



## اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت رژیم‌های کم‌آبی

\* حسین گرگینی شبنکاره<sup>۱</sup> و سارا خراسانی نژاد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است. بنابراین با استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله ورمی کمپوست، می‌توان از حداقل آب استفاده نموده و موجب کاهش تبخیر آب از خاک، حفظ و ذخیره آب در خاک گردید. لذا در همین راستا آزمایشی با هدف بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت رژیم‌های کم‌آبیاری انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** آزمایشی در سال ۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش در سه سطح رژیم‌های آبیاری شامل مقادیر ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۳۰۰ میلی‌لیتر در حالت ظرفیت مزرعه) و سه سطح کاربرد ورمی کمپوست شامل صفر، ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست لحاظ گردید. صفات مورد ارزیابی عبارت از ارتفاع بوته، فاصله میانگره، وزن تازه و خشک بوته، تعداد میانگره، محتوای نسبی آب برگ، پرولین، قندهای محلول و درصد اسانس بودند. پس از عملیات کاشت، برداشت و اندازه‌گیری عملکرد رشد، اسانس به کمک دستگاه کلونجر، قندهای محلول به روش اوموکولو و پرولین به روش بیتز اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** افزایش سطوح رژیم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، فاصله میانگره، وزن تازه و خشک ساقه، تعداد پنجه و محتوای رطوبت نسبی برگ گردید. نتایج نشان داد افزایش رژیم آبیاری منجر به کاهش ۲/۱۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ و به ترتیب افزایش ۰/۷۲، ۱۰/۱۴ و ۰/۱۳ درصدی پرولین، قندهای محلول و درصد اسانس نسبت به شاهد گردید. کاربرد ورمی کمپوست نیز بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار داشت و این اثر در ۴۰ درصد حجمی گلدان به حداکثر خود رسید. اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد ورمی کمپوست به جز برای وزن تازه بوته و تعداد پنجه برای سایر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. محلول‌پاشی ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست در

\*مسئول مکاتبه: [h.shabankareh92@gmail.com](mailto:h.shabankareh92@gmail.com)

شرایط رژیم آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۰/۳۳ درصدی اسانس و ۲۳/۷۱ درصدی محتوای نسبی آب برگ گردید.

**نتیجه گیری:** باتوجه به نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر می توان اظهار داشت که در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می توان بخش زیادی از اثرات تنش خشکی بر گیاه نعناع فلفلی را با کاربرد ورمی کمپوست تعدیل نمود. به طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش، به نظر می رسد که کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست در شرایط رژیم آبیاری برای غلبه بر اثرات منفی خشکی بر صفات رشدی و حصول حداکثر اسانس می تواند مفید واقع شود.

**واژه های کلیدی:** اسانس، تنش کم آبی، پرولین، ورمی کمپوست، نعناعیان

### مقدمه

کاربرد وسیع نهاده های دخیل در امر تولید جهت دستیابی به عملکرد بالا، از یک طرف، و لزوم عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای شیمیایی در طی مراحل تولید، فرآوری و عرضه آنها، از طرف دیگر، ضرورت کاربرد نهاده های بوم سازگار در تولید این گیاهان را بیش از پیش نمایان می سازد. لذا، به نظر می رسد حتی در صورتی که عملکرد این گیاهان در نتیجه استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک، کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده های طبیعی مثل کودهای دامی و بیولوژیک، راهکار مناسبی برای حرکت در جهت نظام تولیدی پایدار باشد (۲۵). این نظام تأکید زیادی بر استفاده از تولیدات دامی در کشاورزی دارد. آب و عناصر غذایی به عنوان دو عامل مهم در تولید محصولات زراعی و باغی مدنظر می باشد که با یکدیگر اثرات متقابلی دارند (۳). عمده ترین منابع تأمین کننده مواد آلی خاک، فضولات دامی، بقایای گیاهی و کمپوست های حاصل از زباله های شهری می باشند که امروزه باتوجه به اهمیت کشاورزی ارگانیک، استفاده از آنها تا حد زیادی مورد توجه قرار گرفته

است (۳). با بهره گیری صحیح حاصلخیزی خاک و با تغذیه گیاه می توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارآیی نهاده ها را افزایش داد. یکی از نیازهای مهم در برنامه ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب مخصوصاً در مورد گیاهان دارویی ارزیابی سیستم های مختلف تغذیه گیاه است.

نعناع فلفلی با نام علمی (*Mentha piperita* L.) از تیره Lamiaceae بوده که گیاهی چندساله، با ارتفاع ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر، با ساقه چهار گوش که معمولاً ارغوانی و صاف است. از جمله گیاهان دارویی و معطر می باشد که اسانس آن مصارف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی بسیار متنوعی داشته و سهم زیادی را در بازارهای جهانی به خود اختصاص داده است (۲۳).

ورمی کمپوست ها که از تجزیه بیولوژیکی (با استفاده از کرم خاکی) کمپوست و زباله های شهری بوجود می آیند، عناصر قابل دسترس و مفیدی برای گیاهان دارند. کرم خاکی با خوردن کمپوست و تجزیه آن و تبدیل و تحولاتی که در شکل مواد غذایی ایجاد می کنند، قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می دهند. از طرفی کود کمپوست باتوجه به

طول میانگره تأثیر می‌گذارد (۷). همچنین اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس نشان داد که در سطوح اولیه تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت درحالی‌که با شدید شدن تنش (۵۵ درصد ظرفیت زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولید شده، کیفیت اسانس افزایش یافت (۴۳). بررسی اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس نعنای فلفلی نشان داد که سطوح اولیه تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت درحالی‌که با افزایش تنش (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولید شده، کیفیت اسانس افزایش یافت که دلیل آن را اثر کم‌آبی بر مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه دانسته‌اند (۲۱).

شایان ذکر است که کودهای زیستی به سبب افزایش نفوذپذیری و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش شوری نیز می‌گردد (۱۳ و ۴۵). تنش خشکی در مرحله ساقه‌دهی و گلدهی موجب کاهش ویژگی‌های کمی و کیفی بادرشبو گردید و کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم) توانست افزایش عملکرد کمی و کیفی بادرشبو در شرایط تنش گردد (۲۷). اثر تنش خشکی و مصرف انواع کودهای آلی و معدنی و بقایای آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) نشان داد که تنش خشکی در حد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد گل بابونه را نسبت به شاهد در هر دو سال کاهش داد اما با کاربرد کوه‌های آلی در شرایط تنش خشکی در سال اول و در تمام شرایط رطوبتی سال دوم عملکرد گل، اسانس و کامازولن مطلوبی ایجاد نمود (۳). باتوجه به این‌که خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و با

ویژگی‌های خاص خود، غالب مواد تشکیل‌دهنده، مقدار مورد مصرف در خاک، قابلیت بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، نقشی مشابه با کود دامی در خاک ایفا می‌کند. ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم حاوی عناصر ریزمغذی نیز می‌باشد که برای گیاه ضروری است. ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۶).

محققان در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کودهای دامی بر خصوصیات کمی و کیفی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) اعلام نمودند مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند ضمن کاهش اثرات منفی تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره سبز گردیده و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شدن دانه شود (۲). محققان رشد قابل‌توجه ذرت و گندم در شرایط گلخانه‌ای را به علت مصرف ورمی‌کمپوست در مقایسه با کمپوست‌های متعارف و کودهای شیمیایی دانستند (۴۷). گیاهان در طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند که هر یک از آن‌ها می‌توانند باتوجه به میزان حساسیت و مرحله رشدی گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد داشته باشند. کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است (۲۴). در مطالعه‌ای که روی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) انجام شد، مشاهده گردید که تنش کم‌آبی بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد و بازده اسانس، ارتفاع، تعداد پنجه

تیمارها شامل سه سطح ورمی کمپوست به مقدار صفر، ۲۰ و ۴۰ درصد حجم گلدان (به ترتیب ۱/۵ و ۳ کیلوگرم) و رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری در ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (آب مصرفی به ترتیب ۳۰۰، ۲۲۵ و ۱۵۰ میلی‌لیتر) اعمال شدند. در گلخانه تونلی پلاستیکی مورد استفاده در این تحقیق، سعی شده است دمای روز در محدوده دمایی ۳۰-۲۵ و دمای شب ۲۵-۲۰ نگهداری شود. برای کاشت گیاه از قلمه‌های حاصل از ریزوم‌های ۱۰ سانتی‌متری که از جهاد دانشگاهی تهران تهیه شد، استفاده گردید. به طوری که پس از آبیاری گلدان‌ها با آب معمولی در اواخر پاییز (آذرماه)، قلمه‌های مورد نظر در داخل گلدان (گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) کشت گردید. در مجموع از ۸۱ گلدان (به ازای هر تکرار سه گلدان در نظر گرفته شد) برای کشت استفاده شد. از ورمی کمپوست دارای منشأ گیاهی جهت اعمال تیمار ورمی کمپوست استفاده گردید که نتایج مربوط به تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۲ آورده شده است.

عنایت به تأثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات، استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و معرفی روش‌های مدیریتی نظیر کاربرد کودهای زیستی و آلی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در کشاورزی پایدار به شمار آید. پژوهش حاضر، به منظور ارزیابی سطوح مختلف ورمی کمپوست به عنوان کود آلی در بهبود ویژگی‌های رشدی و اسانس گیاه نعنای فلفلی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و تعیین نیاز آبی گیاه دارویی نعنای فلفلی در شرایط رژیم‌های آبیاری برای افزایش کارایی مصرف آب، اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت رژیم‌های مختلف کم‌آبی، آزمایشی در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در این تحقیق اثرات دو عامل ورمی کمپوست و رژیم آبی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست.

Table 1. Some of the vermicompost physical and chemical properties.

بافت Texture	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	نیترژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم قابل جذب K(ava) (PPM)
ورمی کمپوست Vermicompost	6.9	4	1.89	0.49	1.65

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Some of the soil physical and chemical properties.

بافت Texture	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	نیترژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم قابل جذب K(ava) (PPM)	درصد مواد خشتی شونده T.N.V	درصد اشباع SP (%)
سیلتی - رسی - لوم Silt. Clay. Loam	7.25	0.29	0.14	8.5	224	43	22.07

درصد اسانس برای هر گلدان گردید. استخراج قندهای محلول با استفاده از روش اوموکولو انجام شد (۵ و ۳۹). همچنین برای پرولین از روش بیتز استفاده شد (۱۱).

محتوای نسبی آب با استفاده از فرمول لویت (۱۹۸۰) (رابطه ۱) محاسبه شد (۵۲):

رابطه (۱)

محتوای نسبی آب (درصد) =  $100 \times$  وزن برگ در حالت تورژسانس - وزن خشک برگ / وزن تر برگ - وزن خشک برگ

برای استخراج و اندازه‌گیری اسانس، سرشاخه‌های بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل برداشت شد و در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و در سایه خشک گردیدند، سپس از هر نمونه خشک شده ۱۰۰ گرم آسیاب شد و به روش تقطیر با آب و کمک دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد (۲۲). تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام و محاسبه گردید.

### نتایج و بحث

رشد رویشی و مورفولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که تیمار رژیم آبیاری، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری ( $p < 0.01$ ) بر میزان ارتفاع بوته و فاصله میانگره داشت (جدول ۳). بیشترین میزان ارتفاع بوته با میانگین ۳۴/۰۴ سانتی‌متر از تیمار آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۲۱/۰۶ سانتی‌متر از سطح سوم تیمار رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد (جدول ۴). کاربرد ۴۰ درصدی ورمی‌کمپوست با میانگین ۳۲/۸۰ سانتی‌متر

اعمال تیمارهای رژیم آبی بر اساس روش وزنی بود. به‌طوری‌که ابتدا در کف هر کلام از گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (جهت انجام زهکشی) ریخته و با استفاده از ترازو به صورت هم وزن از خاک پر شدند (در داخل هر گلدان ۶ کیلوگرم خاک). سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به‌درجه اشباع رسانیده و به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت زراعی برسد. در این مرحله گلدان‌ها به‌سرعت وزن شده و خاک آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص شده تا با توزین روزانه گلدان نمونه در هر بلوک، کسری آب محاسبه و مقدار آب موردنیاز به گلدان‌ها اضافه گردید. برای کنترل وزن خشک بوته‌ها، هر تیمار رطوبتی دارای گلدان اضافی بود تا وزن خشک بوته‌ها به‌وزن خشک گلدان‌ها اضافه شده و مقدار صحیحی از آب در زمان اعمال تیمارهای رطوبتی به هر گلدان اختصاص یابد. تا ۲۰ روز پس از کاشت (مرحله ۶ تا ۸ برگی شدن بوته‌ها)، گلدان‌ها در رژیم‌های آبیاری یکسان آبیاری گردیدند و از این مرحله به بعد، برای تعیین رژیم‌های آبیاری به‌طور روزانه رطوبت از هر کدام از گلدان‌ها اندازه‌گیری و رژیم‌هایی که درصد وزنی رطوبت خاک به درصد موردنظر رسید آبیاری در هر تیمار انجام شد (۳۲).

حدود ۸ هفته پس از شروع تیمارهای رژیم آبی (زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل بودند)، اقدام به اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی (نظیر ارتفاع بوته، فاصله میانگره، تعداد پنجه، وزن تازه و خشک بوته) و ویژگی‌های فیزیولوژیکی (رطوبت نسبی آب برگ، پرولین و قند محلول) و

سبب افزایش ۱۰/۱۴ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). در شرایط سطح سوم رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) کاربرد هر دو سطح ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی ورمی کمپوست

به ترتیب موجب افزایش ۴/۲۳ و ۹/۱۴ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد ورمی کمپوست در شرایط ۵۰ درصد رژیم آبیاری گردید (جدول ۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر ورمی کمپوست بر برخی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و اسانس نعناع فلفلی تحت رژیم‌های کم‌آبی.

Table 3. Analysis of variance of vermicompost on Morpho-physiological traits and essential oil of Peppermint under Irrigation regime.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته Plant height	فاصله میانگره Internodes distance	وزن تازه بوته Plant wet weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد گره Number of nodes	پرولین Proline	قندهای محلول Soluble sugars	درصد اسانس Volatile oil	محتوای نسبی آب RWC
رژیم کم‌آبی Irrigation regime	2	379.35**	5.51**	506.47**	55.25**	48.04**	3.56**	379.03**	0.12**	140.85**
ورمی کمپوست Vermicompost	2	231.51**	2.38**	160.57**	21.70**	16.77**	1.17**	231.47**	0.04**	61.66**
رژیم کم‌آبی × ورمی کمپوست Irrigation regime × Vermicompost	4	4.09**	0.20**	3.74 <sup>ns</sup>	2.11**	0.52 <sup>ns</sup>	0.14**	4.07*	0.35**	31.56**
خطا Error	18	0.45	0.01	0.57	0.15	0.67	0.005	0.45	0.001	0.81
ضریب تغییرات Coefficient of variation		2.44	5.44	2.18	2.95	5.42	2.32	1.65	2.49	2.25

\*\*\*, \*\* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

\*, \*\* and ns are significant at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم‌های آبیاری بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی.

Table 4. Mean comparison of simple effect of irrigation regime on Morpho-physiological traits and essential oil of Peppermint.

رژیم کم‌آبی Irrigation regime (D)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) shoot length (cm)	فاصله میانگره (سانتی‌متر) Internodes distance (cm)	وزن تازه بوته (گرم در گیاه) plant wet weight (g/plant)	وزن خشک بوته (گرم در گیاه) plant dry weight (g/plant)	تعداد گره Number of nodes	پرولین (میلی‌مولار بر گرم) Proline (mMg <sup>-1</sup> )	قند محلول (میلی‌گرم در گرم) Soluble sugars (mg g <sup>-1</sup> )	درصد اسانس (درصد) Volatile oil (%)	محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (D1-control)	34.04 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	51.58 <sup>a</sup>	15.65 <sup>a</sup>	17.21 <sup>a</sup>	1.56 <sup>c</sup>	34.06 <sup>c</sup>	1.19 <sup>c</sup>	42.84 <sup>a</sup>
۷۵ درصد ظرفیت زراعی (D2-75%FC)	27.82 <sup>b</sup>	2.12 <sup>b</sup>	46.72 <sup>b</sup>	13.04 <sup>b</sup>	15.51 <sup>b</sup>	2.01 <sup>b</sup>	40.81 <sup>b</sup>	1.28 <sup>b</sup>	41.53 <sup>b</sup>
۵۰ درصد ظرفیت زراعی (D3-50%FC)	26.03 <sup>c</sup>	1.30 <sup>c</sup>	36.86 <sup>c</sup>	10.69 <sup>c</sup>	11.64 <sup>c</sup>	2.81 <sup>a</sup>	47.03 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	35.43 <sup>c</sup>

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و اسانس نعناع فلفلی.

Table 5. Mean comparison of simple effect of Vermicompost on morpho-physiological traits and essential oil of Peppermint.

محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%)	درصد اسانس (درصد) Volatile oil (%)	قند محلول (میلی‌گرم) Soluble sugars (mg g <sup>-1</sup> )	پرولین (میلی‌مولار بر گرم) Proline (mMg <sup>-1</sup> )	تعداد گره (Number of nodes)	وزن خشک بوته (گرم در گیاه) plant dry weight (g/plant)	وزن تازه بوته (گرم در گیاه) plant wet weight (g/plant)	فاصله میانگره (سانتی‌متر) Internodes distance (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) shoot length (cm)	ورمی کمپوست (H)
40.06 <sup>c</sup>	1.25 <sup>c</sup>	35.66 <sup>b</sup>	1.77 <sup>c</sup>	13.75 <sup>c</sup>	11.58 <sup>c</sup>	40.67 <sup>c</sup>	1.54 <sup>c</sup>	22.66 <sup>c</sup>	عدم کاربرد (شاهد) (Control)
40.55 <sup>b</sup>	1.27 <sup>b</sup>	40.44 <sup>a</sup>	2.11 <sup>b</sup>	15.15 <sup>b</sup>	13.11 <sup>b</sup>	45.38 <sup>b</sup>	2.20 <sup>b</sup>	27.46 <sup>b</sup>	۲۰ درصد حجم گلدان (۲۰% by volume pot)
42.19 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	45.80 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	16.48 <sup>a</sup>	14.69 <sup>a</sup>	49.10 <sup>a</sup>	2.55 <sup>a</sup>	32.80 <sup>a</sup>	۴۰ درصد حجم گلدان (۴۰% by volume pot)

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات برهمکنش رژیم آبیاری و ورمی کمپوست بر برخی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و اسانس نعناع فلفلی.

Table 6. Mean comparison of interaction effects of irrigation regime and vermicompost on morpho-physiological traits of Peppermint.

محتوای نسبی آب (درصد) RWC (%)	درصد اسانس (درصد) Volatile oil (%)	قند محلول (میلی‌گرم) Soluble sugars (mg g <sup>-1</sup> )	پرولین (میلی‌مولار بر گرم) Proline (mMg <sup>-1</sup> )	تعداد گره (Number of nodes)	وزن خشک بوته (گرم در گیاه) plant dry weight (g/plant)	وزن تازه بوته (گرم در گیاه) plant wet weight (g/plant)	فاصله میانگره (سانتی‌متر) Internodes distance (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) shoot length (cm)	رژیم کم‌آبی × ورمی کمپوست (Irrigation regime × Vermicompost)
42.12 <sup>a</sup>	1.14 <sup>d</sup>	29.60 <sup>f</sup>	1.37 <sup>h</sup>	16.08 <sup>bc</sup>	14.62 <sup>c</sup>	48.55 <sup>c</sup>	2.66 <sup>c</sup>	29.78 <sup>c</sup>	D1×H1
42.76 <sup>ab</sup>	1.22 <sup>c</sup>	33.83 <sup>e</sup>	1.51 <sup>g</sup>	17.45 <sup>b</sup>	15.52 <sup>b</sup>	51.15 <sup>b</sup>	2.96 <sup>b</sup>	32.72 <sup>b</sup>	D1×H2
43.65 <sup>a</sup>	1.22 <sup>c</sup>	38.74 <sup>d</sup>	1.82 <sup>f</sup>	18.12 <sup>a</sup>	16.80 <sup>a</sup>	55.03 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup>	39.64 <sup>a</sup>	D1×H3
40.73 <sup>c</sup>	1.29 <sup>b</sup>	34.60 <sup>f</sup>	1.78 <sup>f</sup>	14.04 <sup>e</sup>	10.44 <sup>f</sup>	42.11 <sup>d</sup>	1.88 <sup>e</sup>	21.60 <sup>e</sup>	D2×H1
41.57 <sup>bc</sup>	1.28 <sup>b</sup>	41.80 <sup>e</sup>	1.94 <sup>e</sup>	15.68 <sup>cd</sup>	13.23 <sup>d</sup>	47.48 <sup>c</sup>	2.08 <sup>d</sup>	28.81 <sup>c</sup>	D2×H2
42.29 <sup>ac</sup>	1.29 <sup>b</sup>	46.03 <sup>b</sup>	2.30 <sup>e</sup>	16.83 <sup>a,c</sup>	15.45 <sup>b</sup>	50.57 <sup>b</sup>	2.40 <sup>c</sup>	33.04 <sup>b</sup>	D2×H3
28.34 <sup>e</sup>	1.32 <sup>b</sup>	42.78 <sup>c</sup>	2.16 <sup>d</sup>	11.12 <sup>f</sup>	9.69 <sup>e</sup>	31.37 <sup>f</sup>	0.47 <sup>g</sup>	16.62 <sup>f</sup>	D3×H1
37.32 <sup>d</sup>	1.30 <sup>b</sup>	45.69 <sup>b</sup>	2.89 <sup>a</sup>	12.33 <sup>f</sup>	10.58 <sup>f</sup>	37.50 <sup>e</sup>	1.58 <sup>f</sup>	20.85 <sup>e</sup>	D3×H2
40.63 <sup>c</sup>	1.65 <sup>a</sup>	52.63 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	14.48 <sup>de</sup>	11.81 <sup>e</sup>	41.70 <sup>d</sup>	1.86 <sup>e</sup>	25.73 <sup>d</sup>	D3×H3

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In the each column for every treatment, common letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

تیمار رژیم آبیاری (D1: ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد یا بدون تنش)، D2: ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و D3: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)،

تیمار ورمی کمپوست (H1: صفر (شاهد)، H2: ۲۰ درصد حجمی گلدان و H3: ۴۰ درصد حجمی گلدان)

Irrigation regime (D1: 100% F.C. control, D2: 75% F.C., 50% F.C.) Vermicompost (H1: 0 control, H2: 20% by volume pot, H3: 40% by volume pot).

آبیاری می‌باشد (جدول ۴). سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست به ترتیب موجب افزایش ۰/۶۶ و ۱/۰۱ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). فاصله میانگره در تیمار

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح اول تا سوم رژیم آبیاری به ترتیب مقادیر فاصله میانگره برابر ۲/۷۷، ۲/۱۲ و ۱/۳۰ سانتی‌متر شد که نشان‌دهنده کاهش میزان فاصله میانگره با افزایش سطح رژیم

می‌باشند (۲۹). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به‌همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرند (۱۵). بررسی اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس اسطوخودوس نشان داد که اعمال تنش سبب کاهش صفات رشدی گیاه شد درحالی‌که تنش تا ۸۵ درصد ظرفیت‌زراعی طول ریشه و درصد اسانس را افزایش داد (۲۸). در بررسی دیگری روی گیاه گشنیز تحت تنش خشکی مشخص گردید که بیشترین عملکرد اندام رویشی (۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار بدون تنش به‌دست آمده است (۳۷). با کاربرد ورمی‌کمپوست، اثرات منفی رژیم آبیاری کاهش یافت. کودهای زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه می‌شود (۱۴ و ۱۶). دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد

ترکیبی ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست با میانگین ۱/۸۶ سانتی‌متر، ۱/۳۹ درصد نسبت به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط سطح سوم رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی) بیشتر بود (جدول ۶). نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان داد که تیمار رژیم آبیاری و ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه داشت (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۴ نشان داده می‌شود، با افزایش سطوح رژیم آبیاری تعداد پنجه کاهش یافت، به‌طوری‌که در سطح سوم رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی) با ۵/۵۷ درصد کاهش نسبت به شاهد رسید (جدول ۴). کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد ۲۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست نیز بهبود در این صفت را به‌عنوان صفت مثبت، نسبت به شاهد به دنبال داشت (جدول ۵). تعداد پنجه در تیمار گیاهان تحت کشت تیمار ۴۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست بیشترین اجزای رشدی را داشتند و پس از آن تیمار ۲۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست اثر مطلوبی بر پارامترهای رشد رویشی داشت. پارامترهای رشد رویشی با افزایش تنش خشکی کاهش یافتند. به‌طورکلی در شرایط وقوع رژیم آبی، گیاهان تحت تیمار ۷۵ درصد ظرفیت‌زراعی و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست بیشترین تولید را داشتند. به‌طورکلی، خصوصیات رشدی با افزایش شدت رژیم آبیاری کاهش یافتند. این اثر ممکن است کمبود آب حاکی باشد. چرا که تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی



معنی داری کاهش یافت (جدول ۴). تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین‌های ۱۳/۰۴ و ۱۰/۶۹ درصد، به ترتیب سبب کاهش ۲/۲۵ و ۴/۹۶ درصدی در میزان وزن خشک گیاه نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). در شرایط رژیم آبیاری در سطوح بالا، کاربرد ورمی‌کمپوست توانست میزان وزن خشک گیاه را افزایش دهد، به طوری که از کاربرد ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست در شرایط رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، به ترتیب ۰/۸۹ و ۲/۱۲ درصد افزایش نسبت به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در رژیم آبیاری مذکور مشاهده شد (جدول ۶). باتوجه به جدول مقایسه میانگین، با افزایش تنش خشکی میزان وزن تازه و خشک گیاه کاهش یافت به گونه‌ای که حداقل مقدار آن در رژیم آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). یکی از علل اصلی کاهش در وزن تر و خشک اندام هوایی بوته در طول تنش، به تولید گونه‌های فعال اکسیژن یا ROS مربوط می‌باشد. در طول استرس خشکی، گونه‌های فعال اکسیژن افزایش یافته که موجب اختلال در سیستم انتقال الکترون شده و باعث ایجاد فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در کلروپلاست، میتوکندری و میکروبادی‌ها می‌شوند (۴۸). گیاهان تولید ROS را در شرایط عادی از طریق تولید آنزیم‌ها یا آنتی‌اکسیدانی مهار می‌کنند. درحالی‌که در طول تنش کم‌آبی تولید گونه‌های ROS از حد ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی برای حذف این گونه‌ها تجاوز می‌کند که باعث بروز استرس اکسیداتیو می‌گردد (۴۸). علاوه بر این کاهش وزن خشک و تر می‌تواند تحت تأثیر تخصیص بیشتر بیوماس تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش فتوسنتز باشد. به عبارت دیگر کمبود آب در گیاهان می‌تواند سبب اختلالات فیزیولوژیک، همچون کاهش فتوسنتز و تنفس شود. از دلایل دیگر کاهش وزن تر و خشک

رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده و با تأمین عناصر موردنیاز گیاه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک موجب افزایش عملکرد رویشی گیاه می‌شوند (۵۰). گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) شده است (۳۲). همچنین در مطالعه انجام شده بر روی گیاه دارویی بابونه آلمانی رقم Goral، افزایش سطوح ورمی‌کمپوست سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (۸). با نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان اظهار داشت که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست باعث افزایش صفات رشدی در نعنای فلفلی می‌شود. این برتری را می‌توان ناشی از اثرهای مطلوب ورمی‌کمپوست به دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت و همچنین تنظیم pH و افزایش معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت دانست که تأثیر مثبتی بر افزایش صفات رشدی داشته است (۲ و ۱۷).

**وزن تازه و خشک بوته:** صفات وزن تازه و خشک بوته به طور معنی‌داری ( $p \leq 0/01$ ) تحت تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری و ورمی‌کمپوست قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن تازه با میانگین ۵۱/۵۸ گرم در گیاه مربوط به تیمار رژیم آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۳۶/۸۶ گرم در گیاه مربوط به سطح سوم تیمار رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود (جدول ۴). سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). با کاهش سطح آبیاری میزان وزن خشک گیاه به طور

ورمی کمپوست در شرایط رژیم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب، افزایش ۹/۸۵ و ۱۱/۴۳ درصدی این صفت در شرایطهای مذکور را به دنبال داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح اول تا سوم رژیم آبیاری به ترتیب مقادیر پرولین برابر ۱/۵۶، ۲/۰۱ و ۲/۸۱ میلی مولار بر گرم شد که نشان‌دهنده افزایش میزان پرولین با افزایش سطح رژیم آبیاری می‌باشد (جدول ۴). سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست موجب افزایش ۰/۳۴ و ۱/۰۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار پرولین از برهمکنش رژیم آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست حاصل شد (جدول ۶).

در برخی از گیاهان ثابت شده است که تغییرات میزان پرولین با توانایی آن‌ها برای تحمل یا سازش به شرایط تنش خشکی مرتبط است و می‌تواند به عنوان شاخصی برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش خشکی استفاده شود (۳۵). هنگامی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، تجزیه پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش آمینواسیدها و آمیدها تسریع می‌شود که یکی از این آمینواسیدها پرولین است (۲۶). همچنین هنگامی که گیاهان تحت تأثیر تنش‌ها قرار می‌گیرند، غلظت اسمولیت‌هایشان را افزایش می‌دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه یابد. در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل‌شده سازگار است که تجمع می‌یابد (۴۴). احتمالاً گیاه به دلایل یادشده پرولین خود را افزایش داده است. افزایش پرولین طی تنش خشکی در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) نیز گزارش شده است (۹ و ۵۱). همچنین بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های

بوته می‌تواند کاهش سطح برگ گیاه باشد به عبارت دیگر گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش می‌دهد و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی وزن خشک برگ و در نهایت وزن خشک بوته کاهش می‌یابد (۵۲). این نتایج با نتایج گرگینی شبانکاره و همکاران (۲۰۱۵) در بادرشبو مطابقت داشت (۱۹). از طرفی افزایش وزن تازه و خشک گیاه با کاربرد ورمی کمپوست در شرایط رژیم آبیاری را می‌توان به نقش تعدیل‌کنندگی کودهای آلی نسبت داد. کودهای آلی همچون ورمی کمپوست با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزادسازی تدریجی آن‌ها باعث افزایش رشد گیاه و میزان بیومس تولیدی می‌شوند (۴۲). در بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست در تولید گلخانه‌ای گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) با کاربرد ورمی کمپوست تا سطح ۲۰ درصد به محیط کشت، عملکرد تازه گیاه افزایش یافت (۴۶).

**قند محلول و پرولین:** نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان می‌دهد که تیمار رژیم آبیاری، ورمی کمپوست و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان قند محلول داشت (جدول ۳). بیشترین میزان قند محلول با میانگین ۴۷/۰۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از تیمار رژیم آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۳۴/۰۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک از سطح اول تیمار رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد (جدول ۴). کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی کمپوست با میانگین ۴۵/۸۰ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک موجب افزایش ۱۰/۱۴ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). کاربرد ورمی کمپوست در شرایط رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان قند محلول داشت. به طوری که کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان

(۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود که باتوجه به نوع گیاه منطقی به نظر می‌رسد (جدول ۴). کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته قابل‌ذکر است که کاربرد ۲۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر درصد اسانس نداشت و با تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در یک گروه قرار گرفت (جدول ۵). همچنین بیشترین درصد اسانس (۱/۶۵ درصد) از تیمار ترکیبی سطح سوم رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و ۴۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۶). تنش خشکی درصد اسانس‌های ضروری اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد چون در موارد تنش‌زا در اکثر موارد متابولیت‌های بیشتری تولید شده که این مواد باعث جلوگیری عمل اکسیداسیون در سلول می‌شود (۴). اگرچه مقدار متابولیت‌های ثانویه تحت کنترل ژن‌هاست مقدار غلظت و تجمع آن‌ها تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط محیطی است (۳۸).

نتایج این تحقیق نشان داد که برای دسترسی به درصد بالای اسانس در نعنای فلفلی که سبب افزایش کیفی محصول می‌شود، اعمال تنش رطوبتی می‌تواند مناسب باشد. تصور بر این است که در شرایط وقوع تنش خشکی و کم‌آبی، میزان تولید مواد مؤثره به‌دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر با کاهش سطح اندام رویشی در اثر تنش خشکی، تعداد غده‌های مترشحه اسانس افزایش می‌یابد، در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت (۱۰). هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد (۲۰). در تحقیق صورت‌گرفته بر روی گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در شرایط تنش خشکی مشخص شد میزان اسانس با افزایش سطح تنش روند صعودی دارد به‌طوری که بیشترین

فیزیولوژیک چای ترش (*Hibiscus sabdarifa*) نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش تجمع پرولین می‌گردد (۴۴).

با افزایش سطوح رژیم آبیاری تا ۵۰ درصد ظرفیت زراعی میزان قندهای محلول افزایش یافت و با میانگین ۴۷/۰۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به بیشترین سطح خود رسید. کربوهیدرات‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تعرق و تنفس، نقش مستقیم داشته و از این‌رو تغییر در مقدار آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در گیاهان، قندهای طی فرآیند فتوسنتز تولید می‌شوند. نقش قندها به‌عنوان پیش‌ماده تولید مواد کربنی و انرژی شناخته شده است. حفاظت از گیاه در مقابل از دست دادن آب به افزایش قندها بستگی دارد. مطالعات نشان داده است که تنش خشکی تبدیل هگزوزها و سایر کربوهیدرات‌ها مانند ساکارز و نشاسته را به الکل‌های قندی (پلی‌اول‌ها) و پرولین در پی دارد (۵ و ۳۳). توزیع مواد هیدروکربنی به‌طور مستقیم تحت تأثیر تنش‌هایی نظیر کمبود آب و به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرد. در مجموع افزایش قندهای محلول در زمان تنش را می‌توان به علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می‌شود، بیان کرد. گیاهان تحت شرایط تنش‌های محیطی، محلول‌های آلی با وزن مولکولی پایین نظیر اسیدهای آمینه و قندها را تجمع می‌دهند (۴۰).

**درصد اسانس:** درصد اسانس تحت تأثیر رژیم آبیاری، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل ( $P < 0/01$ ) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین درصد اسانس با میانگین ۱/۴۲ درصد مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۱/۱۹ درصد مربوط به سطح اول رژیم آبیاری

مقادیر محتوای نسبی آب برگ برابر با ۴۲/۸۴، ۴۱/۵۳ و ۳۵/۴۳ درصد شد که نشان‌دهنده کاهش میزان این صفت با افزایش سطح خشکی می‌باشد (جدول ۴). کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب داشت. به‌طوری‌که کاربرد ۴۰ درصد حجمی گلدان از این ماده در شرایط رژیم آبیاری ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، حداکثر مقدار این صفت در هر کدام از شرایط مذکور را به دنبال داشت (جدول ۶). به‌طورکلی با افزایش تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. محتوای آب برگ، یک شاخص مناسب برای تنش آبی گیاه است. تنش خشکی با کاهش RWC و پتانسیل کل آب سبب کاهش رشد گیاهان می‌شود. سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی، سبب حفظ و بالا نگه داشتن RWC در گیاه می‌شود. در آزمایشی محققین روی گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) نشان دادند با افزایش شدت تنش آبی، میزان محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (۴۱). نتایج تحقیقات بر روی گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین صفت محتوای آب نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۲). در همین راستا گزارش شده که بالاترین RWC در گیاه تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) در گیاه شاهد (۹۴/۰۷ درصد) و کمترین آن تحت شرایط تنش کم‌آبی شدید (۶۴/۰۳ درصد) کاهش یافته است (۴۹). تنش خشکی، سبب کاهش RWC، پتانسیل کل آب و کاهش رشد گیاهان می‌شود. سازوکار تنظیم اسمزی در گیاهان متحمل به خشکی، سبب حفظ و بالا نگه‌داشتن RWC در گیاه می‌شود. در یک بررسی، تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) شد (۱). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد

میزان اسانس از تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی به‌دست آمد (۱۸). دلایل اثبات شده‌ای مبنی بر نحوه واکنش متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی به تنش خشکی وجود ندارد. اما با نظر به افزایش میزان اسانس در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، می‌توان گفت از آنجاکه اسانس‌ها، ترکیبات ترپنوئیدی بوده و بیوستز واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپروپنوئیدها)، نیازمند ATP و NADPH هستند. همچنین تحقیقات نشان داده است به‌دلیل این‌که دی‌اکسیدکربن و گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس و به‌ویژه مونوترپن‌ها مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (۱۸). افزایش مقادیر ورمی‌کمپوست از طریق فراهم نمودن جذب بیشتر فسفر و نیتروژن، موجب افزایش میزان اسانس پیکر رویشی گردید. در همین رابطه پژوهشی که با استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر روی گیاه بادرشبی صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ۳۰ درصد حجمی گلدان ورمی‌کمپوست برتری محسوسی از نظر میزان اسانس نسبت به شاهد داشت (۳۱).

**محتوای نسبی آب برگ:** محتوای نسبی آب تحت تأثیر رژیم آبیاری، ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آن‌ها ( $P < 0/01$ ) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۴۲/۸۴ درصد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۳۵/۴۳ درصد مربوط به سطح سوم رژیم آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود که باتوجه به نوع گیاه منطقی به‌نظر می‌رسد (جدول ۴). کاربرد ورمی‌کمپوست در هر دو سطح (۲۰ و ۴۰ درصد حجمی گلدان) موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح اول تا سوم رژیم آبیاری به‌ترتیب

نسبی آب برگ نسبت به آبیاری نرمال گشت که کاربرد چهار درصد کود زیستی ورمی کمپوست در شرایط آبیاری ملایم و شدید باعث افزایش محتوای نسبی آب و عملکرد گیاه گردید (۳۶).

### نتیجه گیری کلی

باتوجه به نتایج به دست آمده از مطالعه پیش رو می توان اظهار داشت که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار می توان بخش زیادی از اثرات تنش خشکی بر گیاه نعناع فلفلی را با کاربرد ورمی کمپوست تعدیل نمود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح رژیم آبیاری از میزان صفات رشدی گیاه و محتوای آب نسبی کاسته می شود و در مقابل، محتوای پرولین، قندهای محلول، درصد اسانس افزایش می یابد که نوعی سازگاری گیاه با شرایط تنش محسوب می شود، اما به طور کلی نقش حفاظتی و تعدیل کنندگی کاربرد ورمی کمپوست بر تنش خشکی را می توان، به تأثیر مثبت آن در بهبود شرایط تغذیه ای گیاهان و تنظیم اسمزی تحت رژیم آبیاری نسبت داد و مهم تر آن که کاربرد کود آلی ورمی کمپوست به جای کودهای شیمیایی، می تواند نویدبخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی های زیست محیطی در آینده باشد. به طور کلی هرچند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد صفات رشدی کاسته می شود اما با به کارگیری ورمی کمپوست (به ویژه در سطوح بالای رژیم آبیاری و حالت خشکی شدید) می توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست.

ورمی کمپوست از اثرات تنش خشکی کاسته می شود که همبستگی مثبت بین میزان محتوای نسبی آب برگ و رطوبت خاک را می توان به مصرف کودهای زیستی نسبت داد چرا که ورمی کمپوست از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی خاک، ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه بندی خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی می گردد (۴۱). بنابراین با افزایش میزان محتوای نسبی برگ ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم می شود و امکان اتساع دیواره سلولی را فراهم می سازد و در نهایت باعث افزایش انعطاف پذیری غشاء سلول می شود تا زمینه برای رشد سلول به دست آید.

با توجه به این که شرایط رشد سلول فشار تورگر در حد ماکسیمم، شامل انعطاف پذیری دیواره سلولی و رسوب گذاری در دیواره سلولی می باشد بنابراین به نظر می رسد با مصرف کودهای زیستی و بهبود شرایط فیزیکی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب در خاک، گیاه کمتر با شرایط خشکی مواجه شده و تمایل کمتری به سرمایه گذاری برای افزایش تولید غشاء نشان می دهد، همچنین با افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به دنبال دارد. همچنین از آن جاکه مکانیسم اثر ورمی کمپوست به عنوان کود آلی در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی کاراست، می توان تأثیر مثبت آن را انتظار داشت (۳۰ و ۳۴). در تحقیقی دیگر بررسی کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی بر روی گیاه کلزا نشان داد که افزایش سطح تنش (ملایم و شدید) سبب کاهش میزان محتوای

## منابع

1. Abbaszadeh, B., Sharifiashour Abadi, A., Lebaschi, M.H.L., Naderi, M., and Moghadam, F. 2007. Effect of drought stress on proline, soluble sugar, chlorophyll and relative water Lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian J. Med. Arom. Plant., 23(4): 513-504. (In Persian)
2. Ahmadian, A., Ghanbari, A., Galavi, M., Siahisar, B., and Arazmjo, A. 2010. The effect of different irrigation regimes and manure on the elements, essential oil content and chemical composition of cumin. J. Neurophysiol Crop plants weeds., 4(16): 94-83. (In Persian)
3. Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Siahisar, B. 2011. Effect of drought stress and use of organic fertilizers and minerals and remnants of the yield of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). J. Agric. Eco., 3(3): 395-383. (In Persian)
4. Ali Abadi, H., Lebaschi, H., Shirani Rad, A., and Valadabadi, R. 2009. Effects of drought stress on some physiology features coriander plant (*Corianderum sativum* L.). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 23(2): 84-76. (In Persian)
5. Arab, S., Firouzabadi, M., Asghari, H.R., Gholami, A., and Rahimi, M. 2015. The effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside application on protein content, Safflower seed yield and some agronomic traits under irrigation. J. Crop Production., 9(1): 69-87. (In Persian)
6. Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Tech., 93: 145-153.
7. Ardekani, M., Abbaszade, B., Lebaschi, M., and Paknejad, F. 2007. The effect of water stress on the quantity and quality of (*Melissa officinalis* L.). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 23(2): 251-261. (In Persian)
8. Azizi, M., Rezvani, F., Hassan, M., Lakzian, A., and Nemati, S. 2008. The effect of the different levels of vermicompost and irrigation on morphological parameters and essential oils of German chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 10(4): 387-381. (In Persian)
9. Babai, K., Aminidehaghi, M., Modares Sanavi, E.M., and S., Jabbari, R. 2010. Effect of drought stress on morphological traits, proline and thymol in thyme (*Thymus vulgais* L.). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 26(2): 259-251. (In Persian)
10. Babai, B. 2012. Effect of cystocels on quantitative and qualitative characteristics basil (*Ocimum bosilicum* L.) under drought. Agriculture Master's thesis. Zabol University. Iran. (In Persian)
11. Bates, S., Waldern, R.P., and Teare, E.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil., 39: 205-207.
12. Chehelgardi, A., Safaie, M., and Abdolshahi, A. 2013. The effect of super absorbent polymer, Sulfatpasy and manure on physiological characteristics of foxtail millet (*Setaria italica*) in optimum irrigation and drought stress. J. crop production., 7(2): 60-43. (In Persian)
13. Cunhua, S., Jian-jie, S., Dan, W., Bai-Wei, L., and Dong, S. 2011. Effects on physiological and biochemical characteristics of medicinal plant pig weed by drought stresses. Iranian J. Med. Arom. Plants R., 5: 4041- 4048.
14. Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F. 2006. The use of bio-fertilizers on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 22(4): 292 -276. (In Persian)
15. Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia., 82: 247-256.
16. Fatma, A.G, Lobna, A.M., and Osman, N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. I. J. Agri. Biology., 10(4): 381-387.

17. Ghazimenas, M., Banj Shafi, Sh., Haj Seyed Hadi, M., and Darzi, M. 2012. Analyze the effects of different doses of vermicompost and bio-fertilizer nitrogen on yield and quality of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian J. Med. Arom Plants R., 29(2): 280-269. (In Persian)
18. Gorgini Shabankareh, H., and Fakheri, B. 2015. The effect of different levels of salinity and drought stresses on growth indices and the essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Iranian J. Field Crop Sci., 46(4): 686-673.
19. Gorgini Shabankareh, H., Asgharipour, M.R., and Fakheri, B. 2015. Effect of organic fertilizers on growth and oil Badrashbu (*Dracocephalum moldavica* L.) under drought. J. Plant Ecophysiol., 7(23). (In Persian)
20. Gorgini Shabankareh, H., Sabouri, F., Saadi, F., and Fakheri, B. 2015. Effect of water stress on growth, quality and quantity of essential oil of (*Dracocephalum moldavica* L.). Crop Sci. R. Dry Areas., 2(2): 145-133. (In Persian)
21. Hassani, A., and Omidbeigi, R. 2001. Effects of water stress on some morphological characteristics, physiological and metabolic *Ocimum basilicum*. J. Agri Sci., 12(3): 59-47. (In Persian)
22. Hassani, A., and Omidbeygi Begay, R. 2006. Effects of drought stress on some morphological and biochemical indices of basil (*Ocimum basilicum*). J. Biology., 6(2): 763-767. (In Persian)
23. Heidari, F., Zehtab Salmasi, R., Javanshir, A., Alyary, H., and Dadpour, M. 2008. The effects of micronutrients and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian J. Med. Arom. Plants R., 24(1): 9-1.
24. Heidari, M., and Minaei, M. 2014. Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). J. Plant Products R., 21(1): 167-182. (In Persian)
25. Jahan, M., Amiri, M.B., Shabahang, J., and Tahamy, M.K. 2012. The simultaneous use of organic fertilizers and biological medicinal plant on some qualitative and quantitative characteristics of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Iranian J. Agri. R., 11(1): 87-73. (In Persian)
26. Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M, Kamandi, A., Maasoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiological Environment Stresses Plants. Mashhad University. 502p. (In Persian)
27. Kheyrandish, A., Roshdi, M., and Yousefzadeh, S. 2015. Effect of drought stress and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics Badrashbu (*Dracocephalum moldavica* L.). J. Crop Production., 9(1): 109-125. (In Persian)
28. Khorasaninejad, S., Soltani, H., Ramezanpoor, S., Hadian, J., and Atashi, S. 2015. Effect of drought stress on some morphological characteristics, quality and quantity of essential oil of lavender. J. Agri. cultivation., 17(4): 988-979. (In Persian)
29. Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Sci., 168: 1-14. (In Persian)
30. Levitt, J. 1980. Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Response of Plants to Environmental Stresses. Academic press, New York, 650p.
31. Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2011. The effect of vermicompost, biophosphat and Azetobacter on the quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian J. Med. Arom. Plants R., 27(4): 605-596. (In Persian)
32. Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of (*Foeniculum vulgare* L.) Fennel. MSc Thesis of Faculty Agri. Ferdowsi Mashhad University, Iranian., (In Persian)
33. Najafzadeh asl, S., and Ehsanpour, A. 2012. Effect of drought stress on some physiological indices of potato cultivars (Concord and Kenebec) in Drvnshyshh culture conditions. J. Dry Eco., 2(1): 82-70. (In Persian)
34. Nasoutimiandob, R., Samavat, S., and Tehrani, M. 2010. Characterization of humic acid fertilizer on plants and soil. Food Agri., 101: 55-53. (In Persian)
35. Niakan, M., Khavarinejad, V., and Rezaie, M.B. 2004. Effect of three ratios of fertilizer N, P and K on vegetative traits mint. Iranian Med. Arom. Plants R., 20: 148-131. (In Persian)

36. Niknam, V., Razavi, N., Ebrahimzadeh, H., and Sharifzadeh, B. 2006. Effect of NaCl on biomass, protein and proline contents and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* Species. *Biologia Plantarum.*, 50(4): 591-599. (In Persian)
37. Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghadam, M., and Daneshfar, A. 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil of coriander influenced by a variety of organic and chemical fertilizers. *Agri. cultivation.*, 16(2): 302-298. (In Persian)
38. Omidbaigi, B. 2012. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi. 3. 397. (In Persian)
39. Omokolo, N.D., Nankeu, D.J., Niemenak, N., and Djocgoue, P.F. 2002. Analysis of amino acids and carbohydrates in the cortex of nine clones of *Theobroma cacao* L. in relation to their susceptibility to *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. *Crop Protec.*, 216: 395-402. (In Persian)
40. Rahbari, A., Sinki, J.M., and Zare, M. 2014. The effect of organic phosphorus fertilizer and irrigation on the yield of millet forage. *J. Agri. knowledge.*, 5(10): 38-27. (In Persian)
41. Rahbarian, P., Afsharmanesh, G., and Shirzadi, M.H. 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). *Sci., J. Plant Physiol.*, 2(1):13-19. (In Persian)
42. Saiedinejad, A., and Rezvani moghadam, P. 2009. Evaluates the effect of vermicompost and manure on yield, yield components and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum*). *Hort. Sci.*, 24(2): 142-148. (In Persian)
43. Salarpour gharb, F., and Farahbakhsh, H. 2015. The effect of deficit irrigation and salicylic acid on antioxidant enzymes in plant essential oil of fennel. *Agri. cultivation.*, 17(3): 727-713. (In Persian)
44. Sanjari Mijani, M., Sirousmehr, A., and Fajheri, B. 2015. Effect of drought stress on some physiological characteristics Chaytrsh and humic acid (*Hibiscus sabdarifa*). *Agri. cultivation.*, 17(2): 414-403. (In Persian)
45. Sharma, AK. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407.
46. Shyadh Yousefi, M., Chalavi, V., and Zangi, S. 2015. Effect of vermicompost and duration of lighting in the production of greenhouse herb stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Sci. Tech. J. greenhouse plant.*, 6(21). (In Persian)
47. Sinha, R.K., Dalsukh, V., Krunal, C., and Sunita, A. 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *J. Agric. Biotech. Sustain. Dev.*, 2(7): 113-128.
48. Sofo, A., Tuzio, A.C., Dichio, B., and Xiloyannis, C. 2005. Influence of water deficit and dewatering on the components of the ascorbate-gluta-thione cycle in four interspecific *Prunus* hybrids. *J. Plant Sci. R.*, 169(2): 403-412.
49. Suhane, R.K., Sinha, R.K., and Singh, P.K. 2008. Vermicompost, cattle-dung compost and chemical fertilizers: Impacts on yield of wheat crops. *Communic. Rajendra Agri. University, Pusa, Bihar, Indian.*
50. Tahami zarandi, M.K., Rezvanimoghadam, P., and Jahan M. 2012. The effect of organic and chemical fertilizers on growth basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Applied R. Plant Ecophysiology.*, 5(4): 363-372. (In Persian)
51. Taheri Asghari, A. 2010. Effects of water stress on morphological characteristics, proline and thymol content in thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian J. Med. Arom. Plants R.*, 26(2): 239-251. (In Persian)
52. Yamasaki, S., and Dillenburg, L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, 11(2): 69-75.