نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۵۹، پاییز ۱۳۹۹ / صفحات: ۵۷-۴۳

اثر بستر کشت بر رشد و تحمل به شوری درخت باران طلایی (*Koelreuteria paniculata* Laxm.)

مسعود دشتی[۱]، مریم دهستانی اردکانی[۱*]، مصطفی شیرمردی[۱]، علی مومن‌پور[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران.

[۲] مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

تاریخ دریافت:۹۷/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۲۶

چکیده

درخت باران طلایی (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) گیاهی چوبی، چندساله و زینتی است که عمدتا در فضای سبز کشت می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان مقاومت این گیاه به شوری و اثر کود گاوی و ورمی‌کمپوست بر میزان رشد و افزایش تحمل به شوری نهال‌های دوساله باران طلایی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل سه بستر کشت مختلف (۱-خاک زراعی ۲-۸۰٪ خاک زراعی+۲۰٪ ورمی‌کمپوست، ۳-۸۰٪ خاک زراعی+ ۲۰٪ کود گاوی) و شوری آب آبیاری در سه سطح (۱، ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر)، هر کدام با سه تکرار درون گلخانه انجام شد. در این آزمایش بستر بدون کود به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. طول دوره اعمال تنش سه ماه بود. نتایج به‌دست آمده نشان دادکه با افزایش سطح شوری، تعداد شاخه، وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و جذب سدیم و کلر افزایش یافت. تیمار ورمی‌کمپوست بهتر از شاهد و کود گاوی منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه، فعالیت آنزیم پراکسیداز، جذب سدیم، پتاسیم و کلر برگ شد. بیشترین وزن تر و خشک، ریشه، اندام هوایی و کل گیاه، جذب سدیم، پتاسیم و کلر در سطح شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی‌کمپوست حاصل شد. به‌طور کلی استفاده از ورمی‌کمپوست بهتر از کود گاوی منجر به بهبود خصوصیات رشدی و افزایش مقاومت به شوری گیاه باران طلایی شد.

واژه‌های کلیدی: باران طلایی، تنش شوری، رشد، کود گاوی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

درخت باران طلایی (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) گیاهی چوبی و بومی چین است. به‌دلیل گل‌های زرد رنگ زیبا و برگ‌های سبز، عمدتا جهت کشت در فضای سبز استفاده می‌شود. اندازه و شکل گیاه، آن را برای فضاهای سبز و باغات کوچک مناسب می‌سازد. مانند سایر درختان مناطق معتدله، بذر آن دارای خواب است (Dirr, 1990). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که موجب کاهش حاصلخیزی گیاهان خصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (Ashraf and Harris, 2004; Hussain et al., 2009). شوری آب آبیاری و خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی در کشاورزی در سرتاسر جهان می‌باشد و طی ۲۰ سال گذشته به‌دلیل افزایش نیاز به آبیاری در نواحی خشک و نیمه‌خشک مانند مناطق مدیترانه‌ای، اوضاع وخیم‌تر

*نویسنده مسئول: mdehestani@ardakan.ac.ir

شده است (Munns and Gilliham, 2015; Acosta-Motos et al., 2016; Acosta-Motos et al., 2017). شوری خاک مهم‌ترین مسئله در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و یک تهدید زیست محیطی به‌شمار می‌رود (Kumar et al., 2018). اثرات زیان آور تنش شوری بسیار به شرایط اقلیمی، شدت نور، گونه گیاهی و شرایط خاک وابسته است (Tang et al., 2015). بیشتر مکانیسم‌های سازگاری گیاهان همراه با تغییرات مورفولوژیک و آناتومیک می‌باشد. این مکانیسم‌ها شامل تغییر در مورفولوژی، آناتومی، روابط آبی، فتوسنتز، وضعیت هورمونی، توزیع سمیت و سازگاری بیوشیمیایی می‌باشد (Acosta-Motos et al., 2015). بهترین راه حفظ حاصلخیزی خاک و مقاومت به شوری، افزودن کودهای آلی می‌باشد (Das et al., 2013). اصلاح‌کننده‌های آلی موجب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در شرایط شور می‌شوند. شواهدی وجود دارد که اصلاح خاک با کودهای آلی موجب کاهش اثرات سمیت شوری در گونه‌های گیاهی مختلف شده است (Idrees et al., 2004; Abou El-Magd et al., 2008; Leithy et al., 2010; Raafat and Thawrat, 2011). کود دامی به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصر توسط گیاه نقش دارد. بررسی‌ها نشان داده است که منابع زیستی ارگانیک مانند کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول کمک کند. این سیستم‌ها نیازهای غذایی گیاه را تامین کرده و کارایی جذب مواد غذایی را افزایش می‌دهند (Daneshian et al., 2012).

فرایند کمپوست شدن طبیعی توسط کرم خاکی و با کمک میکروارگانیسم‌ها، ورمی‌کمپوست شدن نامیده می‌شود. کرم‌های خاکی به‌عنوان یک شاخص زیستی سلامت خاک عمل کرده، برای سلامتی خاک ضروری هستند و نیز نقش مهندس اکولوژی را بازی می‌کنند. ضایعات جامد غیرسمی از پروسه‌های مختلف می‌توانند مجددا مورد استفاده قرار گیرند و تبدیل به محصولات ارزشمندی شوند. ورمی‌کمپوست کردن، ضایعات زیستی مختلف مانند ضایعات محصولات باغبانی-کشاورزی، علف‌های هرز، تراشه‌های برگ‌های جنگلی، لجن فاضلاب و ضایعات صنعتی را تبدیل به تهویه کننده عالی خاک (ورمی‌کمپوست) می‌کند. سلامتی خاک برای کشاورزی پایدار ضروری است و کاربرد ورمی‌کمپوست یک راه خوب برای حفظ سلامتی و حاصلخیزی خاک می‌باشد. ورمی‌کمپوست موجب بهبود چگالی توده، ظرفیت نگهداری آب و مواد هیومیکی خاک می‌شود. همچنین استفاده از آن با افزایش جمعیت میکروب‌های مفید، فعالیت‌های آنزیمی و افزایش غلظت هورمون‌ها در حد بهینه موجب بهبود بیولوژی خاک می‌گردد. تحقیقات متعدد نشان داده است که کاربرد ورمی‌کمپوست در خاک موجب بهبود حاصلخیزی و سلامتی خاک می‌گردد و نیاز آن را به مواد شیمیایی کاهش می‌دهد (Sharma and Garg, 2018).

Kamil Abbas و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که شوری آب موجب افزایش معنی‌دار هدایت الکتریکی خاک، فعالیت پراکسیداز، سدیم و محتوای پرولین در برگ‌های گیاه فلفل و نیز کاهش خصوصیات رشدی آن و محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌ها شد. در حالی‌که کاربرد کود مرغی و جیبرلین موجب افزایش خصوصیات رشدی و محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌ها و کاهش فعالیت پراکسیداز، سدیم و پرولین برگ‌ها شد.

Hosseinzadeh و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن ساختار منفذدار، ظرفیت نگه‌داری بالای آب، داشتن مواد شبه هورمونی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و مقادیر بالای عناصر

ماکرو و میکرو می‌تواند نقش موثری در رشد و نمو گیاه و کاهش اثرات زیان آور تنش‌های محیطی بر گیاه بازی کند. آنها نشان دادند که ورمی کمپوست اثر مثبتی بر پاسخ‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و فتوسنتزی نخود در شرایط بدون تنش و تنش متوسط دارد، اما در تنش شدید ورمی‌کمپوست اثر مثبتی نشان نداد. Bharti و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که رشد گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum*) تلقیح شده با قارچ میکوریزا *Dietzia natronolimnaea* STR1 و *Glomus intraraduces* همراه با کود آلی ورمی‌کمپوست در خاک شور هم در شرایط گلخانه و هم در مزرعه بهبود یافت. Alam و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که اصلاح‌کننده‌های آلی شامل کود مزرعه و کود مرغی با افزایش محتوای کلروفیل، نسبت سدیم به پتاسیم و جذب نیتروژن موجب افزایش تحمل برنج به شوری شد.

هر چند تلاش‌های زیادی در جهت مقابله با شوری جهت گسترش درختان زینتی مختلف، انجام گرفته است، اما تحقیقات انجام شده در این زمینه خصوصا درخت باران طلایی در داخل و خارج کشور بسیار محدود می‌باشد به طوری‌که تاکنون هیچ تحقیقی در زمینه تحمل به شوری این گونه انجام نشده است. لذا تحقیق حاضر در پی آن است تا میزان تحمل به شوری درخت باران طلایی در شرایط استان یزد مورد بررسی قرار دهد تا در نهایت میزان تحمل این درخت را به همراه مناسب‌ترین بستر کشت برای توسعه فضای سبز معرفی کند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری یزد انجام شد. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ٤۰۰۰- ۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ٤±۱٦و میانگین دمای روزانه ٤±۲٤درجه سانتی‌گراد حفظ شد. رطوبت گلخانه با استفاده از آبیاری کف گلخانه و باز کردن دریچه‌های جانبی و سقف گلخانه تا حد امکان تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور نوع بسترکشت در سه سطح (۱-خاک زراعی ۲-۸۰٪ خاک زراعی+۲۰٪ ورمی کمپوست، ۳-۸۰٪ خاک زراعی+ ۲۰٪ کود گاوی کاملا پوسیده) و شوری آب آبیاری در سه سطح (۱، ٤ و ۷ دسی زیمنس بر متر)، و با سه تکرار انجام شد. در هر گلدان یک نهال کشت شد. برخی از ویژگی‌های خاک، کود دامی و ورمی‌کمپوست اندازه‌گیری و نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده

خصوصیات	ورمی‌کمپوست	کود گاوی	خاک
pHعصاره اشباع	۷	۷/۹	۷/۱
EC عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	۱	۰/٦	۳/٤
نیتروژن کل (٪)	۰/۸	۱/۱	۰/۰٦
فسفر (ppm)	۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵/٦
پتاسیم (ppm)	۱۰۰۰۰	۳۷۰۰	۱٤٤
ماده آلی (٪)	٤۰	۲۳	۰/۱۹
بافت	-	-	لوم رسی شنی

EC در کود گاوی و ورمی‌کمپوست در نسبت ۱:۱۰ کود به آب گزارش شد.

اواسط اردیبهشت ۱۳۹٦ گیاهان ریشه‌دار دو ساله از یکی از نهالستان‌های تحقیقاتی شهرستان کرج تهیه شدند. پس از سازگاری گیاهان با شرایط اقلیمی یزد، گیاهان به بسترهای کشت جدید (۱-خاک زراعی ۲-۸۰٪ خاک زراعی+۲۰٪ ورمی کمپوست، ۳-۸۰٪ خاک زراعی+ ۲۰٪ کود گاوی کاملا پوسیده) در داخل گلخانه انتقال داده شدند. به منظور همگن کردن خاک از الک دو میلی‌متری (مش ۱۰) استفاده شد و در نهایت نهال‌ها به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر منتقل شدند. کود گاوی و ورمی‌کمپوست قبل از کشت به نسبت ۲۰ درصد حجمی گلدان با خاک مورد استفاده کاملا مخلوط شدند. پس از سازگاری گیاهان، تیمار شوری از ابتدای تیرماه آغاز و به مدت سه ماه ادامه یافت. قبل از اعمال تیمار مشخصات مورفولوژیک نهال‌های مورد مطالعه ثبت شد. به‌منظور اجتناب از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه (Filed Capacity)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار (F1, USA) تعیین شد (Momenpour et al., 2015). آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آنها و لحاظ نیاز آبشویی، انجام شد. به‌منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه‌آب تعدادی از گلدان‌ها به‌طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آنها اندازه‌گیری شد.

صفات مورد ارزیابی

تعداد شاخه جانبی: پس از پایان آزمایش تعداد شاخه‌های جانبی به‌غیر از تنه اصلی یادداشت شد.

وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه: کل نهال با حذف ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن تر ریشه و اندام هوایی یادداشت شد و سپس به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، برگ و اندام هوایی قرار داده شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: جهت انجام آزمایش، دو میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل مقداری از عصاره حاوی ۵۰ میلی‌گرم پروتئین (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، ۵ میلی‌مولار گوئیکول و مقدار کافی بافر فسفات ۲۵ میلی‌مول pH=۷ مخلوط شد تا به حجم نهایی دو میلی‌لیتر برسد. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CECIL 9500 ساخت انگلیس) با استفاده از این مخلوط در طول موج ٤۷۰ نانومتر صفر گردید. سپس ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (ΔOD /Min./mg. protein) (Reuveni et al., 1995).

درصد نکروزگی: به‌منظور اندازه‌گیری درصد نکروزگی برگ‌ها، در پایان آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه، شمارش شدند و به‌صورت درصد بیان شد (Momenpour et al., 2015).

اندازه‌گیری میزان سدیم، پتاسیم و کلر در برگ: پس از خاکستر کردن مواد گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عنصر پتاسیم با رقیق کردن عصاره اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در گیاه با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر (PFP7 Jenway، ساخت آلمان) تعیین گردید (Emami & Zavareh, 2005). برای اندازه‌گیری کلر، ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت گیاهی پودر شده درون فالکن ریخته و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۵ مولار و قراردهی به‌مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک‌کن،

عصاره‌گیری انجام شد. مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره برای اندازه‌گیری کلر طبق روش رنگ‌سنجی در طول موج ٤٨٠ نانومتر توسط دستگاه Epoch (مدل LMS-1003, USA) استفاده شد (Munns et al., 2010). میزان جذب عناصر نیز با استفاده از غلظت عناصر و محاسبه وزن خشک اندام‌های هوایی محاسبه گردید (Zhu et al., 2017).

نشت یونی و درصد آسیب‌دیدگی غشاء: جهت اندازه‌گیری درصد نشت یونی مقدار ۰/۲ گرم برگ تازه وزن شد. نمونه‌ها جهت پاک شدن آلودگی سطحی سه بار با آب مقطر شسته شد. پس از آن نمونه‌ها داخل فالکون‌های شیشه‌ای حاوی ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت دو ساعت در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس قرار گرفت. بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس همان نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و پس از سرد شدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (Ezhilmathi et al., 2007).

رابطه (۱): $(EC_1/EC_2)\times 100$= درصد نشت یونی

پس از محاسبه درصد نشت یونی نسبی برای هر نمونه، درصد آسیب‌دیدگی غشاء سلولی از طریق رابطه ۲ محاسبه شد (Blum and Ebercon, 1981):

رابطه (۲):

$$\text{درصد آسیب‌دیدگی غشاء} = 1 - [1 - (T1/T2)/\ 1 - (C1/C2)] \times 100$$

که در این رابطه (T1 و T2) به ترتیب هدایت الکتریکی اولیه و نهایی در نمونه‌های تحت تیمار شوری و (C1 و C2)، به ترتیب هدایت الکتریکی اولیه و نهایی در نمونه‌های شاهد است.

تجزیه آماری به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.2 صورت گرفت. به‌منظور تعیین سطح معنی‌داری شاخص‌های مورفولوژیک و غلظت عناصر برگ از تجزیه واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) استفاده شد. میانگین‌ها داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($p\leq 0.05$) مقایسه شدند.

نتایج

تعداد شاخه جانبی: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر بستر کشت و بر همکنش شوری و بستر کشت بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تعداد شاخه جانبی در بسترهای شاهد و ورمی‌کمپوست نسبت به کود گاوی به‌طور معنی‌دار بیشتر بود (جدول ۳). استفاده از ورمی‌کمپوست در دو سطح شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر تعداد شاخه جانبی را افزایش داد، اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین تعداد شاخه در گیاهان شاهد حاصل شد (جدول ۳). در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر تعداد شاخه در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به کود گاوی به‌طور معنی‌داری بالاتر بود اما نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان نداد و در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر تعداد شاخه در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود گاوی بیشتر بود اما تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳).

وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، بستر کشت و برهمکنش آنها بر وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش سطح شوری وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه به‌طور

معنی‌داری افزایش و سپس کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین وزن تر و خشک ریشه و کل گیاه در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). اصلاح بسترهای کشت با ورمی‌کمپوست و کود گاوی به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). بیشترین وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه در تیمار ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن تر وخشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳). بر اساس نتایج، در دو سطح شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود گاوی وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۳)، اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهان تیمار شده با کود گاوی بیشترین وزن تر و خشک را نشان دادند (جدول ۳).

جدول ۲: **تجزیه واریانس اثر شوری و بستر کشت بر تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه باران طلائی**

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین						مربعات	
		تعداد شاخه جانبی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه
شوری	۲	۱/۷۱^{ns}	۱۲۷٦۲/۱۲**	۲۷۰۳/٦۰**	۷٤۳۱/۷۵**	۲۷۷۲/۲۱**	۳۷٤۸۱/۰٤**	۱۰۱۰۵/۱۵**
بستر کشت	۲	٦/۱۵*	۱۸۳۹٤/۱۱**	۳٤۵۸/۷۰**	۱۵۸۸٤/٦۳**	٤٤۹۵/۵۹**	٦۸٤۵۸/۸۲**	۱۵۷۹۵/۵۲**
شوری*بستر کشت	٤	٤/۸۲*	۸۷٤٦/۰۳**	۲۰۷/۹۷**	۳٦۹٦/۵۸**	۱۲۹٦/۰۰**	۱۹۵۹۵/٤٦**	۵۷۰۹/٤۱**
CV%		۲۵/۱۰	۲/۰۳	۲/٦٤	٤/۸۰	٤/٤۹	۲/۰۹	۲/٦۵

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت و شوری بر تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه باران طلائی

شوری ($dS.m^{-1}$)	بستر کشت	تعداد شاخه جانبی	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر گیاه (g)	وزن خشک گیاه (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی(g)
۱	شاهد	۳/۳۳^{ab} ± ۱/۸۹	۲۱۵/۱٦^{c}±٤/۵۰	۸۵/٦٦^{e}±۲/٤۵	۳٤۲/۷۳^{d}±٦/۱۷	۱۵۵/۳٤^{d}±۳/۳۲	۱۲۷/۵٦^{e}±۷/۸۲	٦۹/٦۷^{fe}±۳/۰۷
	ورمی‌کمپوست	۳/٦۷^{a}±۰/۵۷	۲۷٦/۹۰^{b}±٦/۰۰	۱۰۸/٤۰^{c}±۳/۰۲	۵۰۲/۱٦^{b}±۱/۷۹	۲٤۷/۸۹^{ab}±۲/۲۹	۲۲۵/۲٦^{b}±۷/٤٤	۱۲۳/۷۲^{b}±۰/۷۷
	کود گاوی	۱/۰۰^{c}±۱/۰۰	۱٦۲/۲۰^{e}±۲/۰۰	٦۲/۱٦^{g}±۰/۹۵	۳۲۰/۰۰^{e}±۵/۱۵	۱٤۸/۱۱^{ed}±۲/۷۵	۱۵۷/۸۰^{d}±۵/۲۸	۸۵/۹۵^{d}±۲/۹۳
٤	شاهد	۲/۳۳^{abc}±۱/۵۲	۱٦۳/۲۳^{e}±٤/۹۳	٦۵/۳۰^{gf}±۲/۷٦	۳۱۲/۸۳^{e}±۹/٤٦	۱٤۷/۹۹^{ed}±٤/۹۰	۱٤۹/٦۰^{d}±۸/۰٤	۸۲/٦۹^{d}±٤/۱۸
	ورمی‌کمپوست	۳/۵۵^{a}±۰/۹٦	۲۹۰/۹٦^{a}±۵/۲۹	۱۲٤/۱٦^{a}±۲/٦٤	۵۵۳/۸٦^{a}±۱۰/۷۱	۲۵۱/۹۳^{a}±۴/۵۱	۲٦۹/۸٦^{a}±۱۳/۵٤	۱٤۳/۵۳^{a}±۳/۹۲
	کود گاوی	۳/۰۰^{abc}±۱/۰۰	۲۸٤/۰۰^{ab}±۱/۲۵	۱۱۷/۳٦^{b}±۰/٦٤	۵۱۲/۷۳^{b}±٦/۰۹	۲٤۲/۰۹^{b}±٦/۷٤	۲۲۱/۷٦^{b}±۵/۷۲	۱۲٤/۷۳^{b}±٦/۵۸
۷	شاهد	٤/۰۰^{a}±۱/۰۰	۱۰٦/۳۰^{f}±٦/۳۰	۳۵/۲۳^{h}±۳/۱۵	۲۳۱/۵۳^{f}±۱۲/۲٦	۹۹/۰۸^{f}±٦/۵٦	۱۲۵/۲۳^{e}±۱۲/۳٤	٦۳/۸٤^{f}±٦/۷۳
	ورمی‌کمپوست	۱/۳۳^{bc}±۰/۵۷	۱۸٦/۳۰^{d}±۲/۵۲	٦٦/۸۳^{f}±۱/۲۷	۳۳٦/۲۰^{d}±۱۰/۰۱	۱٤۰/۲۱^{e}±٤/۵۳	۱٤۹/۹۰^{d}±۹/۰۳	۷۳/۳۸^{e}±۳/۷۵
	کود گاوی	۱/۰۰^{c}±۰۰/۰	۲۲۱/۹٦^{c}±۲/۵۷	۹۰/۹۳^{d}±۱/۲۸	٤۲۵/۲۸^{c}±۷/۱۹	۲۰۱/۹۹^{c}±۵/٦٤	۲۰۳/۳۱^{c}±٤/٦۸	۱۱۱/۰٦^{c}±٤/۳٦

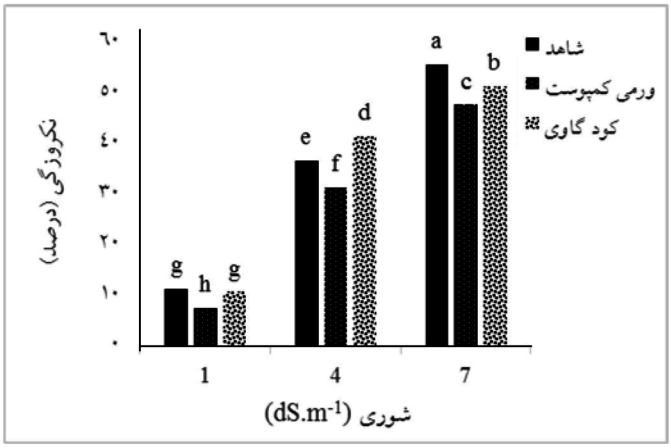
میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

درصد نکروزگی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر بستر کشت، شوری و برهمکنش آنها بر میزان نکروزگی برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش سطح شوری درصد نکروزگی برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱-الف). کمترین میزان نکروزگی برگ در تیمار ورمی کمپوست حاصل شد (شکل ۱). کمترین میزان نکروزگی برگ (۷/۵ درصد) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (شکل ۱). در هر سه سطح شوری، گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست، کمترین میزان نکروزگی را نشان دادند (شکل ۱).

جدول ٤: تجزیه واریانس اثر شوری و بسترهای کشت بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و جذب عناصر برگ درخت باران طلائی

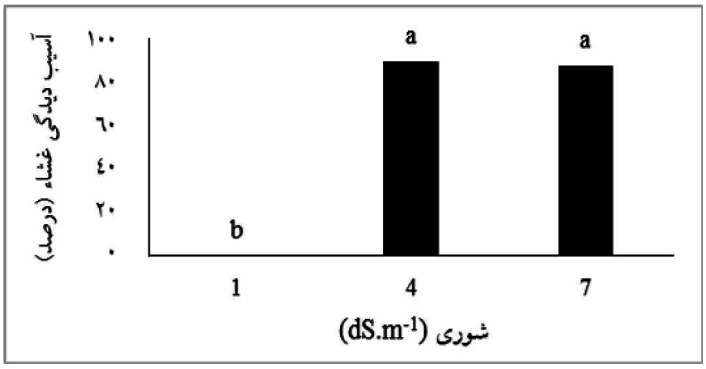
منابع تغییرات	درجه آزادی	مربعات						
		درصد نکروزگی	نشت یونی	درصد آسیب دیدگی غشاء	آنزیم پراکسیداز	سدیم	پتاسیم	کلر
شوری	۲	۳۹۹۳/۹۹**	٦/۸٤^{ns}	۲٤۲۸۸/٤۷**	۰/٤۰۵**	۱۲۱۲٤۰/٤۰**	۳۵۱۱٦٦۹/۱۰**	۱٦٦٤۹٦۲۰/۲۹**
بستر کشت	۲	۹٦/۱۱**	۱/۳٦^{ns}	۰/۹٤۸^{ns}	۰/٤۹۹**	۱۳۱۱۹۷/۰۷**	۳۰٦۰۲۳۰/۱۹**	۸٦۲۹۳٦۸/۲٦**
شوری * بستر کشت	٤	۱۹/۱۰**	۱/۷۹^{ns}	۰/۵۳۳^{ns}	۰/۱۵۳**	۱۱۹۰۷۹/۱۸**	۲۹٦۳۳۹/۵۱**	۱۳۲۹۰۰۷/۳٦*
CV%		٤/۹٤	۲/٤۹	٤/۰۸	۲/۹۹	۲۳/۹٦	۲۲/۰٦	۲۵/۰٦

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری



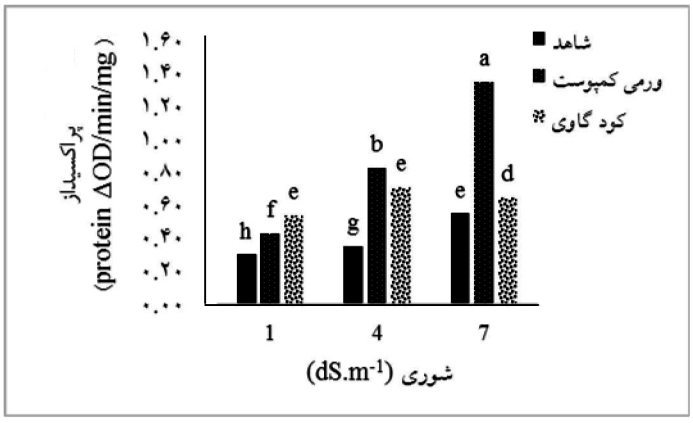
شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت و شوری بر میزان نکروزگی برگ درخت باران طلائی

نشت یونی و آسیب‌دیدگی غشاء: بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر شوری، بستر کشت و اثر متقابل آنها بر میزان نشت یونی برگ معنی‌دار نبود (جدول ٤). بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر شوری در سطح احتمال یک درصد بر میزان آسیب‌دیدگی غشاء معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر بستر کشت و اثر متقابل شوری و بستر کشت بر میزان آسیب‌دیدگی غشاء برگ معنی‌دار نبود (جدول ٤). با افزایش سطح شوری، میزان آسیب‌دیدگی غشاء به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل ۲).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر شوری بر درصد آسیب‌دیدگی غشاء درخت باران طلائی

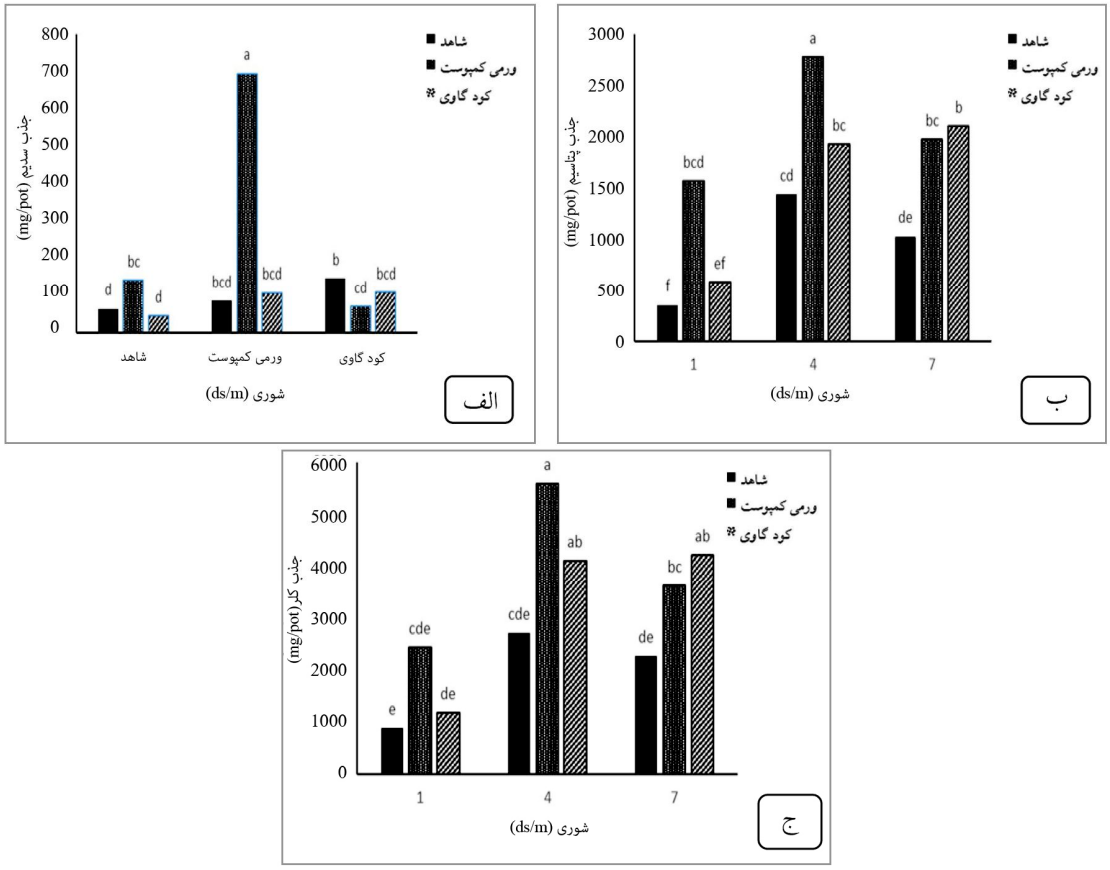
آنزیم پراکسیداز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر بستر کشت، شوری و اثر متقابل آنها بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۳). گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست فعالیت آنزیم پراکسیداز بیشتری نشان دادند (شکل ۳). بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (ΔOD/min/mg protein) در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۳). کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (ΔOD/min/mg protein) در گیاهان شاهد و شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۳). در شوری ۱ دسی-زیمنس بر متر گیاهان تیمار شده با کود گاوی و در شوری ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست بیشترین میزان فعالیت آنزیم را نشان دادند (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت و شوری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ درخت باران طلائی

عناصر غذایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، بستر کشت و برهمکنش آنها بر میزان جذب سدیم، پتاسیم و کلر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش سطح شوری میزان سدیم و پتاسیم نیز به طور معنی‌داری افزایش و سپس کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان سدیم در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ٤-

الف و ب). به‌طور کلی بیشترین میزان این عناصر در شوری ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ٤-الف و ب). ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود گاوی اثر بیشتری در جذب سدیم و پتاسیم نشان داد، اما میزان کلر در دو تیمار کود گاوی و ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بیشتر بود (شکل ٤-الف، ب و ج). بیشترین جذب سدیم، پتاسیم و کلر در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست در شوری متوسط (٤ دسی‌زیمنس بر متر) حاصل شد (شکل ٤-الف، ب و ج). میزان جذب سدیم در شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست بیشتر از شاهد و کود گاوی بود اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست کمترین جذب سدیم را نشان دادند (شکل ٤-الف). میزان جذب پتاسیم در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود گاوی کمتر بود اما در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر تیمار ورمی‌کمپوست بیشترین میزان جذب پتاسیم مشاهده شد و در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر هر دو تیمار (کود گاوی و ورمی‌کمپوست) نسبت به شاهد جذب پتاسیم بیشتری نشان دادند (شکل ٤-اب). میزان جذب کلر در شوری ۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر در تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نشان نداد اما در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر میزان جذب کلر در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (شکل ٤-ج).



شکل ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت و شوری بر جذب الف) سدیم، ب) پتاسیم و ج) کلر برگ درخت باران طلائی

بحث

تعداد شاخه جانبی: استفاده از ورمی‌کمپوست در دو سطح شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر تعداد شاخه جانبی را به‌ترتیب ۱۰/۲۱ و ۲۸/۷۵ درصد افزایش داد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان حاصل شد. آنها بیان کردند که اصلاح خاک با کودهای آلی اثرات سمی شوری را درگیاه کاهش می‌دهد (Idrees et al., 2004; Abou El-Magd et al., 2008; Leithy et al., 2010; Raafat and Thawrat, 2011). Pérez-Gómez و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش خصوصیات رشدی گیاه سیب‌زمینی را بهبود بخشید و بنابراین اثرات تنش شوری را کاهش داد. ورمی‌کمپوست به‌دلیل اینکه حاوی هیومییت (humates) و هیومیک است، به عنوان فعال‌کننده فیزیولوژی عمل کرده، جذب عناصر غذایی افزایش یافته و اثر تنش شوری کاهش می‌یابد (Reyes-Perez et al., 2014).

وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل: بر اساس نتایج وزن تر و خشک اندام هوایی، ریشه و کل با افزایش شوری، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج حاصله با Silispour و همکاران (۲۰۱٦) روی زیتون و Kalhor و همکاران (۲۰۱۸) روی همیشه بهار و Mousavi Dehmordy و همکاران (۲۰۱۸) روی زیتون رقم "زرد" مطابقت داشت. رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گونه‌های مختلف، معیاری جهت تعیین مقاومت به خشکی و پتانسیل تولید در شرایط تنش می‌باشد. در شرایط تنش، جریان کمتر آب از ریشه به اندام هوایی سبب کاهش پتانسیل آب برگ، انسداد روزنه، جذب کمتر دی‌اکسید کربن و در نهایت سبب کاهش رشد ریشه و گیاه می‌شود. با کاهش میزان تعرق و افزایش اتلاف حرارت، میزان فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد (Chen et al., 2011). با کاهش فتوسنتز، تولید ماده خشک نیز کاهش می‌یابد (Shao et al., 2008). ریشه طی کمبود آب با فرایند تعدیل اسمزی باعث می‌شود آب جذب شده را حفظ کند و اتلاف آب از دیواره سلولی کاهش یابد (Sharp et al., 2004). تنظیم اسمزی در سیستم ریشه‌ای اجازه می‌دهد تا از آماس سلول نگه‌داری شود و از جدایی ریشه از ذرات خاک اجتناب شود و یا آن را به تاخیر اندازد (Atiyeh et al., 2000).

بر اساس نتایج، بیشترین وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل در تیمار ورمی‌کمپوست و شوری ٤ دسی زیمنس بر متر حاصل شد که به‌ترتیب ۷۸/۲۵، ۹۰/۱۳، ۸۰/۳۸، ۷۳/۵۷، ۷۷/۰٤ و ۷۰/۲۳ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. مواد هیومیکی با تحریک تقسیم سلولی و تولید ریشه‌های فرعی، رشد گیاه (از نظر وزن تر و خشک) افزایش می‌دهند (Vaughan and Malcom, 1985). اثرات محافظتی اسید هیومیک موجود در ورمی‌کمپوست در دانهال‌های برنج در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (Garcia et al., 2014). Bidabadi Shirani و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که دانهال‌های انار تیمار شده با ورمی-کمپوست و تحت تنش شوری دارای بیشترین وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی بودند. Mousavi Dehmordy و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که با اعمال تنش خشکی، هر سه نسبت حجمی کود ورمی‌کمپوست توانستند در یک نسبت تقریبا مساوی میزان وزن تر اندام هوایی گیاه زیتون را نسبت به تیمار شاهد در سطح بالاتری حفظ کنند. ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن مواد معدنی ضروری ماکرو و میکرو می‌تواند میزان فتوسنتز و متعاقبا وزن خشک را افزایش دهند (Pritam and Garg, 2010). در این مطالعه نیز احتمالا ورمی‌کمپوست در شرایط تنش شوری با در دسترس قرار دادن عناصر مورد نیاز گیاه توانسته است با اثر بر میزان فتوسنتز وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و کل گیاه را افزایش دهد.

Kalhor و همکاران (۲۰۱۸) بالاترین نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه (۵/٤۵) را در گیاهان تیمار شده با کود گاوی و در شوری ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند. تیمار کود دامی با افزایش ظرفیت نگهداری آب سبب بهبود دسترسی گیاه به آب گردیده و رشد بهتر را به دنبال داشته که خود باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه گردیده است. تأثیر مثبت کود دامی در بهبود ساختار فیزیکی خاک و افزایش قدرت جذب و نگهداری آب توسط Ramesh و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. در واقع کود گاوی موجب افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن می‌شود. نیتروژن با شرکت در ترکیبات پروتئینی و آمینی علاوه بر نقش حفاظتی بر برخی آنزیم‌ها و pH سلول، در جابجایی عناصر دیگر از راه آوند چوبی نقش دارد. در نتیجه این واکنش‌ها منجر به افزایش وزن تر و خشک آن شد.

درصد نکروزگی: با افزایش سطح شوری درصد نکروزگی برگ به طور معنی داری افزایش یافت. در هر سه سطح شوری، گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست، کمترین میزان نکروزگی را نشان دادند که به ترتیب ۵۰، ۱۷/۳۲ و ۱٦/٦۵ درصد نسبت به شاهد در سه سطح شوری ۱، ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر کمتر بود. کلروفیل یکی از مهم‌ترین رنگیزه‌های گیاه است. فتوسنتز عملی است که در بخش سبز گیاه صورت می‌گیرد. در اثر تنش شوری، محتوای کلروفیل ممکن است بر اساس غلظت نمک، متفاوت باشد و بر رشد و نمو گیاه تاثیر بگذارد. Alam و همکاران (۲۰۱٦)، Bidabadi Shirani و همکاران (۲۰۱۷)، Kalhor و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که تنش شوری به‌طور معنی‌داری محتوای کلروفیل را کاهش داد. Niazi و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که کود آلی، محتوای پروتئین و کلروفیل و وزن تر و خشک گیاه را در خاک شور سدیمی افزایش داد. ممکن است ورمی‌کمپوست نقش مهمی در تخفیف آسیب حاصل از تنش شوری در کلروپلاست‌ها با کاهش فعالیت کلروفیلاز داشته باشد (Chinsamy et al., 2013). کاهش رنگیزه کلروفیل برگ در پاسخ به شوری منجر به کاهش نسبت Fv/Fm می‌شود (Hasanpour et al., 2014). نتایج کاهش معنی‌دار کارایی فتوسنتز (Fv/Fm) با دزهای بالای ورمی‌کمپوست موید نتایج Lazcano و Dominguez (۲۰۱۰) در گیاه پامچال است.

نشت یونی و درصد آسیب‌دیدگی غشاء: افزایش تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (مانند پراکسید هیدروژن) در شرایط تنش باعث القای پاسخ‌های حفاظتی و آسیب سلولی می‌شود. پراکسید هیدروژن منجر به پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه آسیب به غشا و نشت الکترولیت‌ها می‌شود. بر اساس نتایج شوری و بسترهای کشت اثری بر میزان نشت یونی نداشتند. تنها شوری بر میزان آسیب‌دیدگی غشا نقش داشت. به نظر می‌رسد که شدت تنش بر گیاه در حدی نبوده که منجر به نشت یونی گردد. Mousavi Dehmordy و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که ورمی‌کمپوست اثر مثبتی در کاهش نشت یونی طی تنش خشکی داشت.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: با افزایش سطح شوری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست فعالیت آنزیم پراکسیداز بیشتری نشان دادند که ۱۱۷/۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. Garcial و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست فعالیت پراکسیداز را افزایش داد و موجب کاهش محتوای H_2O_2 و حفاظت بیشتر از غشای سلول دانهال‌های برنج تحت تنش شوری شد. Aremu و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که افزایش فعالیت‌های آنتی اکسیدانی در برخی گیاهان پیازی با کاربرد

ورمی‌کمپوست در شرایط تنش غذایی صورت می‌گیرد. نتایج حاصله موثر بودن ورمی‌کمپوست در تحریک مکانیسم‌های آنتی اکسیدانی در گیاهان را نشان می‌دهد.

عناصر غذایی: استفاده از ورمی‌کمپوست در شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر موجب جذب بیشتر سدیم در این تیمار نسبت به شاهد شد که به‌ترتیب ۱۱۷/۳٦ و ۷۰٤/۹۱ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. اما در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست کمترین جذب سدیم را نشان دادند. Bidabadi Shirani و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، دانهال‌های انار تیمار شده با ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری جذب سدیم کمتری نشان دادند. نتایج حاصله همچنین با Maie Mohsen و همکاران (۲۰۱٦) روی *Majorana hortensis* L. مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که ورمی‌کمپوست محتوای سدیم شاخساره را کاهش داد. شواهدی وجود دارد که کودهای آلی اثرات مضر تنش‌های مختلف را بر گیاه با تاثیر بر جذب و تجمع مواد غذایی معدنی، کاهش می‌دهند (Zaki et al., 2009; Abou El-Magd et al., 2008). Idrees و همکاران (۲۰۰٤) نیز دریافتند که شوری نسبت پتاسیم به سدیم را کاهش می‌دهد، اما کاربرد مواد آلی در خاک موجب افزایش این نسبت شد. Leithy و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کودهای زیستی و کمپوست در شرایط شور اثر مثبتی بر میزان نیتروژن، فسفر وپتاسیم نداشتند اما بر سدیم تاثیر گذاشتند.

نتایج حاصل نشان داد که میزان پتاسیم با افزایش شوری ابتدا افزایش و سپس کاهش نشان داد. بیشترین جذب پتاسیم نیز در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که ۱۲٤/۱۳ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. Kumari و Ushakumari (۲۰۰۲) طی آزمایشی گزارش کردند که میزان جذب پتاسیم در لوبیای چشم بلبلی در تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد بیشتر بود. Chamani و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده نمودند که با مصرف ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد، غلظت پتاسیم اندام هوایی گل اطلسی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. طی گزارش Pant و همکاران (۲۰۰۹)، با مصرف ورمی‌کمپوست چای، غلظت پتاسیم اندام هوایی کلم در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. نتایج آزمایش Irshad و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که غلظت پتاسیم در اندام هوایی ذرت با کاربرد شوری افزایش یافت. در حالی که نتایج مطالعات دیگر نشان داده که غلظت پتاسیم در برنج (Ahmad et al., 2009) و اسفناج (Kaya et al., 2002)، تحت شرایط شوری کاهش یافته است.

در پژوهش حاضر نیز استفاده از کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست منجر به کاهش جذب سدیم و کلر و افزایش جذب پتاسیم شد. افزایش جذب کلر موجب کاهش جذب عناصر ضروری و القای سم به گیاه می‌گردد، بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش جذب عناصر ماکرو به همین دلیل باشد. اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. تحمل به شوری به مقدار جذب و انتقال یون‌های کلر از ریشه به شاخه بستگی دارد. این کودها از طریق افزایش محتوای مواد آلی و فعالیت بیولوژیکی خاک، افزایش تخلخل خاک، مقدار کربن آلی و نیتروژن کل در لایه روئین خاک (Fuchs et al., 2008)، تثبیت ذرات خاکدانه از طریق باند کردن ذرات معدنی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم به فرم کلوئیدی از هوموس یا رس (Tisdale and Oades, 1982) موجب تقویت ساختمان فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست توانست خصوصیات رشدی گیاه و جذب عناصر غذایی را در شرایط شوری نسبت به شاهد بهبود بخشد. البته ورمی‌کمپوست نسبت به کود گاوی عملکرد بهتری نشان داد. بنابراین جهت توسعه این گیاه در فضای سبز و غلبه بر تنش شوری در مناطق مختلف استفاده از ورمی‌کمپوست توصیه می‌گردد.

References

Abou El-Magd, M.M., Zaki, M.F. and Abou-Hussein, S.D. (2008). Effect of organic manure and different levels of saline irrigation water on growth, green yield and chemical content of sweet fennel. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2: 90-98.

Acosta-Motos, J.R., Díaz-Vivancos, P., Álvarez, S., Fernández-García, N., Sánchez-Blanco, M.J. and Hernández, J.A. (2015). NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanism in the ornamental *Myrtus cummunis* L. plants. Journal of Plant Physiology. 183: 41–51.

Acosta-Motos, J.R., Hernández, J.A., Álvarez, S., Barba-Espín, G. and Sánchez-Blanco, M.J. (2017). Long-term resistance mechanisms and irrigation critical threshold showed by Eugenia myrtifolia plants in response to saline reclaimed water and relief capacity. Plant Physiology Biochemistry. 111: 244–256.

Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Álvarez, S., López-Climent, M.F., Gómez-Cadenas, A. and Sánchez-Blanco, M.J. (2016). Changes in growth, physiological parameters and the hormonal status of *Myrtus communis* L. plants irrigated with water with different chemical compositions. Journal of Plant Physiology. 191: 12–21.

Ahmad, M.S.A., Javed, F., Javed, S. and Alvi, A.K. (2009). Relationship between callus growth and mineral nutrients uptake in salt-stressed Indica rice callus. Journal of Plant Nutrition. 32: 382-394.

Alam, Md.Z., Kumar Das, D., HashemMd. A. and Hoque, Md.A. (2016). Soil amendment with farm yard manure and poultry manure confer tolerance to salt stress in rice (*Oryza sativa* L.). Research in Agricalture, Livestock and Fisheries. 3(3): 379-386.

Aremu, A.O., Masondo, N.A. and Staden, J.V. (2014). Physiological and phytochemical responses of three nutrient-stressed bulbous plants subjected to vermicompost leachate treatment. Acta Physiologiae Plantarum. 36(3):721–731. doi:10.1007/s11738-013-1450-3

Ashraf, M. and Harris, P.J.C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica. 51: 163–190.

Atiyeh, R., Subler, S., Edwards, C., Bachman, G., Metzger J. and Shuster W. (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 579-590.

Bharti, N., Barnawal, D., Wasnik, K., Krishna Tewari, S. and Kalra, A. (2016). Co-inoculation of *Dietzia natronolimnaea* and *Glomus intraradices* with vermicompost positively influences *Ocimum basilicum* growth and resident microbial community structure in salt affected low fertility soils. Applied Soil Ecology. 100: 211-225.

Bidabadi Shirani, S., Dehghanipoodeh, S. and Wright, G.C. (2017). Vermicompost leachate reduces some negative effects of salt stress in pomegranate. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 6 (3): 2251-7715

Blum, A. and Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science. 21(1): 43-47.

Chamani, E., Joyce D.C. and Reihanytabar, A. (2008). Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 3(3): 506-512.

Chen, W., Yao, X., Cai, K. and Chen, J. (2011). Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological trace element research. 142: 67-76.

Chinsamy, M, Kulkarni, M.G. and Staden, J.V. (2013). Garden-wastevermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. Plant Growth Regulators. 71:41–47.

Daneshian, J., Rahmani, N. and Alimohammadi, M. (2012). 'Effects of application nitrogen and fertilizer manure on physiological characteristics of Calendula (*Calendula officinalis* L.) under water deficit

stress', New Finding in Agriculture. 6 (4): 231-240.

Das, D.K., Dey, B.R., Mian, M.J.A. and Hoque, M.A. (2013). Mitigation of the adverse effects of salt stress on maize (*Zea mays* L.) through organic amendments. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology. 1: 233-239.

Dirr, M.A. (1990). Manual of Woody Landscape Plants: Their Identi®cation, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation and Uses, 4th Edition. Stiples Publishing, Illinois, pp. 457±459.

Emami, Y. and Zavareh, M. (2005). Drought tolerance in higher plants. Nashre daneshgahi Press, Tehran, First Edition, 187p (In Persian).

Ezhilmathi, K., Singh, V.P., Arora. A. and Sairam, R.K. (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase of *Gladiolus* cut flowers. Plant Growth Regulators. 51: 99-108.

Fuchs, L.S., Fuchs, D., Stuebing, K., Fletcher, J. M., Hamlett, C. L. and Lambert, W. (2008). Problem solving and computational skill: Are they shared or distinct aspects of mathematical cognition? Journal of Educational Psychology. 100: 30–47.

Garcial, A.C., Berbara, R.L.L., Farias, L.P., Izquierdo, F.G., Hemandez, O.L., Campos, R.H. and Castro, R.N. (2012). Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. African Journal of Biotechnology. 11(13): 3125–3134.

Hasanpour, Z., Karimi, H.R. and Mirdehghan, S.H. (2014). Effects of salinity and water stress on echophysiological parameters and micronutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). Journal of Plant Nutrition. 38(5):795–807

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2018). Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer, Journal of Integrative Agriculture. 17(11): 2426-2437.

Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., Khizar, H.B. and Nisar, M.F. (2009). Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). Current Research Journal of Biological Science. 1: 135–138.

Idrees, S., Qureshi, M.S., Ashraf, M.Y., Hussain, M. and Naveed, N.H. (2004). Influence of sulphate of potash (SOP) and farmyard manure (FYM) on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) grown under salt stress. Pakistan Journal of Life and Social Sciences. 2: 65-69.

Irshad, M., Eneji, A.E., Khattak, R.A. and Khan. A. (2009). Influence of nitrogen and saline water on the growth and partitioning of mineral content in maize. Journal of Plant Nutrition. 32: 458-469.

Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., Gholamnejad, J. (2018). 'Response of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) to interaction effects of salt stress and organic soil amendments', Environmental Stresses in Crop Sciences. 11 (5): 1005-1021.

Kamil Abass AlTaey, D. (2017). Alleviation of Salinity Effects by Poultry Manure and Gibberellin Application on growth and Peroxidase activity in pepper. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 2 (4): 1851-1862.

Kaya, C., Higgs, D. and Sakar. E. (2002). Response of two leafy vegetables grown at high salinity to supplementary potassium and phosphorus during different growth stages. Journal of Plant Nutrition. 25: 2663-2676.

Kumar, N., Singh, S.K. and Pandey, H.K. (2018). Applied Geomathematic. https://doi.org/10.1007/ s12518-018-0218-2.

Kumari, M.S.S. and Ushakumari, K. (2002). Effect of vermicompost enriched rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea (*Vigna unguinculata* L. Walp). Journal of Tropical Agriculture. 40: 27-30.

Lazcano, C. and Dominguez, J. (2010). Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(4):1260–1270.

Leithy, S., Gaballah, M.S. and Gomaa, AM. (2010). Associative impact of bio- and organic fertilizers on geranium plants grown under saline conditions. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 9: 617-626.

Maie Mohsen, M.A., Abo- Kora, H.A. and Abeer Kassem, H.M. (2016). Effect of vermicompost and calcium silicate to reduce the soil salinity on growth and oil determinations of Marjoram plant. International Journal of Chemtech Research. 9(5):235–262

Mousavi Dehmordy, Z., Gholami, M. and Baninasab, B. (2018). Effect of Vermicompost Fertilizer on Growth and Drought Tolerance of Olive (*Olea europaea* L. cv. Zard). Journal of Plant Process and Function. 7 (23):1-18.

Munns, R., Wallace, P.A., Teakle, N.L. and Colmer, T.D. (2010). Measuring soluble ion concentrations (Na+, K+, Cl−) in salt-treated plants. pp: 371-382. In: Sunkar, R. (Ed.). Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology. Humana Press, Springer, 386 p.

Munns, R. and Gilliham, M. (2015). Salinity tolerance of crops—What is the cost? New Phytologist. 208: 668–673.

Niazi, B.H., Badr-uz-Zaman, J.R. and Salim, M. (2002). Improvement of saline soil productivity through farm yard manure amendment and coated seeds for Fodderbeet cultivation. Asian Journal of Plant Sciences. 2: 82-84.

Pant, A.P., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., Talcott, S.T. and Krenek, K.A. (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 Science Food Agriculture. 89(14): 2383-2392.

Pérez-Gómez, J.D.J., Abud-Archila, M., Juan Villalobos- Maldonado, J., Enciso-Saenz, S., Hernández de León, H., Manuel Ruiz-Valdiviezo, V. and Antonio Gutiérrez-Miceli, F. (2017). Vermicompost and Vermiwash Minimized the Influence of Salinity Stress on Growth Parameters in Potato Plants, Compost Science & Utilization. 1-7.

Pritam, S.V.K. and Garg, C.P.K. (2010). Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. The Environmentalist. 30(2): 123–130.

Raafat, N.Z. and Tharwat, E.E.R. (2011). Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil using different organic sources as soil or foliar applications. Journal of Applied Sciences Research. 7: 42-55.

Ramesh, P., Panwar, N.R. and Singh, A.S. (2009). Impact of organic manure combinations on the productivity and soil qualityin different cropping systems in central India. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 172: 577-585.

Reuveni, M., Agapov, V. and Reuveni, R. (1995). Induced systematic protection to powdery mildew in cucumber by phosphate and potassium fertilizers: effect of inoculum concentration and post-inoculation treatment. Canadian Journal of Plant Pathology. 17: 245-251.

Reyes-Perez, J. J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Dieguez, E., Reynaldo-Escobar, I.M., Rueda- Puente, E.O. and Guridi-Izquierdo, F. (2014). Humates of vermicompost as mitigator of salinity in basil (*Ocimum basilicum* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 46:149–62.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A. and Zhao, C.X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies. 331: 215-225.

Sharma, K. and Garg, V.K. (2018). Chapter 17 - Solid-State Fermentation for Vermicomposting: A Step Toward Sustainable and Healthy Soil, Editor(s): Ashok Pandey, Christian Larroche, Carlos Ricardo Soccol, Current Developments in Biotechnology and Bioengineering, Elsevier, Pages 373-413,

Sharp, R.E., Poroyko, V., Hejlek, L.G., Spollen, W.G., Springer, G.K., Bohnert, H.J. and Nguyen, H.T. (2004). Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. Journal of Experimental Botany. 55: 2343-2351.

Silispour, M., Golchin, A. and Rouzban, M. (2016). 'Evaluation of salt tolerance in two olive rootstocks based on growth characteristics and mathematical analysis of their regression equation with salinity', Journal of Soil Management and Sustainable Production, 6(2): 83-100

Tang, X., Mu, X., Shao, H., Wang, H., Brestic, M. (2015). Global plant-responding mechanisms to salt stress: Physiological and molecular levels and implications in biotechnology. Critical Review Biotechnology. 35: 425–437.

Tisdale, J.M. and Oades J.M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soil. Journal of Soil Science. 33:141-150.

Zaki, M.F., Ahmed, A.A., Singer, S.M. and El-Magd, M.M.A. (2009). Reducing the adverse effect of irrigation water salinity on the vegetative growth, green yield and quality of sweet fennel plants by organic manure. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3: 4449-4464.

Zhu, L., Wang, P., Zhang, W., Hui, F. and Xiangxiang C. (2017) Effects of selenium application on nutrient uptake and nutritional quality of *Codonopsis lanceolata.* Scientia Horticulturae. 225: 574–580.