Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2024, Vol 7, No 14(2), Pages 77-92

doi: 10.22034/IUVS.2023.1986922.1262 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

# The Symbiotic Influence of Effective Microorganisms on Biochemical and Morphological Characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.) under Salinity Stress

**Ali Akbar Shokouhian[1*], Saeed Haghverdi[2] and Rasoul Azarmi[1]**

1- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*]**Corresponding author:** shokouhiana@yahoo.com

(**Received:** 07 January 2023 **Revise:** 26 February 2023 **Accepted:** 28 February 2023)

**Extended Abstract**

1. **Introduction:** Savory plant (*Satureja hortensis* L.) belongs to mints family (Lamiaceae). Environmental and abiotic stresses affect the agricultural plants growth and yield in many regions of the world. Salinity is one of the most limiting factors for growth and production of crops in arid and semiarid regions. Soil salinity is a dominant issue for the sustainability of agricultural production. Reduction of vegetative growth, dry weight and cells mass are some of most common adverse effects of salinity. Salinity increases energy consumption to remove excess sodium ions accumulated in the root cells leading to significant reduction in plant growth rate. Nowadays, effective microorganisms (EM) is one of the biological fertilizers which has attracted a lot of attention as a useful tool to increase plant productivity and stress tolerance rate. The micro-organisms existed in EM improve the health and yield performance of agricultural plants by increasing photosynthesis rate, producing biologically active compounds such as hormones and enzymes, controlling soil diseases and accelerating the decomposition of organic matter in the soil. Therefore, the use of EM bio-fertilizer under conditions of environmental limiting factors such as salinity could be highly important to develop horticultural plant cultivation in regions with saline soli or saline water resources. The purpose of the current study was to investigate the morphological and bio-chemical responses of the savory plant to salt stress, and using EM bio-fertilizer to reduce the adverse effects of salt stress.
2. **Materials and Methods:** In order to investigate the effect of EM bio-fertilizer on the morphological and bio-chemical characteristics of the savory plant under salinity conditions, a factorial experiment was conducted based on randomized complete blocks design with 4 replications at the Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, during 2021. In this study, Em treatments were applied at three levels including 0 (control), 1 and 2 %, and salinity was induced at three levels including 0 (control), 6 and 12 dS/m NaCl. Fresh and dry yield of plants and fresh and dry weight of the roots were measured with a digital scale. The content of chlorophyll a and b, and total chlorophyll were measured by a spectrophotometric method. Proline, soluble sugars and total protein were measured as physiological characteristics.
3. **Results and Discussion:** The results showed that the highest height (30.66 cm) was recorded in plants treated with EM 2 % and grown under control condition. The height of plants decreased with increasing salinity level. Also, the highest fresh and dry yield, and fresh and dry weight of root were obtained by applying EM 2 % under control level of salinity. The highest number of leaves was counted in plants treated with EM 2 %, and grown under control level of salinity. The lowest leaf number was related to non-treated plants grown under salinity level of 12 dS/m. The highest recorded contents of chlorophyll a, b and total were 3.11, 1.85 and 4.96 mg/g FW, respectively. The lowest value of these traits (1.14, 0.65, and 1.79 mg/g FW) was recorded in non-treated plants grown under highest level of salinity. Generally, the amount of chlorophyll a, b and total decreased with increasing salinity level, while EM increased the values of these traits. The results showed that the highest amount of soluble proteins was obtained at control level of salinity and application of EM 2 ٪, with an average of 38.03 mg/g FW, while the lowest value (15.30 mg/g FW) was obtained in non-treated plants under salinity level of 12 dS/m. The amount of soluble sugars increased with increasing stress level. The highest amount of proline (35.4 µmol/g FW) was obtained under salinity level of 12 dS/m. EM increased the content of photosynthetic pigment under salinity conditions which led to increase photosynthetic performance of treated plants. Also, accumulation of proline as osmoprotectant agent in cells of treated plant, definitely led to decrease the activity of reactive oxygen species resulting in lower damages to cells membrane.

4. **Conclusion:** In conclusion, results showed that savory plants fed with EM bio-fertilizer had better growth and yield under salinity conditions than the unfed plants. These plants showed more tolerance rate against salt stress due to better absorption rate and physiological responses. So that the highest values of vegetative traits were recorded in plants treated with EM 2 %. Therefore, this treatment could be recommendable to overcome adverse effects of salinity on savory plants characteristics.

**Keywords:** Chlorophyll, Proline, Protein, Sodium chloride, Yield

**Citation:** Shokouhian, A. A., Haghverdi, S. & Azarmi, R. (2024). The symbiotic influence of effective microorganisms on biochemical and morphological characteristics of savory (*Satureja hortensis* L.) under salinity stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 14(2), 77-92. doi: 10.22034/IUVS.2023.1986922.1262

**Copyrights:**
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۷، دوره ۱۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحات (۹۲-۷۷)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/IUVS.2023.1986922.1262

# تأثیر همزیستی ریزموجودات مفید بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری

**علی‌اکبر شکوهیان[1*]، سعید حقوردی[2] و رسول آذرمی[1]**

۱-دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

**[*]نویسنده مسئول:** shokouhiana@yahoo.com

**(تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۱۰/۱۷ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۲/۰۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۰۹)

**چکیده**

**استفاده از کودهای زیستی (EM) در شرایط بروز عوامل محدودکننده طبیعی مانند شوری می‌تواند راه‌کار مناسبی در توسعه کشت گیاهان دارویی باشد. به‌منظور بررسی تأثیر EM بر صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی مرزه، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل EM در سه سطح صفر (شاهد)، ۱ و ۲ درصد و تنش شوری در سه سطح شامل صفر (شاهد)، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در چهار تکرار در طی سال ۱۴۰۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. بیشترین ارتفاع گیاه (۴۰/۶ سانتی‌متر) در شرایط تیماری شوری صفر و غلظت ۲ درصد EM و کمترین ارتفاع گیاه (۱۲/۴ سانتی‌متر) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM شاهد به‌دست‌آمد. همچنین، بیشترین و کمترین عملکرد تر بوته (به‌ترتیب ۱۶/۳۶ و ۴ گرم در بوته) مربوط به ترکیب تیماری شوری صفر همراه با EM ۲ درصد و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با EM صفر بود. بیشترین میزان پروتئین‌های محلول در شوری صفر و EM ۲ درصد با میانگین ۳۸/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد، درحالی که کمترین میزان آن در بالاترین سطح شوری و EM صفر با میانگین ۱۵/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست‌آمد. با افزایش سطح تنش میزان قندهای محلول گیاه نیز افزایش یافت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که شوری سبب تضعیف شاخص‌های رشدی گیاه دارویی مرزه و کاربرد EM تحت شرایط تنش، باعث تعدیل اثرات مضر شوری بر این گیاه می‌گردد.**

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، پرولین، عملکرد، کلروفیل، کلرید سدیم

**استناد:** شکوهیان، ع. ا.، حقوردی، س. و آذرمی، ر. (۱۴۰۲). تأثیر همزیستی ریزموجودات مفید بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. *علوم سبزی‌ها*، ۱۴(۲)، ۹۲-۷۷.

**حق چاپ:**

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

**مقدمه**

مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. متعلق به خانواده نعناعیان، گیاهی یک ساله و بوته‌ای به ارتفاع ۳۵ الی ۸۰ سانتی‌متر با ساقه‌های متعدد، نازک و با انشعابات کم می‌باشد (Hakimi *et al.*, 2020). این گیاه در طول دوره رویش به هوای گرم و نور کافی نیاز دارد. اسیدیته مناسب خاک برای کشت آن ۵/۶ تا ۸/۲ است. مرزه از گذشته به‌عنوان یک داروی طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است. این گیاه دارای خواص دارویی بی‌شماری مانند بهبود عملکرد دستگاه گوارش، جلوگیری از بروز سرطان، تقویت عملکرد سیستم ایمنی بدن و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی است (Sodaizade *et al.*, 2016).

هر عاملی که مراحل متابولیکی طبیعی یک گیاه را متوقف یا محدود کند، تنش محسوب می‌شود. تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان هستند. ایران در زمره کشورهایی است که در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیرزنده مانند خشکی، شوری، دما و باد موجب کاهش عملکرد و در مواردی عدم امکان تولید محصولات کشاورزی می‌گردد (Mirtahri *et al.*, 2010). از دیدگاه کشاورزی، خاکی که هدایت الکتریکی آن در عصاره گل اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر باشد، خاک شور نامیده می‌شود. شوری آب و خاک از جمله عوامل تنش‌زای محیطی می‌باشد که علاوه بر کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه، گیاهان را از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای متابولیکی نیز دچار مشکل می‌نماید و در پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان تأثیر بسزایی دارد (Heydari *et al.*, 2020).

بررسی اثرات شوری بر فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه امری پیچیده و مشکل است، زیرا واکنش گیاهان به تنش شوری به نوع گیاه، مرحله رشدی، سطح تنش شوری، و نوع و قابلیت دسترسی عناصر غذایی در اطراف ریشه بستگی دارد (Fanai & Nejatzadeh, 2017). حدود ۹۷ درصد از آب‌های جهان شور است و خاک بسیاری از مناطق، شور است (Heydari *et al.*, 2020). شوری خاک یک مسئله محدودکننده برای پایداری تولیدات کشاورزی در کشور است. کاهش رشد رویشی و وزن خشک به‌دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط شور، متأثر از فرآیندهای اسمزی گیاه است. از علل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری، بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم اضافی واردشده به سلول‌های ریشه است. درنتیجه، مقدار زیادی از انرژی سلول برای سازش و مقابله با تنش شوری مصرف می‌شود، به این ترتیب رشد و عملکرد گیاه تحت شرایط تنش شوری کاهش خواهد یافت. از عوامل دیگر مؤثر بر کاهش وزن اندام هوایی، مصرف بیش از حد انرژی جهت تولید برخی از مواد آلی است که نقش پایدارسازی تعادل اسمزی را با جذب یون‌ها ایفا می‌کنند (Shokouhian *et al.*, 2013).

از مکانیزم‌های مقابله با شوری می‌توان به گوشتی شدن بافت، تولید برگ‌های کوچک به‌منظور کاهش تعرق، وجود روزنه‌های کمتر از واحد سطح برگ، وجود کوتیکول ضخیم و افزایش نسبت ریشه با تاج اشاره کرد (Rostami *et al.*, 2020). برای ارزیابی تحمل گیاهان در شرایط شور، از معیاری به نام آستانه شوری استفاده می‌شود که عبارت است از حداکثر شوری مجاز، بدون اینکه کاهشی در محصول نسبت به شرایط غیرشور به‌وجود آید. از روش‌های تحمل به شوری می‌توان به تنظیم اسمزی درون سلولی به‌کمک نمک‌های جذب‌شده از محیط، دفع نمک به‌وسیله غده‌های نمکی، سنتز مواد آلی و ذخیره آن‌ها جهت حفظ تورژسانس، انتقال نمک از برگ‌های جوان به برگ‌های مسن و ریزش آن‌ها اشاره کرد (Rostami *et al.*, 2020).

یکی از کودهای زیستی که توجه بسیاری را امروزه به‌خود جلب کرده است، ریزموجودات مفید (Effective microorganisms (EM)) می‌باشد (Shokouhian *et al.*, 2013). EM حاوی گونه‌های انتخاب‌شده از ریزموجوداتی شامل جمعیت‌های غالب باکتری‌های اسید لاکتیک، مخمرها و تعداد کمی از

باکتری‌های فتوسنتزکننده، آکتینومیست‌ها و انواع دیگری از ریزموجودات است. همه این موجودات با یکدیگر سازگارند و می‌توانند در بستر کشت به‌صورت همزیست وجود داشته باشند. گونه‌های مختلف موجود در این کودهای زیستی مکمل یکدیگر هستند و یک رابطه متقابل مفید با ریشه گیاهان در خاک دارند (Sun *et al.*, 2014). ریزموجودات موجود در EM به‌وسیله افزایش فتوسنتز، تولید ترکیبات فعال زیستی مثل هورمون‌ها و آنزیم‌ها، کنترل بیماری‌های خاکزی و تسریع تجزیه موادآلی در خاک، سلامت و عملکرد محصول را توسعه می‌دهند. یکی از کاربردهای EM اصلاح اراضی شور و بهبود اثرات مخرب و زیان‌آور تنش شوری در گیاهان است (Shokouhian *et al.*, 2013). به‌طور کلی، EM ابزاری مفید برای تولیدات زراعی و باغی شناخته شده است (Shokouhian & Ainizadeh, 2018). کاربرد EM در کشت محصول انار تحت شرایط تنش شوری باعث افزایش ارتفاع ساقه، طول و حجم ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه، محتوای رطوبت نسبی آب برگ، میزان کلروفیل و مقدار پتاسیم گیاه شد (Pourian *et al.*, 2015). همچنین، کاربرد ریزموجودات مفید سبب بهبود سطح برگ، انباشت پروتئین و افزایش کلروفیل، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ در نهال‌های دو ژنوتیپ بادام شد (Shokouhian *et al.*, 2013). علاوه براین، در تحقیق دیگری بهترین نتیجه از نظر عملکرد و کیفیت پرتقال رقم والنسیا از تیمار درختان با کمپوست غنی‌شده با EM به‌دست‌آمد و در عین‌حال کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و باردهی درخت نیز حاصل شد (Fereres *et al.*, 1979).

هدف از اجرای این آزمایش بررسی پاسخ‌های مورفولوژیکی و روند رشد گیاه مرزه تحت تنش شوری و کاربرد کود زیستی EM در جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری بوده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل EM در سه سطح صفر (شاهد)، ۱ و ۲ درصد و تنش شوری در سه سطح صفر (شاهد)، ۶ و ۱۲ دسی‌زیمنس نمک‌طعام با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال ۱۴۰۰ انجام شد. بذور گیاه مرزه از مزارع شهرستان اهر (ارقام مرسوم) جمع‌آوری و در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر، حاوی ترکیب خاکی با مشخصات ۳۰ درصد خاک باغچه، ۲۵ درصد ماسه (۰/۰۷ میلی‌متر)، ۲۵ درصد کوکوپیت، ۱۰ درصد ورمی کمپوست و ۱۰ درصد پرلیت کشت شدند. خاک تهیه‌شده قبل از کشت با قارچ‌کش ضدعفونی گردید. بلافاصله بعد از کاشت ۱۵ عدد بذر در هر گلدان آبیاری انجام شد و سپس جهت تسریع جوانه‌زنی، گلدان‌ها توسط پلاستیک پوشش داده شدند. با رسیدن گیاهان به مرحله ۴-۳ برگی، تنک کردن آن‌ها صورت پذیرفت و بعد از چندین مرحله تنک کردن، در هر گلدان ۵ گیاه باقی ماند.

در این مطالعه، ریزموجودات مفید، با نام تجاری ای-ام بوکاشی، از شرکت امکان‌پذیر پارس شیراز (نماینده انحصاری سازمان جهانی EMRO ژاپن در ایران) تهیه و بعد از حل کردن میزان لازم هر سطح از این ترکیب زیستی در یک لیتر آب، برای هر واحد آزمایشی غلظت‌های موردنظر به‌صورت کاربرد خاکی روی بوته‌ها اعمال گردید. از مرحله ۵ برگی بوته‌ها، گلدان‌ها هر دو روز یک‌بار با آب‌شور حاوی سطوح مختلف کلریدسدیم (ساخت شرکت مرک آلمان) آبیاری شدند و محلول اضافی از ته ظرف خارج شد. هر هفته، یک‌بار شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب معمولی صورت پذیرفت تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبشویی به حداقل برسد.

در این بررسی صفت ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش و از ناحیه طوقه تا انتهایی‌ترین بخش ساقه گیاه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد تر و خشک گیاهان و تعیین وزن تر و خشک ریشه، ابتدا بوته از بستر کشت خارج و بعد از حذف بقایای بستر کشت از

روی ریشه‌ها، وزن تر ریشه و بخش هوایی گیاه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. همچنین، برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، نمونه‌ها در دمای اتاق و در سایه خشک شدند و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص محتوای کلرفیل برگ با استفاده از روش Arnon (۱۹۴۹) اندازه‌گیری شد، به‌طوری‌که مقدار نیم گرم از ماده‌تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با افزودن نیتروژن مایع آن را خرد کرده و سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه‌ها اضافه و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جداشده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل JENWAY 6705/VIS ساخت کشور ژاپن، مقدار جذب قرائت گردید. در نهایت با استفاده روابط ۱ تا ۳ میزان کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد.

رابطه ۱: $Chlorophyll\ a = ((19.3\times A663) - (0.86\times A645))\times V/100W$

رابطه ۲: $Chlorophyll\ b = ((19.3\times A645) - (3.6\times A663))\times V/100W$

رابطه ۳: $Total\ chlorophyll = a+b$

به‌منظور سنجش میزان پروتئین‌های محلول برگ از روش Bradford (۱۹۷۴) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری میزان پرولین آزاد برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. میزان کل قندهای محلول در برگ نیز به روش Shlegl (۱۹۸۶) با کمی تغییر، اندازه‌گیری شد.

## نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه (۴۰/۶۰ سانتی‌متر) در سطح شوری شاهد و غلظت ۲ درصد EM و کمترین ارتفاع گیاه (۱۲/۴ سانتی‌متر) در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM شاهد بدست آمد (جدول۱). به‌طور کلی، شوری باعث کاهش و کود زیستی EM در سطح ۲ درصد موجب افزایش ارتفاع گیاهان شد. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (Munns *et al*., 2006). فرآیندهای فیزیولوژیکی توسط تعدادی از عوامل محیطی تحت تأثیر قرار گرفته و پاسخ گیاه به عوامل تنش‌زا را مشخص می‌کند (Parida *et al*., 2004). افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ و منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Timuri & Jafari, 2010). همچنین در شرایط شوری، میزان اسیدآبسزیک در برگ افزایش می‌یابد که موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب آب و کاهش سطح برگ می‌شود. کاهش سطح برگ یکی از دلایل کاهش رشد و ارتفاع گیاه در اثر تنش شوری است (Salimi & Shekari, 2012). این درحالی است که در شرایط تنش شوری، میزان فعالیت هورمون‌های رشد مثل اکسین، جیبرلین، سایتوکینن و سایر مواد محرک رشد کاهش می‌یابد (Javid *et al*., 2011). افزایش ارتفاع و بیوماس گیاه با کاربرد کود زیستی EM می‌تواند به‌دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی ترکیبات موجود در EM و رشد بهتر ریشه گیاه باشد (Rahimzadeh *et al*., 2011). تنوع میکروارگانیسم‌های خاک با اضافه شدن ریزموجودات مفید به آن گسترش یافته و نه‌تنها باعث افزایش عناصر قابل دسترس برای گیاه شده، بلکه عاملی برای کنترل ریزموجودات بیماری‌زا نیز می‌باشد. برخی از ریزموجودات تحت شرایط تنش با تولید ACC-دآمیناز باعث کاهش تولید اتیلن و در نتیجه کاهش اثرات تنش شوری و افزایش رشد گیاه می‌گردند (Avis *et al*., 2008). آبیاری مرزه با آب شور، سبب کاهش برخی صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع آن شد (Sodaizade *et al*., 2016). همچنین، کاهش ارتفاع در گیاه ریحان تحت تنش شوری گزارش گردید (Archangi & Khodambashi, 2014). همچنین، نتایج این بررسی با گزارش Jahanban و Lotfifar (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش ارتفاع گیاه ذرت در اثر تیمار EM تطابق دارد.

براساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین و

کمترین عملکرد تر بوته (به‌ترتیب ۱۶/۳۶ و ۳/۳۶ گرم) مربوط به ترکیب تیماری سطح شوری شاهد و EM ۲ درصد، و سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM شاهد بود. با افزایش تنش شوری میزان عملکرد تر بوته کاهش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر مضر در شرایط تنش شوری، تقریباً در تمام فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه اختلال ایجاد می‌نماید و زیست توده گیاه را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر، ریزش برگ‌ها برای دفع نمک باعث کاهش وزن تر اندام هوایی می‌شود (Safarnejad & Hamidi, 2009). کاهش تقسیم سلولی موجب تقلیل سطح برگ و در نتیجه کم شدن فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. از طرفی، کود زیستی EM با تأمین و در اختیارگذاری عناصر کممصرف و پرمصرف و بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه، باعث افزایش رشد و وزن تر بخش‌های هوایی می‌گردد (Rahimzadeh *et al.*, 2011). محققان بیان کردند که با افزایش سطح شوری آب، وزن تر قسمت‌های هوایی دو گونه از گیاه مریم گلی کاهش یافت (Aghai *et al.*, 2014). نتایج بررسی‌های Piriو همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که تنش شوری باعث کاهش وزن تر بوته می‌گردد. همچنین تنش شوری سبب کاهش تولید زیست توده در گیاه ریحان گردید (Mancarella *et al.*, 2016). با افزایش غلظت نمک از میزان وزن تر گیاه گشنیز (Setayesh Mehr & Esmaeilzadeh Bahabadi, 2013) و بومادران (Dehghan & Rahimmalek, 2018) کاسته شد که مطابق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین Tahami و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی بر روی گیاه ریحان دریافتند که کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش وزن تر بوته می‌گردد.

با افزایش سطح تنش شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کمترین میزان عملکرد خشک بوته (۱/۱۵ گرم) به‌ثبت رسید. همچنین کاربرد کود EM موجب افزایش این صفت شد، بطوری که در تیمار شوری سطح شاهد و EM ۲ درصد بیشترین عملکرد خشک بوته مشاهده شد (جدول ۱). با توجه به اینکه عملکرد خشک گیاه، معیار مناسبی برای سنجش نرخ فتوسنتز و رشد گیاه می‌باشد، کاهش این صفت نشان‌دهنده کاسته شدن میزان فتوسنتز و رشد گیاهان تحت تنش است (Hosseini *et al.*, 2016). تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل اُسمزی خاک، اثر سمیت یونی، تقلیل جذب مواد غذایی و افزایش مصرف انرژی، بر رشد و وزن خشک بوته تأثیر منفی می‌گذارد. در شرایط تنش، میزان تولید کربوهیدرات در نتیجه کاهش رشد اجزای مختلف گیاه، کم شده و همین امر سبب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود (Irji Marshak & Moghadam, 2020). یکی از دلایل بهبود عملکرد خشک گیاه در اثر کاربرد کود EM می‌تواند نقش آن در افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر و پتاسیم باشد. با جایگزینی سدیم با پتاسیم و افزایش نسبت سدیم به پتاسیم، متابولیسم سلولی و فرآیندهای دخیل در تولید انرژی مانند فتوسنتز و تنفس مختل می‌شود (Khalundi *et al.*, 2017). تأثیر کاربرد EM در افزایش بیوماس تولیدی را می‌توان به وجود هورمون‌های رشد در آن و تأثیر آن‌ها بر جذب و انتقال مواد غذایی در گیاه که موجب افزایش غلظت مواد در برگ شده و در نهایت موجب افزایش ماده خشک گیاه می‌گردد، نسبت داد (Sunarpi *et al.*, 2010). Singh و Pal (۲۰۰۱) در مطالعه خود بر روی گیاه اسفرزه گزارش کردند که تحت سطوح مختلف شوری آب، وزن خشک بوته کاهش معنی‌داری از خود نشان داد که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌راستا است.

بیشترین وزن تر ریشه (۶/۳۰ گرم) مربوط به سطح شوری شاهد و تیمار EM ۲ درصد بود. همچنین، کمترین وزن تر ریشه (۲/۸۲ گرم) در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر و تیمار EM ۱ درصد به‌ثبت رسید (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقادیر وزن خشک ریشه به‌ترتیب در تیمارهای شوری صفر و EM ۲ درصد (۱/۷۰گرم) و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM صفر (۰/۵۵ گرم) مشاهده گردید (جدول ۱). از جمله دلایلی که می‌توان برای کاهش وزن ریشه بیان

نمود این است که از بین رفتن تعادل یونی و تعادل اُسمزی از جمله آثار مخرب شوری به‌حساب می‌آید و ریشه اولین اندامی است که به‌دلیل جذب عناصر به‌طور مستقیم با تنش مواجه می‌گردد (Piri *et al.*, 2016). Safarnejad و Hamidi (۲۰۰۹)، گزارش نمودند که وزن تر ریشه رابطه معکوسی با شدت تنش حاصل از نمک دارد و با افزایش سطح شوری، وزن تر ریشه در گیاه رازیانه کاهش می‌یابد. تنش شوری وزن تر ریشه را در گیاه گشنیز (Noorali *et al.*, 2018; Mohebi *et al.*, 2023) و گیاه دارویی مورد (Vafadar *et al.*, 2018) تقلیل داد.کاهش در وزن خشک ریشه گیاه نیز می‌تولند به‌دلیل اختلال در جذب عناصر غذایی لازم برای رشد و کاهش توسعه ریشه‌ای باشد. یکی از اثرات شوری بر رشد گیاهان، اختلال در فراهمی مواد پرورده فتوسنتزی می‌باشد. در این شرایط گیاه نسبت معینی از انرژی خود را صرف نگهداری بافت‌ها می‌نماید و باقی آن نیز صرف مراحل رویشی می‌گردد، لذا به‌طور کلی انرژی کمتری به رشد ریشه اختصاص می‌یابد. از سوی دیگر، کاهش در ماده خشک ریشه می‌تواند به‌دلیل ارتباط مستقیم با منبع شوری نیز باشد (Asadi Nasab *et al.*, 2013). نتایج مشابهی بر روی گیاه مرزه توسط Najafi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش گردید.

**جدول ۱- برهمکنش تنش شوری و کود EM بر برخی از صفات مورفولوژیکی گیاه مرزه**

**Table 1- Interaction of salt stress and EM fertilizer on some of morphological traits of savory plant**

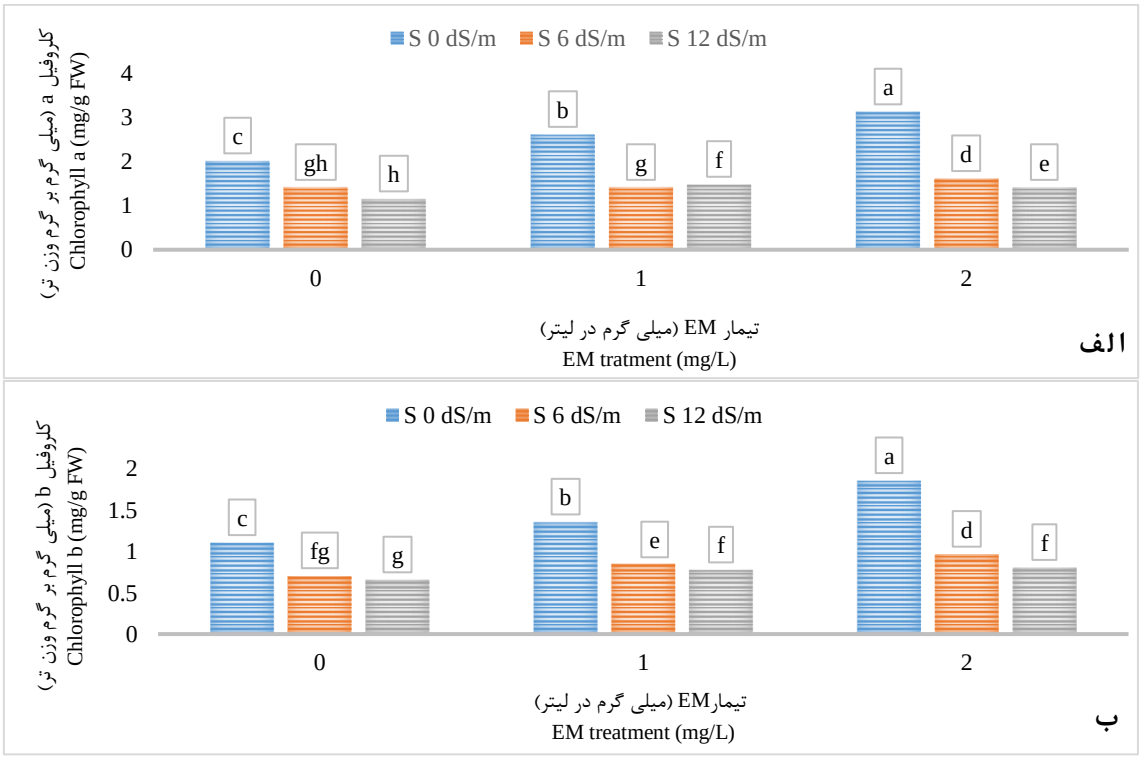
| شوری (دسی-زیمنس بر متر) Salinity (dS/m) | کود EM (٪) EM fertilizer (%) | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm) | عملکرد تر (گرم) Fresh yield (g) | عملکرد خشک (گرم) Dry yield (g) | وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g) | وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 30.7 c | 12.1 c | 3bc | 4.6 c | 1.10c |
| 0 | 1 | 37.3 b | 13.7 b | 3.49 b | 5.42 b | 1.35 b |
| 0 | 2 | 40.6 a | 16.36a | 4.95a | 6.3 a | 1.7a |
| 6 | 0 | 22.4 e | 6.05 g | 3 de | 3.3 f | 0.8f |
| 6 | 1 | 20.3 f | 8.87e | 2.5f | 3.56 ed | 0.89 e |
| 6 | 2 | 25.45d | 10.5 d | 2.95d | 3.71 d | 0.95d |
| 12 | 0 | 12.4 g | 3.36h | 1.15h | 3.35 h | 0.55i |
| 12 | 1 | 15.2 h | 6.68 g | 1.43 g | 2.82 g | 0.65 h |
| 12 | 2 | 20.4 f | 7.61f | 1.65 g | 3.03g | 0.78g |

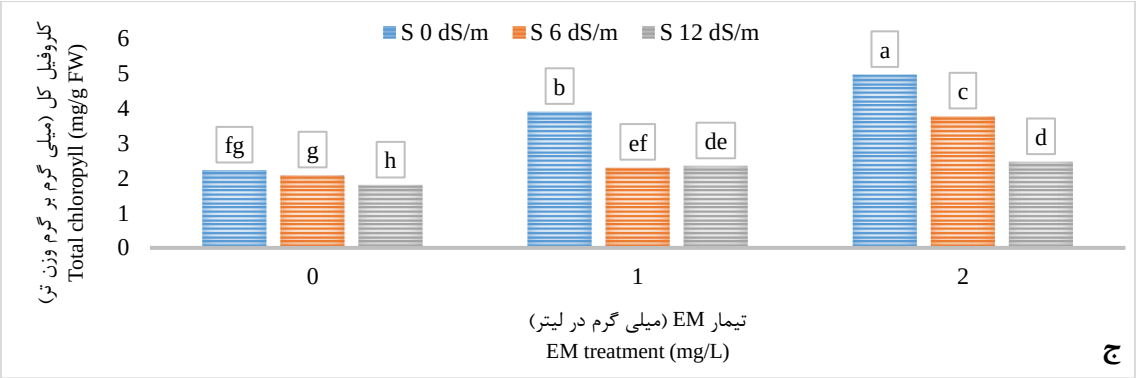
حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها براساس آزمون دانکن است (سطح احتمال ۵ درصد).

In each column, different letters indicate significant difference between means based on Duncan's test (at 5 % probability level)

بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل (به‌ترتیب با میانگین ۳/۱۱، ۱/۸۵ و ۴/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب تیماری شوری سطح شاهد و EM ۲درصد به‌ثبت رسید. کمترین مقادیر این رنگیزه‌ها (به‌ترتیب با میانگین ۱/۱۴، ۰/۶۵ و ۱/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ترکیب تیماری شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد EM حاصل گردید (شکل ۱ الف، ب و ج). کلروفیل رنگدانه‌ای است که مسئولیت اصلی آن دریافت انرژی نورانی برای استفاده در فتوسنتز است. کاهش کلروفیل برگ همراه با افزایش سطح شوری، سبب ناتوانی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید آسیب‌های ناشی از تنش می‌شود (Nematpour *et al.*, 2015). کاهش کلروفیل به احتمال زیاد ناشی از تأثیر تجمع یون‌ها در کلروپلاست می‌باشد. همچنین، تنش شوری از طریق تنش اکسیداتیو نیز باعث تخریب کلروفیل می‌شود (Rezaei Nesab *et al.*, 2017). تنش شوری غلظت برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد همچون اسیدآبسیزیک و اتیلن را افزایش می‌دهد. این

مواد تحریک‌کننده بیوسنتز و فعالیت آنزیم کلروفیلاز هستند و بدین ترتیب تحت شرایط تنش شوری، میزان تجزیه کلروفیل افزایش می‌یابد (Lotfollahi *et al.*, 2015). کاهش غلظت کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند به‌دلیل سست شدن اتصال کلروفیل با پروتئین‌های کلروپلاستی در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم و کلر باشد (Nematpour *et al.*, 2015). از دلایل دیگر کاهش کلروفیل تحت تنش شوری می‌توان به کاهش ضخامت غشای تیلاکوئید، تخریب کلروپلاست‌ها، تورم گراناها و تیغه‌های گرانایی اشاره کرد (Nematpour *et al.*, 2015). تحت تنش شوری، میزان یون‌های $Na^+$ و $Cl^-$ افزایش یافته و در سطوح بالای شوری به حد سمیت می‌رسد. در ادامه، کاهش جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم، کلسیم و منیزیم رخ داده که می‌تواند یکی دیگر از دلایل کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش شوری باشد (Askari *et al.*, 2013). از آنجا که گلوتامات ترکیب اولیه‌ی پرولین و کلروفیل می‌باشد، به‌نظر می‌رسد بیشتر به تولید پرولین اختصاص می‌یابد و به‌همین دلیل مقدار کلروفیل کل کاهش می‌یابد (Rahdari *et al.*, 2012). کود زیستی EM با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، کاهش pH و افزایش جذب عناصر غذایی مانند آهن، منیزیم و منگنز که در سنتز کلروفیل نقش مهمی دارند، می‌تواند باعث افزایش میزان کلروفیل گردد (Gorski & kleiber, 2010). در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش کلروفیل گیاه دارد. می‌توان چنین بیان کرد که EM باعث جذب عناصر از جمله نیتروژن و به‌دنبال آن افزایش کلروفیل گیاه می‌شود (Lotfollahi *et al.*, 2015). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل برگ‌های زیتون (Seilspour *et al.*, 2016)، بابونه شیرازی (Lotfollahi *et al.*, 2015)، یولاف (Zaho *et al.*, 2007) و کاهو (Han & Lee, 2005) گردید که نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند.

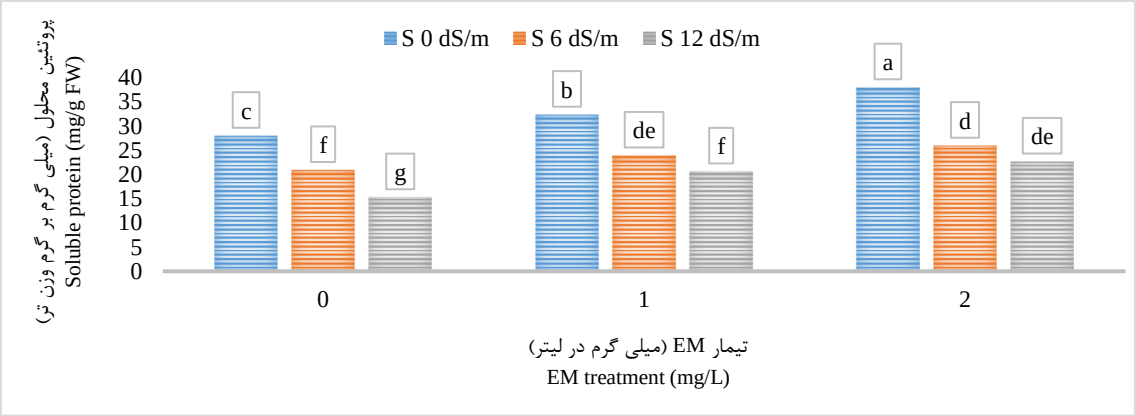





**شکل ۱- برهمکنش تنش شوری و کود EM بر محتوای کلروفیل a (الف)، b (ب) و کل (ج) گیاه مرزه. S: شوری. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها براساس آزمون دانکن است (سطح احتمال ۵ درصد)**

**Figure 1- Interaction of salt stress and EM fertilizer on chlorophyll a (a), b (b) and total chlorophyll (c) content of savory plant. S: salinity. Different letters indicate significant difference between means based on Duncan's test (at 5 % probability level)**

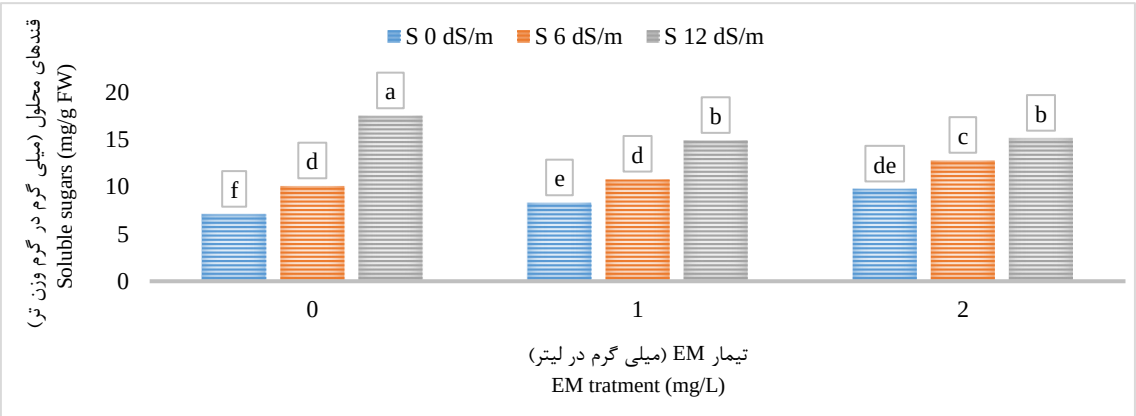
نتایج مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش تنش شوری از میزان پروتئین‌های محلول کاسته شده است. بیشترین میزان این صفت در شوری سطح شاهد و EM ۲ درصد (با میانگین ۳۸/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد، درحالی که کمترین میزان این صفت در شوری سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM سطح شاهد (با میانگین ۱۵/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌ثبت رسید (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد کاهش پروتئین‌های محلول گیاه تحت شرایط تنش شوری به‌سبب کاهش جدی نرخ فتوسنتز باشد. فتوسنتز در شرایط شوری کاهش می‌یابد و مواد ضروری برای سنتز پروتئین‌ها تأمین نمی‌شود. تنش شوری از طریق تقویت فرآیند پروتئولیز، مقدار پروتئین‌های بافت گیاهی را کاهش می‌دهد. شوری با اثر بازدارندگی بر فعالیت تراس آمیناسیون سبب تقلیل سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها می‌شود. انواع گونه‌های فعال اکسیژن تولیدشده تحت تنش شوری ممکن است سبب تجزیه و اکسیداسیون پروتئین‌ها شوند. همچنین کاهش در محتوای پروتئین می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و گلومین ۲-اگزالوگلوتارات آمینوترانسفراز تحت چنین شرایطی باشد (Rezaei Nasab *et al.*, 2018). نتایج مشابهی از کاهش پروتئین‌های محلول تحت شرایط تنش شوری در گیاه نخود گزارش شده است (Qarbanli *et al.*, 2002). گیاهان تحت تیمار ریزموجودات از روابط آبی و تغذیه‌ای بهتری برخوردار می‌باشند و قادرند شرایط تنش را بهتر تحمل کنند که نتیجه آن بهبود تولیدات فتوسنتزی می باشد (Shokouhian *et al.*, 2016).




**شکل ۲- برهمکنش تنش شوری و کود EM بر محتوای پروتئین محلول گیاه مرزه. S: شوری. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها براساس آزمون دانکن است (سطح احتمال ۵ درصد)**

**Figure 2- Interaction of salt stress and EM fertilizer on soluble protein content of savory plant. S: salinity. Different letters indicate significant difference between means based on Duncan's test (at 5 % probability level)**

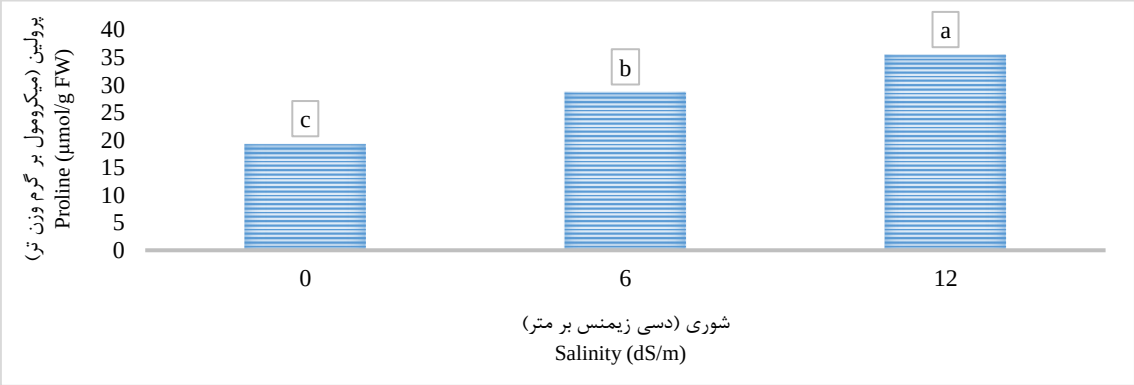
با افزایش سطح تنش، میزان قندهای محلول افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین میزان این صفت در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و EM سطح شاهد (با میانگین ۱۷/۴۳میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میزان این صفت در سطوح شاهد تنش شوری و تیمار EM (با میانگین ۷/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست‌آمد (شکل ۳). علت تجمع قندهای محلول تحت شرایط تنش شوری این است که نشاسته تجزیه شده و قندهای محلول را تولید می‌کند تا پتانسیل اُسمزی حفظ شده و خطر دهیدراته شدن کاهش یابد. علاوه بر این، تحت شرایط تنش، کاهش مصرف قند به‌دلیل کاهش نرخ فتوسنتز نیز می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش قندهای احیاکننده در سلول باشد (Rezaei Nasab *et al.*, 2018). در مطالعه‌ای مشاهده شد که تنش شوری موجب تولید قندهای محلول در گیاهان می‌شود (Karimi *et al.*, 2016). کودهای زیستی نیز باعث بهبود شرایط رشدی گیاهان شده و این امر گیاهان را قادر می‌سازد تا شرایط تنش را بهتر تحمل کنند که نتیجه آن افزایش سطح تولیدات فتوسنتزی از جمله قندها می‌باشد (Shokouhian *et al.*, 2016).




**شکل ۳- برهمکنش تنش شوری و کود EM بر محتوای قندهای محلول گیاه مرزه. S: شوری. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها براساس آزمون دانکن است (سطح احتمال ۵ درصد)**

**Figure 3- Interaction of salt stress and EM fertilizer on soluble sugars content of savory plant. S: salinity. Different letters indicate significant difference between means based on Duncan's test (at 5 % probability level)**

بیشترین میزان پرولین در بالاترین سطح تنش شوری (با میانگین ۳۵/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) به‌ثبت رسید و کمترین میزان آن نیز مربوط به تیمار شاهد (با میانگین ۱۹/۲۳ میکرومول بر گرم وزن تر) بود (شکل ۴). با افزایش سطح تنش شوری میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر تنش شوری بر تجمع پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی نظیر چغندرقند و گوجه‌فرنگی گزارش شده‌است (Wanichan *et al*., 2003). تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین در گیاه بادرشبو (Ismailpour *et al*., 2022) و گیاه فلفل (Khorasaninejad *et al*., 2010) گردید. تحت تنش شوری، پروتئین تجزیه شده و در نتیجه میزان اسیدهای آمینه به‌خصوص پرولین افزایش می‌یابد. پرولین ماده‌ای محلول است که باعث افزایش فشار اُسمزی سلول، حفظ آماس سلولی، پایداری پروتئین‌ها و در نهایت حفاظت از غشا می‌گردد. میزان پرولین در سلول و در شرایط عادی بسیار اندک است و سطوح مختلف شوری باعث افزایش سنتز پرولین و تجمع آن در سیتوپلاسم می‌شود (Rahdari *et al*., 2012).




**شکل ۴- تأثیر تنش شوری بر محتوای پرولین گیاه مرزه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها براساس آزمون دانکن است (سطح احتمال ۵ درصد)**

**Figure 4- Effect of salt stress on proline content of savory plant. Different letters indicate significant difference between means based on Duncan's test (at 5 % probability level)**

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تحت شرایط تنش شوری، گیاهان تغذیه‌شده با کود زیستی EM رشد بهتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. این گیاهان در محیط شور، بدلیل افزایش نرخ جذب و بهبود فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی، به تنش شوری تحمل بیشتری نشان دادند، به‌طوری که بیشترین مقادیر صفات رویشی و بیوشیمیایی در گیاهان تیمارشده با EM ۲ درصد تحت سطح شاهد تنش شوری، و کمترین مقادیر در گیاهان شاهد تحت بالاترین سطح تنش شوری به‌ثبت رسید.

## References


- Aghai, K., Talai, N., Kanani, M., Yazdani, M. (2014). Effect of salt stress on some physiological and biochemical parameters of two salvia species. *Journal of plant process and function*, 3(9), 85-96.
- Archangi, A., Khodambashi, M. (2014) . Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil. *Plant under hydroponic conditions*, 17(1), 125-138.
- Arnon D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol

oxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Asadi Nasab, N., Hasibi, P., Roshanfekr, H.A., Maskarbashi, M. (2013). Investigating changes in photosynthesis and respiration in different sugar beet genotypes under salinity stress. *Plant Products*, 35(1), 55-69. (In Farsi)
- Askari, M., Maqsoudi Maud, A.A., Safari, V.R. (2013). Investigating the physiological characteristics and yield of corn hybrids under salinity stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*. 2(9), 93-103. (In Farsi)
- Avis, T.J., Gravel, V., Arrtoun, H., Tweddell, R. J. (2008). Multifaceted beneficial effects of rhizsphere microorganism on plant health and productivity. *Soil biology and biochemistry*, 40(7), 1733-1740.
- Bates l., Waldren P. P., Teare J. D. (1973). Rapid determination of the free praline of water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
- Bradford, M. M. (1974). A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1), 248-254.
- Dehghan, A., Rahimmalek, M. (2018). The effect of salt stress on morphological traits and essential oil content of Iranian and foreign yarrow *(Achillea milefolium* L.) genotypes. *Journal of Science and technology of greenhouse culture*. 9(2), 23-38.
- Fanai, S., Nejatzadeh, F. 2017. Investigating the role of seed priming in modulating the effect of salinity stress in savory medicinal plants. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 7(28) 47-41. (In Farsi)
- Fereres, E., Cruz-Romero, G., Hoffman, G. J., Rawlings S. (1979). Recovery of orange trees following severe water stress. *Journal of Applied Ecology*, 16, 833-842
- Gorski, R., Kleiber, T. 2010. Effect of effective microorganism (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of rose and gerbera. *Ecological chemistry and engineering*, 17(4), 505-513.
- Hakimi, L., Masoumi Guderzi, M. (2020). The effect of the extraction method on the amount of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity of Oramani savory extract, *Plant Products*, 43(1), 128-119. (In Farsi)
- Han, H.S., Lee, K.D. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(3), 210-215.
- Heydari, F., Jalilian, J., Qolinejad, A. (2020). The role of foliar application of nano-fertilizers in modulating the negative effects of salinity stress in quinoa. *Journal of Crops Improvement*, 22(4), 587-600. (In Farsi)
- Hosseini, H., Mousavifar, S., Fatehi, F., Qadri, A. (2016). Phytochemical changes and morpho-physiological traits of garden thyme medicinal plant under salt stress. *Journal of Medicinal Plants*. 16, 22-33. (In Farsi)
- Irji Marshak, M., Moghadam, M. (2020). The effect of mycorrhizal fungi on the growth characteristics and nutrient absorption of Mexican parsley medicinal plant under salt stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 13(3), 982-969. (In Farsi)
- Ismailpour, B., Sheikh Alipour, M., Torabi Giglo, M. (2022). The effect of nano-silicon on the growth, physiological and biochemical characteristics of Badrashbo under salinity stress conditions. *Horticultural Sciences of Iran*, 52(3),

661-647. (In Farsi)
- Jahanban, L., Lotfifar, A. (2013). Investigating the effect of using effective microorganisms (EM) on the efficiency of chemical and organic fertilizers in fodder corn cultivation (*Zea maize* S.C704). *Plant Production Technology*, 3(2), 43-52.
- Javid, A., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Sanavy, S.A.M.M., Allahdadi, I. (2011). The role of phyto-hormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 726-734.
- Karimi, Q., Ghorbani, M.L., Heydari Sharifabad, H., Asare, M.H. (2016). Investigating the mechanisms of salinity resistance in the pasture species *Atriplex verrucifera*. *Research and Development in Natural Resources*, 73, 42-48. (In Farsi)
- Khalundi, M., Amrian, M.R., Pirdashti, H.A., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A. (2017). The effect of *Piriformopora indica* symbiosis on the amount of essential oil and some physiological traits of mint medicinal plant under salt stress. *Iranian Journal of Biology*, 9(32), 1-20. (In Farsi)
- 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, 1403-1407.
- Lotfollahi, L., Torabi Gol Sefidi, H., Amiri, H. (2015). Investigating the effect of different salinity levels on proline, photosynthetic pigments and relative humidity of German chamomile medicinal plant leaves in hydroponics, *Journal of Plant Production*, 22(1), 104-89. (In Farsi)
- Mancarella, S., Orsini, F., Vanosten, M.J., Sanoubar, R., Stanghellini, C., Kondo, S., Gianguinto, G., Maggio, A. (2016). Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stresses *Ocimum basilicum*. *Enviromental and Experimental Botany*, 130, 162-173.
- Mirtahri, S., Siadat, A., Najafi, M., Fathi, Q., Alami Saeed, Kh. (2010). Effect of drought stress on dry matter transfer in five varieties of bread wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 8(2), 314-308. (In Farsi)
- Mohebi, A., Khodadadi,M., Rafezi, R., Mousavi, S.H. (2023). Study of the effect of salinity stress on morpho-physiological traits in melon (*Cucumis melo* L.) *Journal of Vegetables Science*, 6(12), 147-158. (In Farsi)
- Munns, R., James, R.A., Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043.
- Najafi, F., Khanvari nejad, R.A., Siah Ali, M. (2010). The effect of salt stress on certain physiological parameters in summer savory *Satureja hortensis* L. plant. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6, 13-21.
- Nematpour, A., Kazemini, S.A.R., Adalat, M. (2015). Effect of salinity stress on some physiological characteristics and growth of two varieties of sweet corn. *Journal of Plant Production Technology*, 15(20 165-153. (In Farsi)
- Noorali, E., Nadian, H., Jafari, S., Heidari, M. (2018). Effect of salinity and cadmium on some micro nutrient growth and micronutrient absorption by coriander. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(3), 737-748.
- Parida, A.K., Das, A.B., Sanada, Y., Mohanty, P. (2004). Effect of

salinity on biochemical components of the mangrove. *Journal of Aquatic Botany*, 80(2), 77-87.
- Piri, A., Herati, A., Tosli, A., Babaian, M. (2016). Evaluation of rosemary yield with manure levels under salinity stress conditions. *Journal of Crop Eco Physiology*, 10(4), 974-959. (In Farsi)
- Piri, E., Harati, A., Tavassoli, A., Babaeian, M. (2017). Effect of using different levels manure on quality and quantity of Rosemary under salt stress condition. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(4), 959-974. (In Farsi)
- Pourian, M.A., Davarinejad, G.H., Selahvarzi, Y. (2015). The effect of EM biofertilizer on photosynthetic responses, proline and nitrogen concentration of pomegranate under salinity stress. *Journal of Plant Production Research*, 21(2), 139-151. (In Farsi)
- Qarbanli, M., Novjavan, M., Heydari, R., Farbudnia, T. (2002). Changes of soluble sugars, starch and proteins due to stress dryness in two cultivars of Iranian chickpea (*Arietinum Cicer* L.). *Science Journal*, 1, 38-53. (In Farsi.
- Rahdari, P., Tavakoli, S., Hosseini, S.M. (2012). Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in purslane leaves. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8(1), 182-193.
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heydari, G.Y., Pirzad, A.R. (2011). The effect of using biological fertilizers on some morphological traits and yield of *Dracocephalum moldavica* medicinal plant. *Horticultural Sciences*, 25(3), 343-335. (In Farsi)
- Rezaei Nasab, F., Pazaki, A.R., Manem, R. (2018). Effect of foliar application of salicylic acid and jasmonic acid on soluble sugars, proline and enzymes of lavender under salt stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1), 59-169. (In Farsi)
- Rostami, M., Mohammadparast, B., Gulfam, R. (2020). Effect of different levels of salinity stress on some physiological characteristics of saffron plant. *Iranian Journal of Agronomy and Technology*, 3, 179-193. (In Farsi)
- Safarnejad, H., Hamidi, H. (2009). Investigating the morphological characteristics of fennel under salt stress. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research.* 16(1), 140-125. (In Farsi.
- Salimi, F., Shekari, F. (2012). The effects of methyl jasmonate and salinity on some morphological characters and flower yield of German chamomile. *Journal of Integrative Plant Biol*ogy, 4(11), 27-38.
- Seilspour, M., Golchin, A., Roozban, M.R. (2016). Evaluation of salt tolerance in two olive rootstocks based on growth characteristics and regression analysis to salinity. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 6(2), 83-100.
- Setayesh Mehr, Z., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. (2013). Effect of salt stress on some physiological and biochemical characteristics in *Corianum sativum* L., *Plant Productions*, 20(3), 111-128. (In Farsi)
- Shlegl H.G. (1986). Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Plant Sciences*, 41, 47-51.
- Shokouhian, A.A., Davarinejad, G.H., Tehranifar, A., Imani, A., Rasulzadeh, A. (2013). The effect of effective microorganisms under water stress conditions on the formation of flower buds of two almond genotypes. *Journal of*

*Horticultural Sciences*, 27(2), 226-217. (In Farsi)
- Shokouhian, A.A., Davarynejad, Gh., Tehranifar, A., Rasoulzadeh, A., Imani, A. (2016). Evaluation the effects of water stress and effective microorganisms on biochemical properties of almond vegetative rootstocks. *Journal of Crop Production*, 3(1), 183-214. (In Farsi)
- Shokouhian, A.A., Ainizadeh, Sh. (2018). The effect of effective microorganisms and different levels of nitrogen on the morphological characteristics and yield of strawberries, Paros variety. *Journal of Horticultural Sciences*, 32(1), 52-60. (In Farsi)
- Sodaizade, H., Tajamolian, M., Rafi Al- Hoseini, M. (2016). The effect of integrated fresh and saline water on some morphological characteristics of *Satureja hortensis*, *Crop and Environmental Stress*, 1, 55-65.
- Sun, P.F., Fang, W.T., Shin, L.Y., Wei, J.Y., Fu, S.F., Chou, J.Y. (2014). Indole-3- Acetic acid producing yeasts in the philosophers of the carnivorous plant *Drosera indica* L. *Plos One*, 9(12), 114-196.
- Sunarpi, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N.I., Nikmatullah, A. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience*, 2(2), 73-77.
- Tahami, S.M.K., Rezvani Moghadam, P., Jahan, M. (2010). Comparison the effect of organism and chemical fertilizer on yield and essential oil percentage of basil, *Journal of Agroecology*, 2, 70-82.
- Timuri, A., Jafari, M. (2010). Investigating the effect of salinity stress on some morphological and anatomical characteristics of three *Salsula* species. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 1(17), 21-34. (In Farsi)
- Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M.R., Nikbakht, A. (2018). Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle. *Journal of Plant Process and Function*, 7(23), 33-46.
- Wanichan, P., Kirdmanee, C., Untyano, C. (2003). Effect of salinity to biochemical and physiological characteristics in correlation to select of salt tolerance in aromatic rice (*Oriza sativa*). *Science Asia*, 29, 333-339.
- Zaho, G., Mab, B.L., Ren, C.Z. (2007). Growth, gas exchanges, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in responses to salinity. *Crop Science*, 47, 123-131.