

اثر ورمی کمپوست بر پراکسیداسیون لیپیدی غشاء و برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی جمعیت‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش شوری

Effect of Vermicompost on Membrane Lipid Peroxidation and Some Morphophysiological Characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Landraces under Salt Stress

عبدالله بیک خورمیزی^۱، سیاوش حسینی سرقین^{۲*}، محمدرضا سرافراز اردکانی^۳، سیدمحمد مشتاقیون^۳ و سیدموسی موسوی کوهی^۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۱۳

(مقاله پژوهشی)

چکیده

به منظور بررسی برهم کنش کود ورمی کمپوست و کلرید سدیم بر برخی از ویژگی‌های گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح شوری (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و دو سطح ورمی کمپوست (صفر و ۵ درصد حجمی) بودند که در سه تکرار بر جمعیت‌های رازیانه ارومیه، شیراز، بوشهر و مشهد اعمال گردیدند. گیاهان پنج هفته بعد از کاشت برداشت و برخی از صفات آن‌ها اندازه‌گیری شدند. مطابق با نتایج، کاربرد ورمی کمپوست به صورت معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک، میزان کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئیدها، منیزیم، آهن، فسفات، نیترات، شاخص پایداری غشاء، محتوای نسبی آب و کاهش مالون‌دآلدئید و سایر آلدئیدهای بخش‌هوایی اکثر جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه شد. در مقابل در شرایط تنش شوری (بدون حضور ورمی کمپوست) نتایج عکس به دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر تنش شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر صفت وزن خشک بخش‌هوایی در بین جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه، به ترتیب متعلق به جمعیت‌های مشهد (بیش از دو برابر) و شیراز (حدود ۵۸ درصد) بود. باین وجود، نتایج برهم‌کنش ورمی کمپوست و شوری حاکی از آن بود که در تیمار ورمی کمپوست، وزن خشک بخش‌هوایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، عناصر معدنی، شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب رازیانه در حضور برخی از سطوح شوری افزایش معنی‌داری نشان دادند. هم‌چنین در این شرایط مالون‌دآلدئید و سایر آلدئیدها کاهش یافتند. با کاربرد ورمی کمپوست در مواجهه با شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، وزن خشک بخش‌هوایی جمعیت شیراز بیش از دو برابر افزایش یافت که بیش‌ترین افزایش این صفت در بین جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء، تنش غیرزیستی، توده‌های رازیانه، کشت آرگانیک

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۴. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

* نویسنده مسئول Email: s.hosseini@urmia.ac.ir

این مقاله مستخرج از رساله‌ی دکتری نویسنده اول به راهنمایی سیاوش حسینی سرقین می‌باشد.

رازیانه^۱ گیاهی دوساله متعلق به خانواده چتریان است که ممکن است تا دو متر رشد کند (ایوب^۲ و همکاران، 2008). این گیاه دارویی در قسمت‌های مختلف جهان مانند اروپا، چین، هند، ایران و پاکستان تولید می‌شود. رازیانه ایرانی کوچک‌تر از رازیانه اروپایی و هندی است (احمد^۳ و همکاران، 2004). از برگ‌های رازیانه به‌عنوان سبزی، از دانه‌ها به‌عنوان ادویه و جهت استخراج اسانس و از گل‌ها و برگ‌های آن جهت ساخت رنگ‌های زرد و قهوه‌ای استفاده می‌شود (مالهترا^۴، 2012). به‌دلیل استفاده در صنایع مختلف تقاضا برای دانه رازیانه و اسانس آن در بازار جهانی به‌سرعت در حال افزایش است و این موضوع نیاز به توسعه ارقامی با عملکرد بالا دارد (دشور^۵ و همکاران، 2003). گیاه رازیانه دارای جمعیت‌های مختلفی است. صفایی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی صفات مختلف مورفوفیزیولوژیکی دوازده ژنوتیپ رازیانه (ازجمله ژنوتیپ‌های ارومیه، شیراز، بوشهر و مشهد) را بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که این صفات بین جمعیت‌های مختلف رازیانه تفاوت معنی‌داری دارد. کاهش کیفیت منابع آب، موجب شور شدن خاک‌های زراعی گردیده و شوری به یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و تولید گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا تبدیل شده است (کایا^۶ و همکاران 2009؛ بقالیان^۷ و همکاران 2008). متأسفانه روند شور شدن زمین‌های کشاورزی سبب کاهش زمین‌های مناسب برای کشت تا ۳۰ درصد در ۲۵ سال آینده و تا ۵۰ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد شد (بهمنی^۸ و همکاران، 2015). شوری با ایجاد سمیت در خاک و برهم زدن تعادل مواد غذایی محلول، ممکن است بر رشد محصولات کشاورزی تأثیر بگذارند (هفسی^۹ و همکاران، 2007). اصلاح ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در زمین‌های شور، ممکن است با استفاده از آب با کیفیت، استفاده منطقی از کودها و شیوه‌های کشت مناسب فراهم شود (گراتان و آستر^{۱۰}، 2003). بنابراین نیاز است به‌دنبال روشی جهت بهبود تحمل گیاهان به تنش شوری باشیم. یکی از بهترین این روش‌ها استفاده از کود ورمی کمپوست می‌باشد.

ورمی کمپوست، نوعی کمپوست است که به‌وسیله کرم خاکی تولید می‌شود و دارای فواید زیادی می‌باشد. ازجمله این

که حاوی میکروارگانیسم‌های هوازی مفید (مانند ازتوباکترها) و عاری از باکتری‌های غیرهوازی، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های پاتوژن است. از زهکشی مناسب و ظرفیت زیاد تهویه و نگه‌داری بالای آب برخوردار است. هم‌چنین حاوی هومات می‌باشد که تأثیری مشابه با تنظیم‌کننده‌های رشد بر گیاهان دارند (آتییه^{۱۱} و همکاران، 2002). ورمی کمپوست با دارا بودن تنوع زیستی میکروبی وسیع و فعال نسبت به کمپوست‌های تولید شده در فرایند حرارتی، به‌عنوان پالاینده و اصلاح‌کننده مهم خاک به کار گرفته می‌شود (آرانکون^{۱۲} و همکاران، 2004). بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی، هم‌چنین عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز، به فرمی که به‌آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترس است، از مزایای ورمی کمپوست می‌باشد (آتییه^{۱۳} و همکاران، 2000). مطالعات نشان داده است که ورمی-کمپوست در شرایط بدون تنش و تنش شوری، سبب بهبود رنگ ریزه‌های فتوسنتزی، روابط آبی و جذب یونی گیاهان می‌شود. به‌عنوان نمونه، ورمی کمپوست سبب افزایش شاخص کلروفیل و میزان فتوسنتز گیاه دارویی به‌لیمو شده است (اصغری و همکاران، ۱۳۹۵). این محققان بیان کردند که مصرف ورمی کمپوست با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها می‌شود. هم‌چنین گزارش شده در شرایط تنش شوری، کاربرد ورمی کمپوست، غلظت نیتروژن، فسفر، آهن و منیزیم را در اندام هوایی اسفناج افزایش داد (شیخی و رونقی، ۱۳۹۲). در حضور ورمی کمپوست، بهبود شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب گیاهچه‌های لوبیا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری گزارش شده است (بیک خورمیزی و همکاران، ۱۳۹۲).

از آنجا که رازیانه یک گیاه نسبتاً حساس به تنش شوری است (سمیز^{۱۴} و همکاران، 2012) و از طرفی به‌دلیل افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی ازجمله رازیانه و نظر به این‌که تنش شوری یکی از مشکلات عمده در بخش کشاورزی کشور می‌باشد، لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی بهبود تحمل به شوری چهار جمعیت رازیانه با اندازه‌گیری زیست‌توده و برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی این گیاه در حضور کود آلی ورمی کمپوست انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چهار جمعیت های رازیانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل

1. *Foeniculum vulgare* Mill
2. Ayub
3. Ahmad
4. Malhotra
5. Dashora
6. Kaya
7. Baghalian
8. Bahmani
9. Hafsi
10. Grattan and Oster

11. Atiyeh

12. Arancon

13. Atiyeh

۱۴. Semiz

در این رابطه‌ها Chla مقدار کلروفیل a، Chlb مقدار کلروفیل b، Chlt مقدار کلروفیل کل، Car مقدار کاروتنوئید، v حجم نهایی عصاره در استون و w وزن تازه بافت برای عصاره گیری برحسب گرم می‌باشد.

میزان عناصر منیزیم و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل NOVA 300، محتوای نیترات با استفاده از روش گزینگی^۲ و همکاران (2006) و محتوای فسفات از روش مینوچا^۳ و همکاران (1994) تعیین شدند. برای تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی، ۰/۱ گرم از برگ گیاهان برداشت شده از هر تیمار، توزین و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک گروه از لوله‌ها، به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۰°C و گروه دیگر لوله‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰°C قرار گرفتند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه EC meter (مدل Jenway) اندازه‌گیری شد و سپس شاخص پایداری غشاء از معادله ۵ به دست آمد (سایرام و ساکسنا^۴، 2000).

$$MSI = [1 - (C_1/C_2)] \times 100 \quad \text{معادله ۵}$$

در این معادله، MSI = شاخص پایداری غشاء، C₁ = هدایت الکتریکی نمونه در بن‌ماری ۴۰°C به مدت ۳۰ دقیقه، C₂ = هدایت الکتریکی نمونه در بن‌ماری ۱۰۰°C به مدت ۱۰ دقیقه.

غلظت مالون‌دآلدهید (هیاس و پاکر^۵، 1969) و سایر آلدیها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی متیل استال) (میرس^۶ و همکاران، 1992) با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند. جهت این کار ۰/۲ گرم از بافت‌تر اندام گیاهی با پنج میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد سائیده شد. عصاره حاصل به مدت پنج دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتیفریوژ شد. سپس به یک میلی لیتر از محلول رویی، چهار میلی لیتر محلول ۲۰ درصد TCA که حاوی ۰/۵ درصد تیوباریوتیک اسید بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت نیم ساعت در حمام آب گرم ۹۵°C قرار داده شد و سپس سریعاً در یخ سرد شد. این مخلوط دوباره به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ سانتیفریوژ شد. شدت جذب محلول روئی در طول موج‌های ۵۳۲، ۶۰۰ و ۴۵۵ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷ میزان مالون‌دآلدهید و سایر آلدیها بر حسب نانومولار بر گرم وزن تر گزارش شد.

تصادفی با سه تکرار، مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل سه فاکتور: ۱- جمعیت‌های رازیانه ارومیه، شیراز، بوشهر و مشهد، ۲- تیمار شوری ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار بر لیتر کلرید سدیم که به ترتیب معادل ۰، ۳/۶۵۲، ۷/۳۰۵ و ۱۰/۹۵۷ دیسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و ۳- دو نسبت حجمی صفر و ۵ درصد ورمی‌کمپوست و خاک لوم-رسی بودند. بذرها را رازیانه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند و بعد از خیساندن در آب به مدت یک شبانه‌روز، در پنج قسمت از گلدان‌هایی با ابعاد ۱۴*۱۷ سانتی متر و دارای زیرگلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یزد کشت شدند. تجزیه شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده (که در بستر کود گاوی و با استفاده از کرم *Eisenia foetida* در مدت شش ماه در منطقه نصرآباد شهرستان تفت استان یزد تولید شده بود) در جدول ۱ ارائه شده است. گلدان‌های یک و نیم کیلویی به مدت سه هفته تا سبز شدن با آب مقطر (بدون سطوح شوری و هدایت الکتریکی نزدیک صفر) و سپس مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف شوری) بر اساس ظرفیت زراعی آبیاری شدند (در طول آزمایش پنج مرحله آبیاری انجام شد که سه دفعه با آب مقطر و دو مرحله با اعمال تیمارهای شوری همراه بود). بعد از گذشت پنج هفته از زمان کاشت، بخش‌هایی گیاهان جدا شد و سپس برخی از صفات بخش‌هایی جمعیت‌های رازیانه (وزن خشک بخش‌های، رنگدانه‌های فتوسنتزی، میزان عناصر منیزیم و آهن، میزان نیترات، فسفات، شاخص پایداری غشاء، آلدیها و محتوای نسبی آب برگ) اندازه‌گیری گردید. وزن خشک بخش‌هایی با ترازیابی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش لیچتن‌تالر^۱ (1987) تعیین شدند. این رنگدانه‌ها با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج گردید و جذب نوری محلول حاصله پس از سانتریفیوژ شدن در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. غلظت این رنگدانه‌ها با استفاده از معادله‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ و برحسب میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید.

$$Chla = 12.21 A_{663} - 2.79 A_{647} \times (v/1000w) \quad \text{معادله ۱}$$

$$Chlb = 21.21 A_{647} - 5.1 A_{663} \times (v/1000w) \quad \text{معادله ۲}$$

$$Chlt \text{ (total)} = Chla + Chlb \quad \text{معادله ۳}$$

$$\text{معادله ۴}$$

$$Car = (1000 A_{470} - 1.8 Chla - 85.02 Chlb) / 198 \times (v/1000w)$$

2. Xiong
3. Minocha
4. Sairam and Saxena
5. Heath and Packer
6. Meirs

1. Lichtenthaler

$$\text{معادله ۶} \quad \text{MDA} = (A532 - A600/156) \times 10^6$$

$$\text{معادله ۷} \quad \text{Other Aldehydes} = (A455 - A600/45700) \times 10^9$$

به منظور تعیین محتوای نسبی آب موجود در برگ، مقدار معینی از برگ گیاهان برداشت شده از هر تیمار، به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس برگ‌ها از آب خارج و سطح آن‌ها با دستمال کاغذی خشک شد و مجدداً وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد، برگ‌ها در 70°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن آن‌ها نیز محاسبه شد. محتوای نسبی آب با استفاده از معادله ۸ بدست آمد (بیان و ژیانگ، ۲۰۰۸).

$$\text{معادله ۸} \quad \text{RWC} = (\text{FW}-\text{DW}/\text{TW}-\text{DW}) \times 100$$

در این معادله RWC = محتوای نسبی آب، FW = وزن تر برگ، DW = وزن خشک برگ و TW = وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است

تجزیه آماری داده‌ها بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه دانکن، در سطح احتمال خطای ۵ درصد ($P \leq 0.05$) استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) ورمی کمپوست بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و وزن خشک بخش‌هایی جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه در مواجهه با سطوح مختلف شوری بود (جدول ۲).

اثر ورمی کمپوست و تنش شوری بر میزان کلروفیل

نتایج تأثیر توأم ورمی کمپوست و تنش شوری بر میزان کلروفیل حاکی از آن بود که با کاربرد ورمی کمپوست در تمام سطوح شوری مورد بررسی، میزان کلروفیل a در هر چهار جمعیت رازیانه به صورت معنی‌داری افزایش یافت (به جز در جمعیت شیراز در مواجهه با شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl). در این شرایط، در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، بیش‌ترین افزایش این صفت (۵۰ درصد) در جمعیت بوشهر مشاهده شد. در تیمار ورمی کمپوست، میزان کلروفیل b در جمعیت‌های شیراز و مشهد در تمام سطوح شوری مورد مطالعه، در جمعیت ارومیه در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار NaCl و در جمعیت بوشهر در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl به صورت معنی‌داری افزایش یافت. در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl

بیش‌ترین تأثیر ورمی کمپوست بر این صفت در جمعیت شیراز مشاهده شد (بیش از دو و نیم برابر). هم‌چنین با کاربرد ورمی کمپوست، میزان کلروفیل کل در جمعیت‌های شیراز، بوشهر و مشهد در تمام سطوح شوری مورد بررسی و در جمعیت ارومیه در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار NaCl افزایش معنی‌داری نشان داد. بیش‌ترین افزایش این صفت در بالاترین سطح شوری مورد مطالعه (۱۲۰ میلی‌مولار NaCl) در جمعیت بوشهر (حدود ۷۲ درصد) مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ورمی کمپوست (بدون تنش شوری) سبب افزایش معنی‌دار رنگدانه‌های فتوسنتزی رازیانه شد. میزان کلروفیل a هر چهار جمعیت رازیانه مورد مطالعه در حضور ورمی کمپوست به صورت معنی‌دار افزایش یافت. در این شرایط بیش‌ترین میزان کلروفیل a مربوط به رازیانه ارومیه بود که تفاوتی با جمعیت مشهد نداشت. هم‌چنین بیش‌ترین تأثیر ورمی کمپوست نسبت به شرایط عدم کاربرد این کود بر میزان کلروفیل a در جمعیت مشهد (افزایش بیش از دو برابر) مشاهده شد. در حضور ورمی کمپوست، میزان کلروفیل b و کلروفیل کل جمعیت‌های بوشهر و مشهد و میزان کلروفیل کل جمعیت شیراز افزایش معنی‌داری نشان داد، اما میزان این رنگدانه‌ها در رازیانه ارومیه و میزان کلروفیل b در جمعیت شیراز تفاوتی با شاهد نداشت. بیش‌ترین میزان کلروفیل b مربوط به جمعیت بوشهر (که تفاوتی با رازیانه شیراز نداشت) و کلروفیل کل مربوط به جمعیت مشهد (که نسبت به شیراز و ارومیه تفاوت چندانی نداشت) بود. با کاربرد ورمی کمپوست بیش‌ترین افزایش کلروفیل a، b و کل نسبت به شاهد متعلق به جمعیت مشهد بود به طوری که کلروفیل a و کل بیش‌تر از دو برابر و کلروفیل b ۶۵ درصد افزایش نشان دادند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمام سطوح شوری مورد بررسی (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl)، میزان کلروفیل a، b و کل رازیانه شیراز و میزان کلروفیل a و کل جمعیت ارومیه به صورت معنی‌داری کاهش یافت. به طوری که در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، میزان کلروفیل کل جمعیت شیراز بیش از دو برابر و کلروفیل کل جمعیت ارومیه ۴۸ درصد کاهش یافت. میزان کلروفیل a جمعیت بوشهر در ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl و کلروفیل b و کل این جمعیت در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl به صورت چشم‌گیری کاهش نشان دادند (در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، میزان کلروفیل کل این جمعیت حدود ۵۸ درصد کاهش یافت). اما در جمعیت مشهد روند دیگری مشاهده شد به طوری که در ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار NaCl، میزان کلروفیل a، b و کل به صورت معنی‌داری افزایش یافت و در سطح ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده نشد (جدول ۳)

جدول ۱: ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست و خاک

Table 1: Chemical characteristics of vermicompost and soil

نمونه Sample	نیتروژن (درصد) N (%)	اکسید فسفر (درصد) P ₂ O ₅ (%)	اکسید پتاسیم (درصد) K ₂ O (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	آهن (درصد) Fe (%)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) Mn (mg/kg)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m ⁻¹)
ورمی کمپوست Vermicompost	1.54	2.22	1.59	5.2	1.89	1.51	488	7.92	7.68
خاک Soil	0.001	0.00043	0.01364	0.108×10 ⁻⁸	0.75×10 ⁻⁶	0.8×10 ⁻⁵	0.62	8.14	3.81

جدول ۲: نتایج تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها بر رنگدانه‌های فتوسنتزی جمعیت‌های رازیانه

Table 2: Analysis of variance of data on photosynthetic pigments of fennel landraces

وزن خشک بخش هوایی (میلی گرم) Dry weight of shoot (mg)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر) Carotenoids (mg/g FW)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg/g FW)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg/g FW)	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variations
0.002131**	30.509**	164.192**	20.776**	123.502**	3	جمعیت Landrace
0.000978**	20.284**	264.716**	28.358**	143.906**	3	شوری Salinity
0.000017 ^{ns}	16.140**	28.240**	8.738**	13.420**	9	جمعیت × شوری Landrace × Salinity
0.009188**	8.242**	761.542**	54.294**	431.094**	1	ورمی کمپوست Vermicompost
0.000914**	2.396**	48.493**	3.363**	25.615**	3	جمعیت × ورمی کمپوست Landrace × Vermicompost
0.000049*	5.291**	8.456**	1.643**	12.542**	3	شوری × ورمی کمپوست Salinity × Vermicompost
0.000008*	4.502**	10.697**	3.997**	5.339**	9	جمعیت × شوری × ورمی کمپوست Landrace × Salinity × Vermicompost
0.000012	0.188	1.675	0.227	0.677	62	خطا Error

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد

ns, *and **: Non-significant, Significant at 0.05 and 0.01, respectively

جمعیت بوشهر و در شوری ۸۰ میلی مولار NaCl در جمعیت مشهد با کاربرد ورمی کمپوست بود. اما میزان این رنگدانه در جمعیت شیراز تفاوت معنی داری در برهم کنش شوری و ورمی کمپوست نداشت.

اثر ورمی کمپوست و تنش شوری بر میزان کاروتنوئیدها
اثر متقابل شوری و ورمی کمپوست نشان دهنده افزایش معنی دار میزان کاروتنوئیدها در شوری ۴۰ میلی مولار NaCl برای جمعیت ارومیه و در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی مولار NaCl در

جدول ۳: تأثیر برهم کنش ورمی کمپوست و تنش شوری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی جمعیت‌های رازیانه

Table 3: Interaction effect of vermicompost and salinity on photosynthetic pigments of fennel landraces

وزن خشک	کاروتنوئید	کلروفیل کل (میلی)	کلروفیل b	کلروفیل a	شوری (میلی)	ورمی کمپوست	جمعیت
بخش هوایی	(میلی گرم بر	گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر	(میلی گرم بر گرم	مولار (NaCl)	Vermicompost	رازیانه
(میلی گرم)	گرم وزن تر)	Total chlorophyll	گرم وزن تر)	وزن تر)	Salinity (Mm		Fennel
Dry weight of	Carotenoid	(mg/g FW)	Chlorophyll b	Chlorophyll a	NaCl)		landrace
shoot (mg)	(mg/g FW)		(mg/g FW)	(mg/g FW)			
0.0070p	0.4400lm	2.449c	0.5783e-j	1.837c	0		
0.0057r	0.3548n	2.091e	0.5680f-j	1.523de	40	0	
0.0050t	0.6744e-g	1.931ef	0.5688f-j	1.362fg	80		
0.0043u	0.8710ab	1.655g-j	0.5162ij	1.138h-j	120		ارومیه
0.013f	0.5380jk	2.517bc	0.4935j	2.024a	0		Urmia
0.0117h	0.6693e-g	2.563a-c	0.7408bc	1.822c	40	5%	
0.0100i	0.5530ij	2.536bc	0.9389a	1.597d	80		
0.0097j	0.4679kl	1.848fg	0.4058k	1.442ef	120		
0.0100i	0.7284d-f	2.039ef	0.5924e-i	1.447d-f	0		
0.0093k	0.6552e-g	1.537i-l	0.3946k	1.171hi	40	0	
0.0077o	0.5965g-j	1.321lm	0.2327m	1.088i-k	80		
0.0063q	0.5506ij	1.001n	0.1102n	0.8908lm	120		شیراز
0.0230a	0.8529a-c	2.328cd	0.6629de	1.865bc	0		Shiraz
0.0217b	0.7336de	2.171de	0.6114e-g	1.559de	40	5%	
0.0190c	0.6032g-j	1.654g-j	0.3314kl	1.323fg	80		
0.0170d	0.5672h-j	1.306lm	0.3044lm	1.002j-l	120		
0.0090l	0.6319g-i	1.539i-l	0.5780e-j	0.9614kl	0		
0.0083n	0.4498lm	1.469i-l	0.6130e-g	0.8529l-n	40	0	
0.0077o	0.2366o	1.404k-m	0.6540d-f	0.7499mn	80		
0.0043u	0.1009p	0.9734n	0.2674lm	0.7060n	120		بوشهر
0.0153e	0.6441gh	2.165de	0.7015cd	1.464d-f	0		Boushehr
0.0117h	0.5430jk	1.985ef	0.6454d-g	1.339fg	40	5%	
0.0100i	0.5570ij	1.814f-h	0.6361d-g	1.178hi	80		
0.0087m	0.1529p	1.680g-i	0.6222d-g	1.058i-k	120		
0.0083n	0.4238l-n	1.192mn	0.3380kl	0.8540l-n	0		
0.0070p	0.7758cd	1.599h-k	0.5217h-j	1.078i-k	40	0	
0.0053s	0.8057b-d	1.849fg	0.6062e-h	1.243gh	80		
0.0037v	0.3713mn	1.016n	0.3129l	0.7028n	120		مشهد
0.0123g	0.6510fg	2.558a-c	0.5589g-j	1.999ab	0		Mashhad
0.0100i	0.8055b-d	2.747ab	0.7879b	1.960a-c	40	5%	
0.0077o	0.8986a	2.775a	0.9262a	1.848c	80		
0.0070p	0.4004l-n	1.431j-l	0.5249h-j	0.9058l	120		

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$)
Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test ($p \leq 0.05$)

اثر ورمی کمپوست و تنش شوری بر وزن خشک بخش‌هوایی

نتایج اثر متقابل شوری، ورمی کمپوست و جمعیت‌های رازیانه بر وزن خشک بخش‌هوایی نشان داد که این صفت در حضور ورمی کمپوست، در تمام جمعیت‌های رازیانه در مواجهه با سطوح شوری مورد بررسی، به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. در بالاترین سطح شوری مورد مطالعه (۱۲۰ میلی مولار NaCl) بیش‌ترین افزایش این صفت در حضور ورمی کمپوست در جمعیت شیراز (۲/۶۹ برابر) و سپس به‌ترتیب در جمعیت‌های ارومیه (۲/۲۵ برابر)، بوشهر (۲ برابر) و مشهد (۸۹ درصد) مشاهده شد. مطابق با نتایج، وزن خشک بخش‌هوایی جمعیت‌های رازیانه در تیمار ورمی کمپوست (بدون تنش شوری) به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین وزن خشک بخش‌هوایی مربوط به جمعیت شیراز و بعد از آن به‌ترتیب

نتایج حاصل از داده‌ها حاکی از آن بود که میزان کاروتنوئید رازیانه‌های ارومیه، شیراز و مشهد در حضور ورمی کمپوست (بدون تنش شوری) به‌شدت افزایش یافت. بیش‌ترین میزان این رنگدانه در جمعیت شیراز مشاهده شد. با کاربرد ورمی کمپوست بیش‌ترین افزایش کاروتنوئید نسبت به شاهد متعلق به جمعیت مشهد (۵۳ درصد) بود. میزان کاروتنوئیدها در سطوح مختلف شوری بین جمعیت‌های رازیانه روند خاصی را نشان نداد، به طوری که کاروتنوئیدها در سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار NaCl در جمعیت‌های ارومیه و شیراز به‌ترتیب افزایش و کاهش معنی‌داری داشتند. هم‌چنین در جمعیت بوشهر در همه سطوح شوری کاهش و در جمعیت مشهد در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی مولار NaCl به‌صورت معنی‌داری افزایش یافتند (جدول ۳).

آلدهیدهای رازیانه کاهش یافت. به طوری که مالون دآلدهید در جمعیت ارومیه حدود ۵ برابر و در جمعیت بوشهر حدود ۴ برابر کاهش نشان داد. همچنین سایر آلدهیدها در تمام جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه کاهش چشم‌گیری نشان دادند. بیش‌ترین کاهش مربوط به جمعیت مشهد (بیش از ۲/۵ برابر) بود. در تیمار ورمی‌کمپوست شاخص پایداری غشاء همه جمعیت‌های رازیانه و محتوای نسبی آب جمعیت‌های ارومیه و بوشهر به صورت معنی‌داری افزایش یافت. نتایج اثر تنش شوری بر این صفات نشان داد که مالون دآلدهید در سطوح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl در جمعیت‌های ارومیه، شیراز و بوشهر و در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl در جمعیت مشهد افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین سایر آلدهیدها در جمعیت ارومیه و سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، در جمعیت‌های بوشهر و مشهد در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl و در جمعیت شیراز در همه سطوح شوری، به صورت معنی‌داری افزایش یافتند. شاخص پایداری غشاء سلولی جمعیت‌های شیراز و مشهد در مواجهه با تمام سطوح شوری مورد مطالعه کاهش معنی‌داری نشان داد. کاهش چشم‌گیر این صفت در جمعیت‌های ارومیه و بوشهر نیز در شوری‌های ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد. محتوای نسبی آب در شوری‌های ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl در جمعیت‌های شیراز و مشهد، در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl در جمعیت بوشهر و در تمام سطوح شوری در جمعیت ارومیه به صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵).

اثر ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر میزان منیزیم، آهن، فسفات و نیترات

نتایج برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تنش شوری دلالت بر تأثیر معنی‌دار تیمار ورمی‌کمپوست بر میزان منیزیم، آهن، فسفات و نیترات بخش‌های رازیانه مورد مطالعه در مواجهه با سطوح مختلف تنش دارد (جدول ۴). نتایج نشان داد که با کاربرد ورمی‌کمپوست، میزان منیزیم در جمعیت شیراز در سطوح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl و در جمعیت بوشهر در ۸۰ میلی‌مولار NaCl به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش معنی‌دار میزان آهن جمعیت‌های ارومیه، شیراز و مشهد در همه سطوح شوری و جمعیت بوشهر در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد. میزان فسفات در جمعیت ارومیه در سطوح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، در جمعیت مشهد در همه سطوح شوری و در جمعیت شیراز و بوشهر به ترتیب در شوری‌های ۸۰ و ۴۰ میلی‌مولار NaCl با کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش چشم‌گیری یافت. در این شرایط میزان نیترات جمعیت‌های ارومیه، شیراز و بوشهر در سطوح ۴۰ و ۸۰

متعلق به جمعیت‌های بوشهر، ارومیه و مشهد بود. بیش‌ترین تأثیر ورمی‌کمپوست بر این صفت نیز در جمعیت شیراز و کم‌ترین تأثیر بر جمعیت مشهد مشاهده شد. وزن خشک بخش‌هوایی جمعیت‌های مختلف رازیانه در مواجهه با سطوح مختلف تنش (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl) کاهش یافت و این روند کاهشی با افزایش تنش معنی‌دار بود. در ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl، کم‌ترین تأثیر شوری بر جمعیت شیراز (کاهش ۵۸ درصدی) و بیش‌ترین تأثیر بر جمعیت مشهد (بیش از دو برابر کاهش یافت) بود. (جدول ۳).

اثر ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر آلدهیدها، شاخص پایداری غشاء سلولی و محتوای نسبی آب برگ

نتایج جدل تجزیه و واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر میزان مالون دآلدهید، سایر آلدهیدها، شاخص پایداری غشاء سلولی و محتوای نسبی آب جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه معنی‌دار ($p \leq 0.05$) است (جدول ۴). مطابق با نتایج جدول ۵، میزان مالون دآلدهید در جمعیت‌های ارومیه و بوشهر در تمام سطوح شوری و در جمعیت شیراز در شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl در حضور ورمی‌کمپوست کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین با کاربرد ورمی‌کمپوست، کاهش شدید سایر آلدهیدها در جمعیت‌های شیراز و مشهد در تمام سطوح شوری، در جمعیت ارومیه در سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl و در جمعیت بوشهر در شوری‌های ۴۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد. تیمار ورمی‌کمپوست در مواجهه با بالاترین سطح شوری مورد مطالعه (۱۲۰ میلی‌مولار NaCl) تأثیر معنی‌داری بر میزان مالون دآلدهید جمعیت‌های شیراز و مشهد نداشت اما میزان این صفت را در جمعیت‌های ارومیه و بوشهر به ترتیب ۴۰ و ۵۸ درصد کاهش داد. در این شرایط (۱۲۰ میلی‌مولار NaCl) تیمار ورمی‌کمپوست تأثیری بر محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشاء جمعیت‌های رازیانه مورد مطالعه نداشت (به جز افزایش ۲۷ درصدی شاخص پایداری غشاء رازیانه مشهد)، اما در مواجهه با سایر سطوح شوری، در حضور ورمی‌کمپوست، دو صفت شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب در جمعیت شیراز در شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl و در جمعیت بوشهر در ۴۰ میلی‌مولار NaCl افزایش معنی‌داری نشان دادند. شاخص پایداری در جمعیت مشهد در تمام سطوح شوری و در جمعیت ارومیه در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار NaCl و محتوای نسبی آب جمعیت ارومیه در شوری ۴۰ میلی‌مولار NaCl با کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت معنی‌داری افزایش یافتند. نتایج نشان داد که با کاربرد ورمی‌کمپوست (بدون تنش شوری) میزان

میلی مولار NaCl و در جمعیت مشهد در همه سطوح شوری به صورت معنی داری افزایش یافت. در شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl بیشترین افزایش میزان آهن (بیش از دو برابر) و منیزیم (حدود ۱۴ درصد) در جمعیت شیراز و بیشترین افزایش میزان فسفات (حدود سه برابر) و نیترات (حدود ۸۶ درصد) به ترتیب در جمعیت های ارومیه و مشهد در حضور ورمی کمپوست مشاهده شد. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ورمی کمپوست (بدون تنش شوری) سبب افزایش معنی دار منیزیم، آهن، فسفات و نیترات جمعیت های رازیانه مورد بررسی شد (به جز منیزیم و فسفات جمعیت ارومیه که افزایش معنی داری نداشتند). در بین جمعیت های رازیانه مورد بررسی، در حضور ورمی کمپوست، بیشترین میزان منیزیم و نیترات مربوط به جمعیت بوشهر و بیشترین میزان آهن و فسفات به ترتیب مربوط به جمعیت ارومیه و مشهد بود. هم چنین با کاربرد ورمی کمپوست بیشترین افزایش منیزیم (حدود ۱۸ درصد) و نیترات (بیش از دو برابر) در جمعیت شیراز، آهن (بیش از دو و نیم برابر) در جمعیت ارومیه و فسفات (بیش از دو برابر) در جمعیت مشهد مشاهده شد. نتایج تأثیر تنش شوری بر صفات رازیانه نشان داد که میزان منیزیم در جمعیت های شیراز و مشهد در شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl و در جمعیت بوشهر در سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار NaCl کاهش چشم گیری داشت. هم چنین افزایش معنی دار میزان منیزیم در شوری ۴۰ میلی مولار NaCl در جمعیت های شیراز، بوشهر و مشهد مشاهده شد.

ROS باشد (کویرو^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محتوای کلروفیل جمعیت مشهد در سطوح شوری ۴۰ و ۸۰ میلی مولار NaCl و میزان کاروتنوئید در جمعیت ارومیه در سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار NaCl و در جمعیت مشهد در سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی مولار NaCl افزایش یافت. افزایش میزان کلروفیل جمعیت مشهد در مواجهه با تنش شوری مطابق با نتایج وانگ و نی^۲ (۲۰۰۰) بر گیاه تاج خروس سه رنگ^۳ بود. این محققان بیان کردند که افزایش کلروفیل در شرایط شور می تواند به دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ در این شرایط باشد. در همین راستا سعیدپور (۱۳۹۳) گزارش کرد که میزان کلروفیل گیاه برنج طی ساعات اولیه پس از تنش شوری افزایش یافت. او این موضوع را به بالا بودن غلظت کلروپلاست بدلیل کوچک شدن حجم سلولها مرتبط دانست. در مورد کاروتنوئید نیز گزارش شده است که افزایش

کاروتنوئیدهای گیاه دارویی *Carissa carandas* در تیمار ۶ درصد نمک دریا می تواند مربوط به نقش کاروتنوئیدها برای حفاظت از مرکز واکنش فتوسنتزی باشد (طیب^۴ و همکاران، ۲۰۱۶).

در تأیید نتایج مطالعه حاضر، تنش شوری سبب کاهش منیزیم گیاهان رازیانه (سمیز^۵ و همکاران، ۲۰۱۲) و گلرنگ (شیدایی و همکاران، ۱۳۸۹) شد. هم چنین کاهش میزان عناصر آهن، منیزیم، فسفر و نیتروژن گیاه نخود تحت تنش شوری گزارش شده است (نُوا^۶، ۲۰۰۸). ورمی کمپوست باعث بیش تر بودن فراهمی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و هم چنین عناصر کم مصرف می شود و در نتیجه رشد گیاه را بهبود می دهد (بچمن و متزگر^۷، ۲۰۰۸). قاسمی (۱۳۹۴) گزارش کرد که تنش شوری باعث کاهش معنی دار ماده خشک گوجه فرنگی شد، اما این تأثیر نامطلوب شوری به طور معنی داری با کاربرد ورمی کمپوست کاهش یافت. نتایج این آزمایش با نتایج آرجانا^۸ و همکاران (۲۰۰۹)، در گیاه کلم راپا منطبق است. آن ها رابطه مستقیمی را بین وزن خشک و جذب نیتروژن به وسیله گیاهان در پاسخ به عصاره ورمی کمپوست پیشنهاد نمودند. این محققان بیان کردند که رشد بهتر گیاهان با کاربرد عصاره ورمی کمپوست، ممکن است به سنتز کاروتنوئیدها در تیمار ورمی کمپوست نسبت داده شود. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، میزان کلروفیل a، کل و کاروتنوئیدهای گیاه نخود در تیمار ورمی کمپوست افزایش داشت (امیری^۹ و همکاران، ۲۰۱۷). بهبود غلظت کلروفیل در تیمار ورمی کمپوست (گلچین^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۶) و در برهم کنش آن با تنش شوری در مطالعات دیگر (شیخی و همکاران، ۱۳۹۳) نیز گزارش شده است. به نظر می رسد ورمی کمپوست با افزایش جذب عناصر مورد نیاز برای ساخت رنگ-ریزه های فتوسنتزی از جمله نیتروژن، منیزیم، فسفر و آهن می تواند باعث بهبود سنتز آن ها شود.

میزان آهن جمعیت های مورد بررسی در سطوح مختلف شوری به صورت معنی داری کاهش یافت (به جز شوری ۴۰ میلی مولار NaCl در جمعیت شیراز) به طوری که در سطوح بالای شوری (۱۲۰ میلی مولار NaCl) میزان آهن جمعیت های شیراز و مشهد حدود ۳ برابر کاهش یافت. کاهش معنی دار میزان

4. Tayyab

5. Semiz

6. Nenova

7. Bachman and Metzger

8. Archana

9. Amiri

10. Golchin

1. Koyro

2. Wang and Nii

3. *Amaranthus tricolor*

جمعیت شیراز در شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl مشاهده شد. در این سطح شوری، بیشترین کاهش میزان فسفات، نیترات و منیزیوم در جمعیت بوشهر و بیشترین کاهش میزان آهن در جمعیت شیراز مشاهده شد (جدول ۵).

فسفات در سطوح ۸۰ و ۱۲۰ جمعیت‌های ارومیه، شیراز و مشهد و در تمام سطوح شوری مورد بررسی در جمعیت بوشهر مشاهده شد. این کاهش در تمام جمعیت‌های رازیانه مورد بررسی در مواجهه با شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl، بیش از سه برابر بود. هم‌چنین کاهش معنی‌دار میزان نیترات در جمعیت‌های ارومیه، بوشهر و مشهد در تمام سطوح شوری و در

جدول ۴: نتایج تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جمعیت‌های رازیانه

Table 4 Analysis of variance of data on the physiological and biochemical features of fennel landraces

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	شاخص پایداری غشاء سلولی (درصد) Membrane stability index (%)	محتوای نسبی آب (درصد) Relative water content (%)	مالون‌دآلدهید (نانومولار بر گرم وزن تر) Malondialdehyde (nM/g FW)	سایر آلدئیدها (نانومولار بر گرم وزن تر) Other aldehydes (nM/g FW)	منیزیوم (میلی گرم بر خشک) Magnesium (mg/kg DW)	آهن (میلی گرم بر خشک) Iron (mg/kg DW)	فسفات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) Phosphate (mg/kg FW)	نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) Nitrate (mg/kg FW)
جمعیت Landrace	3	85.015**	431.188**	4082.546**	730735.630**	45579.456**	6260.560**	11.395**	398.139**
شوری Salinity	3	7106.588**	2024.373**	23280.706**	760804.260**	31327.461**	15309.289**	31.755**	4767.917**
جمعیت × شوری Landrace × Salinity	9	87.384**	31.704**	1043.119**	36207.166**	3090.591**	366.087**	1.764**	351.981**
ورمی کمپوست × جمعیت Vermicompost × Landrace	1	1085.886**	833.966**	30104.308**	1878216.317**	9894.220**	21931.260**	25.589**	8066.667**
ورمی کمپوست × شوری Vermicompost × Salinity	3	57.453**	50.151**	1123.094**	84014.217**	393.292 ^{ns}	5035.401**	2.710**	88.694**
کمپوست × شوری Salinity × Vermicompost	3	19.184**	30.850 ^{ns}	356.042 ^{ns}	67404.637**	499.392*	2314.897**	0.629**	327.861**
ورمی کمپوست × شوری × جمعیت Vermicompost × Salinity × Landrace	9	12.155**	36.068**	79.606*	23336.502**	152.415*	498.106**	0.739**	77.741**
خطا Error	62	4.467	11.555	218.761	4989.807	146.183	10.563	0.065	13.367

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

ns, *and **: Non-significant, significant at 0.05 and 0.01, respectively

جدول ۵: تأثیر برهم کنش ورمی کمپوست و تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جمعیت‌های رازیانه

Table 5: Interaction effect of vermicompost and salinity on the physiological and biochemical features of fennel landraces.

نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) Nitrate (mg/kg FW)	فسفات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) Phosphate (mg/kg FW)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) Iron (mg/kg DW)	منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) Magnesium (mg/kg DW)	سایر آلدئیدها (نانومولار بر گرم وزن تر) Other aldehydes (nM/g FW)	مالون‌آلدئید (نانومولار بر گرم وزن تر) Malondialdehyde (nM/g FW)	محتوای نسبی آب (درصد) Relative water content (%)	شاخص پایداری غشاء سلولی (درصد) Membrane stability index (%)	شوری (میلی مولار NaCl) Salinity (Mm NaCl)	ورمی کمپوست Vermicompost	جمعیت رازیانه Fennel landrace
45.33 e-g	3.82 d-f	60.20 hi	239.3 h-k	590.8 h-j	40.60 h-o	76.56 c-f	70.24 ef	0	0	
31.33 j-m	3.54 fg	50.73 k-m	241.3 g-k	685.6 f-h	70.51 d-h	68.96 g-j	69.87 ef	40		
18.67 n-p	2.26 k-n	47.73 lm	242.2 g-k	875.3 de	100.4 b-d	61.35 k-m	47.80 lm	80		
7.333 r	1.09 p	44.40 mn	220.0 k-m	1189.a	149.6 a	54.46 m	28.50 q	120		
57.33 bc	4.30 cd	169.2 a	256.8 e-h	423.0 k-n	8.547 p	86.75 a	80.07 a	0	5%	ارومیه Urmia
54.67 cd	3.91 d-f	146.4 b	258.3 e-h	554.3 h-k	19.23 m-p	83.74 ab	77.67 a-c	40		
32.33 i-l	3.26 gh	82.60 ef	247.3 f-j	611.0 g-i	36.32 i-p	64.59 i-k	57.20 hi	80		
13.67 p-r	3.23 gh	60.00 hi	227.4 i-l	1028.bc	106.8 bc	56.15 lm	31.97 q	120		
31.00 j-m	2.28 k-n	77.20 e-g	264.9 e-g	415.8 k-n	23.50 k-p	76.33 c-f	73.83 c-e	0	0	
28.33 k-m	2.26 k-n	76.27 fg	303.2 c	736.7 fg	47.01 g-n	74.07 e-h	67.00 fg	40		
24.67 m-o	1.070 p	54.93 i-k	264.6 e-g	787.7 ef	74.79 d-g	60.06 k-m	44.53 mn	80		
19.33 n-p	0.6840 p	24.93 p	200.8 mn	1109.ab	77.35 c-f	57.41 lm	40.37 no	120		
64.00 b	2.806 h-j	143.8 b	312.3 c	255.3 p-s	8.547 p	76.40 c-f	78.50 ab	0	5%	شیراز Shiraz
48.67 de	2.473 j-m	124.8 c	304.0 c	291.8 n-r	17.09 n-p	75.31 d-g	69.97 ef	40		
35.67 h-k	1.649 o	83.33 e	294.9 cd	320.9 m-r	32.05 j-p	68.24 h-j	52.07 jk	80		
25.33 l-n	0.9997 p	53.20 j-l	229.4 i-l	386.6 l-p	49.14 f-m	60.02 k-m	42.03 no	120		
46.67 ef	4.070 c-e	63.67 h	339.1 b	372.0 l-q	49.15 f-m	73.45 e-h	66.00 fg	0	0	
39.00 g-i	1.930 no	53.73 i-l	374.4 a	452.2 j-m	64.10 e-i	69.06 g-i	64.20 g	40		
21.00 n-p	1.596 o	45.53 mn	309.9 c	454.3 j-m	106.8 bc	68.24 h-j	53.37 i-k	80		
11.33 qr	0.5817 p	24.33 p	227.7 i-l	970.1 cd	138.9 a	58.81 k-m	35.95 p	120		
84.00 a	5.666 b	72.80 g	384.0 a	218.8 rs	12.82 op	87.56 a	72.90 de	0	5%	بوشهر Boushehr
60.67 bc	2.613 i-l	53.93 i-l	385.9 a	240.7 q-s	21.37 l-p	83.85 ab	69.93 ef	40		
48.67 de	2.035 m-o	40.60 no	341.2 b	401.2 l-o	53.42 f-k	72.56 e-h	54.17 ij	80		
17.33 o-q	0.8767 p	36.07 o	250.6 f-i	510.6 i-l	87.61 b-e	62.15 j-l	39.93 op	120		
31.33 j-m	3.035 hi	74.00 g	223.7 j-m	379.3 l-q	51.28 f-l	82.28 a-c	64.93 g	0	0	
20.00 n-p	2.772 h-k	63.07 h	269.5 ef	386.6 l-p	72.65 d-g	81.45 a-d	58.83 h	40		
21.00 n-p	2.193 l-n	44.93 mn	209.7 lm	452.2 j-m	76.92 c-g	74.37 e-h	41.97 no	80		
19.67 n-p	0.9647 p	26.73 p	181.3 n	642.9 g-i	111.1 b	65.01 i-k	29.92 q	120		
54.00 cd	6.385 a	98.80 d	240.9 g-k	131.3 s	32.05 j-p	88.17 a	75.43 b-d	0	5%	مشهد Mashhad
40.00 f-h	4.438 c	81.13 ef	277.8 de	145.9 s	57.69 e-j	82.51 a-c	75.13 b-d	40		
36.33 h-j	3.772 ef	57.73 h-j	223.8 j-m	240.7 q-s	59.83 e-j	78.00 b-e	49.87 kl	80		
36.67 h-j	2.263 k-n	35.13 o	202.0 mn	262.6 o-s	85.47 b-e	70.19 f-i	38.10 op	120		

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$)

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test ($p \leq 0.05$)

همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات دیگر نیز افزایش مالون دآلدهید در مواجهه با تنش شوری را گزارش کرده‌اند (رجاییان و همکاران، ۱۳۹۴؛ آریان و همکاران، ۱۳۹۷). در هنگام تنش اسمزی، رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌شود و در نتیجه میزان مالون دآلدهید افزایش می‌یابد (هنگ^۹ و همکاران، ۲۰۰۰). از آنجاکه مالون دآلدهید تحت تأثیر تخریب و پراکسیده شدن غشاء سلولی آزاد می‌شود بنابراین میزان آن می‌تواند نشان دهنده میزان تخریب غشاء سلولی باشد (بهاتاچارژی و موخرجی^{۱۰}، ۲۰۰۲). سطوح بالای کلرید سدیم، سبب کمبود کلسیم می‌شود و در نتیجه پایداری غشاء کاهش می‌یابد (کایا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۲). ولی از آنجاکه ورمی کمپوست کلسیم در دسترس گیاه را افزایش می‌دهد بنابراین می‌تواند سبب پایداری غشای سلولی و کاهش پراکسیداسیون غشاء شود. در تایید نتایج مطالعه حاضر، تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب گیاهچه‌های نخود شد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۳). هم‌چنین کاربرد ورمی کمپوست در هر دو شرایط تنش شوری و بدون تنش شوری سبب افزایش محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشاء سلولی گیاه لوبیا شد (بیک‌خورمیزی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۶). این محققان بیان داشتند که احتمالاً ورمی کمپوست به دلیل دارا بودن هورمون‌های گیاهی، یون‌ها، ساختار متخلخل و ظرفیت نگهداری آب بالا، سبب بهبود محتوای نسبی آب گیاه می‌شود. هم‌چنین این کود با داشتن هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلین و هم‌چنین مواد مغذی مانند کلسیم می‌تواند پایداری غشاء سلولی برگ لوبیا را افزایش دهد. بنابراین کاهش میزان مالون دآلدهید و سایر آلدئیدهای بخش‌هوایی رازیانه در تیمار ورمی کمپوست قابل انتظار است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که به‌طور کلی تنش شوری سبب کاهش وزن خشک، رنگدانه‌های فتوسنتزی، عناصر معدنی، شاخص پایداری غشاء سلولی و محتوای نسبی آب و افزایش آلدئیدهای بخش‌هوایی رازیانه می‌شود. از طرفی با کاربرد ورمی کمپوست، اثر نامطلوب تنش شوری بر این صفات محدود می‌گردد، به طوری که در تیمار ورمی کمپوست، صفات وزن خشک، کلروفیل a، b و کل، آهن، فسفات، نیترات و شاخص پایداری غشاء جمعیت‌های رازیانه ارومیه، شیراز، بوشهر و مشهد در اکثر سطوح شوری مورد بررسی افزایش یافت. با توجه به نتایج این

کاهش میزان کلروفیل در تنش شوری را می‌توان در ارتباط با کاهش عناصر آهن و منیزیم دانست چراکه برای ساخته شدن کلروفیل وجود این دو عنصر ضروری است. از طرف دیگر از آنجا که کلروفیل رنگدانه اصلی برای انجام فتوسنتز است، بنابراین کاهش وزن خشک در شرایط شور با کاهش میزان کلروفیل ارتباط دارد. هم‌چنین کاهش میزان شاخص پایداری غشاء با افزایش میزان مالون دآلدهید و سایر آلدئیدها (میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء) مرتبط می‌باشد. در مطالعات دیگر نیز اثر کاهشی تنش شوری بر محتوای کلروفیل گیاهان گوجه‌فرنگی (عظیم و احمد^۱، ۲۰۱۱)، نخود (گارگ^۲، ۲۰۰۴)، توت‌فرنگی (آگاستیان^۳ و همکاران، ۲۰۰۰) و بادام‌زمینی (افشار محمدیان و همکاران، ۱۳۹۵) گزارش شده است. احتمالاً تنش شوری به دلیل تخریب کردن آنزیم‌های مسئول ساخت کلروفیل، بر میزان این رنگ‌ریزه تأثیر می‌گذارد (شرف و هاريس^۴، ۲۰۱۳). گیاهانی که در محیط شور رشد می‌کنند با خطر تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) با دخالت کلروفیل روبرو هستند و پروتئین‌های فتوسیستم، به‌شدت به آسیب اکسیداتیو حساس‌اند (طیب^۵ و همکاران، ۲۰۱۶). کاهش کلروفیل ممکن است یک روش برای کاهش اثرات تخریبی که تنش شوری جذب نیترات را به‌وسیله رقابت مستقیم کلرید با نیترات و به‌وسیله تغییر دادن غشاء پلاسمایی تحت تأثیر قرار می‌دهد (ژابین و احمد^۶، ۲۰۱۱). ورمی کمپوست در هر دو شرایط تنش شوری و بدون تنش شوری سبب افزایش نیترات گیاه آفتابگردان شد (ژابین و احمد^۶، ۲۰۱۶). به دلیل حضور نیتروژن در ورمی کمپوست، احتمالاً تیمار این کود، میزان دسترسی گیاهان به نیتروژن خاک را به شکل نیترات افزایش می‌دهد و نیترات در ساخت پروتئین و آنزیم‌های دیگر دخالت دارد (ایسلام^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). تنش نمک آسیمیلایسیون آمونیوم را مهار می‌کند (دبویا^۸ و همکاران، ۲۰۰۷). اما با کاربرد ورمی کمپوست، فعالیت نیترات ردوکتاز، نیتريت ردوکتاز، گلوتامین سنتتاز و گلوتامات سنتتاز در مواجهه با شوری افزایش می‌یابد (ژابین و احمد^۶، ۲۰۱۶).

مطابق با نتایج مطالعه حاضر، شوری باعث افزایش مالون دآلدهید و سایر آلدئیدهای گیاه گلرنگ شد (چاوشی و

1. Azeem and Ahmad
2. Garg
3. Agastian
4. Ashraf and Harris
5. Tayyab
6. Jabeen and Ahmad
7. Islam
8. Debouba

9. Hong

10. Bhattacharjee and Mukherjee

11. Kaya

12. Beykhhormizi

بیک خورمیزی و همکاران: اثر ورمی کمپوست بر پراکسیداسیون لیپیدی غشاء و ...

تحقیق، به نظر می‌رسد کود آلی ورمی کمپوست به دلیل ظرفیت نگهداری آب بالا و وجود مقادیر بالای عناصر غذایی ماکرو و میکرو، می‌تواند با تغییر محیط ریشه، سبب افزایش جذب عناصر غذایی و آب در گیاه رازیانه شود و در نتیجه با تأثیر بر

صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مانند رنگدانه‌های فتوسنتزی، عناصر معدنی، شاخص پایداری غشاء سلولی، محتوای نسبی آب و آلدئیدها، سبب بهبود عملکرد خشک گیاه رازیانه در شرایط شور می‌گردد.

منابع

- اصغری، م.، یوسفی‌راد، م. و معصومی زواریان، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثرات کودهای آلی کمپوست و ورمی کمپوست بر روی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی به‌لیمو. فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۵ (۲): ۶۳-۷۱.
- افشار محمدیان، م.، دمسی، ب.، ابراهیمی، س و جمال امید، م. ۱۳۹۵. تأثیر تنش شوری بر رنگ‌ریزه‌های فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و برخی آنتی‌اکسیدان‌های برگ سه رقم بادام‌زمینی. فرایند و کارکرد گیاهی، ۶ (۱۹): ۶۷-۷۶.
- آریان، ز.، مرآتی، م. ج.، ابراهیم‌زاده معبود، ح.، هادیان ج.، و میرمعصومی، م. ۱۳۹۷. تحلیل اثر تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica Jamzad*). مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۱ (۱): ۱۰۴-۱۱۵.
- بیک خورمیزی، ع.، گنجعلی، ع.، ابریشم‌چی، پ. و پارسا، م. ۱۳۹۲. تأثیر برهم‌کنش ورمی کمپوست و تنش شوری بر برخی از صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه‌های لوبیا قرمز رقم درخشان (*Phaseolus vulgaris L.*). پژوهش‌های حبوبات ایران، ۴ (۱): ۸۱-۹۸.
- چاوشی، م.، آروین، م. ج. و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۷. اثر متقابل شوری و متیل ژاسمونات بر قند، آنتوسیانین، پراکسیداسیون لیپید و برخی پارامترهای رشد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*). مجله علمی - پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، ۳۵ (۶): ۱۵۵-۱۸۰.
- رجاییان، س.، احسانپور، ع. ا. و طغیانی، م. ا. ۱۳۹۴. تغییر در ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیلایز و تیروزین آمونیلایز توسط پیش‌تیمار اتانول آمین در گیاه *Nicotiana rustica* تحت شرایط تنش شوری کشت در شیشه. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۷ (۲۶): ۱-۱۲.
- سعیدپور، س. ۱۳۹۳. تأثیر شوری بر رشد، محتوای کلروفیل و جذب عناصر غذایی در گیاهچه‌های ارقام برنج. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۲: ۱-۱۱.
- شیخی، ج. و رونقی، ع. ۱۳۹۲. اثر شوری و کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۴ (۱۳): ۸۱-۹۲.
- شیخی، ج.، رونقی، ع. و موسوی، س. م. ۱۳۹۳. اثر ورمی کمپوست و کلرید سدیم بر رشد اسفناج و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک پس از برداشت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۵ (۲۰): ۸۳-۹۲.
- شیدایی، س.، زاهدی، م. و میرمحمدی میبیدی، س. ع. م. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری بر تجمع ماده خشک و الگوی توزیع یونی در پنج ژنوتیپ گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*). مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۱ (۴): ۸۱۱-۸۱۹.
- صفائی، ل.، زینلی، ح. و افیونی، د. ۱۳۹۳. مقایسه عملکرد دانه و اجزاء مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*). مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱ (۲): ۲۸۹-۳۰۳.
- قاسمی، س. ۱۳۹۴. اثر ورمی کمپوست بر تحمل به شوری گوجه‌فرنگی و قابلیت جذب آهن و روی در یک خاک آهکی. نشریه دانش آب و خاک، ۲۵ (۴/۲): ۲۷۱-۲۸۳.
- گنجعلی، ع.، اردلان، ح.، لاهوتی، م. و بیک خورمیزی، ع. ۱۳۹۳. تأثیر پیش‌تیمار بذر بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum L.*) تحت شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۵ (۲۰): ۵۱-۶۱.
- Agastian, P., Kingsley, S. J. and Vivekanandan, M. 2000. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38 (2): 287-290.
- Ahmad, M., Hussain, S. A., Zubair, M. and Rab, A. 2004. Effect of different sowing seasons and row spacing on seed production of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7: 1144-1147.
- Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S. R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum L. cv. Karaj*). *Compost Science and Utilization*, 25 (3): 152-165.

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. 2004. Effect of vermicompost produced from food wasters on the growth and yield of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93: 139-143.
- Archana, P. P., Theodore, J. K. R., Ngyuen, V. H., Stephen, T. T. and Kristen, A. K. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 2383-2392.
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, 51 (2): 163-190.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology*, 75: 175-180.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, 81: 103-108.
- Ayub, M., Nadeem, M., Tanveer, A., Tahir, M., Saqib, M. and Nawaz, R. 2008. Effect of different sowing methods and times on the growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 40: 259-264.
- Azeem, M. and Ahmad, R. 2011. Foliar application of some essential minerals on tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant grown under two different salinity regimes. *Pakistan Journal of Botany*, 43: 1513-1520.
- Bachman, C. R. and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99: 3155-3161.
- Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, M. R. and Mohammadi, A. 2008. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Scientia Horticulturae*, 116: 437-441.
- Bahmani, K., Sadat Noori, S. A., Izadi Darbandi, A. and Akbari, A. 2015. Molecular mechanisms of plant salinity tolerance: a review. *Australian Journal of Crop Science*, 9: 321-336.
- Beykhhormizi, A., Abrishamchi, P., Ganjeali, A. and Parsa, M. 2016. Effect of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 39: 883-893.
- Bian, Sh. and Jiang, Y. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae*, 120: 264-270.
- Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. *Seed Science and Technology*, 30: 279-287.
- Dashora, A., Sastry, E. V. D., Singh, D. and Nagda, A. K. 2003. Combining ability analysis in varietal crosses of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 63: 89-90.
- Debouba, M., Maaroufi-Dghimi, H., Suzuki, A., Ghorbel, M. H. and Gouia, H. 2007. Changes in growth and activity of enzymes involved in nitrate reduction and ammonium assimilation in tomato seedlings in response to NaCl stress. *Annals of Botany*, 99: 1143-1151.
- Garg, N. 2004. Variability in response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to salt stress in germination and early growth of the seedlings. *Indian Journal of Plant Physiology*, 9 (1): 21-28.
- Golchin, A., Nadi, M. and Mozaffari, V. 2006. The effects of vermicomposts produced from various organic solid wastes on growth of pistachio seedlings. *Acta Horticulturae*, 726: 301-306.
- Grattan, S. R. and Oster, J. D. 2003. Use and reuse of saline-sodic water for irrigation of crops. In: S. S. Goyal, S. K. Sharma and D. W. Rains, Editors, *Crop Production in Saline Environments: Global and Integrative Perspectives*, Haworth Press, New York, 131-162.
- Hafsi, C., Lakhdar, A., Rabhi, M., Debez, A., Abdelly, C. and Ouerghi, Z. 2007. Interactive effects of salinity and potassium availability on growth, water status, and ionic composition of *Hordeum maritimum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 469-473.
- Heath, R. L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125: 189-198.
- Hong, Z., Lakkineni, K., Zhang, Z. and Verma, D. P. S. 2000. Removal of feedback inhibition of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase results in increased proline accumulation and protection of plants from osmotic stress. *Plant Physiology*, 122: 1129-1136.
- Islam, M. R., Rahman, S. M. E., Rahman, M. M., Oh, D. H. and Ra, C. S. 2010. The effects of biogas slurry on the production and quality of maize fodder. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 34: 91-99.
- Jabeen, N. and Ahmad, R. 2011. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and nitrate reductase activity in sunflower and safflower leaves under salinity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39: 172-178.
- Jabeen, N. and Ahmad, R. 2016. Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 40(1): 104-114.
- Kaya, C., Ak, B. E., Higgs, D. and Murillo-Amador, B. 2002. Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42: 631-636.
- Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A. L. and Cullu, M. A. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 121: 1-6.

- Koyro, H. W., Hussain, T., Huchzermeyer, B. and Khan, M. A. 2013. Photosynthetic and growth responses of a perennial halophytic grass *Panicum turgidum* to increasing NaCl concentrations. *Environmental and Experimental Botany*, 91: 22-29.
- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
- Malhotra, S. K. 2012. Fennel and fennel seed. *Handbook of herbs and spices*, 14: 275-301.
- Meirs, S., Philosophhadass, S. and Aharoni, N. 1992. Ethylene increased accumulation of fluorescent lipidperoxidation products detected during parsley by a newly developed method. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 128-132.
- Minocha, R., Shortel, W. C., Long, S. L. and Minocha, S. C. 1994. A rapid reliable procedure for extraction of cellular polyamines and inorganic ions from plant tissues. *Plant Growth Regulation*, 13: 187-193.
- Nenova, V. 2008. Growth and mineral concentrations of pea plants under different salinity levels and iron supply. *General and Applied Plant Physiology*, 34 (3-4): 189-202.
- Sairam, R. K. and Saxena, D. C. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184: 55-61.
- Semiz, G. D., Unlukara, A., Yurtseven, E., Suarez, D. L. and Telci, I. 2012. Salinity impact on yield, water use, mineral and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Agricultural Sciences*, 18: 177-186.
- Tayyab, H., Azeem, M., Qasim, M. and Ahmad, R. 2016. Effect of sea salt irrigation on plant growth, yield potential and some biochemical attributes of *Carissa carandas*. *Pakistan Journal of Botany*, 48 (3): 853-859.
- Wang, Y. and Nii, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75 (6): 623-627.
- Xiong, Z. T., Chao, L. and Bing, G. 2006. Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in *Brassica pekinensis* Rupr. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64: 273-280.

Effect of Vermicompost on Membrane Lipid Peroxidation and some Morphophysiological Characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Landraces under Salt Stress

Beykkhormizi¹, A. Hosseini Sarghein^{2*}, S., Sarafraz Ardakani³, M. R., Moshtaghioun³, S. M. and Mousavi Kouhi⁴, S. M.

Abstract

In order to investigate the interaction effect of vermicompost and sodium chloride on some characteristics of fennel as a medicinal plant, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design in the greenhouse conditions. Experimental treatments consisted of four levels of salinity (0, 40, 80 and 120mM sodium chloride) and two levels of vermicompost (0 and 5% volumetric), which were applied to four fennel landraces of Urmia, Shiraz, Bushehr and Mashhad. Plants were harvested five weeks after planting and then some of their traits were measured. According to the results of this experiment, vermicompost application induced a significant increase in the dry weight of shoot, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, magnesium, iron, phosphate, nitrate, membrane stability index, relative water content, and a decrease in the malondialdehyde and other aldehydes of shoot in most studied fennel landraces. In contrast, under salt stress condition (without vermicompost), reverse results were obtained. The highest and the lowest effects of 120 mM sodium chloride on shoot dry weight in the studied fennel landraces were observed in Mashhad (more than two fold) and Shiraz (about 58 percent) landraces, respectively. Nevertheless, the results of interaction between vermicompost and salinity showed that dry weight of shoot, photosynthetic pigments, mineral elements, membrane stability index and relative water content of fennel were significantly increased in the presence of some salinity levels under vermicompost treatment. Malondialdehyde and other aldehydes were also reduced in these conditions. Under combined application of vermicompost and 120 mM sodium chloride, shoot dry weight of Shiraz landrace was increased more than two fold, the highest increase of this trait among the fennel landraces.

Keywords: Membrane stability, Abiotic stress, Fennel landraces, Organic culture

1 and 2. PhD Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Biology, Faculty of Basic Science, University of Urmia, Urmia, Iran

3. Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Science, University of Yazd, Yazd, Iran

4. Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Science, University of Birjand, Birjand, Iran

*: Corresponding author Email: s.hosseini@urmia.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the guidance of Siavash Hosseini Sarghein.