نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۰۳-۹۰

بررسی اثر ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر میزان رنگیزه‌ها و برخی صفات بیوشیمیایی گیاه گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

احمد افکاری[1*]، پروین فرج‌پور[2]

[1]گروه فیزیولوژی گیاهی، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

[2]گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰٤/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰٤

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹٤ اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی–وزنی) و چهار سطح شوری (صفر (شاهد)، ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و کلروفیل کل معنی‌دار بود. سایر نتایج مشخص ساخت که با افزایش شوری میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش و مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. همچنین استفاده از کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها را افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ورمی‌کمپوست نشان داد که حداکثر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان توسط تیمار ۱۵٪ وزنی ورمی‌کمپوست در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم حاصل شد. بنابراین، استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی، علاوه بر افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی، می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش اثرهای منفی ناشی از غلظت زیاد یون‌های سدیم و کلر در خاک‌ها بر رشد گاوزبان اروپایی باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاروتنوئید، کلروفیل، کلریدسدیم، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)، ورمی‌کمپوست

مقدمه

گاوزبان (*Borago officinalis* L.) گیاهی است یکساله از خانواده Boraginacea که دارای خواص متعدد دارویی، صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد و در برخی از مطالعات، به تحمل به شوری و جذب بالای املاح توسط این گیاه اشاره شده است (Amiri et al., 2016). از بین گیاهان دارویی، گل گاوزبان گیاهی است علفی و یکساله که بیش‌تر به‌منظور استفاده‌های درمانی کشت می‌شود. از گل و برگ این گیاه به‌عنوان یک ماده معرق، آرام کننده و تصفیه کننده خون استفاده می‌شود (Mahmoodi et al., 2018). بررسی شیمیوتاکسونومی روی گیاهان خانواده گاوزبان مشخص کرده است که بذر این گیاه دارای اسید چرب گامالینولئیک بوده و برای درمان بیماری‌های قلبی، اگزمای موضعی، دیابت و ورم مفاصل استفاده می‌گردد (Karami and Sepehri, 2015). به‌نظر

*نویسنده مکاتبه: afkariahmad@yahoo.com

می‌رسد گاوزبان از طریق تجمع سدیم و کلر در بافت خود قادر است با شوری مقابله کند (Babakhanzade Sajirani et al., 2011).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی بوده که آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است (Kaboosi and Nodehi, 2016). القا شرایط تنش شوری سبب تخریب غشاهای لیپیدی سلول‌ها می‌شود که در این رابطه میزان محتوای مالون دی‌آلدئید که در نتیجه تخریب غشاهای لیپیدی تولید می‌شود، می‌تواند به‌عنوان شاخصی از میزان آسیب اکسیداتیو تحت شرایط تنشی مورد توجه قرار گیرد (Bagheri and Khosravinejad, 2016). Shirazi و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که تنش شوری سبب افزایش تجمع سدیم، کاهش کلروفیل و کاهش فتوسنتز در برگ ارقام حساس به شوری در گندم شد. Farhoudi (۲۰۱٤) گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار مجموع کلروفیل a و b برگ گیاهچه‌های گندم شد. در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، اُفت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها شده است (Abbaszadeh and Zakerian, 2016). در تولید گیاهان دارویی علاوه بر کمیت، کیفیت تولید نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در یک اکوسیستم زراعی با عملکرد بالا در صورت نامطلوب بودن کیفیت، موفقیتی حاصل نشده است. مواد مؤثره گیاهان دارویی ممکن است به‌طور مثبت یا منفی به کودها پاسخ بدهند که این موضوع مستلزم انجام مطالعات تغذیه‌ای می‌باشد (Dufault et al., 2003).

شوری خاک یکی از اصلی‌ترین تنش‌های محیطی تأثیرگذار بر رشد گیاهان و محصولات تولیدی آن‌ها است (Kaya et al., 2003). مطالعات مختلفی نشان داده است که مقاومت به تنش اکسیداتیو تا حد زیادی با مقاومت به تنش شوری در گیاهان مرتبط می‌باشد، به بیان دیگر ارقام مقاوم به شوری از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های مختلف سازوکار دفاعی بهتری در برابر تنش اکسیداتیو نسبت به ارقام حساس نشان داده‌اند (Yildiz and Terzi, 2013). آسکوربات پراکسیداز به‌عنوان یک احیاکننده برای خیلی از رادیکال‌های آزاد و به خصوص پراکسید هیدروژن عمل می‌کند. بنابراین خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو را به کم‌ترین مقدار می‌رساند (Mittler, 2000; Gholinejad et al., 2014). برای غلبه بر آثار اکسیداتیو القائ شده از شوری، گیاهان از یک سیستم آنتی اکسیدانی پیچیده استفاده می‌کنند که شامل آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی، شامل بتاکاروتن، اسید آسکوربیک، آلفا توک وفرول، گلوتاتیون و آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، پلی‌فنول اکسیداز، و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشد (Xu et al., 2006). تحقیقات نشان می‌دهد گیاهانی که توانایی سیستم آنتی اکسیدان بالاتری نسبت به گیاهان دیگر دارند بهتر می‌توانند در محیط های شور زندگی کنند (Sairam et al., 2001).

استفاده از ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعت و فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیزم‌های حل کننده فسات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Koozehgar Kaleji and Ardakani 2017). طی آزمایشی روی گیاه دارویی گاوزبان، تیمارهای کودی شامل دو سطح ۲۰ و ٤۰ تن در هکتار از ورمی‌کمپوست، استفاده شد،

نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست میزان غلظت عناصر غذایی افزایش یافت که بیش‌ترین آن در تیمار ٤٠ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده گردید (Ahmad Abadi et al., 2011). در یک پژوهش اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) بر خصوصیات کمی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chemmomilla*) بررسی و مشاهده شد که بیش‌ترین ارتفاع و عملکرد تر و خشک گل در هکتار با کاربرد ۲۱ تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد (Haj Seyyed Hadi et al., 2013). در یک پژوهش اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف روی گیاه دارویی ریحان مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که ورمی کمپوست چه به تنهایی و چه در کاربرد همزمان با کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (Anwar et al., 2007). ورمی‌کمپوست در محیط تحت تنش کلریدسدیم توانست به مقدار زیادی اثرات منفی تنش شوری بر رشد گیاه تمبر هندی (*Tamarindus indica* L.) را محدود کند (Oliva et al., 2008).

با توجه به شوری بخش زیادی از اراضی استان آذربایجان شرقی، کمبود منابع آب شیرین و اهمیت گاوزبان به‌عنوان یک گیاه دارویی مقاوم به شوری، هم‌چنین با توجه به پتانسیل قابل توجه کود ورمی کمپوست در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و نقش آن در کاهش اثرات زیان‌بار تنش شوری بر رشد گیاهان، این پژوهش در حضور کود ورمی کمپوست به‌عنوان اصلاح کننده خاک بر برخی صفات فیزیولوژیک و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان گیاه گاوزبان اروپایی در وضعیت تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر شوری و کاربرد ورمی‌کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی ١٣٩٤ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش شوری (شاهد (S_1)، ٤ (S_2)، ٨ (S_3) و ١٢ (S_4) دسی‌زیمینس بر متر کلریدسدیم) و ورمی‌کمپوست (V_1: صفر درصد وزنی خاک گلدان بر حسب وزن خشک- شاهد، V_2: پنج درصد وزنی خاک گلدان بر حسب وزن خشک، V_3: ١٠ درصد وزنی خاک گلدان بر حسب وزن خشک و V_4: ١٥ درصد وزنی خاک گلدان بر حسب وزن خشک) بودند. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست و روش اندازه‌گیری آن‌ها در جدول (١ و ٢) آمده است.

جدول ١: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایشی

هدایت‌الکتریکی $dS.m^{-1}$	pH	Zn ppm	Fe ppm	P ppm	K ppm	نیتروژن درصد	رس درصد	سیلت درصد	شن درصد
١/٦	٧/٣	٤/٨	٢/٢	١٨	١٦٧	٠/٠٨	٣٣	٢٩	٣٨

جدول ٢: برخی از مشخصات ورمی‌کمپوست مورد استفاده

هدایت‌الکتریکی dS/m	کربن آلی درصد	ماده آلی درصد	Na ppm	Mn ppm	P ppm	K ppm	رطوبت درصد	خصوصیات
٣/٢	٢٠	٣٨	٦٧٤	٠/٨٣	٠/٧	٠/٩	٣٠-٢٥	ورمی‌کمپوست

آزمایش در شرایط کنترل‌شده حرارتی و نوری انجام گرفت، به‌طوری که دمای روز و شب به‌ترتیب در حد ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. قبل از کاشت بذور مقدار ورمی‌کمپوست برای هر گلدان محاسبه شده و با خاک گلدان مخلوط گردید کاشت در تاریخ ۲۵ اسفند ۱۳۹٤ انجام گرفته و بعد از سبز شدن، بوته‌ها در طی دو مرحله تنک گردیده و نهایتاً در داخل هر گلدان چهار بوته نگهداری شد. حدود هشت هفته پس از کاشت (مرحلهٔ شش تا هشت برگی شدن بوته‌ها) تنش شوری اعمال گردید. با توجه به اهمیت نوع نمک در مطالعات شوری، نمک NaCl با نسبت وزنی (به‌میزان ۲۵ درصد از وزن کل نمک) به آب معمولی اضافه شد. مقدار نمک مورد نیاز بر اساس رابطه تجربی TDS TDS=640*EC، مقدار نمک بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و EC، هدایت الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد (Meloni et al., 2008). مقدار نمک کلریدسدیم برای هر تیمار محاسبه شده در آب مقطر حل شده و آبیاری حدودا هر چهار روز یکبار انجام گرفت. پیش از پر کردن گلدان‌های پلاستیکی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و ورمی‌کمپوست مورد استفاده اندازه‌گیری گردید و بر اساس آزمون مواد غذایی خاک، مقدار کود مورد نیاز مشخص شد. هر واحد آزمایشی از یک گلدان با ارتفاع ۱٦ سانتی‌متر و قطر نه سانتی‌متر تشکیل شد و چهار بذر در هر گلدان کاشته شد که پس از اطمینان از سبز شدن به دو گیاهچه تقلیل یافت.

سنجش‌های فیزیولوژیکی

رنگیزه‌های فتوسنتزی: اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با روش Dere و همکاران (۱۹۹۸) انجام شد. ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ٦٤٧، ٦٦٤ و ٤٧٠ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (مدل Carry 50، شارکت Varian، استرالیا) قرائت و غلظت رنگیزه‌ها با رابطه‌های ۱ تا ٤ و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شدند.

رابطه ۱: $Chlorophyll_a= 15.65A_{666} -7.340A_{653}$

رابطه ۲: $Chlorophyll_b= 27.05A_{653}-11.21A_{666}$

رابطه ۳:

$Chlorophyll_T= Chlorophyll_a+ Chlorophyll_b$

رابطه ٤:

$$Cartenoid= [(4.785A470+3.657A663.2-12.76A646.8) \times 8.1]/FW$$

A_{666}=مقدار جذب در طول موج ٦٦٦ نانومتر، A_{653}= مقدار جذب در طول موج ٦٥٣ نانومتر، $A_{663.2}$=مقدار جذب در طول موج ٦٦٣/٢ نانومتر، $A_{646.8}$= مقدار جذب در طول موج٦٤٦/٨ نانومتر A_{470}= مقدار جذب در طول موج 470 نانومتر و FW= وزن تازه برگ.

سوپراکسید دیسموتاز: جهت تعیین میزان سوپراکسید دیسموتاز، سه عدد برگ از هر واحد آزمایشی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملا جوان و سالم باشند، برگ‌ها داخل نایلون اتیکت گذاری شده قرار گرفت و در یخ‌دانی که کف آن از یخ پوشیده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس توسط روش Misra and Fridovich (۱۹۷۲) میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. ابتدا محلول بافر تریس (حاوی فسفات دی سدیک، pH= ۷/۲) به همراه ۱/۳ میلی‌مول EDTA و ۱٪ میلی‌مول کربنات منوسدیک تهیه شد و سپس از اپی‌نفرین میلی‌مول به‌عنوان سوبسترا استفاده شد، سپس با غلظت ۰/۲۵ محلول تهیه شده را به آن

اضافه کرده، تغییرات جذب نوری حاصله از اکسیداسیون اپی‌نفرین، به‌عنوان فعالیت آنزیمی ارزیابی گردید و از آنزیم استاندارد و خالص جهت استاندارد نمودن نتایج استفاده شد که واحد آن قادر به اکسیداسیون ۰/۵ میلی مول اپی‌نفرین در یک دقیقه باشد.

آسکوربات پرکسیداز: به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پرکسیداز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به روش اسپکتوفتومتری با روش Aebi (۱۹۸٤) اندازه‌گیری شدند. در نهایت میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول آسکوربات اکسید شده به ازای گرم پروتئین در دقیقه محاسبه شد.

گلوتاتیون پراکسیداز: برای اندازه‌گیری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه را با آب مقطر شستشو داده و بلافاصله در بافر تریس ۰/۱٦ مولار با pH= ۵/۷ وارد کرده و سپس خرد و یکنواخت شدند. آنگاه اجازه داه شد در حضور حجم مشابه از همان بافرحاوی دیجیتونین (آنزیم هضم کننده دیواره) فرایند هضم غشاء و دیواره سلول انجام شود. در پایان مقدار ۵/. میلی لیتر از محلول هموژن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر تعیین گردید. سپس در باقی‌مانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلوتاتیون با روش Holy (۱۹۷۲) اندازه‌گیری شد.

کاتالاز: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Chandlee and Scandalios (۱۹۸٤) انجام شد. نمونه برگ‌ها پس از شستشو با آب مقطر بلافاصله در محلول بافر فسفات- تریس۰/۱٦ مولار با pH= ۵/۷ وارد و خرد و هموژن شدند. سپس حجم مشابه بافر حاوی دیجیتونین آنزیم هضم کنندهٔ دیواره اضافه نموده تا فرآیند هضم غشاء و دیواره‌های سلولی صورت گیرد. در آخر میزان ۵/. میلی‌مول از محلول هموژن برای سنجش پروتئین توسط روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) برداشته شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تعیین گردید. در باقی‌ماندهٔ محلول استخراجی فوق مقدار هر یک از آنزیم‌ها به روش خاصی تعیین گردید. در این روش شدت حذف آب اکسیژنه به‌عنوان سوبسترا ارزیابی شد. بافر زمینه برای انجام کار حاوی ۰/۱۷ میلی‌مول فسفات دی‌سدیک (pH= ۷/۲) به همراه ۰/۱۵ میلی‌مول EDTA و ۰/۱۱ میلی‌مول کلریدمنیزیم در نظر گرفته شد. واحد فعالیت آنزیم کاتالاز معادل نسبت تبدیل آب اکسیژنه در مدت ۱ دقیقه به هنگام پیشرفت واکنش درجه اول در نظر گرفته شد.

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) صورت گرفت.

نتایج

تأثیر شوری و کود ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اثرات ساده تنش شوری و ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدان و هم‌چنین اثر متقابل تیمارها بر آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار شد. اما برای آنزیم مالون دی‌آلدهید اثرات متقابل این دو فاکتور معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی گاوزبان تحت تأثیر تنش شوری و کود ورمی‌کمپوست

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		گلوتاتیون پراکسیداز	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز	مالون دی‌آلدهید
تکرار	۳	٤/۹۲^{ns}	۸/٤۸^{ns}	۳۳۹/۰۷^{ns}	۹/٦۷^{ns}	۲/۷۱^{ns}
تنش شوری	۳	۱٤/٦۷**	۵۳/٤۱**	٤۸۹۲۳۷/۱۳**	۵۹۸/۱۳**	٤/۷۲**
ورمی‌کمپوست	۳	۹/۰۵**	۲٦/۵۷**	۲٤۳۷۰۹/٦**	۲۹٤/۷۱ **	۳/۱٤ **
شوری × کود	۹	۰/۸۱*	۲/۷٤**	۳۱۸۹۲/٤۷**	۲۸/۸٦*	۰/۵۷^{ns}
خطا	٤۸	۰/۸٦	۱/۷۳	۱۲۹/۷٦	۳/۳۸	۰/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/٤	۱۱/٤۱	۹/۸٤	۹/۰۹	۱۳/۱۷

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد ns: غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز نشان داد که بیش‌ترین میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (٤/٦۰۷۱ واحد بر میلی‌گرم پروتئین)، کاتالاز (۰/۰۱۸٤ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و آسکوربات پراکسیداز (۰/۲۹۸۲ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) از تیمار S_4V_4 (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم و ۱۵٪ ورمی‌کمپوست) به‌دست آمد (جدول ٤).

جدول ٤: مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ورمی‌کمپوست بر صفات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گاوزبان

تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ورمی کمپوست (درصد وزنی)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	آسکوربات پراکسیداز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	گلوتاتیون پراکسیداز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	کاتالاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین)
۰	۰	۱۰/۵۲^{def}	۰/۰۰۵۳^{i}	۰/۰۰۱۸^{ijk}	۰/۰۰۱۳^{fgh}	۰/۰۸۱۸^{i}
	۵	۱٤/۲۱^{bcd}	۰/۰۰٦۲^{hi}	۰/۰۰۲۱^{hijk}	۰/۰۰۲٤^{efg}	۰/۰۹۳۸^{hi}
	۱۰	۱٦/۸۹^{abc}	۰/۰۰۸۱^{gh}	۰/۰۰۲۷^{hi}	۰/۰۰٤٦^{cdef}	۰/۱۲۵۱^{ghi}
	۱۵	۱۹/۸۵^{a}	۰/۰۰۹۷^{fgh}	۰/۰۰۳۳^{ghi}	۰/۰۰٦۲^{bcde}	۰/۱٤۹۸^{fghi}
٤	۰	۱۱/۰۷^{cde}	۰/۰۲۰۸efg	۰/۰۰۷۱^{gh}	۰/۰۰۳۹^{defg}	۰/۳۲۱۳^{fgh}
	۵	۱٤/۷۲^{bcd}	۰/۰٤۱۲^{def}	۰/۰۱٤۱^{egh}	۰/۰۰۵۱^{cde}	۰/٦۳٦۵^{efg}
	۱۰	۱٦/۹٦^{abc}	۰/۰٦٦۷^{cde}	۰/۰۲۳۱^{deg}	۰/۰۰٦۹^{bcd}	۱/۰۳۱۵^{de}
	۱۵	۱۷/۱۲^{ab}	۰/۰۷۹٤^{cd}	۰/۰۲۷۳^{cdef}	۰/۰۰۷٤^{abcd}	۱/۲۲٦۷^{cde}
۸	۰	۷/۹۱^{efg}	۰/۰٦۲۱^{cde}	۰/۰۲۱٤^{deg}	۰/۰۰٤۱^{cdef}	۰/۹۵۹٤^{def}
	۵	۱۱/۱۹^{cde}	۰/۰۸٤۳^{bcde}	۰/۰۲۹۱^{cde}	۰/۰۰۵۹^{bcd}	۱/۳۰۲٤^{cde}
	۱۰	۱۲/۰۲^{bcde}	۰/۰۹۲۱^{bcd}	۰/۰۳۲۷^{bcde}	۰/۰۰۷۸^{abcd}	۱/٤۲۲۹^{cd}
	۱۵	۱٦/۱۳^{abc}	۰/۰۹۹٤^{bcd}	۰/۰۳٤۲^{bcde}	۰/۰۰۸۹^{abc}	۱/۵۳۵۷^{bcd}
۱۲	۰	۳/٦۱^{g}	۰/۱۲۰۷^{abcd}	۰/۰٤۱٦^{bcd}	۰/۰۰٦۲^{bcd}	۱/۸٦٤۸^{bc}
	۵	٤/۵۲^{fgh}	۰/۱٤۳۹^{abc}	۰/۰٤۹٦^{bc}	۰/۰۰۷۹^{abcd}	۲/۲۲۳٤^{abc}
	۱۰	٦/۰۸^{efgh}	۰/۱۷۱۲^{ab}	۰/۰۵۹۱^{b}	۰/۰۰۹۲^{abc}	۲/٦٤٦٦^{ab}
	۱۵	۷/۸۲^{efg}	۰/۲۹۸۲^{a}	۰/۱۰۲۸^{a}	۰/۰۱۸٤^{a}	٤/٦۰۷۱^{a}

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

از طرفی نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ورمی کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نشان داد که بیش‌ترین میزان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میانگین ۰/۱۰۲۸ واحد بر میلی‌گرم پروتئین از تیمار S_4V_4 (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم و ۱۵٪ ورمی‌کمپوست) و کم‌ترین میزان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میانگین ۰/۰۰۱۸ واحد بر میلی‌گرم پروتئین از تیمار S_1V_1 (۰ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای شوری و ورمی کمپوست نشان داد بالاترین مقدار کلروفیل کل با میانگین ۱۹/۸۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر از تیمار S_1V_4(صفر دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم و ۱۵٪ ورمی کمپوست) و کم‌ترین مقدار کلروفیل کل با میانگین ۳/٦۱ میلی گرم در گرم وزن تر از تیمار S_4V_1 (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) به‌دست آمد (جدول ٤).

تأثیر شوری و کود ورمی‌کمپوست بر رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تنش شوری و ورمی‌کمپوست بر رنگدانه‌های فتوسنتزی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل این دو فاکتور برای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد اما بر روی کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی گاوزبان تحت تأثیر تنش شوری و کود ورمی‌کمپوست

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۳	۰/۹۳^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۵۹^{ns}	۰/۵۳^{ns}
تنش شوری	۳	۲۷/۳۹**	۵/۱۳**	۵٦/۷۳**	۰/۸۲**
ورمی‌کمپوست	۳	۲٦/۸٤**	٤/۹۲**	۷۱/٦۳**	۰/۷٤**
شوری × کود	۹	۱/۸۲^{ns}	۰/۸۳^{ns}	٤/۹۲**	۰/۰٦^{ns}
خطای آزمایش	٤۸	۰/٤۷	۰/۱۳	۰/۲٤	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۳۸	۹/٤۱	٤/٦۸	۱۰/۱

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد ns: غیر معنی‌دار

جدول ٦: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گاوزبان تحت تأثیر تنش شوری

تنش شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	مالون دی‌آلدهید (میکرومول به گرم وزن تازه بافت)	کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل (میلی‌گرم b بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
۰	۰/۰۰۳۱^{d}	۸/۹۲^{a}	٤/٦۹^{a}	۱/٤۸^{a}
٤	۰/۰۰۵۵^{b}	٦/۸۷^{ab}	۳/۹۱^{ab}	۱/۰۹^{ab}
۸	۰/۰۰۷۲^{ab}	۵/٦۹^{abc}	۲/۷۲^{b}	۰/۹۲b
۱۲	۰/۰۰۹۲^{a}	۳/٤۳^{b}	۱/۲۷c	۰/۳۸c

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید با میانگین ۰/۰۰۹۲ میکرومول به گرم وزن تازه بافت از تیمار S_4 (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید با میانگین ۰/۰۰۳۱ میکرومول به گرم وزن تازه بافت از تیمار S_1 (صفر دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) به‌دست آمد (جدول ٦).

هم‌چنین نتایج حاصل از آزمایش نشان داد با افزایش شوری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌ترتیب با میانگین ۸/۲۹، ٤/٦۹ و ۱/٤۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر از تیمار S_1 (صفر دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) و کم‌ترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌ترتیب با میانگین ۳/۲۹، ۱/۲۷ و ۰/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر از تیمار S_3 (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم) به‌دست آمد (جدول ٦). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از کود ورمی کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید را افزایش داد. در این میان بالاترین میزان فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید با میانگین ۰/۰۰٥٤ میکرومول به گرم وزن تازه بافت از تیمار V_4 (۱٥٪ ورمی‌کمپوست و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهید با میانگین ۰/۰۰۱۸ میکرومول به گرم وزن تازه بافت از تیمار V_1 (عدم استفاده از کود ورمی‌کمپوست) به‌دست آمد (جدول ۷). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از کود ورمی کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها را افزایش داد. در این میان بالاترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌ترتیب با میانگین ۱۳/٤۱، ٦/۳۸ و ۲/٥۱ میلی گرم در گرم وزن تر از تیمار V_4 (۱٥٪ وزنی ورمی‌کمپوست) و کم‌ترین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌ترتیب با میانگین ۷/۷۳، ۲/۷۸ و ۱/۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر از تیمار V_1 (عدم استفاده از کود) به‌دست آمد (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گاوزبان تحت تأثیر ورمی‌کمپوست

ورمی‌کمپوست (درصد وزنی)	مالون دی‌آلدهید (میکرومول به گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	(میلی‌گرم کلروفیل b بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم ورن تر)
۰	۰/۰۰۱۸^{c}	۷/۷۳d	۲/۷۸c	۱/۰۱d
٥	۰/۰۰۲۱^{bc}	۹/۸۲^{c}	٤/۷٤^{b}	۱/٦۲c
۱۰	۰/۰۰۲٦^{b}	۱۲/۳۸^{b}	٥/۹۲^{ab}	۲/۰۷b
۱٥	۰/۰۰٥٤^{a}	۱۳/٤۱a	٦/۳۸^{a}	۲/٥۱a

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد است.

بحث

ایران از نظر اقلیمی در منطقه خشک و نیمه خشک دنیا قراردارد، از این‌رو شوری خاک و آب آبیاری یکی از مشکلات عمده پیش روی زراعت کشور است. شوری آب وخاک سبب بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در

گیاهـان مـی‌شـود (Bagheri and Khosravinejad, 2016).

در شرایط تنش شوری، گیاه برای کـاهش اثـرات تـنش اکسـیداتیو منجـر بـه افـزایش فعالیـت آنـزیم سوپراکسید دیسموتاز شده است. بـه‌طـورکلی میـزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تیمار شده گیاه گاوزبان با تیمار ۱۵٪ ورمـی‌کمپوسـت در شـرایط تـنش شـدید شوری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی بیشتر شـد. کاتالاز، اصلی‌ترین آنزیم جاروبگر پراکسید هیـدروژن و از مهمتـرین آنـزیم‌هـای آنتـی‌اکسـیدان در گیاهـان محسوب می شود. تنش شوری در بسیاری از گیاهان، موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردیده است کـه این نتیجه در تحقیق حاضر در ارتباط با فعالیت آنـزیم کاتالاز نیز مشاهده گردید. هم‌چنـین آنـزیم کاتـالاز از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار ماده پراکسید هیـدروژن در محـیط زیـاد باشـد (Dat et al., 2000). Garratt و همکاران (۲۰۰۲) بیان نموده‌اند کـه کاتـالاز سـلول‌هـا را از اثـرات پراکسـید هیدروژن محافظت می کند. آنزیم کاتالاز طی واکـنش آنزیمی با زدودن انواع فعال اکسـیژن و جلـوگیری از تخریب دیواره سلولی به بقاء گیـاه کمـک مـی‌نمایـد (Jiang and Zhang, 2001).

آسکوربات پراکسیداز دارای چندین نقش اساسی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند رشـد و نمـو و متابولیسم است و هم‌چنین بـه‌عنـوان یـک احیاکننـده بـرای خیلـی از رادیکـال‌هـای آزاد و بـه خصـوص پراکسید هیدروژن عمـل مـی‌کنـد. بنـابراین خسـارت ناشی از تنش اکسیداتیو را به کم‌ترین مقدار می‌رساند (Mittler, 2000; Gholinejad et al., 2014). آنـزیم گلوتاتیون پراکسیداز با استفاده از مواد فنولیک به‌عنوان دهنده الکترون باعث تجزیه پراکسـید هیـدروژن مـی شود (Appel and Hirt, 2004). با توجـه بـه افـزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی و شـوری و نقش آن در احیاء گلوتاتیون، این آنزیم به احتمال زیاد یکی از آنزیم‌هـای مهـم در گیـاه اسـت کـه افـزایش فعالیت آن سبب افزایش مقاومت گیاه در برابـر تـنش اکسیداتیو خواهد شد. گزارش شده است که افـزایش فعالیت آنزیم گلوتـاتیون ردوکتـاز مـرتبط بـا تحمـل شوری می‌باشد (Bor et al., 2003).

نتـایج حاصـل از آزمـایش نشـان داد بـا افـزایش شوری میزان فعالیت آنزیم مـالون دی‌آلدهیـد افـزاش یافت. یکی ازموارد آسیب اکسیداتیو حاصل از شرایط تنش شوری، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می‌باشد که منجر به تولید مالون دی آلدئید شده و می‌توانـد بـه عنوان شاخصی از میزان تأثیر تنش شوری مورد توجه قرار گیرد. نتایج تحقیق حاضر نیز روند افزایشی تولید مالون دی آلدئید را با افزایش تنش شـوری نشـان داد. نتـایج یافتـه‌هـای ایـن تحقیـق بـا نتـایج Alinia و Kazemeini (۲۰۱۷) بر روی اثر تنش شوری در گیاه سـورگوم مطابقـت دارد. تخریـب غشـای سـلولی و تجزیه چـربی‌های آن در واکنش بـه تـنش شـوری و تولید مالون دی‌آلدهید بـرگ در ذرت مشـاهده شـده است و می‌تواند به‌عنـوان یـک معیـار مناسـب بـرای بررسی واکنش گیاه به تنش شوری باشـد (Gunes et al., 2007).

آنـزیم‌هـای آنتـی‌اکسـیدان بـه‌عنـوان سـریعترین واحدهای مقابله کننده در برابـر حملـه اکسـیژن هـای فعال به شمار می آید کـه در تحقیـق حاضـر افـزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دیده شد کـه بـا نتـایج پژوهش Hernandez و همکاران (۲۰۰۰) بر روی اثـر تنش شوری بر روی نخود مطابقـت دارد. آنـزیم‌هـای آنتی‌اکسـیدان نظیـر کاتـالاز، پراکسـیداز، آسـکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون رداکتـاز باعث حذف و غیر فعال شـدن گـونـــه‌هـای فعـال اکسـیژن مـی‌شـوند (Baily, 2004). Bahrampour و

همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) افزایش یافت که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. نتایج بسیاری از تحقیقات نیز نشان می دهد که فعالیت این آنزیم‌ها در برگ‌های ارقام حساس و متحمل به شوری بسیاری از گونه‌های گیاهی افزایش می‌یابد (Ashrafi et al., 2015). Heidari و Mesri (۲۰۰۸) گزارش کرده است که در ارقام مختلف گندم تحت تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز افزوده می‌شود. شوری خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک شده و دسترسی گیاه به آب را کاهش می‌دهد. به دلیل پیامدهای ناشی از تنش آب از جمله کاهش جذب مواد غذایی، کاهش سطح برگ و فتوسنتز، و کاهش جذب دی‌اکسیدکربن مقدار مواد فتوسنتزی نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و در نتیجه شاخص‌های رشدی نیز کاهش می‌یابد (Hosseini et al., 2016).

درگیاه ریحان افزایش شوری باعث کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کروفیل کل، کاروتنوئیدها، وزن تر و خشک اندام رویشی و سطح برگ شد (Bernstein et al., 2010). Niakan و Habibi (۲۰۱۶) گزارش کردند که در گیاه (*Cucurbita maxima* L.) افزایش تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کروفیل کل، کاروتنوئید و وزن تر اندام هوایی شد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. در این بررسی در اثر تنش شوری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به شدت کاهش یافت به‌نظر می‌رسد که کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی به احتمال زیاد ناشی از تأثیر مزمن تجمع یون‌ها در کلروپلاست می‌باشد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ‌ها، روند کاهش تدریجی را همراه با افزایش تنش شوری نشان داد کاهش این رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی می‌تواند به علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی باشد. تنش موجب افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل باشد. هم‌چنین کاهش غلظت کلرفیل در گیاهان تحت تنش ممکن است در ارتباط با افزایش فعالیت تجزیه کلروفیل توسط آنزیم کلروفیلاز باشد (Goldani, 2012). کاروتنوئیدها به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های بیولوژیکی نقش بسیار مهمی در حفاظت از بافت گیاهی ایفا می‌نماید. عدم حضور کاروتنوئیدها ممکن است باعث آسیب فتواکسیداتیو شدید در بافت گیاهی گرد (Kaboosi and Nodehi, 2016). گزارش شده که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار کارتنوئید داشته است و مقدار کاروتنوئیدها تحت تنش شوری کاهش یافت اما میزان آن کمتر از کلروفیل بود (Parida et al., 2004). در گیاه مریم‌گلی، بررسی اثر غلظت‌های مختلف شوری (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولار نمک) نشان داد که با افزایش سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) به‌طور قابل توجهی رشد گیاه (تا ٦٥ درصد) کاهش یافت (Taarit et al., 2009). هم چنین در گیاه بابونه شیرازی تحت تنش شوری کلروفیل کل و میزان پرولین به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت (Lotfollahi et al., 2015). با بررسی اثر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل گیاه دارویی ریحان اظهار داشتند که بیش ترین میزان کلروفیل در تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد ولی بین این تیمار و تیمار کودهای زیستی نیتروکسین و نیتروکسین+ فسفات بارور- ۲ اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (Weisany et al., 2012).

تحقیق حاضر نشان داد مصرف ورمی کمپوست، صفات کمی و کیفی مورد مطالعه در گیاه گاوزبان را

افزایش داد. افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در تیمارهای کود ورمی‌کمپوست، می‌تواند ناشی از بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی باشد. هم چنین افزایش ورمی‌کمپوست خاک نیز باعث افزایش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کروفیل کل و کاروتنوئیدها شد و بیش ترین افزایش در سطح چهارم ورمی کمپوست به میزان ۱۸/۳۹ درصد نسبت به شاهد بود. با مصرف کمپوست زباله شهری، ماده خشک میکروبی خاک افزایش می یابد و دلیل این افزایش را غنی بودن کمپوست زباله شهری از ماده خشک میکروبی و یا وجود سوبسترای حاوی کربن در کمپوست زباله شهری برشمرده‌اند که در نهایت اثرات مثبتی در افزایش رشد و عملکرد گیاه دارد (Asghari et al., 2016). Rashtbari و Alikhan (۲۰۱۲) کاربرد ورمی‌مپوست در شرایط آبیاری نرمال و تنش متوسط و شدید بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه کلزا را مثبت ارزیابی نمودند. در بعضی از گیاهان نظیر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، ورمی‌کمپوست اثرات زیان‌بار شوری را کاهش داد و سبب افزایش صفات فیزیولوژیکی رشد شد (Rafiq and Nusrat, 2009). Beyk Khurmizi و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر بهبود تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیا قرمز بیان نمودند که در سطوح پایین شوری تمام نسبت‌های ورمی کمپوست و در سطوح شوری بالا نسبت‌های بالای ورمی کمپوست تا حدودی اثرات نامطلوب شوری را کاهش داد. به‌طور کلی می توان نتیجه گرفت مصرف کود ورمی کمپوست با افزایش میزان نیتروژن در گیاه، باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شده که به دنبال آن سبزینه گی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته است. نتایج تحقیق حاضر نیز افزایش کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها تحت تیمارهای کودی را نشان داد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که تنش شوری تأثیرات منفی متفاوتی بر فرایندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه می‌گذارد. بنابراین با افزایش تنش شوری میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و مالون دی‌آلدهید افزایش و رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ورمی‌کمپوست نشان داد که حداکثر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان توسط تیمار ۱۵٪ وزنی ورمی‌کمپوست در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم حاصل شد. بنابراین، استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی، علاوه بر افزایش رشد گیاه، می‌تواند راهکار مناسبی برای کم کردن اثرهای منفی ناشی از غلظت زیاد سدیم و کلر در خاک‌ها بر رشد گاوزبان اروپایی باشد. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد ۱۵ درصد وزنی ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک توانسته است موجب افزایش آستانه تحمل به شوری صفات مورد بررسی گردد.

References

Abbaszadeh, B. and Zakerian, F. (2016). Elements uptake in Balm (*Melissa officinalis* L.) under the effect of mycorrhiza and *Piriformospora indica* and vermicompost. *Iranian Journal of* Medicinal and Aromatic Plants. 32 (1): 47-59. (In Persian with English abstract).

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. Methods in Enzymology. 105: 121-126.

Ahmad Abadi., Z. Ghajar Sepanlou, M. and Bahmanyar, M.A. (2011). Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage (Borago officinalis). Journal of Crops Improvement. 13 (2): 1-12. (In Persian with English abstract).

Alinia, M. and Kazemeini, S.A. (2017). Effect of salinity stress on growth, yield and some physiological traits of forage sorghum cultivars. Journal of Crop Production and Processing. 7 (2): 19-31. (In Persian with English abstract).

Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M. (2016). Study the morphological characteristics affecting yield of *Echium amoenum* under different organic and chemical fertilizers and plant densities. Iranian Journal of Horticultural Science. 47(1): 55-69 (in Persian)

Anwar, M.D., Patra, D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. and Khanuja, S. (2005). Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36: 1737-1746.

Appel, K. and Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annual Review of Plant Biology. 55: 373-399.

Asghari, M., Yusefirad, M. and Masoumi Zavarian, A. (2016). Effects of organic fertilizers of compost and vermicompost on qualitative and quantitative triats of lemon verbena. Journal of Medicinal Plants. 2(58): 63-71. (In Persian with English abstract).

Ashrafi, E., Razmjoo, J. and Zahedi, M. (2015). The effect of salt stress on biochemical traits and relation with salt tolerant of alfalfa cultivars in field. Agronomy Journal. 109: 43-56.

Atiyeh, R.M., Arancon, N.C., Edwards, A. and Metzger, J.D. (2002). Incorporation of earth worm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresource Technology. 81(2): 103-108.

Babakhanzade Sajirani, E., Shakouri, M.J. and Mafakheri, S. (2011). Borage (*Borago officinalis* L.) germination under saline condition. Annals of Biological Research. 2(6): 414-416.

Bagheri, A.A. and Khosravinejad, F. (2016). Study of biochemical parameters and antioxidant enzymes activities on *Oryza sativa* under salt stress. Devlopmemt Biology. 8(4): 1-10. (In Persian with English abstract).

Bahrampour, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M. and Gholamnezhad, J. (2019). The effect of different media cultures on some growth characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants under drought stress. Plant Environmental Physiology. 14(53): 104-116. (In Persian with English abstract).

Baily, C. (2004). Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research. 14: 93–107.

Bernstein, N., Kravchik, M. and Dudai, N. (2010). Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. Annals of Applied Biology. 156: 167-77.

Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P. and Parsa, M. (2010). The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology. 2(3): 474-485. (In Persian with English abstract).

Bor, M., Özdemir, F. and Türkan, I. (2003). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science. 164: 77–84.

Chandlee, J.M. and Scandalios, J.G. (1984). Analysis of variants affecting the plants. Plant Nutrition Soil Science. 168: 541-549.

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Van Montagu, M., Inzé D. and Van Breusegem, F. (2000). Dual action of active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science. 57: 779-795.

Dere, S., Gunes T. and Sivaci, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. Botany. 22: 13-17.

Dufault R. J., Rushing, J., Hassal, R., Shepard, B.M. and Ward, B. (2003). Infloence of fertilizer on growth and marker

compound of field grown Echinacea species and feverfew. Scientia Horticulture. 98: 61-69.

Farhoudi, R. (2014). Investigation the salinity tension effect on growth and physiological characteristics of nine wheat cultivars at vegetative growth stage. Crop Physiology of Journal. 20 (5): 71-86. (In Persian with English abstract).

Garratt L.C., Janagoudar, B.S., Lowe, K.C., Anthony, P., Bower, J.B. and Devey, M.R. (2002). Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. Free Radical Biology and Medicine. 33: 502-511.

Gholinejad, R., Sirousmehr, A. and Fakheri, B. (2014). Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis*). Journal of horticulture science 3 (28): 338-346.

Goldani, M. (2012). Effect of irrigation intervals on some growth indices ecotypes basil (*Ocimum basilicum* L.) Iranian agricultural research. 10 (2): 412-420.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E.G. and Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology. 164: 728-736.

Haj Seyyed Hadi, M.R., Darzi, M.T., Riazi, Gh.H. and Ghandarhari, Z. (2013). Evaluation of effect of vermicompost and aminoacids on yield and yield components of Matricaria chemmomilla. Iranian Journal of Plant and Ecosystem, 33, 67-80. (In Persian with English abstract).

Heidari, M. and Mesri, F. (2008). Salinity effects on corn patible solutes, antioxidants enzymes and ion content in three wheat cultivars. Journal Biology Science. 11(10): 1385-1389.

Hernandez, J.A., Jimenez, A., Mullineaux, P. and Sevilla, F. (2000). Tolerance of pea (*Pisum sativum*) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defenses. Plant Cell and Environment. 23: 853-862.

Holy, M.C. (1972). Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. Plant Physiology. 50: 15-18.

Hosseini, H., Mousavi-Fard, S., Fatehi, F. and Qaderi, A. (2016). Changes in phytochemical and morpho-physilogical traits of thyme (*Thymus vulgaris* CV Varico 3) under different salinity levels. Journal of Medicinal Plants. 1(10): 1–13. (In Persian with English abstract).

Jiang, M. and Zhang, J. (2001). Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative offence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiology. 42: 1265-1273.

Kaboosi, k. and Nodehi, A. (2016). The effects of salinity stress levels on quantity and quality traits of different cultivars of canola under application of vermicompost. Crop production. 3(9): 133–151. (In Persian with English abstract).

Kaya, M.D., Ipek, A. and Ozturk, A. (2003). Efects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. Turkish Journal of Agriculture for. 27: 221-227.

Koozehgar Kaleji, M. and Ardakani, M.R. (2017). Effects of vermicomposting and compost tea on nitrogen, phosphorus, and potassium yield and uptake of Mentha aquatic L. inoculated with mycorrhizal fungi *Glomus moseae*. Plant Environmental Physiology. 13(51): 95-107. (In Persian with English abstract).

Lotfollahi, L., Torabi, H. and Omidi, H. (2015). Determination of quantitative changes, phytochemical and tolerance threshold in german chamomile medicinal plant (*Matricaria chamomilla* L.) under salinity and pH condition. Journal Medicinal Plants. 4(56): 168-178. (In Persian with English abstract).

Lowry, O., Rosebrough, A. and Randall, R. (1951). Protein measurment with folin phenol reagent. Journal, Biological Chemistry. 193: 680-685.

Mahmoodi, P., Yarnia, M., Rashidi, V., Amirnia, R. and Tarinezhad, A.R. (2018). Effect of type and method of application of nano- and chemical fertilizers on seed yield and essential oils of borage (*Borago officinalis* L.). Plant Environmental Physiology. 13(51): 95-107. (In Persian with English abstract).

Meloni, D.A., Gulotta, M.R. and Martinez, C.A. (2008). Salinity tolerance in *Schinopsis quebracho* Colorado: Seed germination, growth, ionrelations and metabolic responses. Journal of Arid Environments. 72(10): 1785-1792.

Misra, H.P. and Fridovich, I. (1972). The generation of superoxide radical during auto oxidation. Journal of Biology Chemistry. 247: 6960-6966.

Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7: 405-410.

Oliva, M.A. Rincón, R., Zenteno, E., Pinto, A., Dendooven, L. and Gutierrez, F. (2008). Vermicompost role against sodium chloride stress in the growth and photosynthesis in tamarind plantlets (*Tamarindus indica* L.). Gayana Botanica. 65(1): 10-17.

Niakan, M . and Habibi, M. (2016). The effect of cytokinin on growth indicators and photosynthesis of Cucurbita maxima L. under different levels of drought. Plant Environmental Physiology. 11(42): 56-65. (In Persian with English abstract).

Parida, A.K., Das, A.B., Mittra, B. and Mohanty, P. (2004). Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. Zeitschrift für Naturforschung. 59: 408-14.

Rafiq, A. and Nusrat, J. (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower (*Hellanthus Annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. Pakistan Journal Botany. 41 (3): 1373-1384.

Rashtbari, M. and Alikhani, H.A. (2012). Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. Journal Agriculture Science. 22 (2): 113-127. (In Persian with English abstract).

Sairam R.K. and Srivastava, G.C. (2001). Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activiy in tolerant and susceptible genotype. Journal of Agronomy and Crop Science. 186: 63-70.

Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A. and Nagvi, M.H. (2005). Potassium induced salinity tolerance in wheat. International Journal of Environment Science Technology. 2 (3): 233-236.

Taarit, M.B., Msaada, K. and Marzouk, B. (2009). Plant growth, essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions. Industrial Crops and Products. 30: 333-7.

Weisany, V., Rahimzadeh, S. and Sohrabi, Y. (2012). Effect of bio-fertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 28: 73-87. (In Persian with English abstract).

Xu, Y.C., Zhang, J.B., Jiang, Q.A., Zhou, L.Y. and Miao, H.B. (2006). Effects of water stress on the growth of *Lonicera japonica* and quality of honeysuckle. Journal of Chinese Medicinal Materials. 29 (5): 420-423.

Yildiz, M. and Terzi, H. (2013). Effect of NaCl stress on chlorophyll biosynthesis, proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in leaves of salt-tolerant and salt-sensitive barley cultivars. Journal of Agricultural Science. 19: 79-88.