد مغذی توسط گیاه کمک می‌کند (۱۴). به خوبی اثبات شده است که مواد آلی مسئول تنظیم تحرک عناصر در خاک هستند (۱۷). در واقع هیومیک‌اسید به‌عنوان یک بهبوددهنده‌ی رشد نام برده شده که موجب بهبود جذب عناصر غذایی می‌شود. هومات دارای ظرفیت جایگزینی بسیار بالایی است و کاتیون‌ها را بر روی خود برای جذب گیاه قابل دسترس نگه می‌دارد (۲۵). نتایج نشان داد که در بوته‌های خربزه، اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک در نسبت ۱:۱، به‌دلیل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، سبب افزایش غلظت فسفر، پتاسیم، کلسیم و آهن شد (۱۶). مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش، یکی از مسایل عمده در تولید محصولات گیاهی است (۱۹). تنش‌های شوری و خشکی سبب افزایش غلظت املاح محلول در محیط ریشه می‌شوند و با افزایش پتانسیل اسمزی خاک، سبب کاهش جذب عناصر غذایی می‌شوند. هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، حلالیت عناصر غذایی در خاک را با ساختن کمپلکس و کلات بین ماده‌ی آلی و کاتیون‌های فلزی افزایش می‌دهند و با اثر مثبت بر رشد گیاه و بهبود جذب عناصر غذایی، اثری فزاینده بر جوانه زنی بذر، رشد نهال، شکل‌گیری و حرکت اولیه ریشه، گسترش اندام هوایی و جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف دارد (۲۵).

همبستگی میان صفات

بررسی جدول همبستگی صفات نشان داد که محتوای کلروفیل a (۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری با محتوای نسبی آب برگ (۱) و محتوای کاروتنوئید (۱) داشت و این نشان داد که با اعمال تنش خشکی، به موازات کاهش محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل a و کاروتنوئید نیز کاهش یافتند (جدول ۸).

جدول همبستگی صفات همچنین نشان داد که شاخص محتوای نسبی آب برگ با گذشت ۳۸ روز پس از قطع آبیاری با میزان سدیم ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری را در سطح احتمال ۰/۱٪ داشت؛ به‌طوری‌که تحت شرایط تنش، همزمان با کاهش محتوای نسبی آب برگ، ریشه‌ها تمایل به تجمع عناصر معدنی به‌منظور مقابله با تنش داشتند (جدول ۸). نتایج همچنین نشان داد که محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید در مرحله دوم نمونه برداری همبستگی مثبت و معنی‌داری با هم داشتند. همبستگی بین داده‌های مربوط به عناصر معدنی نیز نشان داد که پتاسیم برگ، همبستگی مثبتی و معنی‌داری با میزان پتاسیم ریشه و فسفر برگ داشت و این بدان معنی است که با اعمال تنش خشکی، میزان کاهش عناصر مذکور در یک جهت بوده است. سایر روابط مربوط به همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۸ آورده شده است.

نتیجه گیری نهایی

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد گرچه اعمال تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ، غلظت کلروفیل a، b، کاروتنوئید و غلظت فسفر ریشه شد ولی کاربرد کود ورمی‌کمپوست توانست تا حدودی اثرات خشکی را تعدیل نماید. در نهال زیتون رقم زرد، اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک در نسبت ۲۵٪ حجمی، به‌دلیل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، سبب افزایش غلظت فسفر و پتاسیم و بهبود رشد شد.

سپاسگزاری

امکانات مالی و تجهیزهای لازم برای انجام این پژوهش، توسط دانشگاه صنعتی اصفهان و سازمان مدیریت پسماند شهرداری اصفهان فراهم شده است که بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی اعلام می‌شود.

جدول ۸ همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در قلمه‌های یک ساله‌ی ریشه‌دار شده‌ی رقم زرد زیتون

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	۱														
۲	۰/۶۰**	۱													
۳	۰/۱۷ns	۰/۲۴ns	۱												
۴	۰/۵۹*	۰/۸۲***	۰/۱۷ns	۱											
۵	۰/۲۲ns	۰/۳۵ns	−۰/۳۵ns	۰/۴۵*	۱										
۶	۰/۱۶ns	۰/۴۷*	−۰/۲۱ns	۰/۱۰ns	۰/۴۶*	۱									
۷	۰/۴۹*	۰/۵۰*	۰/۲۹ns	۰/۵۵*	۰/۳۲ns	۰/۳۴ns	۱								
۸	۰/۲۱ns	۰/۵۸**	۰/۴۳ns	۰/۸۹***	۰/۴۹*	۰/۱۴ns	۰/۵۵*	۱							
۹	۰/۴۸*	۰/۶۰**	۰/۴۰ns	۰/۶۸**	۰/۵۶*	۰/۴۰ns	۰/۷۸***	۰/۸۰***	۱						
۱۰	−۰/۲۴ns	۰/۲۹ns	۰/۴۱ns	۰/۲۷ns	۰/۱۳ns	۰/۴۶*	۰/۳۱ns	۰/۴۳*	۰/۴۶*	۱					
۱۱	−۰/۳۸ns	۰/۲۸ns	۰/۶۱**	۰/۱۵ns	−۰/۱۵ns	−۰/۱۱ns	−۰/۰۹ns	۰/۳۷ns	۰/۱۲ns	۰/۷۳***	۱				
۱۲	−۰/۳۶ns	۰/۱۸ns	۰/۳۶ns	−۰/۰۲ns	−۰/۲۳ns	−۰/۰۸ns	−۰/۱۴ns	۰/۲۷ns	۰/۱۰ns	۰/۶۴**	۰/۸۵***	۱			
۱۳	۰/۰۵ns	−۰/۱۰ns	−۰/۷۲***	−۰/۰۷ns	۰/۳۸ns	۰/۳۰ns	−۰/۳۶ns	−۰/۱۹ns	−۰/۲۲ns	−۰/۴۰*	−۰/۶۲**	−۰/۶۶***	۱		
۱۴	−۰/۱۴ns	۰/۳۹ns	۰/۳۱ns	۰/۳۹ns	۰/۰۸ns	۰/۶۵**	۰/۳۴ns	۰/۵۳*	۰/۵۰*	۰/۸۱***	۰/۵۰*	۰/۲۱ns	−۰/۰۵ns	۱	
۱۵	۰/۳۷ns	۰/۰۸ns	۰/۵۹**	۰/۲۲ns	۰/۱۰ns	−۰/۲۰ns	−۰/۰۹ns	۰/۵۱*	۰/۲۵ns	۰/۴۷*	۰/۸۸***	۰/۷۲***	۰/۵۶**	۰/۲۳ns	۱

۱- تعداد نسبی برگ، ۲- محتوای نسبی آب برگ (۱)، ۳- محتوای نسبی آب برگ (۲)، ۴- محتوای کلروفیل a (۱)، ۵- محتوای کلروفیل a (۲)، ۶- محتوای کلروفیل b (۱)، ۷- محتوای کلروفیل b (۲)، ۸- محتوای کاروتنوئید (۱)، ۹- محتوای کاروتنوئید (۲)، ۱۰- میزان پتاسیم برگ، ۱۱- میزان پتاسیم ریشه، ۱۲- میزان سدیم برگ، ۱۳- میزان سدیم ریشه، ۱۴- میزان فسفر برگ، ۱۵- میزان فسفر.

منابع مورد استفاده

1. Alam, S. M. 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. pp. 285-313, In: M. Dekker (ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. CRC Press, Boca Raton.
2. Asli, S. and P. M. Neumann. 2010. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Plant and Soil* 336: 313-322.
3. Atiyeh, R., C. Edwards, S. Subler and J. Metzger. 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.
4. Chinsamy, M., M. G. Kulkarni and J. Van Staden. 2013. Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. *Plant Growth Regulation* 71: 41-47.
5. Chinsamy, M., M. G. Kulkarni and J. Van Staden. 2014. Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. *Hortscience* 49: 1183-1187.
6. Dolatabadi, A., J. Masood Sinki, J. Abaspoor and A. Gh. Abadi. 2014. The ffect manure and foliar application of humic acid on some morphological and physiological traits of wheat. *Journal of Plant Ecophysiology* 17: 29-38. (In Farsi).
7. Enteshari, Sh., P. Blorani and Kh. Manochehri Kalantari. 2003. Study of the effect of ethylene in identifying plants resistant to drought. *Journal of Agricultural Sciences Iran* 33: 65-76. (In Farsi).
8. FAO. 2014. FAOSTAT: Agricaltural statistics Database. Available online at: Http // www. fao. org. Accessed October 2015.
9. Fayez, K. A. and S. A. Bazaid. 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of Saudi Society Agriculture Science* 13: 45-55.
10. Garcia, A. C., L. A. Santos, F. G. Izquierdo, V. M. Rumjanek, R. N. Castro, F. S. dos Santos, L. G. A. de Souza and R. L. L. Berbara. 2014. Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Journal of Geochem Exploration* 136: 48-54.
11. García, A. C., L. A. Santos, F. G. Izquierdo, M. V. L. Sperandio, R. N. Castro and R. L. L. Berbara. 2012. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecologic Engineering* 47: 203-208.
12. Gutiérrez-Miceli, F. A., J. Santiago-Borraz, J. A. M. Molina, C. C. Nafate, M. Abud-Archila, M. A. O. Llaven, R. Rincon-Rosales and L. Dendooven. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.
13. Hosini Mazinani, M., B. Tarkaryan and J. Arab. 2013. Molecular and morphological properties of olive germplasm Iran. Olive's Catalog. National Institute of Genetic Engineering and Biotechnolog, Tehran. (In Farsi).
14. Joshi, R., J. Singh and A. P. Vig. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Revue Environmental Science Biotechnology* 14: 137-159.
15. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. PP. 350-382. In: R. Douce and L. Packer (*eds*), Methods in Enzymology. Academic Press Ins, New York.
16. 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
17. Masciandaro, G., E. Peruzzi, S. Doni and C. Macci. 2014. Fertigation with wastewater and vermicompost: soil biochemical and agronomic implications. *Pedosphere* 24: 625-634.
18. Miller, G., N. Suzuki, S. Ciftci-Yilmaz and R. Mittler. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant Cell Environment* 33: 453-467.
19. Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biology Science* 10: 422-428.
20. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemistry* 34: 1527-1536.
21. Norzad, S., A. Ahmadiyan and M. Moghaddam. 2015. Evaluation of proline, chlorophyll, carbohydrates and absorption of nutrients in the Coriander (*Coriandrum sativum* L.) affected by drought and fertilizer treatments. *Journal of Iranian Agricultural Research* 13: 131-139. (In Farsi).
22. Proietti, P., L. Nasini, D. Del Buono, R. D'Amato, E. Tedeschini and D. Businelli. 2013. Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress. *Scientia Horticulturae* 164: 165-171.
23. Rashtbari, M. and H. Alikhani. 2012. Effectiveness and municipal waste compost and vermicompost on the characteristics of morpho-physiological and canola yield in drought stress conditions. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 22: 113-127. (In Farsi).
24. Rashtbari, M., H. Alikhani and M. Ghorchiani. 2012. Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress. *International Journal of Agriculture Resources Review* 2: 395-402.

25. Rezvani Nasab, A., R. Fotot, A. Astaraee and A. T. Abadipor. 2015. Two-year impact of procedures apply of humic acid on the growth and chemical composition of pistachio seedlings in field conditions. In: Proceeding of 14th Congress of Soil Science Iran-Chemical Fertility and Plant Nutrition. Volume 1, pp. 1072-1076. (In Farsi).
26. Samarah, N., R. Mullen and S. Cianzio. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition* 27: 815-835.
27. Sharma, M. and N. Joolka. 2011. Influence of triacontanol and paclobutrazol on growth and leaf nutrient status of Non-Pareil almond under different soil moisture regimes. *Indian Jouranal of Horticulture* 68: 180-183.
28. Therios, I. 2009. Olives. CABI. Londen, UK.
29. Waling, I., W. V. Vark, V. J. G. Houba and J. J. Van der lee. 1989. Soil and Plant Analysis. Wageningen Agriculture University, Netherland.
30. Zheng, Q., Z. Liu, G. Chen, Y. Gao, Q. Li and J. Wang. 2010. Comparison of osmotic regulation in dehydration-and salinity-stressed sunflower seedlings. *Journal of Plant Nutrition* 33: 966-981.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 3, Fall 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Vermicompost Fertilizer on Some Physiological Factors and Mineral Elements Absorption of Olive (*Olea europaea* L. cv. Zard) Under Drought Stress Condition

S. Z. Mousavi Dehmordy[1], M. Gholami[2*] and B. Baninasab[3]

(Received: August 5-2017; Accepted: May 23-2022)

Abstract

Drought is one of the most common stresses experienced by plants and limits plant growth throughout the world, especially in the arid and semi-arid areas. In this research, the effect of vermicompost on olive (*Olea europaea* L. cv. Zard) morpho-physiological traits and drought tolerance was investigated. A factorial experiment was conducted in completely randomized design with two factors, including vermicompost application at four levels (0, 12.5%, 25% and 50%) and drought stress at two levels (full irrigation and non-irrigation) and 4 replications in the research greenhouse of the Department of Horticulture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Drought stress decreased relative leaf number, but addition of vermicompost increased it. Drought stress decreased the relative water content, chlorophyll a, b, carotenoids, and root P concentrations and increased leaf and root Na concentration, and application of vermicompost significantly decreased Na concentration of the roots. In spite of positive effects of all vermicompost levels on growth parameters and drought tolerance, the highest number of leaves, chlorophyll a, b and carotenoid concentrations and drought tolerance was observed in plants fertilized with 25% vermicompost. The results showed that applying 25% vermicompost to the soil led to improvements in an array of plant growth parameters and K and P concentrations of the roots, due presumably to an improvement in physical and chemical properties of the medium.

Keywords: Abiotic stress, Drought, Fruit trees, Growth traits

1, 2 and 3. M. Sc. Student, Associate Professor and Professor, Respectively, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: mah.gholami@iut.ac.ir