

اثر کود دامی و ورمی کمپوست بر کاهش اثر تنش شوری در درخت پر (*Cotinus coggygia* Scop.)

علی مقیمی بنادکوکلی^۱، مریم دهستانی اردکانی^{*}، مصطفی شیرمردی^۱ و علی مؤمن‌پور^۲

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ^۲ هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۰۸)

چکیده

درخت پر با نام علمی *Cotinus coggygia* Scop. از درختچه‌های جذاب زینتی فضای سبزی بوده و دارای خواص دارویی فراوان است. در پژوهش حاضر اثر کود گاوی و ورمی کمپوست بر کاهش اثر تنش شوری در درخت پر بررسی شد. آزمایش در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، شامل سه بستر کشت (خاک زراعی، ۸۰٪ خاک زراعی+۲۰٪ ورمی کمپوست و ۸۰٪ خاک زراعی+۲۰٪ کود گاوی کاملاً پوسیده) و سه سطح شوری آب آبیاری (۱، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر)، در سه تکرار بود. براساس نتایج بیشترین وزن تر و خشک کل برگ در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کود گاوی حاصل شد. بیشترین وزن تر و خشک ریشه در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی کمپوست به دست آمد. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی کمپوست حاصل شد. بیشترین میزان جذب سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در بستر کشت حاوی ورمی کمپوست مشاهده شد. استفاده از کود گاوی و ورمی کمپوست در سطوح شوری مختلف باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز نسبت به خاک زراعی شد. به‌طور کلی استفاده از کود گاوی و ورمی کمپوست توانست خصوصیات رشدی گیاه و جذب عناصر غذایی را در شرایط شور نسبت به خاک زراعی بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده‌های آلی، آنزیم، خصوصیات رشدی، سدیم، کلر

مقدمه

(Oren-Shamir and Levi-Nissim, 1997). در نیمکره شمالی،

گل‌های این درخت در تابستان ظهور پیدا می‌کند و دانه در تابستان تشکیل می‌شود. ارقام مختلف *C. coggygia* گزینه مناسبی برای فضای سبز، شامل بام سبز هستند. آنها مقاومت به سرمای متوسط نشان می‌دهند (Fan and Wang, 2011).

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در کشاورزی بوده که حدود ۲۰ درصد از کل خشکی‌های زمین و نیمی از

درخت پر با نام علمی *Cotinus coggygia*، به درخت دود (smoke tree) نیز معروف است. این گیاه پراکندگی گسترده‌ای از جنوب اروپا، مدیترانه، مولداوی و قفقاز تا چین مرکزی و هیمالیا دارد (Novakovic et al., 2007). رنگ ارغوانی برگ‌های آنها در نتیجه تجمع آنتوسیانین در پاسخ به نور UV (۴۰۰-۳۰۰ نانومتر) و دمای سرد (۹-۴ درجه سانتی‌گراد) است

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: mdehestani@ardakan.ac.ir

خاک طی چندین سال سبب مشکلاتی نظیر آلودگی‌های زیست‌محیطی، انباشت نمک‌ها و تغییر pH خاک و در نتیجه کاهش باروری، ایجاد کمپلکس‌های نامطلوب، کاهش میزان کربن آلی، کاهش تنوع زیستی و فرسایش ژنتیکی شده است (Hassanzade, 2007). ثابت شده است که مواد اصلاح‌کننده خاک و مواد آلی می‌توانند اثر تنش شوری بر محصولات را کاهش دهند (Ouni et al., 2014). شواهد نشان داده است که کاربرد به‌اندازه کود دامی، نه تنها مواد غذایی گیاه را تأمین می‌کند، بلکه حاصلخیزی خاک را نیز افزایش می‌دهد. این امر موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در نهایت بر کمیت و کیفیت عملکرد محصولاتی مانند زعفران تأثیر می‌گذارد (Koocheki et al., 2006). اثر کود دامی به بهبود خواص فیزیکی خاک مانند تهویه، ظرفیت نگهداری آب، تعادل عناصر غذایی و در دسترس بودن آنها برای گیاه در محلول خاک و بهبود تبادل عناصر غذایی در خاک مربوط می‌شود (Zebarth et al., 1999).

ورمی‌کمپوست یک کود آلی زیستی است که از طریق تبدیل ضایعات آلی، طی یک فرایند غیرگرما دوست توسط عمل مشترک کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود (Joshi et al., 2015) و با داشتن مقادیر زیادی مواد هیومیکی یک کود زیستی محرک رشد گیاه است (Garcia et al., 2012). بسیاری از تحقیقات تأیید کرده‌اند که کود ورمی‌کمپوست اثرات مثبتی روی رشد گیاه دارد. افزودن ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش به خاک اثر تنش شوری را بر پارامترهای رشدی و خصوصیات غده در گیاه سیب‌زمینی کاهش داد (Perez-Gomez et al., 2017). موسوی و همکاران (۱۳۹۷) اثر کود ورمی‌کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی درخت زیتون رقم "زرد" را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تنش قطع آبیاری، سبب کاهش و کاربرد کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشد رویشی شد. Beykhhormizi و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که استفاده از عصاره ورمی‌کمپوست موجب بهبود جوانه‌زنی و رشد رازیان‌های در معرض تنش شوری شد. تحت تنش

زمین‌های فاریاب با آن دست به گریبان هستند (Silva and Geros, 2009). شورشیدن خاک امری اجتناب‌ناپذیر بوده که به‌عنوان یک مشکل عمده به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است (Flowers et al., 2010). تخمین زده می‌شود که سالانه حدود ۴-۲ هزار هکتار از زمین‌های آبیاری‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهان در اثر تجمع بیش از حد املاح غیرقابل کشت می‌شوند (Qadir et al., 2007; Saadatmand et al., 2014). تنش شوری می‌تواند تنش‌های اسمزی و یونی را در گیاه القا کند که این تنش‌ها به‌نوبه خود اثراتی ویرانگر بر رشد و نمو گیاه دارند (Parida and Dos, 2005). گیاه در این شرایط دچار تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می‌شود که از جمله این تغییرات می‌توان به کاهش رشد، بسته‌شدن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی، جداسازی و خروج یون‌های مضر از سیتوسول و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره نمود. در این شرایط اختلال در کارکرد دستگاه فتوسنتزی، افزون بر محدودیت تثبیت کربن، منجر به تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن نیز می‌گردد که آسیب‌های اکسیداتیو را در پی دارد (Munns and Tester, 2008; Pang and Wang, 2008).

اصلاح زمین‌های شور پرهزینه و زمان‌بر است، از این‌رو معرفی گیاهان متحمل به شوری گزینش‌شده راهکاری کارآمد و در راستای اهداف کشاورزی پایدار است که می‌تواند به حفظ عملکرد در چنین محیط‌هایی کمک نماید (Ondrasek et al., 2012).

با توجه به اینکه میزان مواد آلی خاک‌های کشور کمتر از یک درصد است و این امر معلول مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژنه و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر است (Hassanzade, 2007). یک راه‌حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک، استفاده از کودهای آلی از قبیل کود حیوانی، کود سبز و ورمی‌کمپوست است (Hassanzade, 2007). اگرچه با مصرف کودهای شیمیایی میزان زیادی از عناصر غذایی به خاک افزوده می‌شوند، اما گیاهان قادر به جذب تمام این مواد نبوده و تجمع این مواد در

کرج (مجتمع کشت گلخانه‌ای بهشتی) تهیه شدند و به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر حاوی بسترهای کشت جدید (خاک زراعی، ۸۰٪ خاک زراعی + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست، ۸۰٪ خاک زراعی + ۲۰٪ کود گاوی کاملاً پوسیده) در داخل گلخانه انتقال داده شدند. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۴۰۰۰ - ۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه 16 ± 4 و میانگین دمای روزانه 24 ± 4 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 تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای این آزمایش شامل نوع بستر کشت در سه سطح (خاک زراعی، ۸۰٪ خاک زراعی + ۲۰٪ ورمی‌کمپوست، ۸۰٪ خاک زراعی + ۲۰٪ کود گاوی کاملاً پوسیده) و شوری آب آبیاری در سه سطح شامل ۱، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بود که هر تیمار با سه تکرار انجام شد. به منظور اعمال تیمارهای شوری ۱، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، از آب بسیار شور منطقه چاه افضل اردکان، استفاده شد.

برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت، pH، هدایت الکتریکی، عصاره اشباع، ماده آلی، فسفر قابل جذب، نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب در نمونه خاک اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی خاک، کود دامی و ورمی‌کمپوست در جدول ۱ آورده شده است. کود گاوی و ورمی‌کمپوست قبل از کشت به نسبت ۲۰ درصد حجمی گلدان با خاک مورد استفاده کاملاً مخلوط شدند.

پس از سازگاری گیاهان با شرایط جدید، تیمار شوری از ابتدای تیر ماه ۹۶ آغاز و به مدت سه ماه ادامه یافت. به منظور اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، اعمال تیمارهای شوری به صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور ابتدا گیاهان با تیمار ۱ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهای شوری با غلظت ۷ دسی‌زیمنس بر متر در مرتبه دوم گیاهان با

شوری محتوای پتاسیم ریشه رازیانه‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بیشتر بود. ورمی‌کمپوست همچنین باعث افزایش میزان کلسیم ریشه در گیاهان تحت تنش شد. به طور کلی، ورمی‌کمپوست توانست اثرات تنش شوری را در رازیانه کاهش دهد.

کلهر و همکاران (۱۳۹۷) اثر سطوح مختلف شوری و اصلاح‌کننده‌های آلی (کود گاوی، ورمی‌کمپوست و جلبک دریایی) بر برخی شاخص‌های رشدی، میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) را بررسی کردند. بیشترین سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاهانی که با کود گاوی در هدایت الکتریکی (EC) برابر با ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شده بودند، به دست آمد. مواد آلی در خاک به طور معنی‌داری خصوصیات رشدی همیشه‌بهار را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. کود گاوی، در مقایسه با سایر تیمارها خصوصیات رشدی بهتری نشان دادند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که اگرچه همیشه‌بهار در حالت عادی قادر به تحمل شوری تا ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر است اما در صورت استفاده از بستر کشت مناسب آستانه تحمل گیاه تا ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش خواهد یافت.

با توجه به کاربرد درخت پر در فضای سبز و نیز گسترش اراضی و آب‌شور، خصوصاً در مناطق خشک و کویری مانند استان یزد، مدیریت شوری در بخش کشاورزی به‌ویژه در فضای سبز شهری حائز اهمیت است. لذا، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی شامل کود گاوی و ورمی‌کمپوست بر کنترل شوری و رشد گیاه در شرایط آب شور بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی شهرداری یزد انجام شد. اواسط اردیبهشت ۱۳۹۶ گیاهان ریشه‌دار دو ساله رقم 'Royal purple' از یکی از نهالستان‌های شهرستان

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

خصوصیات	ورمی کمپوست	کود گاوی	خاک
عصاره اشباع pH	۷	۷/۹	۷/۱
EC عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	۱	۰/۶	۳/۴
نیترژن کل (%)	۰/۸	۱/۱	۰/۰۶
فسفر (ppm)	۸۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵/۶
پتاسیم (ppm)	۱۰۰۰۰	۳۷۰۰	۱۴۴
ماده آلی (%)	۴۰	۲۳	۰/۱۹
بافت	-	-	لوم-رسی-شنی

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

آبشویی در این تحقیق ۳۰ درصد در نظر گرفته شد به طوری که در طول دوره آزمایش سعی شد تا EC آب خروجی (زه آب) دو برابر EC آب ورودی باشد. به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع‌آوری و هدایت الکتریکی و pH آنها اندازه‌گیری شد (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

پس از سه ماه اعمال تنش و در پایان دوره آزمایش در مهرماه، وزن تر و خشک برگ، ریشه، اندام هوایی و کل گیاه، میزان نشت یونی، جذب عناصر سدیم، کلسیم و پتاسیم و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز مورد ارزیابی قرار گرفت. کل نهال با حذف ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن تر ریشه، برگ و اندام هوایی یادداشت شد و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، برگ و اندام هوایی قرار داده شد. شاخص سبزی‌نگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (Spad) مدل (CCM-200) اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز، ۲ 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 ۷ pH مخلوط شد تا به حجم نهایی ۲ میلی‌لیتر برسد. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CECIL 9500 ساخت انگلیس) با استفاده از این مخلوط در طول موج ۴۷۰ نانومتر صفر گردید. سپس ۵

تیمار ۷ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه (Field Capacity) در نظر گرفته شد که قبل از انتقال گیاهان به گلدان به کمک دستگاه صفحه فشار (FI, USA) تعیین شد. برای این منظور ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی تعیین شد. مقداری خاک خشک را کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. صفحه متخلخل که قبلاً اشباع شده را در محفظه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. یک کاغذ صافی روی صفحه متخلخل قرار داده و حلقه‌ها روی کاغذ صافی گذاشته و حلقه‌ها با خاک پر شد. از پایین حلقه‌ها توسط آیفشان به نمونه‌ها آب داده تا سطح خاک خیس شد. درب محفظه را بسته و فشار دستگاه روی ۰/۲ اتمسفر تنظیم شد. به محض اعمال فشار بر نمونه خاک‌ها از لوله خروجی دستگاه آب اضافی بیرون ریخته شد. کاغذ صافی را از نمونه جدا کرده و خاک وزن شد. نمونه داخل آن در دمای ۱۰۵ الی ۱۱۰ درجه قرار داده شد و بعد از ۲۴ ساعت نمونه را از آن خارج کرده و مجدداً وزن شد. درصد رطوبت زراعی از رابطه ۱ به دست آمد (Klute, 1986).

رابطه ۱:

$$\text{درصد رطوبت در ظرفیت زراعی} = \frac{100 \times (\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک تر})}{\text{وزن خاک خشک}}$$

زمانیکه ۵۰ درصد آب قابل‌استفاده گیاه مصرف شد، مجدداً آبیاری تا سطح ظرفیت مزرعه انجام شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آنها و لحاظ نیاز آبشویی انجام شد. کسر

به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و پس از سرد شدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه گیری شد. درصد نشت یونی با رابطه ۲ محاسبه گردید (Ezhilmathi et al., 2007).

$$\text{رابطه ۲: } (EC_1/EC_2) \times 100 = \text{درصد نشت یونی}$$

جهت محاسبه درصد آسیب دیدگی غشا، نیم گرم برگ از هر گیاه جداگانه وزن و در داخل ویال های شیشه ای ریخته و ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به آنها اضافه شد. نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفت و سپس میزان هدایت الکتریکی اولیه ($L1$)، آنها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه گیری شد. پس از آن نمونه ها به مدت یک ساعت در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته و مجدداً به مدت دو ساعت شیک شده و میزان هدایت الکتریکی نهایی ($L2$) آنها اندازه گیری شد. درصد آسیب دیدگی غشا سلولی از طریق رابطه ۳ محاسبه شد:

رابطه ۳:

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

که در این رابطه $T1$ و $T2$ به ترتیب هدایت الکتریکی اولیه و نهایی در نمونه های تحت تیمار شوری و $C1$ و $C2$ به ترتیب هدایت الکتریکی اولیه و نهایی در نمونه های شاهد است (Blum and Ebercon, 1981).

تجزیه آماری به وسیله نرم افزار SAS 9.2 صورت گرفت. به منظور تعیین سطح معنی داری شاخص های مورفولوژیک و غلظت عناصر برگ از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. میانگین ها داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 0.05$) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک ساقه، برگ، ریشه، اندام هوایی و کل گیاه: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، بستر کشت و اثر متقابل آنها بر وزن تر و خشک برگ، ریشه، کل گیاه و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲).

بیشترین وزن تر و خشک ریشه و کل گیاه در شوری ۴

میکرولیتر هیدروژن پراکسید (H_2O_2) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین بیان شد (Reuveni et al., 1995) ($\Delta OD / \text{Min.} / \text{mg. protein}$).

برای اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH ۷) و هیدروژن پراکسید ۱۵ میلی مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی لیتر آغاز گردید. تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر به مدت سه دقیقه کاتالاز براساس میلی مولار هیدروژن پراکسید در دقیقه در میلی گرم پروتئین ($\Delta OD / \text{Min.} / \text{mg. protein}$) ثبت شد (Dazy et al., 2008).

پس از خاکستری کردن مواد گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عنصر پتاسیم با رقیق کردن عصاره اندازه گیری شد. اندازه گیری غلظت سدیم و پتاسیم در گیاه با دستگاه فیلم فتومتر (PFP7 Jenway، ساخت آلمان) تعیین گردید (امامی و زواره، ۱۳۸۴). برای اندازه گیری کلر ۱۰۰ میلی گرم از بافت گیاهی پودر شده درون فالکن ریخته و پس از افزودن ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۰/۵ مولار و قراردعی به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد خشک کن، عصاره گیری انجام شد. مقدار ۱ میلی لیتر از عصاره برای اندازه گیری کلر طبق روش رنگ سنجی در طول موج ۴۸۰ 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 اندام های هوایی محاسبه گردید (Zhu et al., 2017).

جهت اندازه گیری درصد نشت یونی مقدار ۰/۲ گرم برگ تازه وزن شد. نمونه ها جهت پاک شدن آلودگی سطحی سه بار با آب مقطر شسته شد. پس از آن نمونه ها داخل فالکون های شیشه ای حاوی ۱۵ میلی لیتر آب مقطر به مدت دو ساعت در دمای ۲۵ درجه ی سلسیوس قرار گرفت. بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) با دستگاه هدایت سنج اندازه گیری شد. سپس همان نمونه ها در آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر شوری و بستر کشت بر وزن تر و خشک برگ، ریشه، اندام هوایی و کل گیاه درخت پر

میانگین مربعات								df	منابع تغییرات
وزن خشک	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک کل	وزن تر کل گیاه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن تر برگ		
۱۵۳۸/۸۸**	۵۴۴۲/۷۷**	۷۷۰۳/۷۸**	۲۵۳۰۶/۶۴**	۲۷۶۲/۸۲**	۱۳۰۵۵/۸۶**	۴۵۸/۹۰**	۳۰۴۰/۳۴**	۲	شوری
۴۹۷/۰۵**	۱۴۵۰/۵۸**	۳۶۳۶/۱۹**	۱۷۹۰۰/۹۰**	۱۴۴۴/۴۷**	۹۲۶۳/۱۸**	۸۳/۹۹**	۴۶۸/۲۱**	۲	بستر کشت
۴۶۷۶/۲۲**	۱۶۳۸۹/۸۲**	۹۱۱۱/۷۲**	۴۲۲۷۸/۱۷**	۱۶۱۶/۸۹**	۹۹۹۰/۶۳**	۲۵۷/۱۶**	۱۱۲۳/۴۴**	۴	شوری × بستر کشت
۱/۱۳	۱/۱۰	۲/۲۹	۲/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۱۸	خطا
۱/۰۵	۰/۵۷	۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۷۷	۰/۳۱	۲/۴۹	۱/۲۶		(%) CV

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی داری

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و بستر کشت بر وزن تر و خشک برگ، ریشه، اندام هوایی و کل درخت پر

بستر کشت	شوری (ds/m)	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر کل گیاه	وزن خشک کل گیاه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
خاک زراعی		۴۶/۸۰ ^b	۲۰/۴۸ ^c	۱۹۳/۳۶ ^d	۷۹/۵۳ ^b	۴۲۴/۸۰ ^c	۲۰۴/۴۸ ^c	۲۳۱/۴۳ ^c	۱۲۴/۹۴ ^b
ورمی کمپوست	۱	۲۹/۱۶ ^f	۱۲/۵۲ ^f	۱۲۴/۴۰ ^g	۵۵/۵۳ ^e	۲۷۵/۸۶ ^g	۱۳۸/۳۹ ^f	۱۵۱/۴۶ ^f	۸۲/۸۶ ^f
کود گاوی		۷۸/۷۶ ^a	۳۳/۷۷ ^a	۱۶۵/۷۵ ^e	۷۸/۶۳ ^b	۴۰۰/۸۹ ^d	۲۰۳/۰۷ ^c	۲۳۵/۱۳ ^b	۱۲۴/۴۳ ^b
خاک زراعی		۲۲/۶۰ ^g	۱۴/۴۳ ^e	۱۵۶/۳۷ ^f	۶۱/۳۶ ^d	۳۶۲/۵۷ ^f	۱۷۹/۱۳ ^d	۲۰۶/۲۰ ^d	۱۱۷/۷۷ ^c
ورمی کمپوست	۴	۳۷/۸۳ ^c	۲۲/۵۵ ^b	۲۸۹/۵۶ ^a	۱۲/۰۰ ^a	۴۷۴/۰۳ ^a	۲۲۳/۰۹ ^a	۱۷۸/۳۶ ^e	۱۰۳/۰۹ ^d
کود گاوی		۳۴/۳۳ ^d	۱۸/۵۷ ^d	۱۹۶/۷۰ ^c	۷۳/۶۰ ^c	۳۷۴/۷۶ ^e	۱۶۹/۶۰ ^e	۱۷۸/۰۶ ^e	۹۶/۰۰ ^e
خاک زراعی		۶۷۳ ^h	۳/۸۶ ^g	۹۶/۷۳ ⁱ	۳۴/۷۳ ^g	۱۷۶/۳۰ ⁱ	۷۶/۳۳ ^h	۷۹/۵۶ ^h	۴۱/۵۹ ^h
ورمی کمپوست	۷	۳۱/۵۶ ^e	۱۷/۹۵ ^d	۲۱۱/۶۶ ^b	۷۳/۳۶ ^c	۴۶۷/۹۳ ^b	۲۱۴/۶۹ ^b	۲۶۲/۳۶ ^a	۱۴۱/۳۲ ^a
کود گاوی		۶/۳۰ ^h	۳/۵۴ ^g	۱۱۲/۶۳ ^h	۴۲/۵۰ ^f	۲۴۲/۶۰ ^h	۱۱۷/۵۰ ^g	۱۲۹/۹۶ ^g	۷۵/۰۰ ^g

میانگین های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار هستند.

ریشه و گیاه می شود. با کاهش میزان تعرق و افزایش اتلاف حرارت، میزان فتوسنتز خالص کاهش می یابد (Chen et al., 2011). با کاهش فتوسنتز، تولید ماده خشک نیز کاهش می یابد (Shao et al., 2008). ریشه طی کمبود آب با فرایند تعدیل اسمزی باعث می شود آب جذب شده را حفظ کند و اتلاف آب از دیواره سلولی کاهش یابد (Sharp et al., 2004). تنظیم اسمزی در سیستم ریشه ای اجازه می دهد تا از آماس سلول نگه داری شود و از جدایی ریشه از ذرات خاک اجتناب شود و یا آن را به تأخیر اندازد (Atiyeh et al., 2000).

دسی زیمنس بر متر و ورمی کمپوست به دست آمد (جدول ۳). نتایج حاصله با سیلیسپور و همکاران (۱۳۹۵) روی زیتون و کلهر و همکاران (۱۳۹۷) روی همیشه بهار مطابقت داشت. رشد و توسعه سیستم ریشه ای گونه های مختلف، معیاری جهت تعیین مقاومت به خشکی و پتانسیل تولید در شرایط تنش است. براساس یافته های کوچکی و عزیزاده (۱۳۶۵)، در غلات رشد یافته در شرایط تنش، جریان کمتر آب از ریشه به اندام هوایی سبب کاهش پتانسیل آب برگ، انسداد روزنه، جذب کمتر دی اکسید کربن و در نهایت سبب کاهش رشد

حالی که در سطوح بالای شوری این اثر کمتر نشان داده شده است. ورمی-کمپوست به دلیل داشتن مواد غذایی کافی و قابلیت جذب مواد غذایی می‌تواند سبب افزایش میزان سطح برگ شود، که علت این افزایش را فعالیت میکروارگانیسم‌های ناشی از کرم خاکی می‌دانند. میکروارگانیسم‌ها با توانایی تولید مواد تنظیم‌کننده رشد می‌توانند سبب افزایش سطح برگ شوند. این امر در نهایت موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه اندام هوایی گیاه می‌شود (Arancon *et al.*, 2004). در برخی مطالعات تأثیر ورمی-کمپوست در رشد گیاه به مقدار زیادی به مواد مغذی معدنی به‌ویژه نیتروژن جذب‌شده به‌وسیله گیاهان نسبت داده شده است (Archana *et al.*, 2009). مواد هیومیکی با تحریک تقسیم سلولی و تولید ریشه‌های فرعی، رشد گیاه (از نظر وزن تر و خشک) را افزایش می‌دهند (Vaughan and Malcom, 1985). اثرات محافظتی هیومیک اسید موجود در ورمی-کمپوست در دانه‌های برنج در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (Garcia *et al.*, 2014). در مورد اثر ورمی-کمپوست می‌توان گفت که نقش مهمی در رشد و نمو نشا داشته که دلیل آن را می‌توان داشتن عناصر غذایی، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و همچنین فراهم کردن شرایط فیزیکی توسط ورمی-کمپوست عنوان کرد. کلهر و همکاران (۱۳۹۷) بالاترین نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه (۵/۴۵) را در گیاهان تیمار شده با کود گاوی و در شوری ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند. 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.

نشت یونی و درصد آسیب‌دیدگی غشا: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری بر درصد آسیب‌دیدگی غشا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود در حالی که بر نشت

بیشترین وزن تر و خشک کل برگ در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار کود گاوی حاصل شد (جدول ۳). در شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر و خشک برگ در ورمی-کمپوست به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک زراعی و کود گاوی بود، در حالی که در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر کود گاوی به‌طور معنی‌داری توانست وزن تر و خشک کل برگ را افزایش دهد (جدول ۳).

بیشترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب با مقادیر ۲۸۹/۵۶ و ۱۲۰/۰۰ گرم در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی-کمپوست حاصل شد (جدول ۳). در سطح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر و خشک ریشه در ورمی-کمپوست به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک زراعی و کود گاوی بود در حالی که در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر خاک زراعی به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد (جدول ۳).

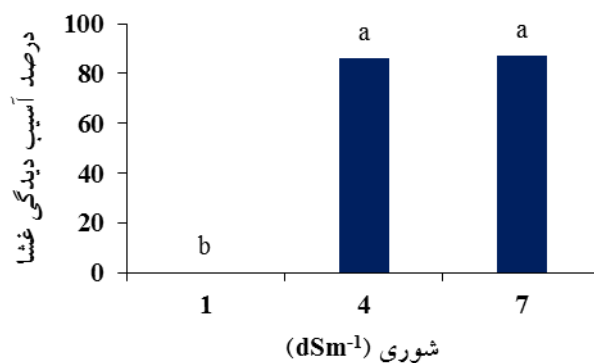
بیشترین وزن تر و خشک کل گیاه به‌ترتیب با مقادیر ۲۲۳/۰۹ و ۶۷/۹۳ گرم در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی-کمپوست حاصل شد (جدول ۳). در سطح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر و خشک کل در ورمی-کمپوست به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک زراعی و کود گاوی بود در حالی که در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر خاک زراعی توانست به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک کل گیاه را افزایش دهد (جدول ۳).

بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب با مقادیر ۲۶۲/۳۶ و ۱۴۱/۳۲ گرم در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار ورمی-کمپوست حاصل شد (جدول ۳). در سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر وزن تر و خشک اندام هوایی در خاک زراعی به‌طور معنی‌داری بیشتر از ورمی-کمپوست و کود گاوی بود در حالی که در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر کود گاوی توانست به‌طور معنی‌داری وزن تر اندام هوایی و خاک زراعی وزن خشک اندام هوایی را افزایش دهد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که شوری ورمی-کمپوست در سطوح شوری پایین مانع اثر مثبت آن بر افزایش وزن تر و خشک گیاه شده در

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر شوری و بستر کشت بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و جذب عناصر در درخت پر

میانگین مربعات								df	منابع تغییرات
پرکسیداز	کاتالاز	نسبت سدیم به پتاسیم	کلر	پتاسیم	سدیم	درصد آسیب دیدگی غشا	نشت یونی		
۰/۳۹**	۷/۴۲**	۰/۲۳**	۱۸۱۱۵/۹۵**	۱۹۶۵/۸۸**	۱۲۷۶۰۶۷/۸۲**	۲۲۴۷۸/۰۱**	۶/۳۶ ^{ns}	۲	شوری
۰/۴۸**	۳/۸۷**	۰/۰۱ ^{ns}	۱۷۹۳/۷۲*	۷۰۹/۴۴*	۱۴۲۴۴۷۹/۶۱**	۱۰/۴۱ ^{ns}	۴/۷۹ ^{ns}	۲	بستر کشت
۰/۶۰**	۰/۲۶**	۰/۰۳*	۳۳۱/۸۵ ^{ns}	۲۴۷/۹۶*	۱۲۲۳۶۰۲/۹۳**	۲/۶۳ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۴	شوری × بستر کشت
۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۱۶	۰/۱۴	۱۴/۵۱	۱۰/۶۱	۱۸	خطا
۲/۸۲	۰/۳۵	۱۲/۹۹	۲۴/۹	۲۳/۱۲	۲۳/۲۵	۶/۶۰	۳/۵۰		(%) CV

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی داری



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر شوری بر درصد آسیب دیدگی غشا در درخت پر

احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر متقابل شوری و بستر کشت در سطح احتمال یک درصد بر میزان سدیم و در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری میزان جذب سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم به طور معنی داری افزایش یافت (شکل B ۲ و جدول ۵). بیشترین میزان جذب کلر در بستر حاوی ورمی کمپوست حاصل شد و بستر خاک زراعی و حاوی کود دامی تفاوت معنی داری با یکدیگر نشان ندادند (شکل A ۲). بررسی اثر متقابل شوری و بستر کشت نشان داد که بیشترین میزان جذب سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شوری ۷ دسی زیمنس بر متر و در بستر کشت حاوی ورمی کمپوست رخ داده است (جدول ۵). در شوری ۱ و ۴ دسی زیمنس بر متر، تیمارها و خاک زراعی تفاوت معنی داری با یکدیگر در میزان جذب عناصر نشان

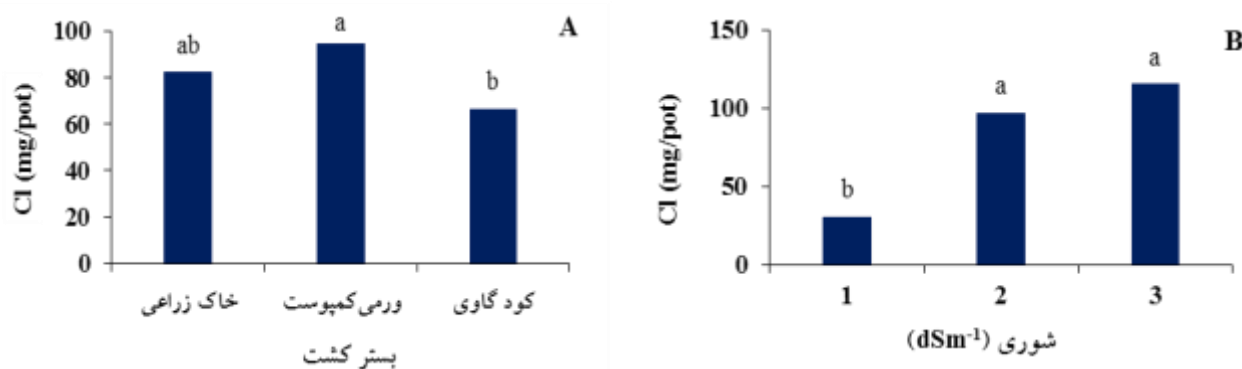
یونی اثر معنی دار نشان نداد (جدول ۴). اثر بستر کشت و اثر متقابل شوری و بستر کشت بر نشت یونی و درصد آسیب دیدگی غشا معنی دار نبود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری درصد آسیب دیدگی غشا به طور معنی داری افزایش یافت (شکل ۱). افزایش تشکیل گونه های فعال اکسیژن در شرایط تنش باعث القای پاسخ های حفاظتی و آسیب سلولی می شود. هیدروژن پراکسید منجر به پراکسیداسیون چربی ها و در نتیجه آسیب به غشا و نشت الکترولیت ها می شود. تنها شوری بر میزان آسیب دیدگی غشا نقش داشت. به نظر می رسد که شدت تنش بر گیاه در حدی نبوده که منجر به نشت یونی گردد.

میزان جذب عناصر غذایی: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر شوری و بستر کشت در سطح احتمال یک درصد بر میزان جذب سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در سطح

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و بستر کشت بر جذب عناصر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درخت پر

پروکسیداز	کاتالاز	نسبت سدیم به پتاسیم	پتاسیم	سدیم	شوری	بستر کشت
($\Delta OD/min/mg$ protein)		پتاسیم	(میلی-گرم در گلدان)	(میلی-گرم در گلدان)	(ds/m)	
۰/۳۰ ^h	۱/۵۰ ⁱ	۰/۳۵ ^{bcd}	۱۲/۵۹ ^c	۸۲۴/۵ ^{bc}		خاک زراعی
۰/۴۳ ^f	۱/۸۷ ^g	۰/۲۰ ^{de}	۸/۰۹ ^c	۳۴۱/۲ ^c	۱	ورمی‌کمپوست
۰/۵۵ ^e	۲/۵۲ ^f	۰/۰۹ ^e	۸/۵۱ ^c	۵۶۹/۹ ^c		کود گاوی
۰/۳۵ ^g	۱/۶۹ ^h	۰/۲۵ ^{cde}	۱۷/۷۲ ^{bc}	۷۷۰/۱ ^{bc}		خاک زراعی
۰/۸۱ ^b	۲/۵۹ ^e	۰/۴۶ ^{abc}	۴۱/۱۰ ^{ab}	۱۴۲۷/۲ ^b	۴	ورمی‌کمپوست
۰/۷۰ ^c	۲/۶۹ ^c	۰/۴۲ ^{abc}	۱۷/۰۵ ^{bc}	۸۱۲/۶ ^{bc}		کود گاوی
۰/۵۵ ^e	۲/۶۵ ^d	۰/۵۴ ^{ab}	۳۰/۶۹ ^{bc}	۵۳۷/۳ ^c		خاک زراعی
۱/۳۵ ^a	۳/۹۰ ^b	۰/۵۸ ^a	۵۶/۰۱ ^a	۲۵۱۶/۹ ^a	۷	ورمی‌کمپوست
۰/۶۴ ^c	۴/۵۱ ^a	۰/۵۰ ^{ab}	۳۱/۵۰ ^{abc}	۹۳۴/۱ ^{bc}		کود گاوی

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر A: بستر کشت و B: شوری بر جذب کلر در برگ‌های درخت پر

ندادند (جدول ۵). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، میزان جذب سدیم به‌طور معنی‌داری در بستر حاوی ورمی‌کمپوست نسبت به خاک زراعی و کود گاوی بیشتر بود (جدول ۵). با افزایش سطح شوری سدیم به بخش هوایی منتقل و در برگ‌ها جمع و موجب بروز نشانه‌های سمیت می‌شود. گیاه به صورت انتخابی جذب K^+ را به Na^+ ترجیح می‌دهد ولی در صورت بیشتر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود K^+ در گیاه قطعی است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش جذب سدیم و کلر موجب کاهش جذب عناصر ضروری و القای سم به گیاه می‌گردد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که کاهش جذب عناصر ماکرو به همین دلیل باشد. اختلال در فرایند فتوسنتز و رشد، 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 دفع یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت واکوئل خود ذخیره می‌کنند (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در بسیاری از محصولات باغی غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی با افزایش شوری محیط ریشه کاهش می‌یابد (سیلیسپور و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به‌دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشا پلاسمایی باشد (Chartzoulakis, 2005). پتاسیم علاوه بر

فتوسنتز و رشد، 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 دفع یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت واکوئل خود ذخیره می‌کنند (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در بسیاری از محصولات باغی غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی با افزایش شوری محیط ریشه کاهش می‌یابد (سیلیسپور و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به‌دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشا پلاسمایی باشد (Chartzoulakis, 2005). پتاسیم علاوه بر

فتوسنتز و رشد، 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 دفع یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیشتر در بافت واکوئل خود ذخیره می‌کنند (مؤمن‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در بسیاری از محصولات باغی غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی با افزایش شوری محیط ریشه کاهش می‌یابد (سیلیسپور و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به‌دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشا پلاسمایی باشد (Chartzoulakis, 2005). پتاسیم علاوه بر

بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۵). بیشترین فعالیت کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب در تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست حاصل شد (جدول ۴). بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح شوری ۷ دسی زیمنس بر متر در تیمار کود گاوی حاصل شد (جدول ۵). بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح شوری ۷ دسی زیمنس بر متر در تیمار ورمی کمپوست به دست آمد (جدول ۵).

تنش شوری با آسیب رساندن به رنگدانه های کلروفیل و سیستم انتقال الکترون فتوسنتز منجر به تولید گونه های واکنش گر اکسیژن می شود. گیاهان برای مقابله با اثرات نامطلوب گونه های فعال، سیستم های دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی را توسعه می دهند (Wu et al., 2012). آنزیم های آنتی اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز، مهم ترین آنزیم های سم زدا هستند که با همکاری آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتینون ردوکتاز در چرخه گلوکاتینون آسکوربات، رادیکال های آزاد را مهار می کنند (Wang et al., 2011). فعالیت این آنزیم های آنتی اکسیدانی نقش کلیدی در بقای گیاه در شرایط تنش بازی می کند. تعامل هیومیک اسید کود ورمی کمپوست با سیستم ریشه ای گیاه، سبب فعال شدن عملکرد آنزیم های آنتی اکسیدانی می شود و در نتیجه مقدار رادیکال های آزاد را کنترل می کند. به نظر می رسد که عمل هیومیک اسید با سیستم دفاعی ضد تنش در گیاهان شناسایی می شود (Garcia et al., 2012). آدمی پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند که فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در شرایط تنش شوری در گیاهان *Festuca arundinacea* تیمار شده با ورمی کمپوست افزایش یافت. همچنین کلهر و همکاران (۱۳۹۷) نتایج مشابهی در گیاه همیشه بهار حاصل کردند. آنها نشان دادند که در شوری ۷/۵ دسی زیمنس بر متر بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان تیمار شده با کود گاوی و شاهد مشاهده شد و سایر تیمارها اثری در افزایش فعالیت آنزیم نداشتند. به نظر می رسد که ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه با افزایش میزان فنل کل و فلاونوئیدها در جریان استفاده از

تأثیر اساسی بر متابولیسم های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می کند، به نحویکه مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اهمیت فراوان دارد تا از مقادیر پتاسیم محافظت کنند و از واکنش ها به عنوان مخزنی برای بافر کردن یون پتاسیم بهره ببرند (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰). در همین زمینه گیاهان متحمل، توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور سدیم کلرید بهتر حفظ کنند. رضوی نسب و همکاران (۱۳۹۰) به این نتیجه رسیدند که افزایش ماده آلی مصرفی، غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه را افزایش داد به طوریکه ماده آلی باعث گستردگی ریشه و افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه شد. شیخی و رونقی (۱۳۹۲) نشان دادند که در سطوح صفر، ۱ و ۲ گرم سدیم کلرید، با کاربرد ورمی کمپوست تغییر معنی داری در غلظت سدیم اندام هوایی رخ نداد ولی در سطح ۳ گرم سدیم کلرید، کاربرد ۲ و ۱۰ درصد ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد، غلظت سدیم اندام هوایی به ترتیب ۳۰ و ۳۵ درصد کاهش یافت. در تیمار بدون سدیم کلرید، مصرف ۲ و ۱۰ درصد ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد، غلظت کلر اندام هوایی را به ترتیب ۳۴ و ۶۸ درصد افزایش داد. در پژوهش حاضر نیز استفاده از کودهای گاوی و ورمی کمپوست در شوری پائین منجر به کاهش جذب سدیم شد. کود گاوی نسبت به سایر تیمارها جذب کلر کمتری نشان داد. ورمی کمپوست در سطوح بالای شوری بیشترین جذب سدیم را نشان داد. این کودها از طریق افزایش محتوای مواد آلی و فعالیت بیولوژیکی خاک (Archana et al., 2009)، افزایش تخلخل خاک، مقدار کربن آلی و نیتروژن کل در لایه روئین خاک (Fuchs et al., 2008)، تثبیت ذرات خاکدانه از طریق باندد کردن ذرات معدنی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم به فرم کلونیدی از هوموس یا رس (Tisdale and Oades, 1982) موجب تقویت ساختمان فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می گردند.

آنزیم کاتالاز و پراکسیداز: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، بستر کشت و اثر متقابل آنها بر فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی دار

جمله وزن تر و خشک برگ، ریشه، اندام هوایی و جذب عناصر غذایی خود را با تنش سازگار نمود. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش با اصلاح خاک توسط مواد آلی خصوصاً ورمی-کمپوست، صفات رشدی گیاه به طور معنی داری در شوری بالا افزایش یافت. مقایسه کودهای آلی مختلف مشخص کرد که ورمی-کمپوست بهتر از کود گاوی توانست رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشد. بنابراین کاربرد آن در خاک‌های کشاورزی توصیه می‌گردد.

کودهای آلی افزایش می‌یابد. از آنجایی که ورمی-کمپوست دارای عناصر ریزمغذی با قابلیت جذب زیاد است و از طرفی این عناصر، خصوصاً آهن و روی، در ساختارهای مختلف این آنزیم‌ها شرکت دارند، بنابراین می‌توان افزایش فعالیت این آنزیم‌ها را احتمالاً با افزایش و بهبود جذب این عناصر توسط گیاه مرتبط دانست (آدمی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاه در هنگام مواجهه با تنش شوری با ایجاد تغییر در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و نموی خود از

منابع

- آدمی‌پور، ن.، حیدریان‌پور، م. ب. و زارعی، م. (۱۳۹۵) ارزیابی کاربرد ورمی-کمپوست جهت کاهش اثرهای مخرب تنش شوری بر سبز فرش چمانواش بلند (*Festuca arundinacea* Schreb. Queen) ۷: ۴۶-۳۵.
- امامی، ی. و زواره، م. (۱۳۸۴) تحمل خشکی در گیاهان عالی. چاپ اول، انتشارات نشر دانشگاهی، تهران.
- حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۰) گیاه و شوری. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- رضوی نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج آبادی‌پور، ا. و دشتی، ح. (۱۳۹۰) تأثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مرفولوژی نهال‌های پسته. به‌زراعی کشاورزی ۱۳: ۴۲-۳۱.
- سیلیسپور، م.، گلچین، ا. و روزبان، م. (۱۳۹۵) ارزیابی تحمل به شوری دو رقم زیتون براساس شاخص‌های رشد و تحلیل روابط رگرسیونی آنها با شوری. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار ۶: ۸۳-۱۰۰.
- شیخی، ج. و رونقی، ع. م. (۱۳۹۲) اثر سطوح نیتروژن و شوری بر عملکرد، جذب نیتروژن، غلظت نیترات و کلروفیل اسفناج و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ۱۲-۱.
- کافی، م.، برزوئی، ا. ع.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۸۸) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. جهاد دانشگاهی مشهد.
- کلهر، م.، دهستانی اردکانی، م.، شیرمردی، م. و غلام‌نژاد، ج. (۱۳۹۷) پاسخ گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) به اثرات متقابل تنش شوری و مواد آلی اصلاح‌کننده خاک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۱: ۱۰۲۱-۱۰۰۵.
- کوچکی، ع. و علیزاده، ا. (۱۳۶۵) اصول زراعت در مناطق خشک. انتشارات آستان قدس رضوی.
- موسوی دهموردی، ز.، غلامی، م. و بانی نسب، ب. (۱۳۹۷) اثر کود ورمی-کمپوست بر رشد و تحمل به تنش خشکی نهال‌های زیتون رقم زرد (*Olea europaea* L.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۷: ۱۸-۱.
- مؤمن‌پور، ع.، بخشی، د.، ایمانی، ع. و رضایی، ح. (۱۳۹۴) ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه GF₆₇₇ تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران ۶۴: ۶۲۴-۶۰۳.

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. (2004) Effect of vermicompost produced from food wasters on the growth and yield of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93: 139-143.
- Archana, P. P., Theodore, J. K. R., Ngyuen, V. H., Stephen, T. T. and Kristen, A. K. (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.

- 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.
- Beykhhormizi, A., Hosseini Sarghein, S. and Sarafraz Ardakani, M. R. (2018) Alleviation of salinity stress by vermicompost extract: A comparative study on five Fennel Landraces. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 49: 1-8.
- Blum, A. and Ebercon, A. (1981) Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science* 21: 43-47.
- Chartzoulakis, K. (2005) Salinity and olive: Growth salt tolerance photosynthesis and yield. *Agriculture Water Management* 78: 108-121.
- 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.
- Dazy, M., Jung, V., Ferard, J. F. and Masfarau, J. F. (2008) Ecological recovery of vegetation on a cokefactory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. *Chemosphere* 74: 57-63.
- 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.
- Fan, P. and Wang, K. (2011) Evaluation of cold resistance of ornamental species for planting as urban rooftop greening. *Forestry Studies in China* 13: 239-244.
- Flowers, T. J., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., Krishnamurthy, L., Samineni, S., Siddique, K. H. M., Turner, N. C., Vadez, V., Varshney, R. K. and Colmer, T. D. (2010) Salt sensitivity in chickpea. *Plant cell and Environment* 33: 490-509.
- 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.
- Garcia, A. C., Santos, L. A., Izquierdo, F. G., Rumjanek, V. M., Castro dos Santos, F. S., de Souza, L. G. A. and Berbara, R. L. L. (2014) Potentialities of vermicompost humic acids to alleviate water stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Journal of Geochemical Exploration* 136: 48-54.
- Garcia, A. C., Santos, L. A., Izquierdo, F. G., Sperandio, M. V. L., Castro, R. N. and Berbara, R. L. L. (2012) Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. *Ecological Engineering* 47: 203-208.
- Hasanzade, A. (2007) Impact of biological fertilizers containing phosphorus uptake facilitator on the amounts of phosphorus fertilizer on yield and yield components of barley. Agriculture Master's thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran.
- Joshi, R., Singh, J. and Vig, A. P. (2015) Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14: 137-159.
- Klute, A. (1986) Water retention: Laboratory methods. In: *Methods of Soil Analysis. Part 1* (ed. Klute, A.) Pp. 635-662. American Society Agronomy.
- Koocheki, A., Nassiri, M. and Behdani, M. A. (2006) Agronomic attributes of saffron yield at agroecosystems. *Acta Horticulturae* 739: 24-33.
- Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review Plant Biology* 59: 651-681.
- Munns, R., Wallace, P. A., Teakle, N. L. and Colmer, T. D. (2010) Measuring soluble ion concentrations (Na^+ , K^+ , Cl^-) in salt-treated plants. In: *Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology*. (Ed.. Sunkar, R.) Pp. 371-382. Humana Press, Springer.
- Novakovic, M., Vuc kovic, I., Janac kovic, P., Sokovic, M., Filipovic, A., Tesevic, V. and Milosavljevic, S. (2007) Chemical composition, antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Cotinus coggygria* from Serbia. *Journal of the Serbian Chemical Society* 72: 1045-1051.
- Ondrasek, G., Rengel, Z., Romic, D. and Savic, R. (2012) Salinity decreases dissolved organic carbon in the rhizosphere and increases trace element phyto-accumulation. *European Journal of Soil Science* 63: 685-693
- Oren-Shamir, M. and Levi-Nissim, A. (1997) UV-light effect on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'. *Scientia Horticulturae* 71: 59-66.
- Ouni, Y., Ghnaya, T., Montemurro, F., Abdelly, Ch. and Lakhdar, A. (2014) The role of humic substances in mitigating the harmful effect of soil salinity and improve plant productivity. *International Journal of Plant Production* 8: 353-374.
- Pang, C. H. and Wang, B. S. (2008) *Progress in Botany. Oxidative Stress and Salt Tolerance in Plants*. Springer Berlin Heidelberg, New York.
- Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.

- Perez-Gomez, J. J., Abud-Archila, M., Villalobos-Maldonado, J. J., Enciso-Saenz, S., de Leon, H. H., Ruiz-Valdiviezo, V. M. and Gutierrez-Miceli, F. A. (2017) Vermicompost and vermiwash minimized the influence of salinity stress on growth parameters in potato plants. *Compost Science and Utilization* 1-8.
- Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P. and Noble, A. D. (2014) Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38: 282-295.
- Ramesh, P., Panwar, N. R. and Singh, A. S. (2009) Impact of organic manure combinations on the productivity and soil quality in 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.
- Saadatmand, A. R., Banihashemi, Z., Maftoun, M. and Sepaskhah, A. R. (2007) Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. *Journal of Plant Nutrition* 30: 2037-2050.
- 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.
- 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.
- Silva, P. and Geros, H. (2009) Regulation by salt of vacuolar H⁺-ATPase and H⁺-pyrophosphatase activities and Na⁺/H⁺ exchange. *Plant Signaling and Behavior* 4: 718-726.
- Tisdale, J. M. and Oades J. M. (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science* 33: 141-150.
- Vaughan, D. and Malcolm, R. (1985) Influence of humic substances on growth and physiological processes. *Soil organic matter and biological activity. Developments in Plant and Soil Sciences* 16: 37-75.
- Wang, Y., Ma, F., Li, M., Liang, D. and Zou, J. (2011) Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. *Plant Growth Regulation* 64: 63-74.
- Wu, H., Wu, X., Li, Z., Duan, L. and Zhang, M. (2012) Physiological evaluation of drought stress tolerance and recovery in cauliflower (*Brassica oleracea* L.) seedlings treated with methyl jasmonate and coronatine. *Journal of Plant Growth Regulation* 31: 113-123.
- Zebarth, B. J., Neilsen, G. H., Hogue, E. and Neilsen, D. (1999) Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 501-504.
- 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.

Effect of cow manure and vermicompost on decreasing salt stress in the common smoke tree (*Cotinus coggygia* Scop.)

Ali Moghimi Banadkooki¹, Maryam Dehestani Ardakani*¹, Mostafa Shirmardi¹, Ali Momenpour²

¹ Department of Horticultural Science, College of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Yazd, Iran

² National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

(Received: 19/11/2018, Accepted: 29/05/2019)

Abstract

Smoke tree or venetian sumach (*Cotinus coggygia* Scop.) is an attractive ornamental tree in landscape and rich in medicinal properties. In this study, the effects cow manure and vermicompost on decreasing salt stress in the common smoke tree were investigated. The experiment was factorial based on a completely randomized design including three levels of organic treatment (agricultural soils, 80% v/v soil + 20% v/v vermicompost, 80% v/v soil + 20% v/v cow manure) and three levels of saline water for irrigation (1, 4 and 7 dS.m⁻¹) with three replications in the greenhouse. The results showed that the highest fresh and dry weight of leaves were obtained in cow manure and in 1 dS.m⁻¹ salinity. The highest fresh and dry weight of root were obtained in vermicompost and in 4 dS.m⁻¹ salinity. The highest fresh and dry weight of shoots were obtained in vermicompost and in 7 dS.m⁻¹ salinity. The maximum amount of sodium, potassium and Na/K uptake were observed in 7 dS.m⁻¹ salinity and vermicompost treatment. Application of cow manure and vermicompost in different salinity levels significantly increased catalase and peroxidase activity. Generally, the use of cow manure and vermicompost could improve the growth characteristics and nutrient absorption of plant under salt stress condition as compared with the control.

Key words: Chlorine, Enzyme, Growth characteristics, Organic amendments, Sodium

Corresponding author, Email: mdehestani@ardakan.ac.ir