Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Evaluation the effects of salinity stress and vermicompost on morphophysiological traits of *Euphorbia tirucalli* L.

Maryam Kheyrifar[1], Mohamad Ali Rezaei[*2], Maryam Niakan[3], Mehr Ali Mahmod Janlu[4], Hadi Bazazi[5]

1. Dept. of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail: maryamkheyrifar@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail: mohalirez@gmail.com
3. Dept. of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail: neda.niakan@gmail.com
4. Dept. of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail: gan.mfs21@gmail.com
5. Dept. of Biology, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. E-mail: hadi.bazzazi@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 11.01.2023
Revised: 11.07.2023
Accepted: 11.13.2023

Keywords:
Euphorbia tirucalli, Properties Morphophysiological, Salinity Stress, Vermicompost

ABSTRACT

Background and Objectives: Vermicompost increases the ability to absorb water and has a great effect on improving the physical, chemical, and biological properties of the soil. The present study investigates the effects of salinity stress and vermicompost on *Euphorbia tirucalli* L. in pot culture conditions.

Materials and Methods: Plants were cultivated under three salinity treatments of 4, 8 and 12 dsm^{-1} alone and with the use of vermicompost at the levels of 10, 20 and 30% of the soil were tested factorially in the form of a completely randomized design. Growth parameters including length, dry and fresh weight (whole plant, root and shoot) and content of photosynthetic and non-photosynthetic pigments, soluble sugars and proline were measured in the plant.

Results: According to the obtained results, the increase in salinity levels had a negative effect on the growth parameters, while the combined use of vermicompost fertilizer increased the length and dry weight of aerial parts at all salinity levels. Regarding the root dry weight, an upward trend was observed at the highest salinity level (12 dsm^{-1}) at all vermicompost the use of levels. According to the results of this research, the use of salinity stress reduced chlorophyll pigments, but the use of vermicompost fertilizer at the highest level (30 percent vermicompost) reduced the negative effects of salinity on them and increased their amount despite the high concentration of salt. In the case of carotenoid pigments, severe salinity (12 dsm^{-1}) decreased their amount, but the use of vermicompost at this level of stress increased it. Also, the results of this research showed that the amount of anthocyanin pigments in medium and severe salinity (8 and 12 dsm^{-1}), increasing the level of vermicompost decreased the amount of this compound in the aerial parts of the plant. The amount of proline and soluble sugars of shoots and roots also went up under the influence of different salinity levels. In the case of soluble sugars, the use of vermicompost at low levels of salinity caused an increase, and at higher levels of salinity, the use of 30% vermicompost treatment decreased these compounds. In the case of proline, the use of fertilizer in high amounts led to the reduction of this compound at higher levels of salt.

Conclusion: In general, the results of this research showed that the use of vermicompost, especially at higher levels, could reduce the negative effects of high salt concentrations on *Euphorbia tirucalli* L. and improve the plant's morphophysiological responses to salinity stress.

Cite this article: Kheyrifar, Maryam, Rezaei, Mohamad Ali, Niakan, Maryam, Mahmod Janlu, Mehr Ali, Bazazi, Hadi. 2024. Evaluation the effects of salinity stress and vermicompost on morphophysiological traits of *Euphorbia tirucalli* L. *Journal of Plant Production Research*, 31 (3), 183-203.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21870.3085
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

بررسی اثرات تنش شوری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه افوربیا *Euphorbia tirucalli* L.

مریم خیری‌فر[۱]، محمدعلی رضایی*[۲]، مریم نیاکان[۳]، مهرعلی محمودجانلو[٤]، هادی بزازی[٥]

۱. گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: maryamkheyrifar@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: mohalirez@gmail.com
۳. گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: neda.niakan@gmail.com
٤. گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: gan.mfs21@gmail.com
٥. گروه زیست‌شناسی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: hadi.bazzazi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۸/۱۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۸/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۸/۲۲

واژه‌های کلیدی:
افوربیا تیروکالی،
تنش شوری،
صفات مورفوفیزیولوژیکی،
ورمی‌کمپوست

چکیده

سابقه و هدف: ورمی‌کمپوست علاوه بر افزایش جذب آب، در اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر به‌سزایی دارد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات تنش شوری و کود ورمی‌کمپوست بر گیاه افوربیا تیروکالی در شرایط کشت گلدانی بود.

مواد و روش‌ها: گیاهان تحت سه تیمار شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به تنهایی و نیز همراه با کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد خاک به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. خصوصیات رشدی شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک و تر (کل گیاه، ریشه و اندام هوایی) و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی، قندهای محلول و پرولین در گیاه اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: مطابق با نتایج به‌دست آمده افزایش سطوح شوری تأثیر منفی بر خصوصیات رشدی داشت در حالی‌که کاربرد توأم کود ورمی‌کمپوست در تمام سطوح شوری طول و وزن خشک اندام هوایی را افزایش داد. در مورد وزن خشک ریشه نیز روند صعودی در بالاترین سطح شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) در تمام سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده شد. طبق نتایج این پژوهش اعمال تنش شوری سبب کاهش رنگیزه کلروفیل شد اما کاربرد کود ورمی‌کمپوست در بالاترین سطح (۳۰ درصد) موجب کاهش اثرات منفی شوری بر آن‌ها گشته و میزان آن‌ها را علی‌رغم غلظت بالای شوری افزایش داد. در مورد رنگیزه‌های کاروتنوئیدی نیز شوری شدید (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) مقدار آن‌ها را کاهش داد اما کاربرد ورمی‌کمپوست در این سطح از تنش سبب افزایش آن گشت. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد در شوری متوسط و شدید

(۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) با افزایش سطح ورمی‌کمپوست، کاهش میزان رنگیزه آنتوسیانین در اندام هوایی گیاه مشاهده شد. میزان پرولین و قندهای محلول اندام هوایی و ریشه نیز تحت‌تأثیر سطوح مختلف شوری روند صعودی را طی نمودند. در مورد قندهای محلول کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح پایین شوری موجب افزایش و در سطح بالاتر شوری، اعمال تیمار ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست موجب کاهش این ترکیبات شد. در مورد پرولین نیز کاربرد ورمی‌کمپوست در مقادیر بالا کاهش این ترکیب در سطوح بالاتر نمک را به دنبال داشت.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست به‌خصوص در سطوح بالاتر توانست از اثرات منفی مقادیر بالای نمک بر گیاه افوربیا کالی را کاهش دهد و موجب بهبود پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه به تنش شوری گردد.

استناد: خیری‌فر، مریم، رضایی، محمدعلی، نیاکان، مریم، محمودجانلو، مهرعلی، بزازی، هادی (۱۴۰۳). بررسی اثرات تنش شوری و کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه افوربیا *Euphorbia tirucalli* L.. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۱ (۳)، ۲۰۳-۱۸۳.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21870.3085

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گونه افوربیا تیروکالی (*Euphorbia tirucalli* L.) از خانواده افوربیاسه یا فرفیون می‌باشد. این گیاه یک گونه بومی آفریقاست که با اقلیم گرمسیری سازگاری پیدا کرده است. از این گیاه به طور گسترده در درمان برخی از بیماری‌های رایج پوستی، سرطان و ایدز استفاده می‌شود که خواص درمانی و ضد سرطانی آن به سبب وجود مواد مولکولی زیست‌فعال در بخش‌های مختلف این گیاه می‌باشد (۱). لاتکس این گیاه ویسکوزیته بالایی داشته و در تماس با پوست بسیار سمی و آزاردهنده است. گونه‌های مختلف جنس افوربیا معمولاً حاوی ترکیبات متعددی از جمله روغن‌های ضروری، آلدهیدها، لاتکس، نشاسته و دی‌ترپن‌ها، دی‌ترپنوئیدها، لیزوزیم و لکتین‌ها هستتند (۲).

شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که با ایجاد اختلال در جذب آب و فرآیندهای متابولیسمی، رشد و نمو را در گیاهان کاهش داده و دیواره سلولی را از طریق کاهش تقسیم سلولی ضخیم می‌کند و این امر از قابلیت ارتجاعی دیواره سلولی کاسته و منجر به افت عملکرد، کاهش ارتفاع گیاه و طول ساقه می‌شود (۳). گزارش پژوهش‌گران نشان داد شوری سبب کاهش پارامترهای رشد در گیاه کینوا، کاهش طول بوته در افوربیا (*Euphorbia milii*) و کاهش وزن خشک در گیاه استویا شد (٤، ٥ و ٦).

تنش شوری سبب کاهش میزان فتوسنتز و کاهش تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی در برگ می‌شود؛ در این رابطه بررسی‌ها نشان داد به دلیل کمبود یون‌های منیزیم و پتاسیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم، نمک موجود در محیط‌های شور سبب تخریب کلروفیل در برگ گیاه دارویی نعنا فلفلی شد (۷). یکی از پاسخ‌های زیست‌شیمیایی گیاهان در برابر تنش تجمع مواد محلول سازگار مانند پرولین است (۸). پژوهش‌ها روی گیاه دارویی سیاهدانه نشان داد که با افزایش شوری، رشد رویشی و جذب مواد غذایی کاهش و در مقابل میزان کاروتنوئیدها، کربوهیدرات کل و پرولین افزایش یافت (۲).

ورمی‌کمپوست مجموعه زیستی فعال از تجمع باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی و پس‌ماندهای کرم خاکی است، که علاوه بر تجزیه مواد آلی موجود در خاک، فعالیت‌های میکروبی را در بستر کشت گیاه افزایش می‌دهد. جذب رطوبت، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل در خاک حاوی ورمی‌کمپوست بالاست و میزان عناصر غذایی مانند نیترات، فسفر، کلسیم، آهن، منگنز، منیزیم و پتاسیم در فرم قابل‌جذب برای گیاه را افزایش می‌دهد (۹). پژوهش دیگری در گیاه بابونه نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش ماده خشک، افزایش عملکرد، بهبود جذب کود و افزایش محتوای کلروفیلی و آنتوسیانین شد (۱۰).

سطح تماس مناسب و گسترده کود ورمی‌کمپوست برای فعالیت‌های میکروبی و در نتیجه آماده‌سازی انواع مواد مغذی، در طول دوره رشد گیاه راهکار مناسب برای مقابله با شوری است (۹). برای مثال کاربرد ورمی‌کمپوست بر پارامترهای رشد زیره سبز در محیط شور منجر به افزایش ارتفاع این گیاه در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست شد (۱۱). بررسی پژوهش‌گران نشان داد، میان کنش شوری و ورمی‌کمپوست سبب افزایش تولید ریشه‌های فرعی و افزایش پارامترهای رشد درگیاه دارویی رازیانه شد (۱۲). هم‌چنین گزارشی در گیاه عروسک پشت پرده (۱۳) و تربچه (١٤) نشان داد که برهم‌کنش شوری و

ورمی‌کمپوست (با بالا رفتن میزان نیتروژن) سبب افزایش میزان (کلروفیل a و b) و افزایش میزان کاروتنوئیدها شد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان پرولین در سطوح تنش بالا (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) و کم‌ترین میزان پرولین در (نمونه شاهد) در گل گاوزبان تیمار شده با ورمی‌کمپوست تحت اثر شوری گزارش شده است (۱۵).

علی‌رغم مطالعات گسترده در سطح جهان بر روی گونه افوربیا تیروکالی و تأکید بر خواص مختلف ترکیبات زیست‌فعال حاصل از بخش‌های مختلف این گیاه، در ایران مطالعات چندانی روی این گیاه زینتی- دارویی انجام نشده است. در پژوهش حاضر، با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف ورمی‌کمپوست و کارایی این کود بر بهبود رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه افوربیا تیروکالی تحت تنش شوری در شرایط کشت گلخانه‌ای و تولید اطلاعات پایه در این زمینه انجام شده است تا بتواند در پژوهش‌های تکمیلی به ویژه کاربرد ورمی‌کمپوست برای بهبود احتمالی رشد از جنبه‌های تجاری و با محتوای مواد زیست‌فعال دارای ارزش دارویی در این گیاه مورد استفاده قرار گیرد. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات شوری و کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه افوربیا تیروکالی در شرایط کشت گلدانی بود.

مواد و روش‌ها

قلمه‌گیری و ریشه‌زایی: قلمه‌هایی به طول تقریبی ۱۵ سانتی‌متر از سرشاخه‌های پایه مادری افوربیا تیروکالی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد گرگان در مرداد ماه سال ۹۹ جدا شده و به مدت تقریباً یک هفته داخل کاغذ روزنامه و در مکان تاریکی قرار داده شدند. بعد از بسته شدن انتهای قلمه‌ها (عدم خروج شیرابه از آن‌ها)، آن‌ها به بستر کشت گلدانی (تعداد ۱۵۰ گلدان) منتقل شدند. بستر مورد استفاده مخلوط کوکوپیت و پرلیت با نسبت‌های مساوی بود. ۲۵ تا ۳۰ میلی‌لیتر آبیاری (با آب معمولی) جهت تکمیل ریشه‌زایی به صورت هفتگی انجام شد. گلخانه دارای رطوبت نسبی ۷۵-۸۵ درصد و شرایط دمایی در روزهای سرد بین ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد (روز-شب) در روزهای گرم تا حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Physical and chemical properties of soil.

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dsm^{-1})	pH	مواد خنثی‌شونده (درصد) Neutralizing materials (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر قابل‌جذب Phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm) Potassium	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)
سیلتی لوم Si-L	1.2	7.1	33	0.8	0.08	2.2	120	18	16	66

تیماردهی: بعد از ریشه‌زایی قلمه، گیاه‌چه‌های ریشه‌دار به گلدان دارای خاک (جدول ۱) و ورمی‌کمپوست (جدول ۲) منتقل شدند. برای اعمال تیمار شوری ابتدا خاک و EC آن مورد ارزیابی قرار گرفت. سه دامنه شوری حاوی نمک کلرید سدیم (به عنوان فاکتور اصلی) شامل ٤، ٨ و ١٢ دسی‌زیمنس بر متر و نیز برای هر تیمار اعمال سه سطح ١٠، ٢٠ و ٣٠ درصد ورمی‌کمپوست (به عنوان فاکتور فرعی) به صورت اسپلیت پلات و در پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ١٢ تکرار در نظر گرفته شد. خاک مورد استفاده برای نمونه شاهد فاقد شوری و کود ورمی‌کمپوست بود. بعد از گذشت ٣ ماه، اندام هوایی و ریشه گیاه موردنظر از گلدان‌ها به منظور انجام سنجش‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی برداشت شده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ٢- ترکیبات ورمی‌کمپوست.

Table 2. Vermicompost compounds.

مس Cu (ppm)	روی Zn (ppm)	منگنز Mn (ppm)	آهن Fe (ppm)	آهک خاک Soil lime (%)	ماده آلی Organic matter (%)	EC (dsm^{-1})	pH	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	نیتروژن Nitrogen (%)
16	68	393	1252	23.5	4.14	3.3	7.9	0.9	0.68	1.6

اندازه‌گیری خصوصیات رشدی: برای اندازه‌گیری پارامترهای رشد، نمونه‌ها از هر گلدان با ٦ تکرار برداشت شد و پس از پاکسازی ریشه گیاه و به دنبال آن اندازه‌گیری پارامترهای رشد شامل: ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه انجام گرفت. برای به‌دست آوردن وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه نمونه‌ها در پاکت کاغذی قرار داده شد و در آون ٧٠ درجه به مدت ٢٤ ساعت قرار گرفت و سپس وزن خشک آن با ترازوی ٠/٠٠١ بر حسب گرم تعیین گردید. اندازه‌گیری طول ریشه و ارتفاع بوته با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر انجام شد.

اندازه‌گیری پارامترهای زیست شیمیایی

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کاروتنوئید، کلروفیل a، b و کل): بدین منظور ٠/٥ گرم از بافت تر اندام هوایی را با ١٠ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید اسید (DMSO) مخلوط کرده، سه ساعت در آون با دمای ٧٠ درجه سانتی‌گراد قرار داده، بعد از صاف کردن، یک میلی‌لیتر از محلول را به حجم ٥ میلی‌لیتر رسانده و با استفاده از اسپکتوفتومتر، جذب را در طول موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر قرائت گردید، سپس مقدار کلروفیل (a، b و کل) و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک نمونه محاسبه شد (١٦).

سنجش آنتوسیانین: یک گرم بافت تر اندام هوایی را در ١٠ میلی‌لیتر متانول اسیدی ٣ ساعت در یخچال قرار داده و نمونه را ١٥ دقیقه با دور ١٠٠٠ سانتریفیوژ کرده و جذب عصاره رویی در ٥٣٠ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (١٧).

اندازه‌گیری قندهای محلول کل: بدین‌منظور ۰/۱ گرم نمونه خشک را به پنج میلی‌لیتر اسیدکلریدیک ۲/۵ نرمال اضافه کرده و در حمام بنماری به مدت سه ساعت نگهداری گردید. سپس نمونه‌ها در کربنات سدیم قرار داده تا خنثی گردد. سپس نمونه‌ها با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و با دور ۳۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. در ادامه ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول شناور را در استوانه مدرج با آب مقطر به حجم یک میلی‌لیتر رسانده و بعد چهار میلی‌لیتر معرف آنترون به تمام لوله‌ها اضافه کرده و سپس به مدت ۸ دقیقه در حمام بنماری قرار داده و بعد از خنک شدن، جذب در طول موج ٦۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتری قرائت گردید (١٦).

اندازه‌گیری میزان پرولین: برای انجام این آزمایش ۰/۱ گرم نمونه خشک در هاون با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳ درصد سائیده و از صافی عبور داده سپس دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) به عصاره افزوده و لوله‌ها را به مدت یک ساعت در حمام بنماری قرار داده و در ادامه در زیر هود شش میلی‌لیتر تولوئن به لوله‌ها افزوده و با شدت تکان داده شدند. پس از تشکیل دوفاز، یک میلی‌لیتر از فاز بالایی که محتوای پرولین بوده برداشته و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت گردید (١٦).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: طرح به صورت اسپلیت پلات و در پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۲ تکرار تجزیه شد. سنجش همبستگی با ضریب همبستگی پیرسون (Pearson correlation coefficient) با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین بین گروهای تیماری به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح شوری و ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشدی افوربیا تیروکالی: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، تیمار شوری و ورمی‌کمپوست بر صفات طول ارتفاع گیاه، وزن تر (اندام هوایی و ریشه) و وزن خشک (کل گیاه، ریشه و اندام هوایی) نسبت به نمونه شاهد اثر معنی‌داری را ایجاد کردند. هم‌چنین اثر متقابل شوری در ورمی‌کمپوست بر صفات وزن تر اندام هوایی، وزن خشک (کل گیاه، اندام هوایی و ریشه) معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ٤)، افزایش شاخص‌های رشد مانند وزن خشک ریشه و طول ریشه در تیمارهای ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد. شایان ذکر است تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۵$) روی صفات وزن خشک کل، وزن خشک و تر اندام هوایی بین نمونه شاهد و تیمارهای ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ثبت شد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی افوربیا تیروکالی تحت‌تأثیر تنش شوری و کود ورمی‌کمپوست.

Table 3. Variance analysis of growth indices of *Euphorbia tirocalli* under salinity stress and vermicompost.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		طول اندام هوایی Aerial lenght	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشه Root lenght	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر اندام هوایی Aerial fresh weight	وزن تر کل Total fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Leaf dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک کل Total dry weight
تکرار Replication	12	10.974**	52.506^{ns}	13.812^{ns}	6.794**	35.440**	197.544**	3.142**	9.243**	28.258**
خطای اصلی Error (a)	1	3864.256**	26308.923**	2390.206**	672.862**	8811.840**	17146.206**	673.927**	2283.968**	13115.896**
شوری Salinity (a)	3	32.248**	119.840**	10.139^{ns}	11.599**	82.578**	1613.269**	0.922**	5.790**	90.715**
ورمی‌کمپوست Vermicompost (b)	3	14.044**	29.563^{ns}	8.333^{ns}	7.660**	17.678**	46.407^{ns}	1.557**	16.599**	9.581**
شوری * ورمی‌کمپوست a*b	6	14.655 ^{ns}	48.868^{ns}	15.417^{ns}	0.604^{ns}	2.911**	117.407^{ns}	3.970**	1.593**	20.817**
خطای فرعی Error (b)	26	3.346	29.250	13.673	0.123	0.505	90.282	0.171	0.654	1.314
کل Total	39									
درصد ضریب تغییرات CV%		2.38	2.22	4.36	3.52	2.18	8.24	2.27	2.34	3.44

** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد

**, ^{ns} Significantly difference at 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی افوربیا تیروکالی.

Table 4. Mean comparison of salinity effect on the morpho-physiological characteristics of *Euphorbia tirocalli.*

شوری Salinity (dsm^{-1})	طول اندام هوایی (سانتی‌متر) Aerial length (cm)	طول بوته (سانتی‌متر) Plant length (cm)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Aerial fresh weight (g)	وزن تر کل (گرم) Total fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Aerial dry weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن خشک کل (گرم) Total dry weight (g)
عدم تنش (۰) Without salinity (0)	14.33^{a}	35.66^{a}	5.66^{a}	7.7^{a}	24^{a}	60.33^{a}	3.11^{a}	3.13^{c}	20.33^{b}
شوری کم (٤) Low salinity (4)	9.83^{a}	14.26^{a}	9.72^{a}	4.8^{a}	16.7^{b}	14.36^{b}	8.33^{b}	4.87^{b}	22.66^{ab}
شوری متوسط (۸) Moderate salinity (8)	9.37^{a}	25.70^{a}	8.58^{a}	4.11^{a}	15.38^{cd}	15.33^{b}	7.08^{bc}	4.98^{bc}	18.62^{bc}
شوری شدید (۱۲) Severe salinity (12)	9.83^{a}	25.25^{b}	7.83^{a}	3^{a}	12.33^{bc}	15.50^{b}	7.18^{ab}	4.45^{bc}	17.41^{dc}

حروف مشترک در هر ستون، علامت عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

براساس نتایج پژوهش حاضر، تیمار شوری اثر مثبت بر رشد طول بوته افوربیا تیروکالی نداشت و در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (شوری شدید) اثر بازدارندگی بر طول کل گیاه داشت و نیز تنش شوری سبب کاهش رشد طولی (ریشه و اندام هوایی) در شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (بدون اعمال ورمی‌کمپوست) شد. علی‌رغم انتظار کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد اثرات شوری را در افوربیا تیروکالی خنثی نکرد و سبب کاهش طول ریشه و ارتفاع گیاه در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر شد. از این نظر نتایج کار حاضر با نتایج دیگر پژوهش‌ها که تأمین مواد مغذی از طریق کودها برای گیاه می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی شود همخوانی ندارد (۱۸). برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست (در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) سبب افزایش طول اندام هوایی در شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر شد. شایان ذکر است ورمی‌کمپوست صفات ریخت‌شناسی مانند، وزن خشک و تر (کل گیاه، اندام هوایی و ریشه) افوربیا تیروکالی را تحت‌تأثیر قرار داد و در بررسی‌های حاضر کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد تیمارهای ٤ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش وزن تر کل این گیاه شد. در این پژوهش مشاهده شد اعمال ورمی‌کمپوست در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد با تأثیر بر پارامتر وزن خشک ریشه در بالاترین سطح شوری (تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) اثر بازدارندگی شوری را در این شاخص رشد خنثی کرد. در پژوهش حاضر با کاربرد ورمی‌کمپوست در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش وزن خشک اندام هوایی افوربیا تیروکالی در تمام سطح شوری مشاهده شد. در یک بررسی بیان شده است که تنش شوری به دلیل عدم تأمین آب مورد نیاز، فشار تورژسانس سلول‌ها را کاهش و با اثر بر طول سلول‌ها سبب کاهش ارتفاع شد (۱۹). در پژوهشی دیگر در گیاه همیشه بهار نتایج نشان داده شد که ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود (۲۰). در مطالعه‌ای دیگر روی گیاه رازیانه گزارش شده است که در شرایط تنش شوری کاهش طول ساقه و نیز با کاهش فتوسنتز، کاهش تولید ماده خشک مشاهده شد (۲۱). در مطالعه‌ای روی شوری آب آبیاری بر خصوصیات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی دو واریته لیسیانتوس، نتایج نشان داد که با افزایش شوری؛ ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک آن کاهش یافت (۲۲).

در مطالعه‌ای روی مرزه (۲۳) و روی فلفل (۲٤) پس از اعمال تنش شوری، کاهش معنی‌دار در صفاتی مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ارتفاع ساقه گزارش شده است. در پژوهشی روی بررسی تأثیر زئولیت، هیدروژل و ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی گیاه دارویی همیشه‌بهار نتایج نشان داد که ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه شد (۲۰). شایان ذکر است، اثر ورمی‌کمپوست بر پارامترهای رشد گیاه زاموفیلیا نشان داد غلظت بالای اکسین مانع رشد اندام‌های رویشی شد (اکسین بیوسنتز اتیلن که بازدارنده رشد ریشه است را تحریک می‌کند) که این هورمون و سایر هورمون‌های رشد در ورمی‌کمپوست وجود دارند، هم‌چنین شاخص‌های رشد زاموفیلیا در محیط‌های شور و در حضور اسید هومیک، فولویک و دیگر اسیدهای آلی موجود در ورمی‌کمپوست که توسط میکروارگانیسم‌ها تولید شده بهبود پیدا کرد (۲۵).

اثر سطوح شوری و ورمی‌کمپوست بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی گیاه افوربیا تیروکالی: بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، تیمار شوری و اعمال ورمی‌کمپوست بر میزان کلروفیل (b و کل)، کارتنوئید و آنتوسیانین اندام هوایی نسبت به

نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد. هم‌چنین برهم‌کنش بین شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان کلروفیل b، کاروتنوئید و آنتوسیانین اندام هوایی نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. قابل‌توجه است که کاربرد ورمی‌کمپوست بر محتوای کلروفیل a نسبت به نمونه شاهد اثر معنی‌داری داشت. مطابق با نتایج (شکل ۱) کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح ۳۰ درصد، افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اعم از کلروفیل a در (تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، کلروفیل b در (تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و کلروفیل کل در تیمارهای ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر را نسبت به شاهد نشان داد. شایان ذکر است، در سطح ۲۰ درصد اعمال ورمی‌کمپوست بالاترین میزان رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی اعم از کاروتنوئید در (تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و آنتوسیانین در (تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد (شکل ۱). مطابق با نتایج مقایسه میانگین (جدول ٦) اثر شوری سبب افزایش محتوای کاروتنوئید و آنتوسیانین در سه تیمار ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به نمونه شاهد شد و قابل ذکر است باتوجه به نتایج (جدول ٦)، تنش شوری بر محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) ایجاد کرد.

جدول ۵- تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی افوربیا تیروکالی تحت‌تأثیرتنش شوری و ورمی‌کمپوست.

Table 5. Variance analysis of salinity and vermicompost effect on photosynthetic and non-photosynthetic pigments of *Euphorbia tirocalli*.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin
تکرار Replication	12	0.164**	0.233**	0.195**	0.168**	0.001**
خطای اصلی Error (a)	1	14.004**	7.514**	7.247**	13.354**	0.073**
شوری Salinity (a)	3	0.071^{ns}	0.324**	0.216**	0.304**	0.001**
ورمی‌کمپوست Vermicompost (b)	3	0.449**	0.814**	0.701**	0.029**	0.002**
شوری * ورمی‌کمپوست a*b	6	0.093^{ns}	0.011**	0.015^{ns}	0.166**	0.001**
خطای فرعی Error (b)	26	0.044	0.025	0.025	0.009	0.000
کل Total	39					
درصد ضریب تغییرات CV%		4.67	7.42	6.90	3.81	4.13

** و ns به ترتیب معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد

**, ns Significantly difference at 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively

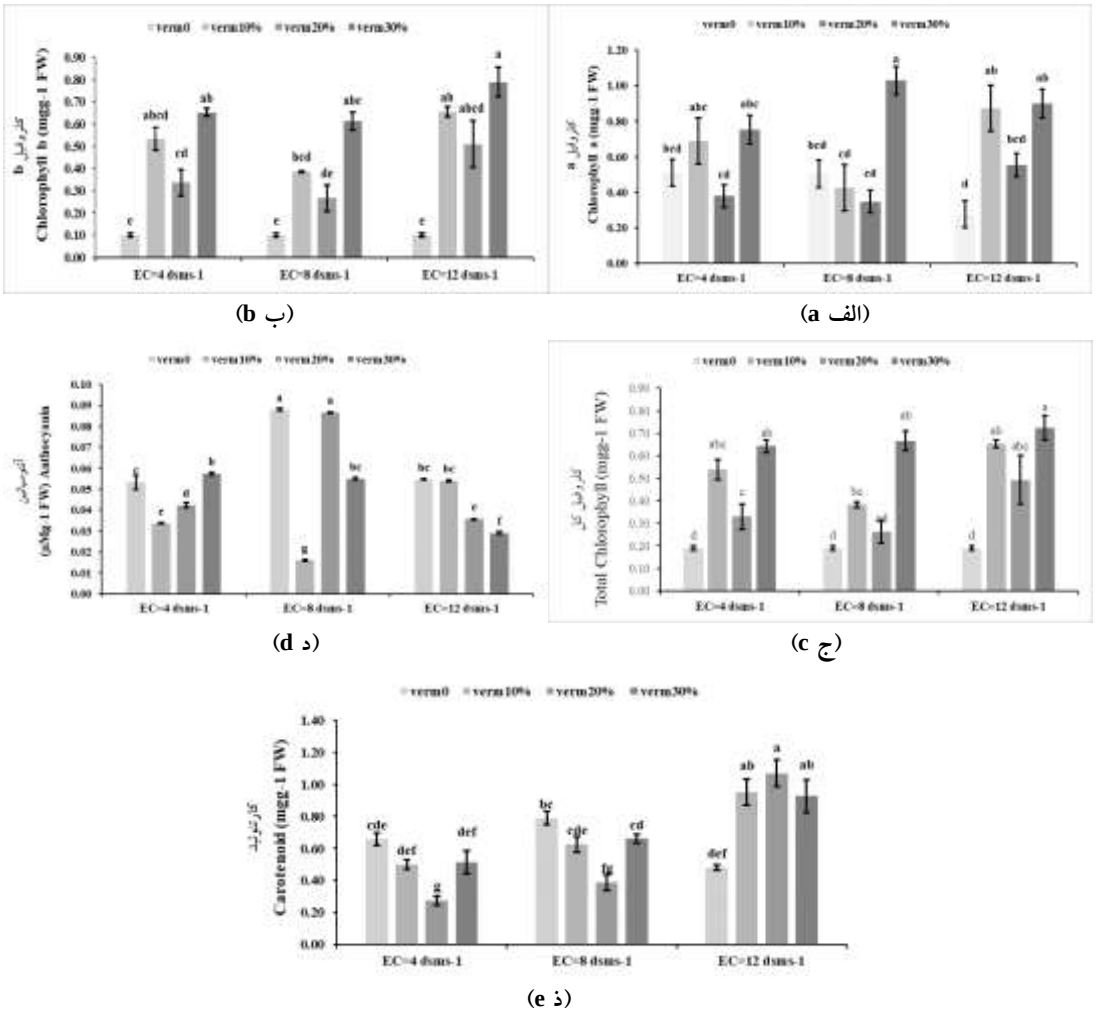
جدول ٦- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی افوربیا تیروکالی.

Table 6. Mean comparison of salinity effect on photosynthetic and non-photosynthetic pigments of *Euphorbia tirocalli*.

شوری Salinity (dsm^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg\ g^{-1}FW$)	کاروتنوئید Carotenoid ($mg\ g^{-1}FW$)	آنتوسیانین Anthocyanin ($\mu g\ g^{-1}FW$)
عدم تنش (۰) Without salinity (0)	0.71^{a}	0.57^{ab}	0.51^{b}	0.47^{b}	0.036^{c}
شوری کم (٤) Low salinity (4)	0.58^{ab}	0.37^{c}	0.38^{c}	0.48^{b}	0.078^{b}
شوری متوسط (۸) Moderate salinity (8)	0.57^{c}	0.31^{c}	0.33^{c}	0.61^{b}	0.061^{b}
شوری شدید (۱۲) Severe salinity (12)	0.65^{ab}	0.48^{a}	0.47^{a}	0.85^{a}	0.043^{a}

حروف مشترک در هر ستون، علامت عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test



(ب b)

(الف a)

(د d)

(ج c)

(ذ e)

شکل ۱- مقایسه اثر سطوح شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح ۰، ۱۰،۲۰ و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست بر کلروفیل **b** (الف)، کلروفیل **a** (ب)، کلروفیل کل (ج)، آنتوسیانین (د) و کاروتنوئید (ذ) موجود در اندام هوایی گیاه افوربیا تیروکالی.

Fig. 1. Comparison of the effect of salinity levels of 4, 8 and 12 dsm^{-1} at levels of 0, 20, 10 and 30% vermicompost on chlorophyll b (a), chlorophyll a (b), total chlorophyll (c), anthocyanin (d) and carotenoid (e) found in the aerial parts of *Euphorbia tirocalli*.

کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر تنش شوری توسط پژوهش‌های دیگر (۲٦) نیز گزارش شده است. آثار ناشی از تنش شوری بر گیاهان شامل سمیت یونی، تنش اسمزی، کمبود عناصر معدنی، اختلالات فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی است. تنش شوری از طریق افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک، باعث اختلال در تعرق و فتوسنتز می‌شود. مکانیسم اثر سمیت یونی نیز مربوط به جذب یون و تغییر فرایندهای فیزیولوژیکی ناشی از سمیت، کمبود یا تغییر در تعادل عناصر معدنی می‌باشد (۲۷). مطابق با نتایج حاضر مناسب‌ترین تیمار در رابطه با کلروفیل (a، b و کل) در سطح ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست در سه دامنه شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شد (شکل ۱). کاهش میزان کلروفیل در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (بدون اعمال ورمی‌کمپوست) مشاهده شد که ممکن است با تخریب تدریجی غشاء و یا با فرآیندهای بیولوژیکی و مراحل نموی افوربیا تیروکالی و نیز نوع و غلظت نمک ارتباط داشته باشد که گزارش‌های حاضر با بررسی‌های دیگران مطابقت دارد (۲۸). در گزارشی بیان شده است که کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش شوری به علت افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن است، که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز هستند و بدین ترتیب موجب تجزیه کلروفیل گیاه تحت تنش شوری شدند (۲۹). هم‌چنین شوری از طریق تجمع یونهای سمی در کلروپلاست و تنش اکسیداتیو در گیاه باعث تخریب کلروفیل می‌شود. گزارش شده افزودن غلظت نمک رشد رویشی، میزان ژل و کلروفیل گیاه آلوئه‌ورا را کاهش می‌دهد (۳۰).

گزارشی روی سیاه‌دانه نشان داد یکی از عوامل کاهش کلروفیل به دلیل افزایش استفاده از نیتروژن برای سنتز پرولین است (۳۱) از آن‌جایی‌که گلوتامات ترکیب اولیه پرولین و کلروفیل است احتمال می‌رود در شرایط تحت تنش شوری از طریق تحریک آنزیم لیگازگلوتامات و تبدیل گلوتامات بیش‌تر به تولید پرولین اختصاص یابد و به همین دلیل مقدار کلروفیل کاهش یافته که کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم تأثیرگذار بر کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه به شمار می‌رود و با افزایش سطح شوری از کارایی فتوسنتزی برگ‌ها کاسته شده و این امر موجب تشدید صدمات تنش می‌شود (۲۷). لازم به ذکر است با توجه به این که تنش شوری دربرگیرنده تنش خشکی و سمیت یونی است، افزایش میزان کاروتنوئیدها در افوربیا تیروکالی جالب توجه است و مطابق با نتایج (جدول ٦) افزایش میزان کارتنوئیدها در ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطح ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و افزایش آنتوسیانین‌ها در ۸ دسی‌زیمنس بر متر در سطح ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد. کم بودن آنتوسیانین در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر را نمی‌توان به مقاومت کم‌تر آن در برابر تنش شوری نسبت داد زیرا ممکن است گیاه افوربیا تیروکالی از مکانیسم‌های دیگری برای مقاوم‌سازی خود استفاده کرده باشد. گزارش شده است که در اثر تنش شوری در بافت‌های فعال گیاه شیرین‌بیان تنش اکسیداتیو ایجاد شده و میزان کاروتنوئیدها را در هر دو سیستم آنزیمی یا غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدانی کاهش یافته است (۳۲). گزارش شده که مقدار آنتوسیانین در گیاه بگونیا در شرایط تنش افزایش یافته است که این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به وسیله حذف مستقیم ROSها در طول تنش اکسیداتیو بوده است (۳۳). غلظت بالای نمک در آب آبیاری و به دنبال آن شور شدن خاک، اثرات منفی بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان زینتی کشت شده در فضای سبز دارد (۳٤). هم‌چنین موجب کاهش تولید بیومس در گیاهان زینتی می‌شود، هرچند که این اثر بسته به گونه‌ها و هم‌چنین شدت و مدت زمان تحمل تنش‌های شوری متفاوت است (۳۵). در محیط‌های شور (کم، متوسط و شدید) کاربرد

ورمی‌کمپوست در سطح ۳۰ درصد سبب افزایش رشد، افزایش میزان کلروفیل (a، b و کل) در نتیجه آن افزایش سطح فتوسنتز افوربیا تیروکالی شد. در گل سوسن (۳۶) و هم‌چنین در گیاه شوید (۳۷)، گزارش شده است که افزودن ورمی‌کمپوست سبب جذب نیترژن توسط ریشه‌ها و افزایش رشد رویشی شد که این نیز به نوبه خود سطح جذب نوری، سطح فتوسنتز، تولید مواد هیدروکربنی در اندام هوایی، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و افزایش محتوای کاروتنوئیدها و آنتوسیانین برگ را افزایش داد. ورمی‌کمپوست شامل بیش‌تر عناصر تغذیه‌ای قابل‌استفاده برای گیاه مانند نیترات، فسفات، کلسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول است که سبب دسترسی بیش‌تر به مواد غذایی و افزایش رشد می‌شود (۳۸).

اثر سطوح شوری و ورمی‌کمپوست بر قندهای محلول و پرولین اندام هوایی و ریشه گیاه افوربیا تیروکالی: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷)، قندهای محلول و پرولین اندام هوایی و ریشه تحت‌تأثیر تیمار شوری، ورمی‌کمپوست و برهم‌کنش متقابل شوری و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد ایجاد کردند. مقایسه میانگین اثر متقابل (شکل ۲) نشان داد که در تیمار ٤ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین میزان پرولین ریشه و اندام هوایی و قندهای محلول اندام هوایی در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست و نیز بالاترین میزان قندهای محلول ریشه در سطح ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد ثبت شده است. قابل‌توجه است که نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۸) نشان داد تنش شوری سبب افزایش محتوای پرولین (ریشه و اندام هوایی) و قندهای محلول اندام هوایی در سه تیمار ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به نمونه شاهد شد. قابل‌ذکر است که اثر شوری بر میزان (قندهای محلول و پرولین) اندام هوایی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) ایجاد کرد (جدول ۷).

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس قندهای محلول و پرولین افوربیا تیروکالی تحت‌تأثیر تنش شوری و ورمی‌کمپوست.

Table 7. Variance analysis of soluble sugars and proline of *Euphorbia tirocalli* under salinity stress and vermicompost.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		قندهای محلول اندام هوایی Aerial soluble sugars	پرولین اندام هوایی Aerial proline	قندهای محلول ریشه Root soluble sugars	پرولین ریشه Root proline
تکرار Replication	12	2.004**	0.477**	0.145**	0.115**
خطای اصلی Error (a)	1	99.033**	107.739**	3.192**	40.769**
شوری Salinity (a)	3	1.196**	0.314**	0.096**	0.075**
ورمی‌کمپوست Vermicompost (b)	3	1.467**	0.411**	0.047 **	0.107**
شوری * ورمی‌کمپوست a*b	6	2.238**	0.539**	0.195**	0.134**
خطای فرعی Error (b)	26	0.002	0.000	0.000	0.000
کل Total	39				
درصد ضریب تغییرات CV%		4.52	2.17	6.72	1.74

** و ns به ترتیب معنی‌دار و عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد

**, ns Significantly difference at 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively

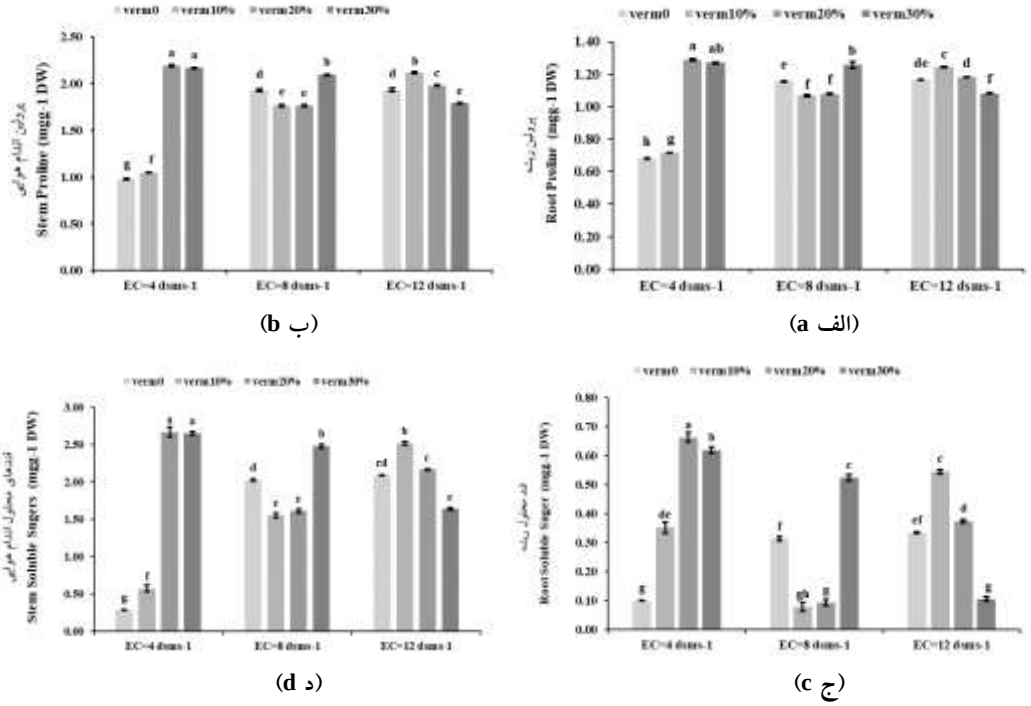
جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری بر قندهای محلول و پرولین ریشه و اندام هوایی در گیاه افوربیا تیروکالی.

Table 8. Mean comparison of salinity effect on root and aerial soluble sugars and proline of *Euphorbia tirocalli*.

پرولین ریشه Root proline (mg g^{-1}FW)	قندهای محلول ریشه Root soluble sugars (mg g^{-1}FW)	پرولین اندام هوایی Aerial proline (mg g^{-1}FW)	قندهای محلول اندام هوایی Aerial soluble sugars (mg g^{-1}FW)	شوری Salinity (dsm^{-1})
0.99^{cd}	1.44^{dc}	0.049^{ab}	0.61^{a}	عدم تنش (۰) Without salinity (0)
0.98^{cd}	1.60^{b}	0.45^{ab}	2.84^{ab}	شوری کم (٤) Low salinity (4)
1.13^{b}	1.89^{bc}	0.25^{b}	1.92^{b}	شوری متوسط (۸) Moderate salinity (8)
1.16^{b}	1.96^{ab}	0.34^{b}	2.10^{c}	شوری شدید (۱۲) Severe salinity (12)

حروف مشترک در هر ستون، علامت عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به روش دانکن می‌باشد

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test



(الف a) **(ب b)**

(ج c) **(د d)**

شکل ۲- مقایسه اثر سطوح شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست بر پرولین اندام هوایی (الف)، پرولین ریشه (ب)، قندهای محلول اندام هوایی (ج) و قندهای محلول ریشه (د) گیاه افوربیا تیروکالی.

Fig. 2. Comparison of the effect of salinity levels of 4, 8, and 12 dsm^{-1} at levels of 0, 10, 20 and 30% vermicompost on shoot proline (a), root proline (b), shoot soluble sugars (c) and root soluble sugars (d) of *Euphorbia tirocali*.

در مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد تجمع قندهای محلول و پرولین در همه تیمارها روند یکسانی ندارد. بیش‌ترین میـزان قندهای محلول اندام هوایی در (شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر، در سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست)، بالاترین میزان قندهای محلول ریشه در (تیمار ٤ دسی‌زیمنس بر متر، در سطح ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست) و بیش‌ترین محتوای پرولین (اندام هوایی و ریشه) در (تیمار ٤ دسی‌زیمنس بر متر، در سطح ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست) مشاهده شد. شایان ذکر است کاهش غلظت قندهای محلول ریشه در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر در سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و کاهش غلظت قندهای محلول

اندام هوایی و نیز کاهش میزان پرولین (اندام هوایی و ریشه) در تیمار ٤ دسی‌زیمنس بر متر در سطح ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست ثبت گردید. که این گزارش‌ها با نتایج Saleki و همکاران (۳۹) مطابقت دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، کاهش در محتوای قندهای محلول (اندام هوایی و ریشه)، ناشی از کاهش فتوسنتز خالص و ادامه رشد است. این نتیجه ممکن است بیان‌کننده این نکته باشد که در شرایط تنش شوری شدید انتقال کربوهیدرات‌های محلول از اندام‌های هوایی به ریشه مختل شده باشد زیرا قندهای محلول در جهت ایجاد تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم سلول و واکوئل ضروری هستند. با افزایش سطح شوری مقدار تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند پرولین در افوربیا تیروکالی افزایش یافت و غلظت پرولین در بالاترین سطح شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون اعمال کود) در اندام هوایی و ریشه به بالاترین مقدار خود رسید (شکل ۲). کاهش میزان پرولین (ریشه و اندام هوایی) در کاربرد توأم شوری (تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با نتایج Sanjari و همکاران (٤۰) در گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdarifa*) مطابقت دارد، هم‌چنین Sanjari و همکاران (۲۰۱۵) عنوان نمودند که کودهای آلی با اثر بر ویژگی‌های خاک و حفظ رطوبت بیش‌تر خاک سبب کاهش اثرات نامناسب تنش شوری و در نهایت تولید کم‌تر پرولین شدند. تجمع پرولین در شرایط تنش شوری، بیش از سایر اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد که می‌تواند در تنظیم اسمزی و احتمالاً حفظ فعالیت آنزیمی گیاه نقش داشته باشد (٤۰). در مطالعه‌ای بر روی اثر ورمی‌کمپوست بر صفات فیزیولوژیکی دو گیاه دارویی مریم‌گلی و نعناع فلفلی تحت تنش شوری، نتایج نشان داد که در اثر شوری میزان پرولین افزایش یافت. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط عادی ورمی‌کمپوست رشد گیاه را افزایش داد و مقدار پرولین را کاهش داد (٤۱). کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست با افزایش عناصر غذایی در خاک، باعث افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فتوسنتز و کربوهیدرات در گیاهان می‌شوند (٤۲). هم‌چنین گزارش شده است که افزایش میزان پرولین در تیمارهای ورمی‌کمپوست گل گاو زبان ایرانی می‌تواند به دلیل افزایش اسید آمینه‌های پیش‌ساز تولید پرولین باشد که این خود می‌تواند موجب تحمل به تنش شوری شود (۳۸). ورمی‌کمپوست، به‌دلیل داشتن فعالیت‌های میکروبی زیاد که ناشی از حضور قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمرها و اکتینومایست‌ها و جلبک‌ها است، می‌تواند تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسید آبسیزیک را تولید کند که می‌تواند تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته باشد (٤۳). در مطالعه‌ای که روی گیاه نعنا فلفلی و مریم‌گلی انجام شد، مشخص شد که ورمی‌کمپوست بر صفات فیزیولوژیکی دو گیاهان مذکور تحت تنش شوری اثرات مثبتی دارد (٤۱).

بررسی همبستگی صفات مورد مطالعه: در مطالعه حاضر براساس نتایج (جدول ۹) رابطه مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد بین صفات وزن خشک اندام هوایی با طول اندام هوایی، طول بوته، وزن تر بوته و وزن خشک بوته مشاهده شد. هم‌چنین وزن تر ریشه با وزن تر بوته و وزن تر اندام هوایی رابطه مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. کلروفیل b با صفات وزن خشک اندام هوایی و کلروفیل a و نیز کلروفیل کل با وزن خشک اندام هوایی و کلروفیل a و کلروفیل b رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. پرولین ریشه با قندهای محلول ریشه و اندام هوایی و پرولین اندام هوایی رابطه مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد ایجاد کرد. طول اندام هوایی با وزن تر بوته، وزن خشک بوته، کلروفیل b و کلروفیل کل رابطه مثبت و معنی‌دار در سطح پنج درصد نشان داد. هم‌چنین طول بوته با وزن تر و وزن خشک بوته رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ثبت کرد.

جدول ۹- همبستگی بین صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه گیاه افوربیا تیروکالی.

Table 9. Correlation between physiological traits of *Euphorbia tirokali*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
طول بوته (۱) Plant beight (1)	1																	
طول اندام هوایی (۲) Aerial lenght (2)	0.454**	1																
طول ریشه (۳) Root lenght (3)	0.098ns	-0.07ns	1															
وزن تر بوته (٤) lant FW (4)	0.576**	0.361*	-0.08ns	1														
وزن تر اندام هوایی (٥) Aerial FW (5)	0.357*	0.254ns	-0.11ns	0.572**	1													
وزن تر ریشه (٦) Root FW (6)	0.152ns	0.173ns	-0.08ns	0.484**	0.903**	1												
وزن خشک بوته (۷) Plant DW (7)	0.353*	0.323*	0.203ns	0.400*	0.126ns	0.139ns	1											
وزن خشک اندام هوایی (۸) Aerial DW (8)	0.436**	0.707**	0.090ns	0.516**	0.291ns	0.164ns	0.410**	1										
وزن خشک ریشه (۹) Root DW (9)	-0.016ns	-0.502**	0.352*	-0.23ns	-0.11ns	-0.01ns	0.073ns	0.543**	1									
کلروفیل a (۱۰) Chlorophyll a (10)	-0.03ns	0.055ns	0.031ns	0.036ns	-0.21ns	-0.20ns	0.802ns	0.26ns	0.021ns	1								
کلروفیل b (۱۱) Chlorophyll b (11)	0.254ns	0.401*	0.033ns	0.169ns	-0.024ns	-.0.342*	0.204 ns	0.539**	-0.24	0.780**	1							
کلروفیل کل (۱۲) Total Chlorophyll (12)	0.18ns	0.369*	0.05ns	0.085ns	-0.27ns	0.353*	0.161ns	0.510**	-0.21ns	0.819**	0.989**	1						
کاروتنوئید (۱۳) Cartenoeid (13)	-0.04ns	-0.18ns	-0.02ns	-0.13ns	-0.460**	-0.462**	-0.15ns	-0.29ns	0.222 ns	0.408**	0.287ns	0.291ns	1					
آنتوسیانین (۱٤) Anthocyanin (14)	-0.26ns	0.386*	-0.15ns	-0.09ns	-0.07ns	0.015ns	-0.17ns	-0.28ns	0.239 ns	-0.16ns	-0.433**	-0.397*	-0.13ns	1				
قندهای محلول اندام هوایی (۱٥) Aerial soluble sugars (15)	-0.2ns	0.086ns	0.054 ns	-0.031ns	-0.373*	-0.344*	0.094ns	0.253 ns	-0.030ns	0.181ns	0.188ns	0.236ns	-0.05ns	0.133ns	1			
قندهای محلول ریشه (۱٦) Root soluble sugars (16)	-0.023ns	0.086ns	0.054 ns	-0.031ns	-0.373*	-0.344*	0.094ns	0.253 ns	-0.030ns	0.181ns	0.188ns	0.236ns	-0.05ns	0.133ns	1**	1		
پرولین اندام هوایی (۱۷) Aerial proline (17)	-0.08ns	0.205ns	-0.24ns	-0.07ns	0.446**	-0.502**	-0.03ns	0.204ns	-0.588**	0.089 ns	0.227ns	0.234ns	0.092ns	0.189ns	0.598**	0.598**	1	
پرولین ریشه (۱۸) Root proline (18)	-0.08ns	0.20ns	-0.24ns	-0.07ns	0.446**	-0.502**	-0.03ns	0.204ns	-0.588**	0.089 ns	0.227ns	0.234ns	0.092ns	0.189ns	0.598**	0.598**	1**	1

*، ** و ns به ترتیب تفاوت در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری است

*, **, ns Significantly difference at 5 and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه پیش‌رو می‌توان بیان نمود که در راستای نیل به اهداف کشت گلخانه‌ای گیاهان دارویی می‌توان بخش زیادی از اثرات تنش شوری بر گیاه افوربیا تیروکالی را با کاربرد ورمی‌کمپوست تعدیل نمود. از نظر تکاملی و به لحاظ سازگاری‌های اکوفیزیولوژیکی این گیاه با خاک‌های فقیر از نظر مواد معدنی در مناطق بیابانی، به نظر می‌رسد که تنش شوری سیستم‌های جذب و اسیمیلاسیون مواد معدنی را تحریک و تقویت نکرده، بلکه حتی باعث تضعیف رشد در بیش‌تر موارد، عملاً گیاه را در شرایط تنش بیش‌تری قرار داده است. براساس نتایج پژوهش حاضر، با افزایش سطح شوری از میزان صفات رشدی گیاه کاسته شده و در مقابل، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی، پرولین، قندهای محلول افزایش یافت که نوعی سازگاری گیاه با شرایط تنش محسوب می شود، اما به طور کلی نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد ورمی‌کمپوست بر تنش شوری که سبب اثر مثبت در بهبود شرایط تغذیه‌ای افوربیا تیروکالی و تنظیم اسمزی تحت تنش شود نسبت داد و مهم‌تر آن‌که کاربرد ورمی‌کمپوست توانست نویدبخش کشت گلخانه‌ای گیاه دارویی- زینتی (افوربیا تیروکالی) در آینده باشد. با این وجود هر چند تنش شوری سبب شد عملکرد صفات رشدی در این گیاه کاسته شود اما با به‌کارگیری ورمی‌کمپوست (به ویژه در سطوح بالای تنش شوری) تا حدی از بروز اثرات سوء شوری بر عملکرد تولیدی این گیاه کاسته شد.

منابع

1. Silva Santana, S., Gennari-Cardoso, M. L., Carvalho, F. C., Roque-Barreira, M. C., da Silva Santiago, A., Cerqueira, A. F., & Pirovani, C. P. (2014). Eutirucallin, a RIP-2 Type Lectin from the Latex of (*Euphorbia tirucalli* L.) Presents Proinflammatory Properties. *Journal of plant physiology*, 9 (2), e88422.
2. Souza, M. A., Amancio-Pereira, F., Cardoso, C. R. B., Pena, J. D. O., Lanza, H., & Afonso-Cardoso, S. R. (2005). Isolation and partial characterization of a D-galactose-binding lectin from the latex of Synadenium carinatum. *Journal of plant physiology*, 4 (8), 705-716.
3. Reginato, M., Travaglia, C., Reinoso, H., Garello, F., & Luna, V. (2016). Salt mixtures induce anatomical modifications in the halophyte Prosopis strombulifera (Fabaceae: Mimosoideae). Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. *Journal of plant physiology*, 2 (18), 75-85.
4. Ebtsam, El-Housini E. A., Ahmed, M. A., Hassanein, M. S., & Tawfik, M. M. (2014). Effect of salicylic acid (SA) on growth and quality of stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). under salt stress. *Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 1 (4), 275-281.
5. Emarat Pardaz, J., Hami, A., & Gohari, G. (2015). Evaluation of growth characteristics and essential oil yield of Satureja hortensis L. under salinity and Zn Foliar Spraying. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26 (3), 131-140.
6. Heidari, A., Toorchi, M., Bandehagh, A., & Shakiba, M. R. (2011). Effect of NaCl stress on growth, Water relations, organic and inorganic osmolytes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1 (3), 23-34.
7. Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K., & Khalighi, A. (2010). The effect of salinity stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of peppermint (*Mentha piperita* L.). *World Applied Sciences Journal*, 11 (11), 1403-1407.

8.Flowers, T. J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 5 (5), 307-319.
9.Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 54 (1), 87-92.
10.Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., & Asgharzade, A. (2011). The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (7), 188-201.
11.Nasiri Dehsorkhi, A., Makarian, H., Varnaseri Ghandali, V., & Salari, N. (2018). Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Applied Research in field crops. *Plant Physiology*, 31 (1), 93-113.
12.Najafzadeh Asl, S., & Ehsanpour, A. (2012). Effect of drought stress on some physiological indices of potato cultivars (Concord and Kenebec) in Drvnshyshh culture conditions. *Plant Physiology*, 2 (1), 82-70.
13.Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., & Lucht, C. (2005). Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Plant Physiology*, 49 (4), 297-306.
14.Noreen, Z., & Ashraf, M. (2009). Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 67 (2), 395-402.
15.Gholinezhad, R., Sirousmehr, A., & Fakheri, B. (2016). Evaluation of irrigation regimes and use of organic fertilizers on qualitive and quantitive yield of borage (*Borago officinalis* l.). *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, 10 (39), 683-695.
16.Mashayekhi, K., & Atashi, S. (2015). Guide to Plant Physiology Experiments (Examination of plants before and after harvest). Agricultural Education and Natural Resources Research Publications. 5(6), 149-199.
17.Nogues, S. & Baker, N.R. (2000). Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany, 51(348),* 1309-1317.
18.Nguyen, T. D., Cavagnaro, T. R., & Watts-William, S. J. (2019). The effects of soil phosphorus and zinc availability on plant responses to mycorrhizal fungi: a physiological and molecular assessment. Scientific Reports. *Plant Physiology*, 9 (1), 48-80.
19.Neves, A. L. R. (2018). Quantitative and qualitative responses of Catharanthus roseus to salinity andbiofertilizer. *Revista Brasileirade Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (6), 22-26.
20.Shekofteh, H., & Khanooki, M. A. (2017). Effect of zeolit, hydrogel and vermicompost on some morphological traits in marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*. 47 (4), 823-833.
21.Broumand Rezazadeh, Z., & Kochki, A. (2014). Investigating the response of fennel, fennel and fennel seeds to osmotic and matric potentials caused by sodium chloride and polyethylene glycol 6000 at different temperatures. *Iranian Journal of Agricultural Research,* 3 (1), 200-216.
22.Ashrafi, N., & Rezaei Nejad, A. H. (2016). Effect of Irrigation Water Salinity on Morphological, Physiological and Biochemical Characteristics of Two Variants of Lisianth (*grandiflorum eustoma*.). *Water Resource Research in Agriculture,* 30 (3), 374-384.
23.Esmaelpor, B., Jalilvand, P., & Hadian, J. (2013). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi and performance of the morpho-physiological traits savory (*satureja hortensis* L). *Journal of Agroecology*, 5 (2), 169-177.

24.Alaboz, P., Isildar, A. A., Mujdeci, M., & Senol, H. (2017). Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum* L.) grown and some soil properties. *Journal of Agricultural Sciences*, 27 (1), 30-36.
25.Bezerra, F. M. S. (2020). Salt tolerance during the seedlingproduction stage of *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* and *Celosia argentea*. *Plant Science*, 179 (3), 202-208.
26.Sirousmehr, A., Bardel, J., & Mohammadi, S. (2015). Changes of germination properties, photosynthetic pigments and anti-oxidant enzymes activity of safflower as affected by drought and salinity stresses. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8 (4), 517-533.
27.Zhao, Z., Li, T., Cheng, Y., Wang, F., & Zhao, X. (2021). Morphological and metabolic responses of four *Iris germanica* cultivars under salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 281, 109960.
28.Alsobhi, A., & Abeysinghe, G. (2013). An evaluation of accessibility of e-learning for dyslexic students, in Proceedings of International Conference on Current Trends in Information Technology (CTIT2013), Dubai, UAE. *Journal of Agricultural Sciences*, 2 (1), 3-4.
29.Kazeminasab, A., Yarnia, M., Lebaschy, M. H., Mirshekari, B., & Rejali, F. (2016). The effect of vermicompost and pgpr on physiological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant under drought stress. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 1 (2), 135-144.
30.Shams, J., Naghdi Badi, H., Zeynali, H., Khalighi-Sigaroodii, F., & Najafi, P. (2015). Effects of Salinity and Drought on Morphological and Chemical traits of Aloe vera plant. *Biological Forum-An International Journal*, 7 (1), 518-527.
31.Kabiri, R., Farahbakhsh, H., & Nasibi, F. (2014). Effect of drought stress on physiological and biochemical characteristics of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30 (4), 600-609.
32.Hosseini, H., Mousavi-Fard, S., Fatehi, F., & Qaderi, A. (2016). Changes in phytochemical and morpho-physilogical traits of thyme (*Thymus vulgaris* CV Varico 3) under different salinity levels. *Journal of Medicinal Plants*, 1 (10), 1-13.
33.Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q., & Xia, X. J. (2015). Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. *Plant Science*, 179 (3), 202-208.
34.Gholamzadeh-Alam, A., Mousavi-Fard, S., & Rezaeinejad, A. (2022). Morphological and physiological characteristics for evaluation of salicylic acid effects on Celosia argentea L. under salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 12 (1), 4027-4037.
35.Hosseini, H., Mousavi-Fard, S., & Qaderi, A. (2017). Changes in Phytochemical and Morpho-Physilogical Traits of Thyme (Thymus Vulgaris cv Varico 3) Under Different Salinity Levels. *Journal of Medicinal Plants*, 16 (61), 22-33. [In Persian]
36.Mirakalaei, S., Ardebill, Z., & Mostafavi, M. (2013). The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lilium longiflorum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4, 181-186.
37.Amiri, M., Mansoorifar, S., Asilan, K. S., & Heidari, H. (2016). Effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer on seed yield and pigment contents in Dill. *Journal of Plant Productivity*, 38 (4), 71-80. [In Persian]
38.Gholinezhad, R., Sirousmehr, A. R., & Fakheri, B. (2016). Evaluation of irrigation regimes and use of organic fertilizers on qualitative and quantitative yield of borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 10 (3), 683-696.
39.Saleki, M., Rahimi, A., Torabi, B., Akhgar, A. R., & Dadrasi, A. (2018). The effect of biological fertilizer on growth and yield of Panicum miliaceum under salinity condition. *Journal of Crop Production*, 11 (3), 1-14.
40.Sanjari, M., Siroosmehr, A., & Fakheri, B. (2015). The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. *Journal of*

Crops Improvement, 17 (2), 403-414. [In Persian]

41. Xua, L., Dong-Yana, B., Xuyang Rena, B., Yiyang-Wei, A. B., Jing, Z., Haiyan, Z., & Mingxiang, L. 2016. Vermicompost improves the physiological and biochemical responses of blessed thistle (*Silybum marianum* Gaertn.) and peppermint *(Mentha haplocalyx* Briq) to salinity stress. *Industrial Crops and Products*, 94, 574-585.

42. Lattanzio, V. (2013). Phenolic compounds: introduction. natural products: phytochem botany and metabolism of alkaloids, phenolics and terpenes. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1 (5), 43-1580.

43. Makkar, C., Singh, J., Parkash, C., Singh, S., Vig, A. P., & Singh, S. D. (2023). Vermicompost acts as bio-modulator for plants under stress and non-stress conditions. *Environment, Development and Sustainability*, 25 (3), 2006-2057.