فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۵، شماره ۴، صفحه ۵۵۶-۵۴۱، (۱۳۹۸)

اثر کود دامی و ورمی‌کمپوست بر افزایش تحمل شوری گیاه باران طلایی

مسعود دشتی[۱]، مریم دهستانی اردکانی*[۲]، مصطفی شیرمردی[۳] و علی مومن‌پور[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران. (dashty1586065@gmail.com)

۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران و عضو هیات علمی پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران (mdehestani@ardakan.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران و عضو هیات علمی پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران (shirmadi@ardakan.ac.ir)

٤- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. (amomenpour@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰٦

چکیده

در این پژوهش اثر سطوح مختلف شوری، کود گاوی و ورمی‌کمپوست بر مقدار رشد و افزایش مقاومت به شوری نهال‌های دوساله مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، سه سطح از مواد اصلاحی (خاک زراعی، ۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد کود گاوی کاملاً پوسیده) و شوری آب آبیاری در سه سطح شامل (۱، ٤ و ۷ $dS.m^{-1}$)، هرکدام با سه تکرار درون گلخانه انجام شد. در این آزمایش بستر بدون کود به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شد. طول دوره اعمال تنش سه ماه بود. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، شاخص‌های رشدی، کلروفیل، وزن تر و خشک گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش و مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز و جذب سدیم و کلر افزایش یافت. تیمار ورمی‌کمپوست بهتر از شاهد و کود گاوی منجر به افزایش وزن تر و خشک ساقه، محتوای نسبی آب برگ و مقدار پتاسیم شد. بیشترین وزن تر و خشک ساقه به‌ترتیب با مقادیر ۲۳۹/۸۳ و ۱٤۳/۵۳ گرم در سطح شوری متوسط (٤ $dS.m^{-1}$) و تیمار ورمی‌کمپوست حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: باران طلایی، بستر کشت، تنش شوری، کلروفیل، کودهای آلی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۳۵۳۲۲۶۷۶۷

مقدمه

باران طلایی با نام علمی *Koelreutria paniculata* Laxm. گیاهی متعلق به خانواده Sapindaceae بومی شرق آسیا است که به‌عنوان گیاهی زینتی در سواحل دریای سیاه در قفقاز کشت می‌شود (Sutiashvili, 2000). این گیاه به‌طور وسیعی در شمال چین گسترده شده است و مردم بومی از بذور آن به‌عنوان حشره‌کش استفاده می‌کنند و برگ‌ها به‌عنوان عامل ضد قارچی و ضد باکتریایی هستند (Lin *et al.*, 2002). گزارش‌های اخیر نشان داده است که عصاره خام این گیاه دارای ویژگی‌های ضد توموری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. استخراج مشتقات گالات، سیانولیپیدین‌ها و فلاونوئیدها گزارش شده است (Mahmoud *et al.*, 2001). این جنس دو گونه دارد که در ایران در شهرهای تهران، کرج و نوشهر کاشته شده‌اند (Sabeti, 2000). در ایران در حدود ۱۲ درصد از کل مساحت کشور (۱۹ میلیون هکتار) برای کشت و تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود (Gholarata *et al.*, 2009). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نزدیک به ۵۰ درصد از سطح زیر کشت، به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی و غرقابی‌بودن روبه‌رو هستند و با توجه به نقش غیرقابل‌انکار آب آبیاری در شورشدن اراضی، پیش‌بینی می‌شود که این مقدار تا ۷۵ درصد کل اراضی شور پیشروی کند (Gholarata *et al.*, 2009). شورشدن زمین‌های کشاورزی به‌علت کمبود آب و بارندگی محدود، گرمای زیاد، تبخیر و تعرق بالا، کیفیت پایین آب‌های کشاورزی و یا روش‌های نادرست کشاورزی و مدیریت ضعیف در سیستم‌های آبیاری است (Munns, 2002). استفاده از آب‌های شور در کشاورزی از طریق تأثیر سوء بر فرآیند استقرار بوته، توزیع یون‌ها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی گیاه به آب و اختلال در فرایندهای آنزیمی و بیوشیمیایی، منجر به خسارت در عملکرد محصولات می‌شود (Bilkis *et al.*, 2016). یکی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله‌ی گیاهان با تنش‌های محیطی استفاده از بسترهای کشت مناسب است؛ که در میان آنها می‌توان به کودهای زیستی و آلی اشاره کرد. در مدیریت پایدار خاک، توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حفظ حاصلخیزی آن مهم است. باید عناصر غذایی که توسط اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شوند، از طریق کودهای آلی و شیمیایی به زمین برگردانده شوند (Kocheki *et al.*, 2001). کودهای آلی، فرآورده‌های طبیعی بسیار مناسبی برای حفاظت و تقویت باروری خاک می‌باشند که ماده آلی خاک و عناصر غذایی موردنیاز گیاهان را تأمین می‌کنند (Walters *et al.*, 1992). کودهای دامی از طریق اصلاح ساختمان خاک، احیای بارآوری خاک، افزایش پویایی و تنوع زیستی خاک، سبب افزایش بهره‌وری خاک شده و استفاده پایدار از این منبع را تأمین می‌کنند. کودهای آلی پس از متلاشی‌شدن به تأمین عناصر غذایی خاک کمک کرده و به‌عنوان منبع انرژی برای موجودات زنده عمل می‌کنند، از این‌رو پویایی جمعیت و تنوع میکروارگانیسم‌های خاک را افزایش داده و سبب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده و با جذب بیشتر عناصر غذایی از آبشویی آنها جلوگیری می‌کنند، همچنین ساختمان خاک را بهبود بخشیده و سرعت نفوذ آب را افزایش و از نوسانات شدید pH خاک نیز جلوگیری می‌کنند. کود دامی علاوه بر تشویق موجودات ذره‌بینی خاک، خود دارای تعداد بی‌شماری میکروارگانیسم‌های مفید است که می‌تواند نواقص خاک را از این نظر برطرف سازد (Ano and Agwu, 2005). استفاده از کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ساقه را در گیاه نخود افزایش داد (Hosseinzadeh *et al.*, 2017). تولید ورمی‌کمپوست یک روش جدید برای تبدیل ضایعات آلی به مواد قابل استفاده است که در این

فرآیند از گونه‌های معین کرم خاکی مانند *Eisenia fetida* به‌منظور تثبیت ضایعات آلی استفاده می‌شود (Sallaku *et al.*, 2009). بعضی از گونه‌های کرم خاکی به‌طور ویژه در مواد آلی در حال فساد زندگی می‌کنند و می‌توانند این مواد را به ترکیباتی غنی از مواد مغذی قابل‌دسترس، به‌عنوان محیط حمایت‌کننده خاک برای رشد گیاه، تبدیل نمایند (Beyk Khurmizi *et al.*, 2010). بالابودن میزان عناصر غذایی مثل ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و به‌علاوه دارا بودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای ورمی‌کمپوست است (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). Jat and Ahlawt (2006) در آزمایشی با مقایسه کود ورمی‌کمپوست و خاک مشاهده کردند که میزان پتاسیم موجود در ورمی-کمپوست ۳-۲ برابر بیشتر از پتاسیم خاک بود. پژوهش-های متعدد نشان داده است که اصلاح خاک با مواد آلی، به دلیل دارا بودن ویژگی‌های مطلوبی مانند قابلیت نگهداری بالای آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش جذب عناصر غذایی و سایر مشخصه‌های سودمند فیزیکی، شیمیایی و زیستی، منجر به افزایش پایداری تولیدات کشاورزی در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Huerta *et al.*, 2010). برخی پژوهش‌ها در زمینه برهمکنش استفاده از کود ورمی‌کمپوست و تنش شوری نشان داد که این کود آلی می‌تواند اثرهای زیان‌آور تنش شوری را در گیاه آفتابگردان کاهش دهد و در آخر منجر به افزایش رشد و تولید محصول شود (Ahmad and Jabeen, 2009). ایران جزو کشورهای با پوشش اندک جنگل است و بنابراین نیاز به توسعه گسترده فضای سبز و جنگل‌کاری احساس می‌شود. با توجه به ضروری بودن جنگل‌کاری و همچنین کمبود منابع آب و شوری آب‌وخاک، استفاده از گونه‌های مقاوم در برابر خشکی و شوری از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش مقدار مقاومت گیاه باران طلایی به شوری و نیز اثر کودهای ورمی‌کمپوست و گاوی در کاهش اثر تنش شوری بر آن برای توسعه جنگلکاری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در گلخانه پژوهشی شهرداری یزد انجام شد. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ٤۰۰۰- ۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ١٦±٤ و میانگین دمای روزانه ٢٤±٤ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. رطوبت گلخانه با استفاده از آبیاری کف گلخانه و بازکردن دریچه‌های جانبی و سقف گلخانه تا حد امکان تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با دو عامل نوع بستر کشت در سه سطح (۱- خاک زراعی ۲-۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۳-۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد کود گاوی کاملاً پوسیده) و شوری آب آبیاری در سه سطح (۱، ٤ و ۷ دسی زیمنس بر متر)، و با سه تکرار و درمجموع ۲۷ گلدان آزمایشی انجام شد. در هر گلدان یک نهال کشت شده بود. برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت، pH، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ماده آلی، فسفر قابل‌جذب، نیتروژن کل و پتاسیم قابل‌جذب در نمونه خاک اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی خاک، کود دامی و ورمی‌کمپوست در جدول ۱ نشان داده شده است.

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

Table 1. Physicochemical properties of studied soil, cow manure and vermicompost

خاک Soil	کود گاوی Cow manure	ورمی‌کمپوست Vermicompost	خصوصیات Properties
7.1	7.9	7	pH عصاره اشباع Saturated paste extract pH
3.4	0.6	1	EC عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$) Saturated paste extract EC ($dS.m^{-1}$)
0.06	1.1	0.8	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
5.6 ppm	2%	0.8%	فسفر قابل‌جذب Absorbed P
144 ppm	0.37%	1%	پتاسیم قابل‌جذب Absorbed K
0.19	24	40	کربن آلی (درصد) OC (%)
لوم رسی شنی Clay Sandy Loam	_	_	بافت Texture

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

EC in cow manure and vermicompost reported in 1:10 of fertilizer to water ratio.

اواسط اردیبهشت ۱۳۹۶ گیاهان ریشه‌دار دوساله از یکی از نهالستان‌های پژوهشی شهرستان کرج تهیه شدند. پس از سازگاری گیاهان با شرایط اقلیمی یزد، گیاهان به بسترهای کشت جدید (۱-خاک زراعی ۲- ۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۳- ۸۰ درصد خاک زراعی + ۲۰ درصد کود گاوی کاملاً پوسیده) در داخل گلخانه انتقال داده شدند. برای همگن‌کردن 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 پیش از کشت به نسبت ۲۰ درصد حجمی گلدان با خاک مورداستفاده کاملاً 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 بررسی شامل ارتفاع و قطر یقه ثبت شد. برای از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به شکل 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 اعمال نیاز آبشویی، انجام شد. کسر آبشویی در این تحقیق ۲±۳۰ درصد در نظر گرفته شد به‌طوری‌که در طول دوره آزمایش سعی شد تا EC آب خروجی (زه‌آب) حدود سه برابر EC آب ورودی باشد. 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.

برخی از صفات رشدی (ارتفاع، قطر یقه، سطح برگ و وزن تر و خشک ساقه)، محتوای کلروفیل برگ، غلظت عناصر سدیم، کلر و پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ در گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. ارتفاع هر گیاه

در پایان دوره (اواخر شهریورماه)، زمانی که به بیشینه رشد خود رسیدند، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار نکروزه‌شدن برگ‌ها، در پایان آزمایش تعداد برگ-هایی با نکروزگی کمتر از ۵۰ درصد و نیز ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شمارش شدند (Momenpour *et al*., 2015). کل نهال با حذف ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن تر اندام هوایی یاد داشت شد و سپس به مدت ٢٤ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه قرار داده شد (Momenpour *et al*., 2015). مقدار کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج مدل (CCM- 200) اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (leaf area meter) (مدل Winarea-UT-11، ساخت ایران) محاسبه شد. پس از خاکسترکردن مواد گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عنصر پتاسیم با رقیق‌کردن عصاره اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم در گیاه با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر (PFP7 Jenway، ساخت آلمان) تعیین شد (Emam & Zavareh, 2005). برای خواندن کلر طبق روش رنگ سنجی در طول‌موج ٤٨٠ نانومتر توسط دستگاه Epoch (مدل LMS-1003, USA) استفاده شد (Munns *et al*., 2010). فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس روش ارائه‌شده توسط Gong و همکاران (2005) مورد ارزیابی قرار گرفت. محتوای نسبی آب برگ (RWC) با استفاده از رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (Ritchie *et al*., 1990).

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times 100 \quad \text{رابطهٔ (۱)}$$

که در آن F_w: وزن تر برگ بلافاصله پس از نمونه-برداری، D_w: وزن خشک برگ پس از قرارگرفتن در آون و S_w: وزن اشباع برگ پس از قرارگرفتن در آب مقطر است.

تجزیه آماری داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. برای تعیین سطح معنی‌داری شاخص‌های مورفولوژیک و غلظت عناصر برگ در اثر کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست و تنش شوری از تجزیه واریانس دوطرفه (ANOVA) استفاده شد. نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف – اسمیرونوف بررسی شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq0.05$) مقایسه شدند.

نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر شوری بر سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه و اثر بستر کشت بر وزن تر و خشک ساقه اختلاف معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل شوری و بستر کاشت فقط در ارتباط با سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، تیمار کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آنها بر ارتفاع و قطر گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

با افزایش سطح شوری، سطح برگ به‌طور معنی-داری کاهش یافت (جدول ۳). با افزایش سطح شوری تا ٤ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر و خشک ساقه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت، اما با افزایش شوری به ۷ دسی-زیمنس بر متر، وزن تر و خشک ساقه نیز به‌طور معنی-دار کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر شوری و اصلاح‌کننده‌های خاک بر برخی صفات مورد بررسی نهال درخت باران طلائی

Table 2. Varians analysis of salt stress and soil amendments on some growth characteristics of golden rain tree

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		سطح برگ Leaf area (cm^2)	ارتفاع Height (cm)	قطر Diameter (cm)	وزن تر ساقه Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه Dry weight of shoot (g)
شوری Salt	2	943399.14*	187.44ns	5.44ns	7988.54**	2424.13**
بستر کشت Culture media	2	328557.19ns	1627.99ns	0.36ns	1055.23**	3580.33**
شوری * بستر کشت Salt* Culture media	4	208733.25*	159.38ns	3.38ns	2852.98**	1027.70**
Cv%		13.60	17.57	14.64	2.27	2.99

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

*and ** significant at p < 0.05 and 0.01, respectively, and ns: non-significant.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شوری بر برخی عوامل رشدی درخت باران طلائی

Table 3. Mean cooperation of salt stress on some growth parameters of goldenrain tree

شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm^2)	وزن تر ساقه (گرم) Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Dry weight of shoot (g)	کلروفیل Chlorophyll	سدیم (درصد) Sodium (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	کلر (درصد) Chloride (%)	کاتالاز Catalase (ΔOD/min/mg protein)
1	1662.4^a	130.2^c	76.3^b	8.37^a	0.08^c	0.81^b	1.52^b	1.96^a
4	1197.3^b	185.5^a	104.2^a	4.95^b	0.22^a	1.73^a	3.49^a	2.32^b
7	1039.7^b	138.7^b	75.2^b	4.55^b	0.14^b	2.06^a	4.10^a	3.68^a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters in each column, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

بیشترین وزن تر و خشک ساقه در تیمار ورمی-کمپوست به‌دست آمد (جدول ٤).

بیشترین و کمترین اندازه سطح برگ (cm^2 ۱۸۳٦/٦ و ٦٦۰) به‌ترتیب در گیاهان شاهد و شوری ۱ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۵). بررسی اثر متقابل شوری و بستر کشت نشان داد که با افزایش سطح شوری تا ٤ دسی‌زیمنس بر متر سطح برگ تغییر معنی‌دار نشان نداد، اما با افزایش شوری به ۷ دسی-زیمنس بر متر، سطح برگ نیز به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۵). در این شرایط (شوری بالا) استفاده از اصلاح‌کننده‌ها نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار سطح برگ را افزایش داد (جدول ۵). استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست در شوری ۱ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر نتوانست سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش دهد درحالی‌که در سطوح بالای شوری (۷ دسی‌زیمنس بر متر) کود گاوی منجر به افزایش سطح برگ نسبت به شاهد شد (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی عوامل رشدی درخت باران طلائی

Table 4. Mean cooperation of salt stress on some growth parameters of golden rain tree

بستر کشت Culture media	وزن تر ساقه (g) Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه (g) Dry weight of shoot (g)	کلروفیل Chlorophyll	RWC (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	کلر Chloride (%)	کاتالاز Catalase(ΔOD/min/mg protein)
شاهد Control	112.53^{c}	62.34^{c}	4.33^{b}	47.62^{b}	0.14^{b}	1.28^{b}	2.69^{b}	1.94^{c}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	176.65^{a}	98.45^{a}	7.39^{a}	69.81^{a}	0.23^{a}	1.96^{a}	3.59^{a}	2.78^{b}
کود گاوی Cow manure	165.41^{b}	95.07^{b}	6.13^{a}	59.18^{ab}	0.07^{c}	1.37^{b}	2.84^{ab}	3.24^{a}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters in each column, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

در بررسی اثرهای متقابل، بیشترین وزن تر و خشک ساقه به‌ترتیب با مقادیر ۲۲۹/۸۳ و ۱٤۳/۵۳ گرم در سطح شوری متوسط (٤ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۵). در این شرایط (شوری بالا) استفاده از اصلاح‌کننده‌ها نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ساقه را افزایش داد (جدول ۵). در همه سطوح شوری استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست توانست وزن تر و خشک ساقه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دهد، در این میان ورمی‌کمپوست بهتر از شاهد و کود گاوی منجر به افزایش وزن تر و خشک ساقه شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل مواد آلی خاک و شوری بر برخی عوامل رشدی درخت باران طلائی

Table 5. The interaction between organic amendments and salt stress on some growth parameters of golden rain tree

بستر کشت Culture media	شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن تر ساقه (گرم) Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Dry weight of shoot (g)	کلروفیل Chlorophyll
شاهد Control	1	1836.6^{a}	100.16^{c}	69.67^{c}	3.97^{b}
ورمی‌کمپوست Vermicompost		1531.0^{a}	172/0^{a}	123.72^{a}	10.10^{a}
کود گاوی Cow manure		1615.5 ^{a}	118.70b	85.95^{b}	11.03^{a}
شاهد Control	4	1001.2^{a}	131.80^{c}	82.69^{c}	4.06^{ab}
ورمی‌کمپوست Vermicompost		1124.2^{a}	239.83^{a}	143.53^{a}	7.27^{a}
کود گاوی Cow manure		1466.4^{a}	195.13^{b}	124.73^{b}	3.51^{b}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

ادامهٔ جدول ۵.

Continued table 5.

بستر کشت Culture media	شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	وزن تر ساقه (گرم) Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Dry weight of shoot (g)	کلروفیل Chlorophyll
شاهد Control		660.0[b]	105.63[c]	63.84[c]	3.85[a]
ورمی‌کمپوست Vermicompost	7	989.3[ab]	123.13[b]	73.38[b]	4.98[a]
کود گاوی Cow manure		1469.4[a]	182.40[a]	111.06[a]	4.82[a]

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، تیمار کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آنها بر مقدار کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). با افزایش سطح شوری مقدار کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). کمترین مقدار کلروفیل در هر سه سطح شوری در گیاهان شاهد مشاهده شد و تیمارها به‌خوبی توانستند مقدار کلروفیل برگ را افزایش دهند (جدول ٤). استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست در شوری ۱ دسی-زیمنس بر متر مقدار کلروفیل برگ را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد، در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر تنها ورمی‌کمپوست کلروفیل را نسبت به کود گاوی افزایش داد و نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۵). در شوری بالا (۷ دسی‌زیمنس بر متر) هیچ‌یک از اصلاح‌کننده‌ها به‌طور معنی‌داری مقدار کلروفیل را افزایش ندادند (جدول ۵). گیاهان تیمارشده با کود گاوی در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر که کمترین تنش را تحمل کردند، بیشترین مقدار کلروفیل (۱۱/۰۳) را نشان دادند (جدول ۵).

همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که مقدار شوری اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ نداشته اما نوع بستر کشت اثر معنی‌داری را بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال پنج درصد داشته است. اثر متقابل نوع بستر کشت و مقدار شوری نیز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ٦).

مقایسه میانگین‌ها در میان بسترهای کشت مورد بررسی نشان داد که کمترین مقدار کلروفیل در شاهد به‌دست آمد و کود دامی و ورمی‌کمپوست تفاوت معنی-داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ٤).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، تیمار کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آنها بر مقدار سدیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی-دار بود (جدول ٦). با افزایش سطح شوری مقدار سدیم نیز به‌طور معنی‌داری افزایش و سپس کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سدیم در شوری ٤ دسی-زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۳). ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود دامی اثر بیشتری در جذب سدیم نشان داد (جدول ٤). استفاده از کود گاوی و ورمی-کمپوست در شوری پائین (۱ دسی‌زیمنس بر متر) اثر معنی‌داری در کاهش مقدار جذب سدیم نشان نداد (جدول ۷). در سطوح متوسط شوری (٤ دسی‌زیمنس بر متر)، کود گاوی به‌طور معنی‌داری مقدار جذب سدیم

را نسبت به ورمی‌کمپوست کاهش داد (جدول ۷)؛ اما در سطوح بالا (۷ دسی‌زیمنس بر متر)، به‌طور معنی‌داری مقدار جذب سدیم را کاهش داد (جدول ۷).

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر شوری و اصلاح‌کننده‌های خاک بر کلروفیل و تعدادی از عناصر غذایی نهال درخت باران طلائی

Table 6. Varians analysis of salt stress and soil amendments on some growth characteristics of golden rain tree

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		کلروفیل Chlorophyll	RWC (%)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	کلر Chloride (%)	کاتالاز Catalase (ΔOD/min/mg protein)
شوری Salt	2	39.63^{**}	530.73^{ns}	0.04^{**}	3.78^{**}	16.35^{**}	7.44^{**}
بستر کشت Culture media	2	21.29^{**}	1108.74^{*}	0.05^{**}	1.22^{**}	2.12^{*}	3.92^{**}
شوری * بستر کشت Salt* Culture media	4	18.18^{**}	76.14^{ns}	0.05^{**}	0.15^{*}	0.15^{**}	0.25^{**}
CV%		18.43	18.34	22.73	21.92	22.89	0.40

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

*and ** significant at $p < 0.05$ and 0.01, respectively, and ns: non-significant.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و اصلاح‌کننده‌های خاک بر برخی عوامل رشدی درخت باران طلائی

Table 7. The interaction between organic amendments and salt stress on some growth parameters of golden rain tree

تیمار Treatment	شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	کلر Chloride (%)	کاتالاز Catalase(ΔOD/min/mg protein)
شاهد Control	1	0.10^{a}	0.51^{b}	1.26^{a}	1.94^{c}
ورمی‌کمپوست Vermicompost		0.11^{a}	1.26^{a}	1.96^{a}	1.87^{b}
کود گاوی Cow manure		0.05^{a}	0.05^{b}	1.36^{a}	2.52^{a}
شاهد Control	4	0.1^{b}	1.73^{a}	3.27^{a}	1.68^{c}
ورمی‌کمپوست Vermicompost		0.48^{a}	1.93^{a}	3.88^{a}	2.58^{b}
کود گاوی Cow manure		0.09^{b}	1.54^{a}	3.33^{a}	2.69^{a}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

ادامهٔ جدول ۷.

Continued table 7.

تیمار Treatment	شوری Salt ($dS.m^{-1}$)	سدیم Sodium (%)	پتاسیم Potassium (%)	کلر Chloride (%)	کاتالاز Catalase(ΔOD/min/mg protein)
شاهد Control		0.48[a]	1.61[b]	3.54[b]	2.65[c]
ورمی‌کمپوست Vermicompost	7	0.09[b]	2.69[a]	4.95[a]	3.88[b]
کود گاوی Cow manure		0.09[b]	1.90[b]	3.82[ab]	4.52[a]

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with different letters, are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

اثر شوری و نوع بستر کشت بر مقدار پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). با افزایش شوری، مقدار جذب پتاسیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در شوری ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). کود ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش پتاسیم شد (جدول ۳). استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست در هر سه سطح شوری، مقدار جذب پتاسیم برگ را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ٤). استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری مقدار جذب پتاسیم را افزایش داد (جدول ۷). درحالی‌که در شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر، اصلاح-کننده‌ها قادر به افزایش جذب پتاسیم نبودند و جذب پتاسیم با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان نداد (جدول ۷). همچنین در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر ورمی-کمپوست به‌طور معنی‌داری مقدار جذب پتاسیم را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۷).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری و نوع بستر و نیز اثر متقابل آنها بر مقدار کلر برگ در سطح احتمال یک درصد و اثر تیمار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). با افزایش سطح شوری مقدار جذب کلر نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت اما در شوری ٤ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد و کود دامی اثر بیشتری در جذب سدیم نشان داد (جدول ٤). بررسی اثر متقابل شوری و بستر کشت نشان داد که با افزایش سطح شوری مقدار کلر نیز افزایش یافت (جدول ۷). کود دامی و ورمی-کمپوست نتوانستند مقدار جذب کلر را در هر سه سطح شوری به‌طور معنی‌دار کاهش دهند (جدول ۷). بیشترین مقدار کلر برگ (٤/۹۵ درصد) در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۷). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست مقدار کلر بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۷).

همچنین اثر شوری، نوع بستر کشت و اثر متقابل آنها بر مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٦). با افزایش سطح شوری مقدار فعالیت کاتالاز نیز به‌طور معنی‌داری کاهش و سپس افزایش یافت (جدول ۳). کود گاوی بیشتر از شاهد و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش فعالیت آنزیم شد (جدول ٤). در هر سه سطح شوری هر دو

اصلاح‌کننده نسبت به شاهد فعالیت آنزیم کاتالاز را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۷). همچنین کود گاوی بیشتر از ورمی‌کمپوست در هر سه سطح شوری، فعالیت آنزیم را افزایش داد (جدول ۷). بیشترین مقدار کاتالاز (ΔOD/min/mg protein ٤/٥٢) در گیاهان تیمارشده با کود گاوی در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز (ΔOD/min/mg protein ۱/٤۹) در گیاهان شاهد و در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۷).

بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، سطوح مختلف شوری و نوع بستر اثر معنی‌داری بر ارتفاع و قطر گیاه تا این سن نشان ندادند. با توجه به اینکه گیاه چوبی و چندساله است، بهنظر می‌رسد تا این سن، گیاه نسبت به شوری مقاومت نشان داده، البته دسترسی به یک پاسخ قطعی نیاز به ادامه بررسی‌ها در طی مقاطع زمانی مختلف است. ارتفاع بوته به‌شدت به محیط رشد وابسته است. ازآنجاکه پدیدهٔ رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه باید آب کافی در اختیار داشته باشد، درصورت تأمین‌شدن آب موردنیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Munns and Tester, 2008). به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل چوبی و چندساله‌بودن گیاه، مدت‌زمان اعمال تنش (سه ماه) برای تأثیر بر ارتفاع گیاه کافی نبوده و یا اینکه اثر تنش بر گیاه بسیار زیاد بوده که حتی استفاده از کودهای آلی نیز نتوانست آنها را جبران کند. در بررسی اثرهای ورمی‌کمپوست روی گیاه نخود مشاهده شد که کود ورمی‌کمپوست منجر به افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه شد، این پژوهشگران علت این امر را افزایش عناصر معدنی خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اثر استفاده از این کود بیان کردند (Hosseinzadeh *et al*., 2017).

بررسی سطح برگ تولیدی تحت اعمال تنش شوری نشان داد که سطح برگ در گیاهان با افزایش غلظت شوری کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده با Momenpour و همکاران (2015) و Tabande Saravi و همکاران (2016) مطابقت داشت. برگ‌ها در گیاهان تحت تنش شوری، کوچک، قطور و برگ‌های مسن‌تر دچار پیری زودرس می‌شوند (Heidari Sharifabad, 2001). در پژوهشی، مقایسهٔ تحمل به شوری رقم‌های باغی و وحشی بادام (*Amygdalus lycioides*، *A. scoparia*، *Prunus dulcis* (Mill) D. A. Webb) نشان داد که با افزایش سطوح شوری نشانهٔ سوختگی در حاشیهٔ برگ بادام‌های باغی به‌تدریج ظاهر می‌شود و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، سبب پژمردگی و در نهایت ریزش کامل آنها می‌شود، که علت سوختگی حاشیه‌ای در برگ‌های گونه‌های باغی حساس به شوری را کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی دانسته‌اند (Karakas *et al*., 2000، Munns and Tester, 2008). شوری منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی در مقایسه با شرایط بدون تنش شد که دلیل اصلی آن بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش و کاهش فتوسنتز خالص بود (Ahmadpour *et al*., 2016). بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، استفاده از کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ساقه را نسبت به شاهد در تمام سطوح شوری مورد بررسی افزایش داد. نتایج به‌دست آمده با پژوهش‌های Hosseinzadeh و همکاران (2017) در گیاه نخود مطابقت داشت. از ویژگی‌های بارز کود ورمی‌کمپوست ظرفیت نگهداری آب بالا، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش جذب عناصر غذایی است که منجر به کاهش

اثرهای منفی ناشی از تنش و افزایش فتوسنتز خالص در گیاه باران طلایی شد (Hosseinzadeh *et al*., 2016).

کود ورمی‌کمپوست دارای هومیک، فولویک و دیگر اسیدهای آلی است که توسط میکروارگانیسم‌ها تولیدشده و می‌تواند موجب تحریک رشد گیاهان شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در پژوهش روی اثرهای ورمی‌کمپوست بر گیاهان مشاهده شد که ورمی-کمپوست منجر به تولید موادی شبیه به اکسین شد (Muscolo *et al*., 1999). با توجه به اینکه اسیدآمینه تریپتوفان پیش ماده سنتز هورمون اکسین است، وجود عنصر روی در ساختمان این اسیدآمینه ضروری است (Amiri *et al*., 2017). ورمی‌کمپوست سرشار از مواد مغذی از مانند روی است، بنابراین این کود می‌تواند با تأثیر بر روی سنتز هورمون‌ها به‌ویژه اکسین موجب افزایش رشد و درپی آن ارتفاع گیاه شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در این پژوهش در شرایط تنش شدید با توجه به اثرهای ذکرشده استفاده از کود ورمی‌کمپوست بر افزایش ارتفاع و قطر گیاه مؤثر نبود، چون در گیاه علاوه بر اثرهای کمبود آب در شرایط تنش یکسری واکنش‌های تخریبی نیز رخ می‌دهد که حتی استفاده از تیمار مناسبی مانند کودهای آلی نیز نمی-تواند اثرهای منفی تنش را بهبود دهد (Rahbarian *et al*., 2011). شاید طول دوره آزمایشی نیز برای اثر بر قطر و ارتفاع گیاه کافی نبوده باشد.

یکی از نشانه‌های تنش ناشی از خشکی یا شوری در گیاهان، پژمرده‌شدن آنها به دلیل کمبود عناصر مغذی است (Cakmak, 2005). وجود نمک‌های محلول زیاد در ناحیه ریشه برداشت آب از خاک اطراف ریشه را محدود کرده و به‌طور مؤثری آب در دسترس گیاه را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که این مسئله موجب خشکی گیاه می‌شود. تنش خشکی جذب مواد غذایی به‌وسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به ساقه را کاهش می‌دهد (Arndt *et al*., 2001). در بررسی اثرهای تنش خشکی و شوری بر گیاهان گزارش شده است که با کاهش محتوای آب خاک، تحرک پتاسیم کاهش و قابلیت دسترسی پتاسیم برای ریشه‌های گیاه نیز کاهش می‌یابد (Hu and Schmidhalter, 2005). در این پژوهش کمبود آب در خاک محیط اطراف ریشه پتاسیم ریشه را در گیاهان شاهد نسبت به تیمارشده کاهش داد. علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و درپی آن کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است (Osuagwu *et al*., 2010). از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (Osuagwu *et al*., 2010). در این پژوهش استفاده از کود ورمی‌کمپوست با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی مناسب برای اصلاح بستر کشت گیاهان منجر به افزایش جذب بیشتر پتاسیم توسط ریشه نسبت به سطح بدون کاربرد ورمی‌کمپوست شد که با نتایج Jat and Ahlawat (2006) مطابقت داشت. پژوهش‌ها نشان داده است که هورمون سیتوکینین جذب پتاسیم را در گیاه عناب (*Ziziphus rotundifolia*) افزایش داد و ورمی‌کمپوست‌ها دارای هورمون‌های رشد گیاهی از جمله سیتوکینین‌ها هستند (Arndt *et al*., 2001). بنابراین ورمی‌کمپوست با دارا بودن مواد مغذی فراوان، هورمون‌های گیاهی و ظرفیت نگهداری آب بالا، می-تواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی در برگ و کاهش اثرهای منفی تنش شود.

در این پژوهش مشاهده شد که در شرایط تنش متوسط و شدید میزان سدیم و کلر برگ افزایش یافت. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Momenpour و همکاران (2015) روی بادام مطابقت داشت. در سطوح بالای شوری سدیم به بخش هوایی منتقل و در برگ‌ها جمع و موجب بروز نشانه‌های سمیت می‌شود. اضافه کردن

کود گاوی و ورمی‌کمپوست به محیط ریشه، به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش جذب سدیم توسط ریشه شد. بر اساس نتایج پژوهش‌ها روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری، سدیم سبب برهم خوردن تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود (Munns and Tester, 2008; Szczerba *et a*l., 2008; Szczerba *et al*., 2009). افزایش جذب سدیم و کلر موجب کاهش جذب عناصر ضروری و القای سم به گیاه می‌شود، 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. گیاهانی که قابلیت بیشتری برای دفع‌کنندگی یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت خود ذخیره می‌کنند (Momenpour *et al*., 2015). غلظت زیاد سدیم در ریشه و برگ بروز مشکلات اسمزی و متابولیک را در گیاه موجب شده و سمیت ناشی از تجمع بیش‌ازحد این عنصر در گیاه منجر به کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌شود (Tester and Davenport, 2003).

کاتالاز از آنزیم‌های مهم سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌باشند. به‌نظر می‌رسد که تنش شوری موجب افزایش تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن شده و درنتیجه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی اتفاق افتاده است. آنزیم کاتالاز از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار ماده‌ی پراکسید هیدروژن در محیط زیاد باشد. مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه فلفل (فعالیت آنتی‌اکسیدانی فنل کل فلاونوئید کل و بتاکاروتن) تحت تأثیر تیمارهای کمپوست افزایش یافت (Aminifard *et al*., 2012). به نظر می‌رسد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه با افزایش مقدار فنل کل و فلاونوئیدها در جریان استفاده از کودهای آلی افزایش می‌یابد.

به‌طورکلی استفاده از کود گاوی و ورمی‌کمپوست توانست سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه گیاه و فعالیت کاتالاز را نسبت به شاهد افزایش و جذب سدیم برگ را در شرایط شوری نسبت به شاهد کاهش دهد. البته ورمی‌کمپوست نسبت به کود گاوی عملکرد بهتری نشان داد. به‌طورکلی، استفاده از ورمی‌کمپوست در بستر کشت توانست اثر تنش شوری را کاهش داده و موجب بهبود رشد گیاه شود.

References

- Ahmadpour, R., S. R. Hosseinzadeh & N. Armand, 2016. Evaluation of Methanol role in reducing the negative effects of water deficit stress in lentil (*Lens culinaris* Medik.), *Journal of Plant Process and Function*, 5(17): 1-14.
- Aminifard, M. H., H. Aroiee, M. Azizi, H. Nemati & Z. E. Jaafar Hawa, 2012. The influence of compost on antioxidant activities and quality of hot pepper (*Capsicum annum* L.). 1st National Congress on Medicinal Plants. Kish Island, Iran, pp: 50.
- Amiri, H., A. Ismaili & S. R. Hosseinzadeh, 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.
- Ano, A. O. & J. A. Agwu, 2005. Effect of animal manure on selected soil chemical properties, *Journal of Soil Science*, 15(1): 14-19.
- Arndt, S. K., S. C. Clifford, W. Wanek, H. G. Jones & M. Popp, 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress, *Tree Physiology*, 21(11): 705-715.
- Beyk Khurmizi, A., A. Ganjeali, P. Abrishamchi & M. Parsa, 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean

seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.), *Agroecology*, 2(3): 474-485. (In Persian).
- Bilkis, M. R., M. H. Islam, R. Hafiz & M. A. Hasan, 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological and agronomic traits of wheat, *Pakistan Journal of Botany*, 48(2): 455-460.
- Cakmak, I., 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4): 521-530.
- Emam, Y. & M. Zavareh, 2005. Drought tolerance in higher plants. First Edition, Nashre daneshgahi Press, Tehran, 187 p. (In Persian).
- Gholarata, M., F. Raiesii & H. Nadian, 2009. Investigation the interaction effects of salt and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake of *Trifolium alexandrinum* L, *Journal of agronomic research of Iran*, 6: 117-125. (In Persian).
- Gong, H., X. Zhu, K. Chen, S. Wang & C. Zhang, 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought, *Plant Science*, 169(2): 313-321.
- Heidari Sharifabad, H., 2001. Plant and salt. Research institute of forest and rangelands press, Tehran, Iran, 199 p. (In Persian).
- Hosseinzadeh, S. R., H. Amiri & A. Esameili, 2017. Effect of different levels of vermicompost on morphologic characteristics and concentration of elements of *Cicer arietinum* L. cv. Pirouz under water stress, *Environmental Stresses in Crop Science*, 10: 531-545.
- Hosseinzadeh, S. R., H. Amiri & A. Ismaili, 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress, *Photosynthetica*, 54(1): 87-92.
- Hu, Y. C. & U. Schmidhalter, 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4): 541-549.
- Huerta, E., O. Vidal, A. Jarquin, V. Geissen & R. Gomez, 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of Amashito Pepper, Interactions with Earthworms and Rhizobacteria, *Compost Science and Utilization*, 18(4): 282-288.
- Jat, R. S. & I. P. S. Ahlawat, 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence, *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(1): 41-54.
- Karakas, B., R. L. Bianco & M. Rieger, 2000. Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 35(1): 83-84.
- Kocheki, A., V. Hosseini & A. Hashemi Dezful, 2001. Sustainable agriculture. The University of Mashhad Press. 164 p. (In Persian).
- Lin, W. H., Z. W. Deng, H. M. Lei, H. Z. Fu & J. Li, 2002. Polyphenolic compounds from the leaves of Koelreuteria paniculata Laxm, *Journal of Asian natural products research*, 4(4): 287-295.
- Mahmoud, I., F. A. Moharram, M. S. Marzouk, H. S. Soliman & R. A. El-Dib, 2001. Two new flavonol glycosides from leaves of *Koelreuteria paniculata*, *Die Pharmazie*, 56(7): 580-582.
- Momenpour, A., D. Bakhshi, A. Imani & H. Rezaie, 2015. Effect of salinity stress on growth characteristics and concentrations of nutrition elements in almond 'Shahrood 12', 'Touno' cultivars and '1-16' genotype budded on GF677 rootstock, *Journal of Crops Improvement*, 17(1): 197-216 (In Persian).
- Munns, R. & M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress, *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 239-250.
- Munns, R., P. A. Wallace, N. L. Teakle & T. D. Colmer, 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.
- Muscolo, A., F. Bovalo, F. Gionfriddo & F. Nardi, 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism, *Soil Biology and Biochemistry*, 31(9): 1303-1311.
- Osuagwu, G. G. E., H. O. Edeoga & A. N. Osuagwu, 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L., *Recent Research in Science and Technology*, 2(2): 27-33.
- Ahmad, R. & N. Jabeen, 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (Hellianthus annuus L.) by the use of organic

fertilizers under saline conditions, *Pakistan Journal of Botany*, 41(3): 1373-1384.
- Rahbarian, R., R. Khavari-nejad, A. Ganjeali, A. R. Bagheri & F. Najafi, 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes, *Acta Biologica Cracoviensia*, 53(1): 47-56.
- Ritchie, S. W., H. T. Nguyan & A. S. Holaday, 1990. Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance, *Crop Science*, 30(1): 105-111.
- Sallaku, G., I. Babaj, S. Kaciu & A. Balliu, 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3&4): 869-872.
- Sutiashvili, M. G., 2000. Koelreuteria saponin B from seeds of Koelreuteria paniculata, *Chemistry of Natural Compounds*, 36(1): 99.
- Sabeti, H. A., 2000. Forests, Tress and Shrubs of Iran, Yazd University press, Yazd, Iran.
- Szczerba, M. W., D. T. Britto & H. J. Kronzucker, 2009. K+ transport in plants: physiology and molecular biology, *Journal of Plant Physiology*, 166(5): 447-466.
- Szczerba, M. W., D. T. Britto, K. D. Balkos & H. J. Kronzucker, 2008. NH_4^+-stimulated and - inhibited components of K+ transport in rice (*Oryza sativa* L.), *Journal of Experimental Botany*, 59(12): 3415-3423.
- Tabande Saravi, A., A. Rashtian & S. Naseh Dehbone, 2016. Effect of Salinity on germination and some seedling characteristics from three provenances of Amygdalus lycioides, *Journal of Forest Research and Development*, 2(2): 97-110.
- Tester, M. & R. Davenport, 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants, *Annals of Botany*, 91(5): 503-505
- Walters, D. T., M. S. Aulakh & J. W. Doran, 1992. Effect of soil aeration, legume residue and soil texture on transformation of macro and micronutrients in soils, *Soil Science*, 153(2): 100-107.

Effect of cow manure and vermicompost on increasing salt tolerance of golden rain tree

M. Dashti[1], M. Dehestani Ardakani[*2], M. Shirmardi[3] and A .Momenpour[4]

1- MSc student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I. R. Iran. (dashty1586065@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Medicinal and Industrial Plant Research Institute, Ardakan, I. R. Iran. (mdehestani@ardakan.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Medicinal and Industrial Plant Research Institute, Ardakan, I. R. Iran. (shirmadi@ardakan.ac.ir)
4- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, I. R. Iran. (amomenpour@areeo.ac.ir)

Received: 06.03.2018 Accepted: 09.09.2018

Abstract

In this study, the effects of different levels of salt, cow manure and vermicompost on plant growth and increasing the salt tolerance of two years plants, were investigated. In a factorial experiment and completely randomized design (CRD), three levels of organic amendments (1- soil 2- 80% v/v soil + 20% v/v vermicompost, 3- 80% v/v soil + 20% v/v cow manure) and three levels of salinity (1, 4 and 7 $dS.m^{-1}$) with three replications per treatments in greenhouse were applied. In this experiment, media without organic amendment was considered as control. Stress duration was three months. Results showed that increasing soil salinity levels progressively decreased the growth characteristics, chlorophyll, and fresh and dry weight of plant and increased activity of catalase and sodium and chloride absorption. Vermicomposte treatment better than control and cow manure increased fresh and dry weight of shoot, relative water content of leaves and potassium. The highest fresh and dry weight of shoots, were obtained in the moderate salinity level (4 ds/m) and vermicompost treatment by 239.83 and 143.53 g respectively. Using of cow manure and vermicompost in low level of salt (1 $dS.m^{-1}$) did not show significant effect on sodium absorption.

Keywords: Chlorophyll, Culture medium, Golden rain, Organic fertilizers, Salt stress.

[*] Corresponding author Tel: +98353226767