

مقاله پژوهشی

اثر تنفس خشکی و کود زیستی ورمی کمپوست بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک آویشن بااغی (Thymus vulgaris L.)

قدرتاله شرفی^۱، مهدی چنگیزی^۲، مسعود رفیعی^{*۲ و ۳}، مسعود گماریان^۲، شهاب خاقانی^۲

^۱گروه گیاهان دارویی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

^۲گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

^۳بخش تحقیقات علوم زراعی و بااغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۱/۱۷)

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر تنفس خشکی و کود زیستی ورمی کمپوست بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک آویشن بااغی (*Thymus vulgaris* L.) در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خرم آباد به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به صورت آزمایش گلداری به اجرا در آمد. فاکتورها شامل میزان کود ورمی کمپوست در سطوح صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجم گلدان و تنفس آبی شامل آبیاری براساس ۸۵ (شرایط نرمال رطوبتی به عنوان شاهد)، ۷۰ (تنفس متوسط) و ۵۵ (تنفس شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی بود. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنفس خشکی میزان رنگیزه‌های فتوستنتزی (کلروفیل a و کلروفیل b)، آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز، پروتئین، متابولیت‌های ثانویه آلفا ترپین، تیمول و کارواکرول و صفات مورفولوژیک ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و وزن خشک بوته کاهش معنی‌داری یافت، اما تنفس خشکی آنزیم‌های آنتی اکسیدان پراکسیداز و هیدروژن پراکسیداز، میزان قندهای محلول غیرساختاری و اسید آئینه پرولین را به طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش مصرف ورمی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل b، هیدروژن پراکسیداز، آلفا ترپین، تیمول، کارواکرول، درصد انسانس، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و وزن خشک بوته شد، اما کلروفیل a و قندهای محلول غیرساختاری را کاهش داد. براساس نتایج این آزمایش، تنفس خشکی و ورمی کمپوست مستقل از یکدیگر عمل نمودند. با افزایش شدت تنفس خشکی علی‌رغم اقدام گیاه به دفاع آنتی اکسیدانی و تنظیم اسمزی، تولید اغلب متابولیت‌های ثانویه و رشد گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ اما مصرف ورمی کمپوست موجب افزایش این صفات شد. نتایج این آزمایش از طرفی حساسیت زیاد آویشن بااغی به تنفس خشکی و از سوی دیگر اهمیت کاربرد ورمی کمپوست در افزایش تولید و ارزش دارویی این گیاه را تأیید نمود.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدان، تنظیم اسمزی، رنگیزه‌های فتوستنتزی، متابولیت‌های ثانویه

آویشن (Thymus vulgaris L.) به علت داشتن عطر و همچنین

مقدمه

عمل می‌کنند. در شرایط تنش خشکی، قندها از طریق تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و همچنین پایداری غشاها و پروتئین‌ها از سلول‌ها محافظت می‌کنند. قندها در طول آب‌زدایی سلول‌ها با شیشه‌ای شدن سیتوپلاسم (Cytoplasm) آب‌زدایی سلول‌ها با شیشه‌ای شدن سیتوپلاسم (vitrification) سبب تحمل گیاهان به خشکی می‌شود (Bartels and Sunkar, 2005). تجمع قندهای محلول داخل سلول‌ها در تنظیم اسمزی نقش مهم ایفا نموده و کمک می‌کند تا پتانسیل آب سلول کاهش یافته و آب بیشتری برای حفظ تورگر تحت تنش کم آبی داخل سلول باقی بماند (Kafi and Damghani, 2000). در تحقیقی افزایش سطوح تنش خشکی باعث افزایش معنی‌داری در میزان قندهای محلول در ریشه و برگ گیاه ریحان در مقایسه با گیاهان شاهد شد (Bahrami et al., 2012).

تجمع پرولین تحت تنش خشکی به وجود ترکیبات پرنزی حاصل از فتوسترز بربط داده شده است که سبب تحریک سترز پرولین می‌شود (Zhang et al., 2000). با کاهش رطوبت خاک، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد (Bahrami Chegni et al., 2012).

پساییدگی (Dehydration) سبب تجزیه پروتئین‌ها و تخریب کمپلکس ماکرومولکول‌ها و توقف ساخت معمولی مجموعه پروتئین‌ها در مرحله ترجمه می‌گردد (Kafi et al., 2009)، در حالی‌که پروتئین‌های کانال‌های آبی از جمله آکوپورین‌ها و ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌های هیدروفیلیک که نقش فاکتورهای محافظت دارند، با تنش خشکی افزایش می‌یابند (Wenhuasic, 1992). فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان تحت عوامل تنش‌زای مختلف مانند خشکی، سرما، ایجاد زخم، شوری، آلاینده‌های هوا و پاتوژن‌ها افزایش می‌یابد و هر مورد عمل حفاظتی خاص را القا می‌کند. پراکسیدازها در جذب H_2O_2 و پراکسیدهای آلی که تحت شرایط تنش مختلف تشکیل می‌شوند اهمیت دارد (Wu et al., 2009).

کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و درنتیجه کاهش اثرات منفی زیست محیطی (Karlidag et al., 2007) و افزایش عملکرد گیاهان در سیستم‌های کشاورزی

خواص دارویی در همه جای دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود غده‌های ترشحی در سطح برگ‌ها و گل‌های گیاه عامل اصلی عطر و خواص دارویی موجود در گیاه است. آویشن بومی کشورهای مدیترانه است و گاهی نیز به حالت وحشی دیده می‌شود. این گیاه در دامنه‌های کوه بین تخت سنگ‌ها نواحی مختلف مدیترانه مخصوصاً در کشورهای فرانسه، پرتغال، اسپانیا، ایتالیا، یونان و برخی نواحی آسیا می‌روید (Jamzad, 2009). اسانس آویشن باعی به دلیل میزان بالای تیمول و کارواکرول بیشترین خاصیت ضداسیدانی را داردast و به عنوان ضداسیدان طبیعی استفاده شوند (Mehran et al., 2016). در حال حاضر صنایع داروسازی تعدادی از کشورهای غربی از مواد مؤثره این گیاه داروهای متعددی ساخته و به بازار دارویی عرضه می‌کنند (Omidbeigi, 2013).

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Reddy et al., 2004). تنش خشکی باعث تخریب غشاء و کاهش مقدار کلروفیل برگ می‌شود (Heidari Sharifabad, 2000). خشک شدن بافت‌های برگ نه تنها مانع ساخته شدن کلروفیل می‌شود، بلکه باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل (Heidari Sharifabad, 2000) ناشی از افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلаз (Mihalovic and Lazarevic, 1977) می‌گردد. بعضی گزارش‌ها بیان‌کننده افزایش میزان کلروفیل با افزایش تنش رطوبتی (ناشی از کاهش رشد سلول‌های برگ و درنتیجه افزایش غلظت کلروفیل در واحد حجم سلول) (Barraclough and Kate, 2001) در شرایط تنش رطوبتی است (Kafi and Rostami, 2007).

گیاهان در مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی را در پیش می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به تجمع اسмолیت‌هایی مثل پرولین و قندهای محلول و سازوکارهای آنزیمی و غیر آنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی اشاره کرد (Tian and Li, 2006). قندهای محلول در شرایط تنش خشکی تجمع یافته و به عنوان عوامل حفاظتی در گیاهان

هدف از اجرای این پژوهش بررسی کاهش اثرات تنش خشکی با استفاده از ورمی-کمپوست در گیاه آویشن باغی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۷ در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهر خرم‌آباد با ۳۳ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. شهر خرم‌آباد دارای اقلیم نیمه‌گرمسیری با تابستان گرم و خشک براساس طبقه‌بندی دومارتن است. براساس آمار بلندمدت متوسط حداقل، حداًکثر و متوسط حرارت به ترتیب $9/2$ ، $25/2$ و $17/2$ درجه سانتی‌گراد دارای اقلیم معتدل با متوسط بارش سالیانه ۵۲۵ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی $46/7$ درصد است.

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به صورت آزمایش گلدانی به اجرا در آمد. فاکتورها شامل تنش خشکی از طریق آبیاری در $11:1$ شرایط نرمال رطوبتی)، $70:12$ (تش متوسط)، و $55:13$ (تش شدید) درصد رطوبت ظرفیت زراعی و فاکتور میزان کود ورمی-کمپوست: صفر (V1: شاهد)، $30(V2)$ ، $50(V3)$ و $75(V4)$ درصد حجم گلدان بود. در این طرح قبل از انجام آزمایش میزان عناصر غذایی خاک و ورمی-کمپوست به کار رفته در آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

بذر در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر کشت شدند. ابتدا خاک مورد استفاده در دمای 121 درجه سانتی‌گراد به مدت $1/5$ ساعت سترون شد و گلدان‌ها نیز پس از شستشو با آب معمولی، به وسیله الکل ضد عفونی گردیدند. پس از آماده‌سازی خاک گلدان‌ها و استریل نمودن آن، سطوح کود ورمی-کمپوست با خاک مخلوط گردید و در گلدان‌ها ریخته شد. سپس حفره‌های کاشت بذور ایجاد شد و بذور در آنها کاشته شدند. در هر گلدان 20 عدد بذر کاشته شد و پس از رشد و سبزشدن بذور، بوته‌ها طی چند مرحله تنک گردید و درنهایت به تعداد هشت عدد در هر

مورد استفاده قرار می‌گیرند (Abbaszadeh, 2005).

در مطالعه تأثیر کاربرد کودهای دامی و زیستی بر عملکرد بیوماس، عملکرد دانه و اسانس گیاه دارویی گشنیز، بیشترین عملکرد بیوماس ($10946/1$ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد 20 تن کود دامی و بیشترین عملکرد دانه و عملکرد اسانس با مصرف 15 تن کود دامی حاصل شد (Darzi *et al.*, 2010). تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد گیاه و در پی آن افزایش تعداد ساقه‌های فرعی گیاه است. تیمارهای کود آلی و زیستی با تأمین تدریجی عناصر غذایی تا حد زیادی باعث افزایش تعداد ساقه‌های فرعی گیاه شدند (Rezaei Moadab *et al.*, 2013). گزارش شده که استفاده از کودهای آلی و زیستی باعث افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی در گیاه ریحان نسبت به تیمارهای کود شیمیایی و شاهد گردید (Tahami Zarandi *et al.*, 2013). همچنین تأثیر انواع کودهای آلی و زیستی در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare L.*) معنی‌دار گزارش شده است (Moradi, 2004). افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل (*Capsicum annuum L.*) با افزایش مصرف ورمی-کمپوست گزارش شده است.

در آزمایشی سطوح مختلف ورمی-کمپوست باعث افزایش عملکرد گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) شد (Ratti *et al.*, 2008). Azizi *et al.*, 2008) و همکاران (L. ۲۰۰۱) نتیجه گرفتند که کاشت بذر گیاهان دارویی همراه با کودهای زیستی سبب افزایش در جذب عناصر غذایی توسط ریشه شده و در نتیجه فاکتورهای رشد را افزایش خواهند داد. اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و محتوای اسانس روغن در گیاهان دارویی قابل توجه بوده، خواص دارویی و همچنین ترکیبات معطر را در گیاهان بهبود می‌بخشد. Yeganehpour و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اثر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد دانه گشنیز نشان دادند که کم آبی باعث کاهش، و در مقابل، کود زیستی خنثی‌کننده اثر تنش و تعادل یا افزایش عملکرد بذر می‌گردد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصات نمونه خاک	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	(٪)			
	آهن	منگنز	روی	مس			
بافت خاک	هدايت الکتریکی (آهک) (٪)	pH (میلی موس بر سانتی متر)	آهن (میلی گرم در کیلو گرم)	منگنز (میلی گرم در کیلو گرم)	روی (میلی گرم در کیلو گرم)	پتاسیم (میلی گرم در کیلو گرم)	فسفر (میلی گرم در کیلو گرم)
لای رسی شنی	۱۷/۷	۰/۴۵	۷/۶	۰/۴۳	۰/۳۴	۶/۶	۵/۹
				۳۴۰	۰/۳۴	۲۵/۲	۱/۴۶

جدول ۲- خصوصیات ورمی کمپوست مورد استفاده

اسیدیتیه (دسی زیمنس بر متر)	هدايت الکتریکی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس
	(میلی گرم در کیلو گرم)									
۸/۰۳	۴/۹	۶۶۰۰	۴۲۳۰	۴۴۰۰	۳۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰	۱۲۵	۳۰	

آویشن معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی از میزان کلروفیل های a و b به صورت خطی کاسته شد، به طوری که رنگیزه های فوق در شرایط تنش ملایم خشکی به ترتیب ۸/۳ و ۱۴/۶ درصد و در شرایط تنش شدید خشکی به ترتیب ۱۶/۷ و ۲۵/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی داری یافت (شکل ۱a).

میزان کلروفیل های a و b با افزایش مصرف ورمی کمپوست افزایش معنی داری یافتند، به طوری که در سطوح ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجمی ورمی کمپوست، کلروفیل a به صورت خطی به ترتیب ۱/۲۱، ۱/۲۶ و ۱/۲۳ درصد و کلروفیل b به صورت منحنی پلی نومیال درجه ۲ به ترتیب ۱/۵۸، ۲/۱۱ و ۷/۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۱b).

گزارش شده که با افزایش فاصله آبیاری محتوای کلروفیل کل و کلروفیل a و b در مقایسه با شاهد کاهش یافت (Bahrami Chegni et al., 2012). اثر کمبود آب بر فتوستتر به دلیل محدودیت فرآیندهای بیوشیمیایی و فتوشیمیایی و نیز محدودیت هدايت روزنها در اثر بسته شدن و مقاومت روزنها گیاه به هنگام تنش کمبود آب است (Cornic and Briantais, 1991). کاهش کلروفیل کلروفیل کل، کلروفیل a و Maleki Lajair, 2011 کلروفیل b تحت شرایط تنش آبی در آویشن (Aslani et al., 2005) و ریحان (Safikhani, 2005) بادرشبو (2011) و ریحان (2009) گزارش شده است. تنش خشکی از طریق افزایش تنش

گلدان رسید. تا یک ماه پس از کاشت (۶-۸ برشگی شدن بوته ها) گلدان ها به مقدار مساوی آبیاری شدند و از این مرحله به بعد اعمال تنش های آبیاری از طریق توزین گلدان ها شروع شد. صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی، وزن تر بوته و وزن خشک بوته؛ صفات فیزیولوژیک شامل رنگیزه های فتوستتری کلروفیل a و کلروفیل b (Arnon, 1949)، قندهای محلول (Kochert, 1978)، آنزیم های پراکسیداز (Mae-Adam and Nelson, 1992)؛ آسکوربات (Chance and Maehly, 1955) و پرولین (Lowry et al., 1951) ترکیبات نیتروژن پروتئین کل (Bates et al., 1973) و صفات بیوشیمیایی شامل متابولیت های ثانویه آلفا تریپین، تیمول، کارواکرول و اسانس با استفاده از 5975C مدل MASS و Agilent 7890 A مدل GC دستگاه MSD اندازه گیری شد.

تجزیه واریانس داده های حاصل از اندازه گیری صفات با استفاده از نرم افزارهای SAS انجام شد و مقایسه میانگین ها به روش حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

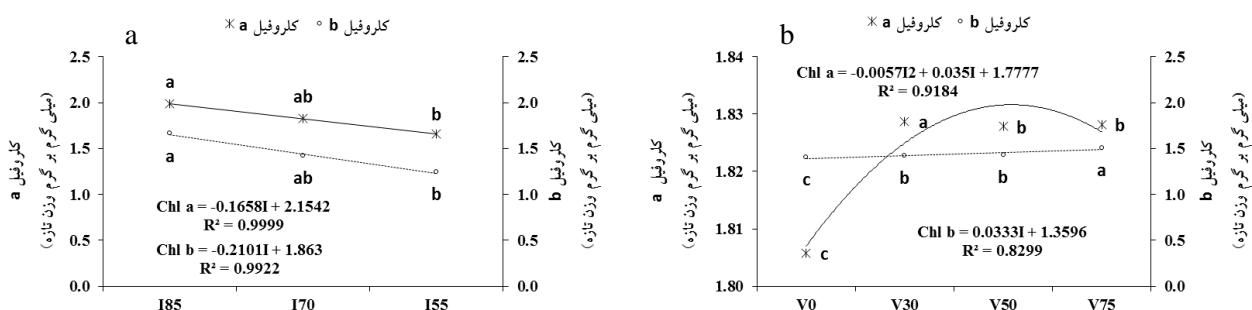
نتایج و بحث

رنگیزه های فتوستتری: اثرات ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست بر میزان رنگیزه های کلروفیل a و کلروفیل b در

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک آویشن باگی میانگین مرتعات

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	پراکسیداز	کاتالاز	آسکوربات محلول	قندهای پروتئین	پروولین
تنش خشکی	۲	۰/۰۰۰۳۹**	۰/۰۰۰۳۹**	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۱
ورمی کمپوست	۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۸
تنش خشکی × ورمی کمپوست	۶	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۱۱
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۳۲
ضریب تغییرات	%	۹/۳۱۷	۱۰/۲۳۱	۱۰/۶۹	۳/۸۱۳	۶/۰۴۷	۱۱/۳	۶/۹۷

* و ** بهتر ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد



شکل ۱- اثر تنش خشکی (a) و ورمی کمپوست (b) بر رنگیزهای فتوستزی

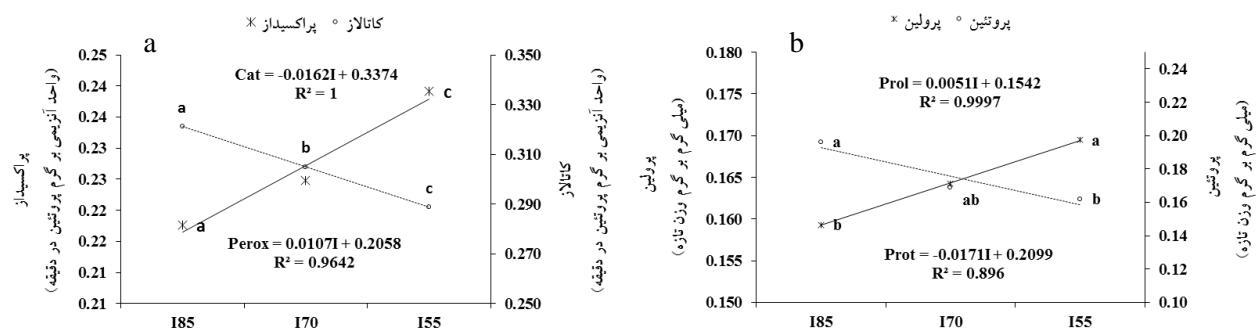
I155، I170 و I85 تنش خشکی به ترتیب شامل آبیاری براساس ۸۵ (شاهد)، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی؛ V0، V30، V50 و V75: ورمی کمپوست به ترتیب صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجم گلدان. میانگین های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

و در شرایط تنش شدید خشکی ۶/۱ درصد افزایش خطی و معنی داری نشان داد (جدول ۴). روند تغییرات آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطوح ورمی کمپوست از یک رابطه پلی نومیال درجه ۲ پیروی نمود، به طوری که در سطوح ۳۰ و ۵۰ درصد حجمی ورمی کمپوست به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۵۲ درصد کاهش یافت، لیکن در سطح ۷۵ درصد حجمی ورمی کمپوست، ۰/۵۶ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). سازوکارهای آنزیمی و غیر آنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو، یکی دیگر از سازوکارهای حفاظتی گیاهان در مقابله با تنش خشکی است (Tian and Li, 2006). افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز در سطوح مختلف خشکی در برنج (Sharma and Dubey, 2005) و ریحان (Aslani et al., 2009) گزارش شده است.

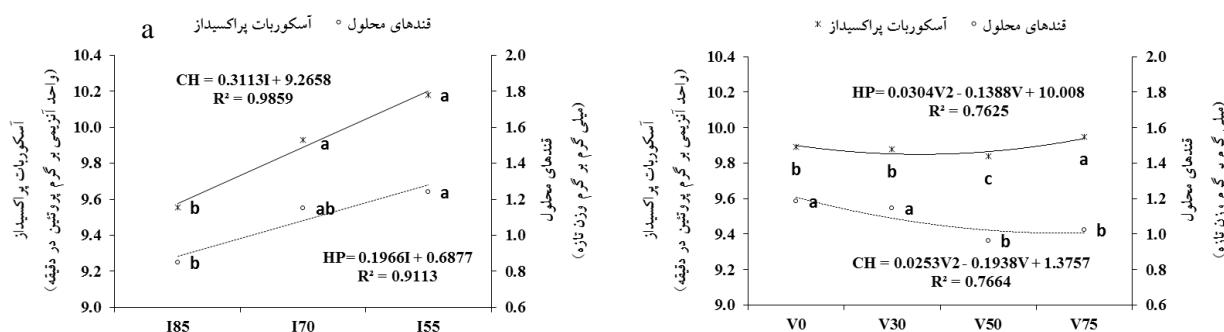
اکسیداتیو و تولید ROS می تواند غشاء های تیلاکوئید که محل استقرار رنگیزهای فتوستزی هستند را مورد مخاطره قرار دهد (Aslani et al., 2009).

آنزیم های آنتی اکسیدان: تنها اثر ساده تنش خشکی بر آنزیم های آنتی اکسیدان پراکسیداز و کاتالاز در آویشن معنی دار بود (جدول ۳). آنزیم پراکسیداز ۳/۲ درصد در شرایط تنش ملایم خشکی و ۹/۰ درصد در شرایط تنش شدید خشکی افزایش معنی داری نشان داد، اما آنزیم کاتالاز در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی به ترتیب ۵/۱ و ۱۰/۱ درصد به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۲).

اثر ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست بر آنزیم آسکوربات پراکسیداز در آویشن معنی دار بود (جدول ۳). آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شرایط تنش ملایم خشکی ۳/۸ درصد



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر پراکسیداز و کاتالاز (a) و بر پروتئین و پرولین (b)
 I85 و I70 و I55 تنش خشکی به ترتیب شامل آبیاری براساس ۸۵ (شاهد)، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی. میانگین‌های دارای حرف مشترک
 قادر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.



شکل ۳- اثر تنش خشکی (a) و ورمی کمپوست (b) بر آنزیم آسکوربات پراکسیداز و قندهای محلول
 I85 و I70 و I55 تنش خشکی به ترتیب شامل آبیاری براساس ۸۵ (شاهد)، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی؛ V0، V30، V50 و V75: ورمی
 کمپوست به ترتیب صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجم گلدان. میانگین‌های دارای حرف مشترک قادر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد
 براساس آزمون LSD هستند.

جدول ۴- تجزیه واریانس متابولیت‌های ثانویه و صفات مورفولوژیک آویشن باگی

میانگین مریعات										درجه آزادی	منبع تغییرات
وزن خشک بوته	وزن تر بوته	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع بوته	درصد اسانس	کارواکرول	تیمول	الفاترپین	آزادی			
۰/۷۹۳**	۸/۳۷۸**	۴/۲۲*	۱۸/۹*	۰/۰۱۷	۱۵/۲**	۱۱۱۳**	۱۰/۱۵**	۲			تنش خشکی
۰/۵۴۴**	۳/۷۷۷**	۱۲/۳۷**	۱۰۰**	۰/۱۶**	۴/۲۶**	۱۹۲**	۲/۹۰**	۳			ورمی کمپوست
۰/۱۴۴	۱/۰۸	۱/۵۵۴	۸/۵۷	۰/۰۱۶	۰/۱۸۱	۰/۴۰۹	۰/۰۹۸	۶			تنش خشکی × ورمی کمپوست
۰/۰۸۲	۰/۶۰۷	۱/۵۸۳	۴/۹۱	۰/۰۰۷۵	۰/۳۷۵	۳/۹۷۷	۰/۰۴۱	۲۴			خطا
۱۲/۷	۱۱/۹	۱۰/۳۳	۸/۰۴	۱۱/۴	۸/۷۴	۳/۸۴	۹/۸۶	٪			ضریب تغییرات

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان اسید آمینه پرولین ۳/۰ درصد در شرایط تنش ملایم خشکی و ۶/۰ درصد در شرایط تنش شدید

ترکیبات اسمزی (پروتئین، پرولین و قندهای محلول): اثر ساده تنش خشکی بر میزان پروتئین و پرولین در آویشن

معنی دار بود، اما در صد انسان تنها تحت تأثیر ورمی-کمپوست قرار گرفت (جدول ۴). میزان گاماترپین، تیمول و کارواکرول با افزایش شدت تنفس خشکی به ترتیب $۳/۳۶$ ، $۱۹/۱$ و $۱۶/۰$ درصد در شرایط نرمال رطوبتی و به ترتیب $۶۰/۱$ ، $۲۳/۴$ و $۲۷/۳$ درصد در تنفس شدید خشکی کاهش خطی و معنی داری یافت (شکل ۳a).

مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی نشان داد که در سطوح ۳۰ ، ۵۰ و ۷۵ درصد حجمی ورمی-کمپوست، میزان آلفا-ترپین به ترتیب $۱۴/۳$ ، $۳۶/۵$ و $۴۵/۸$ درصد، میزان تیمول به ترتیب $۴/۹$ ، $۱۰/۸$ و $۱۴/۷$ درصد، میزان کارواکرول به ترتیب $۱۹/۷$ ، $۳۲/۴$ و $۱۱/۱$ درصد و درصد انسان به ترتیب $۱۹/۷$ ، $۳۲/۴$ و $۳۳/۰$ درصد نسبت به عدم مصرف ورمی-کمپوست افزایش خطی و معنی داری نشان داد (شکل ۳b).

این نتایج مؤید این نکته است که کاربرد بیشتر ورمی-کمپوست به دلیل بهبود ظرفیت نگهداری آب و تأمین متعادل عناصر غذایی، میزان متابولیت‌های ثانویه در گیاهان را افزایش داده است. تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی تحت کنترل ژنتیکی است، ولی عوامل محیطی به ویژه شرایط تنفس‌زا، نقش عملدهای در کمیت و کیفیت این مواد به عهده دارند (Letchamo *et al.*, 1994; Hassani *et al.*, 2003). نتایج مشابه از آزمایش روی گیاه ریحان (Tahami-Zarandi, 2013) و در گیاه رازیانه (Moradi, 2004) در خصوص نقش تنفس خشکی در کاهش متابولیت‌های ثانویه گزارش شده است. کاربرد صحیح عناصر و مواد غذایی، نه تنها نقش اساسی در افزایش عملکرد گیاهان دارویی دارد، بلکه در بهبود کمیت و کیفیت مواد مؤثره محصول تولید شده نیز مؤثر است (Omidbeigi, 2013). در آزمایشی معلوم شد که استفاده توأم از نیتروکسین، بیوفسفر و ورمی-کمپوست و نیز دیگر تیمارهای حاوی ورمی-کمپوست در ریحان با وجود این‌که بیشترین عملکردها را شامل شدند، دارای درصد انسان بالایی نیز بودند که این نشانه تأثیر مثبت ورمی-کمپوست بر افزایش انسان بود (Rezaei Moadab *et al.*, 2013). در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش

خشکی افزایش خطی و معنی داری نشان داد، اما میزان پروتئین در شرایط تنفس ملایم و شدید خشکی به ترتیب $۱۳/۸$ و $۱۷/۴$ درصد کاهش خطی و معنی داری یافت (شکل ۲).

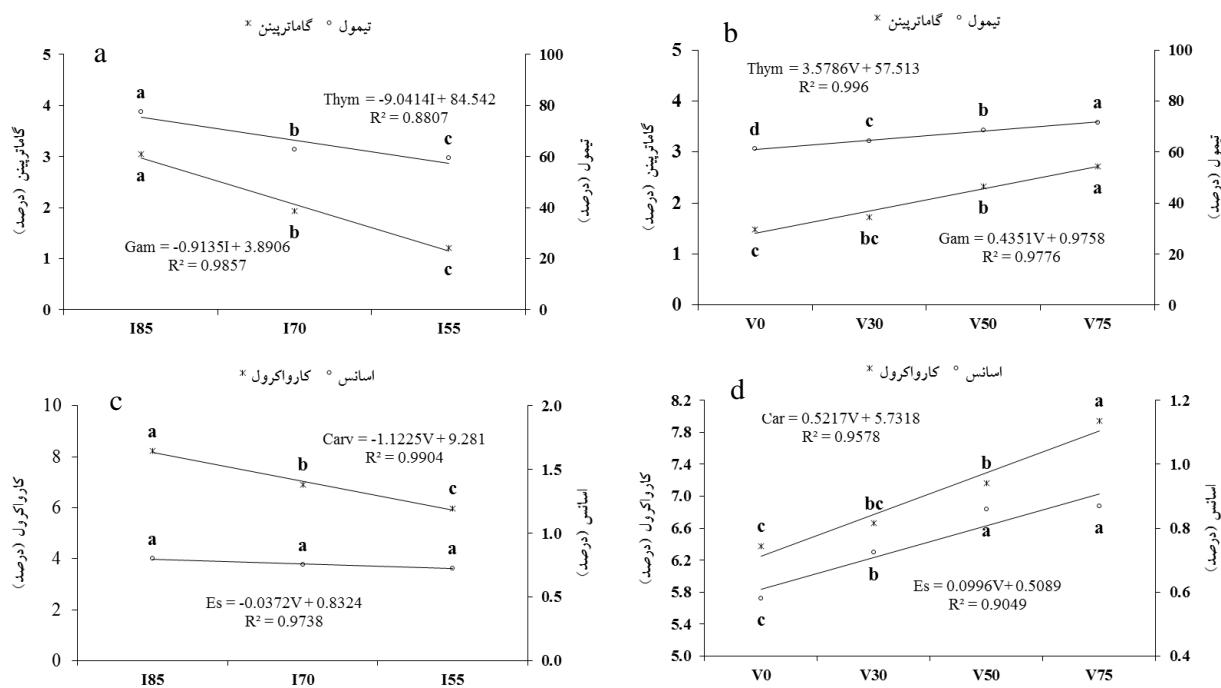
میزان قندهای محلول در آویشن به صورت معنی داری تحت تأثیر تنفس خشکی و ورمی-کمپوست قرار گرفت (جدول ۳) و در شرایط تنفس ملایم و شدید خشکی به ترتیب $۲۶/۳$ و $۳۱/۷$ درصد افزایش خطی و معنی داری نشان داد. اما میزان قندهای محلول در سطوح ۳۰ ، ۵۰ و ۷۵ درصد حجمی ورمی-کمپوست به ترتیب $۱۳/۷$ ، $۱۸/۹$ و $۲۳/۳$ درصد نسبت به تیمار شاهد به صورت یک رابطه پلی‌نومیال درجه ۲ کاهش نشان داد (شکل ۳).

نتایج حاصل از مطالعه گیاه شوید نشان داده که مقدار قندهای محلول موجود در بخش هوایی و ریشه تحت تأثیر تنفس خشکی قرار گرفتند (Khakshour Moghadam *et al.*, 2010). افزایش قندهای محلول در اثر شرایط تنفس خشکی در ریحان (Aslani *et al.*, 2009) نیز گزارش شده است.

قندهای محلول با افزایش مصرف ورمی-کمپوست کاهش معنی داری یافت. دلیل این کاهش آن است که ورمی-کمپوست ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک را نیز افزایش می‌دهد و از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند (Darzi *et al.*, 2008)، لذا ورمی-کمپوست نیاز به تنظیم اسمزی از طریق افزایش قندهای محلول را متنفس ساخته است.

تنفس خشکی در حقیقت کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی گیاه به منظور ادامه جذب آب و بقای خود، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و یا به عبارت دیگر، تنظیم اسمزی انجام می‌دهد (Irigoyen *et al.*, 1992; Bahrami Chegni *et al.*, 2012) گزارش شده است که در برگ‌های بالغ تجزیه پروتئین‌ها باعث کاهش غلظت آنها و درنتیجه افزایش اسیدهای امینه آزاد از جمله پرولین می‌شود (Irigoyen *et al.*, 1992).

متابولیت‌های ثانویه: اثرات ساده تنفس خشکی و ورمی-کمپوست بر میزان گاماترپین، تیمول و کارواکرول در آویشن



شکل ۴- اثر تنش خشکی و ورمی کمپوست بر گاماترپین (Gam) و تیمول (Thym) (به ترتیب a و b) و بر کارواکرول (Carv) و اسانس (Es) (به ترتیب c و d)

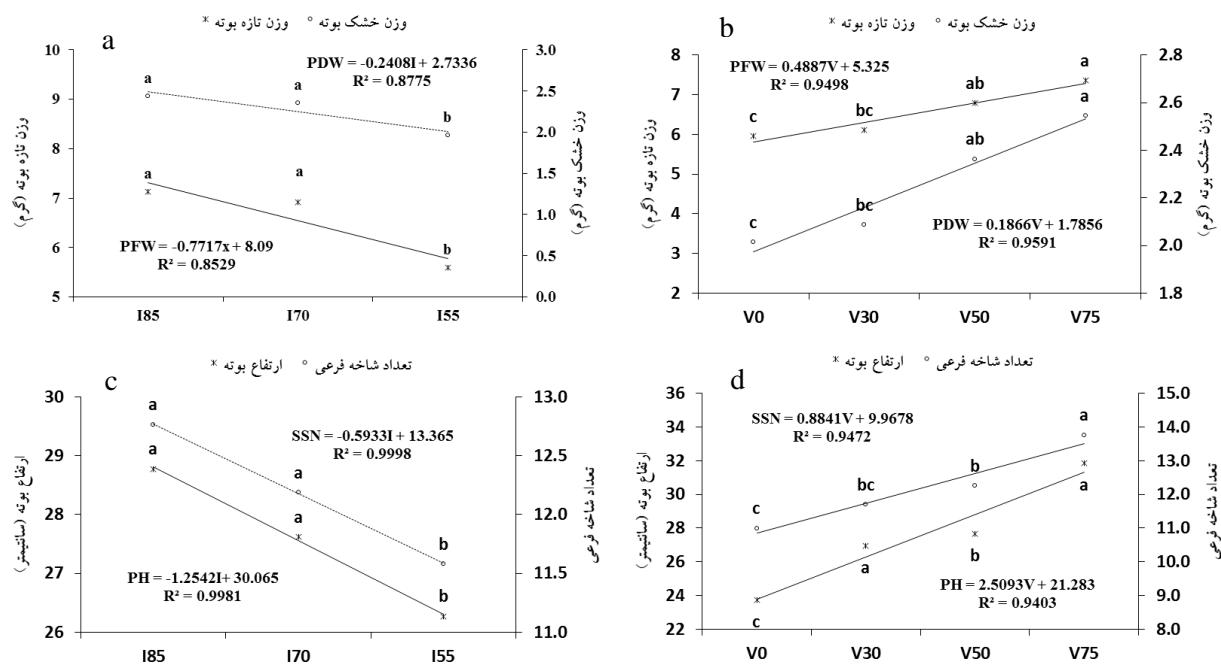
I85 و I70 و I55: تنش خشکی به ترتیب شامل آبیاری براساس ۸۵ (شاهد)، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی؛ V0، V30، V50 و V75: ورمی کمپوست به ترتیب صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجم گلدان. میانگین‌های دارای حرف مشترک قادر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD هستند.

۴). ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی با افزایش شدت تنش خشکی کاهش خطی و معنی‌داری نشان داد و به ترتیب از ۲۸/۸ سانتی‌متر و ۱۲/۸ شاخه فرعی در شرایط نرمال رطوبتی به ۲۶/۳ سانتی‌متر و ۱۱/۶ شاخه در تنش شدید خشکی رسید (جدول ۴). ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی با افزایش مصرف ورمی کمپوست از ۲۲/۷ سانتی‌متر و ۱۰/۹ شاخه فرعی در شرایط عدم مصرف به بیشترین مقدار خود (به ترتیب ۳۱/۹ سانتی‌متر و ۱۳/۸ شاخه) با مصرف ۷۵٪ حجمی افزایش خطی و معنی‌داری یافت (شکل ۴).

وزن تر و خشک بوته با افزایش شدت تنش خشکی کاهش خطی و معنی‌داری یافت و به ترتیب از ۱۳/۷ و ۲/۴۴ گرم در شرایط نرمال رطوبتی به ترتیب به ۵/۵۹ و ۱/۹۵ گرم در تنش شدید خشکی رسید (شکل ۵)، اما وزن تر و خشک بوته با افزایش مصرف ورمی کمپوست به ترتیب از ۵/۹۴ و ۲/۰۱

درصد اسانس گیاهان دارویی می‌شوند (Amin, 1997). افزایش معنی‌دار متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی رازیانه (Moradi, 2008) و بابونه (Vildova *et al.*, 2004; Mona *et al.*, 2008) به‌واسطه استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک پیش از این گزارش شده است. Ahmadian و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کود دائمی بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز اعلام نمودند که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دائمی ضمن کاهش اثرات منفی تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره سبز گردید و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پرشدن دانه شد.

خصوصیات مورفولوژیک آویشن باغی: اثرات ساده تنش خشکی و ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و خشک بوته در آویشن معنی‌دار بود (جدول



شکل ۵- اثر تنش خشکی و ورمی کمپوست بر وزن تازه بوته (PFW) (به ترتیب a و b) و بر ارتفاع بوته (PH) و تعداد شاخه فرعی (SSN) (به ترتیب c و d)

I155 و I70: تنش خشکی به ترتیب شامل آبیاری براساس ۸۵ (شاهد)، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی؛ V0، V30، V50 و V75: ورمی کمپوست به ترتیب صفر، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ درصد حجم گلدان. میانگین‌های دارای حرف مشترک قادر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد براساس آزمون LSD هستند.

ورمی کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف بر روی میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده بابونه تأثیر مثبت گذاشته است (Tasdiqi *et al.*, 2014) و باعث افزایش شاخه‌های فرعی و متعاقب آن افزایش تعداد ساقه اصلی و تعداد گل در بوته می‌شود (Saeednejad and Rezvani Moqaddam, 2010). در شرایط یکسان محیطی، فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و متعاقباً تعداد شاخه فرعی گیاه شود (Tahami Zarandi *et al.*, 2013). در تحقیق دیگری مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش شاخه‌های فرعی بابونه شد (Jahan and Koochaki, 2009).

پیش از این افزایش وزن خشک بوته در اثر کاربرد ورمی کمپوست در گیاه فلفل (Arancon *et al.*, 2004) گزارش شده است. همچنین گزارش شده است که کاربرد

گرم در شرایط عدم مصرف به بیشترین مقدار خود به ترتیب ۷/۳۵ و ۲/۵۴ گرم با مصرف ۷۵٪ حجمی افزایش خطی و معنی‌داری یافت (شکل ۴).

تنش خشکی به دلیل کاهش فشار تورگور رشد را کم می‌کند (Hsia and Xu, 2000). کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در اثر تنش آبی که در این تحقیق مشاهده گردید توسط دیگر محققان (Hassani *et al.*, 2003; Aslani *et al.*, 2009) در ریحان نیز گزارش شده است. با اعمال تیمارهای آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی روی گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه معلوم شد که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش پیدا کرد (Lebaschi *et al.*, 2018). کاهش در وزن تر و خشک اندام رویشی آویشن (Hosseini *et al.*, 2016; Maleki Lajair, 2011) و بابونه شیرازی (Abbaszadeh, 2005) گزارش شده است.

آلفارپینن، تیمول و کارواکرول و رشد رویشی (ارتفاع بوته)، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تازه و خشک بوته) شد. مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش متابولیت‌های ثانویه (آلفارپینن، تیمول، کارواکرول، درصد اسانس) و رشد رویشی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر و وزن خشک بوته) گردید. معنی‌دار نشدن اثر متقابل تنفس خشکی در ورمی‌کمپوست برای صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که این دو عامل مستقل از یکدیگر عمل نمودند، لذا در مجموع چنین استباط شد که تنفس خشکی موجب کاهش، ولی کاربرد ورمی‌کمپوست سبب بهبود رشد و ارزش دارویی آویشن باعی گردید.

ورمی‌کمپوست همچنین موجب افزایش ارتفاع بوته در سیر (Darzi et al., 2008)، رازیانه (Arguello et al., 2006)، بابونه (Saeednejad and Rezvani) و زیره سبز (Azizi et al., 2008) گردید. (Moqaddam, 2010)

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه حساس به تنفس آویشن باعی در شرایط تنفس خشکی با افزایش آنزیم‌های پراکسیداز و هیدروژن پراکسیداز اقدام به دفاع آنتی‌اکسیدانی و با افزایش قندهای محلول غیرساختاری و اسیدآمینه پرولین سعی در تنظیم اسمزی نمود، لیکن توان تحمل سطوح تنفس به کار رفته را نداشت و دچار خسارت از نظر متابولیت‌های ثانویه

منابع

- Abbaszadeh, B. (2005) Effect of different levels and methods of nitrogen fertilizer application on the amount of lemon balm essential oil. Master Thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch.
- Ahmadian, A., Ghanbari, A. and Golovi, M. (2010) Interaction between drought stress and manure on yield components, essential oil content and its chemical composition in cumin. Iranian Journal of Crop Science 40: 180-173.
- Amin, I. S. (1997) Effect of bio- and chemical fertilization on growth and production of *Coriandrum sativum* L., *Foeniculum vulgare* L. and *Carum carvi* L. plants. Annals Agricultural, Science Moshtohor 5: 2327-2334.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. (2004) Influences of vermin composts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.
- Arguello, J. A., Ledesma, A., Nunez, S. B., Rodriguez, C. H. and Goldfarb, M. D. D. (2006) Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado paraguayo garlic bulbs. Horticultural Sciences 41: 589-592.
- Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.
- Aslani, Z., Hassani, A., Sedghiani, M., Sefidkan, F., Brin, M. and Qeibi, S. (2009) Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum* L.) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences 2: 109-117.
- Azizi, M., Rezvani, F., Hasanzadeh- Khayat, M., Lakzian, A. and Nemati, H. (2008) Effects of various levels of vermin compost and irrigation on morphological characteristics and essence of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 82-93. (In Farsi).
- Bahrami Chegni, Z., Amiri, H. and Lari Yazdi, H. (2012) Effect of drought stress on some physiological parameters of basil. National Conference on Agricultural Science and Technology 419-430.
- Barraclough, P. B. and Kate, J. (2001) Effect of water stress on chlorophyll meter reading in wheat. Plant Nutrition 722-723.
- Bartels, D. and Sunkar, R. (2005) Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 24: 23-58.
- Bates, L., Waldren, R. and Teare, I. (1973) Rapid determination of free prolin for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-7.
- Chance, B. and Maehly, S. K. (1995) Assay of catalase and peroxidase. Methods Enzymology 2: 764-775.
- Cornic, G. and Briantais, J. M. (1991) Partitioning of photosynthetic electron flow between CO₂ and O₂ reduction in a C3 leaf (*Phasianus vulgaris* L.) at different CO₂ concentration and during water sue. Planta 183: 178-184.
- Darzi, M., Qalavand, A. and Rejali, F. (2008) Effect of biological fertilizers on the uptake of elements N, P, K and grain yield in fennel (*Foenicum vulgare* Mill.). Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 25: 19-1.
- Darzi, M., Qalavand, A. and Rejali, F. (2010) Effect of application of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate fertilizer on flowering, biological yield and root coexistence in fennel. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 109-88.

- Hassani, A., Omidbeigi, R. and Heydari Sharifabad, H. (2003) Effect of different levels of soil moisture on growth, yield and accumulation of adaptive metabolites in basil. Journal of Soil and Water Sciences 17: 211-219.
- Heidari Sharifabad, H. (2000) Plant, Drought and Drought. Publications of the Forest and Rangeland Research Institute, Tehran.
- Hosseini, H., Mousavi, P., Fatehi, F. and Qaderi, A. (2016) Phytochemical changes and morpho-physiological traits of *Thymus vulgaris* L. CV Varico 3 under salinity stress. Quarterly Journal of Medicinal Plants 16: 22-34.
- Hsia, T. and Xu, L. K. (2000) Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: Biophysical analysis and relation to water transport. Journal of Experimental Botany 51: 1596-1616.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Dias, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiology of Plant 84: 55-60.
- Jamzad, Z. (2009) Thymus and Satureja of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands press. Tehran.
- Jahan, M. and Kocheki, A. (2009) Effect of organic production of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. Agronomy and Horticulture 61: 87-95.
- Kafi, M., Borzoi A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, A. and Nabati, G. (2009) Physiology of Environmental Stresses in Plants. Publications University of Mashhad.
- Kafi, M. and Damghani, A. A. (2000) Mechanism of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran. (In Farsi)
- Kafi, M. and Rostami, M. (2007) Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield, yield components and oil percentage of three safflower genotypes under saline irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Research 5: 121-131.
- Karlidag, H., Esitken, A. Turan, M. and Sahin, F. (2007) Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Horticulture 114: 16-20.
- Khakshour Moghadam, Z., Lahouti, M. and Ganjali, A. (2010) Investigation of the effects of drought stress caused by polyethylene glycol on germination and morphological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Horticultural Sciences 25: 185-193.
- Kochert, G. (1978) Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hand Book of Physiological Method Helebust (ed. Craig, J. S.) Pp. 56-97. Journal of Agricultural, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lebaschi, M. H., Sharifi Ashurabadi, A., Makizadeh, M. and Tafti Asadi Sanam, S. (2018) Effect of plant density on quantitative and qualitative yield of garden thyme in rain fed conditions of seven provinces of Iran. Journal of Crop Improvement 20: 113-127.
- Letchamo, W., Marquard, R., Holzl, J. and Gosselin, A. (1994) Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* elections. Angewandte Botanik 68: 83-88.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J. and Rand, R. J. (1951) Protein measurement with the folin- phenol reagent. Journal of Biological Chemistry 193: 265-273.
- Mae-Adam, J. W. and Nelson Sharp, C. J. (1992) Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Journal of Plant Physiology 99: 872-878.
- Maleki Lajair, H. (2011) Evaluation of drought and frost tolerance of some species of thyme (*Thymus* spp) in green space. Ph.D. Thesis. Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.
- Mehran, M., Hoseini, H., Hatami, A., Taghizade, M. and Safaie, A. (2016) Investigation of components of seven species of thyme essential oils and comparison of their antioxidant properties. Journal of Medicinal Plants 15: 134-140. (In Persian).
- Mihalovic, N. and Lazarevic, M. (1977) Chlorophyllaz activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves during drought and its dependence on the nitrogen on applied. Field Crops Research 9: 46-58.
- Mona, Y., Kandil, A. M. and Swaefy Hend, M. F. (2008) Effect of three different compost levels on fennel and alvia growth character and their essential oils. Biological Sciences 4: 34-39.
- Moradi, R. (2004) Evaluation of biologic and organic fertilizers effects on grain yield, yield components and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, (In Farsi).
- Omidbeigi, R. (2013) Production and processing of medicinal plants. Astan Quds Razavi Publications 3: 397.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N. and Gautams, S. P. (2001) Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.
- Rezaei Moadab, A., Nabavi Kalat, S. M. and Sadrabadi Haghghi, R. (2013) Effect of vermicompost and biofertilizers on vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) in climatic conditions of Mashhad. Journal of Agricultural Ecology 5: 362-350.

- Saeednejad, A. H. and Rezvani Moqaddam, P. (2010) Evaluation of the effect of compost, vermicompost and animal manure consumption on yield, yield components and percentage of cumin essential oil. Journal of Horticultural Sciences 24: 148-142.
- Safikhani, F. (2005) Study of physiological characteristics of *Deracocephalum moldavica* L. to water stress. PhD thesis, University of Shahid Chamran, Ahwaz.
- Sharma, P. and Dubey, R. S. (2005) Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation 46: 209-221.
- Tahami Zarandi, M. K., Rezvani Muqaddam, P. and Jahan, M. (2010) Comparison of the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil. Journal of Agricultural Ecology 2: 82-70.
- Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghadam, P. and Jahan, M. (2013) Effect of organic and chemical fertilizers on growth indices of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural Ecology 5: 363-372.
- Tian, X. and Li, Y. (2006) Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biology of Plantarum 50: 775-778.
- Tasdiqi, H., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y. (2014) Evaluation of yield, yield components and essential oil of *German chamomile* using vermicompost and different irrigation levels. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 25: 61-77.
- Vildova, A., Stolcova, M. and Kloucek Orsak, P. M. (2006) Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. International Symposium on Chamomile Research, Development and Production Press 81-82.
- Wenhuasic, E. R. B. (1992) Structure biosanteetic of peroxidase from peinot cells, plant peroxidasses. X.U, analysis of osmotic adjustment in cropplants. Journal of Experimental Botany 50: 291-302.
- Wu, F. Z., Bao, W. K., Zhou, Z. Q. and Wu, A. (2009) Carbon accumulation, nitrogen and phosphorous use efficiency of solphora davidii seedlings in response to nitrogen supply and water stress. Journal of Arid Environments 73: 1067-1073
- Yeganehpour, F., Zehtab Salmasi, S., Shafaq Kalvanagh, J. and Ghasemi Golazani, K. (2015) Effect of drought stress, chemical fertilizer and salicylic acid hormone on grain yield and yield components in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Crop Production 9: 118-125.
- Zhang, H., Pala, M., Oweis, T. and Harris, H. (2000) Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research 51: 295-304.

Effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphophysiological traits of *Thymus vulgaris* L.

Ghodrat alla Sharafi¹, Mahdi Changizi², Masoud Rafiee^{*2,3}, Masoud Gomarian², Shahab Khagani²

¹ Department of Medicinal plants, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

² Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch Islamic Azad University, Arak, Iran
³ Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

(Received: 10/10/2020, Accepted: 06/04/2021)

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effects of drought stress and vermicompost biofertilizer on some morphological, physiological and biochemical characteristics of *Thymus vulgaris* in greenhouse of Khorramabad Agricultural and Natural Resources Research and Training Center in a completely randomized design with three replications. To achieve this purpose, a pot experiment was performed. Factors included vermicompost fertilizer levels at 0, 30, 50 and 70% of pot volume and water stress including post-discharge irrigation (85 (control), 70 (moderate stress), and 55 (severe stress). The moisture content was the field capacity. The results showed that with increasing drought stress, the amount of photosynthetic pigments (chlorophyll a and chlorophyll b), antioxidant enzyme catalase, protein, secondary metabolites of alpha-terpinene, thymol and carvacrol and morphological traits of plant height, number of sub-branches, fresh weight and dry weight of plants decreased significantly, but drought stress of antioxidant enzymes and hydrogen peroxidase significantly increased the amount of unstructured soluble sugars and amino acid proline. Increased consumption of vermicompost significantly increased chlorophyll b, hydrogen peroxidase, alphaterpinene, thymol, carvacrol, essential oil percentage, plant height, number of sub-branches, fresh weight and dry weight of plant, whereas chlorophyll a and unstructured soluble sugars reduced. According to the results of this experiment, with increasing the severity of drought stress, despite the plant's antioxidant defense and osmotic regulation, the production of most secondary metabolites and the growth of the thyme stress-sensitive plant decreased significantly; However, consumption of vermicompost increased secondary metabolites, growth and fresh and dry weight of the plant.

Keywords: Antioxidant enzymes, Osmotic regulation, Photosynthetic pigments, Secondary metabolites

Corresponding author, Email: rafieemasoud@yahoo.com