تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با سویه‌های متحمل به شوری استرپتومایسس بر رشد و تغذیه خیار تحت تنش شوری

نیره نعمتی[۱] و سمیه قاسمی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از ورمی‌کمپوست غنی شده با سویه‌های متحمل به شوری استرپتومایسس به‌عنوان کود بیولوژیک در رشد و تغذیه خیار در شرایط شور انجام شد. برای این منظور، آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سطوح مختلف شوری (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و نوع ورمی‌کمپوست (شاهد، ورمی‌کمپوست غنی نشده، ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس (*S. rimosus*) و استرپتومایسس گریزئوس (*S. griseus*)) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و شاخساره، غلظت نیتروژن، پتاسیم، آهن و روی و نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره خیار شد؛ اما غلظت سدیم و نفوذپذیری غشای ریشه افزایش یافت. در این شرایط، استفاده از ورمی‌کمپوست موجب حفظ ساختار غشای سلولی، بهبود تعادل عناصر غذایی و در نتیجه کاهش اثر منفی شوری بر عملکرد گیاه شد. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس های ریموسوس و گریزئوس بر حفظ نفوذپذیری غشای ریشه، بهبود تغذیه گیاه و افزایش تحمل به شوری گیاه بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده بود، به‌طوری که بیشترین وزن خشک ریشه و شاخساره در شوری ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، در تیمار ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس، در مقایسه با سایر تیمارها، مشاهده شد. براساس نتایج این مطالعه، ورمی‌کمپوست غنی‌سازی شده با سویه های متحمل به شوری استرپتومایسس، علاوه بر حفظ تعادل عناصر غذایی در شرایط شور، باعث بهبود خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه خیار شده و از این طریق می‌تواند به کاهش خسارت ناشی از تنش شوری کمک کند.

کلمات کلیدی: ورمی‌کمپوست، استرپتومایسس، غنی‌سازی، تنش شوری، رشد خیار

مقدمه

تنش های محیطی از قبیل دمای زیاد، سرمای شدید، خشکی، شوری و عناصر سنگین تأثیر منفی بر متابولیسم گیاه دارند. تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در مناطق خشک و نیمه خشک است که عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می دهد و در حالت شدید و بحرانی مانع تولید محصول در بسیاری از مناطق جهان می شود (۲۴). تقریباً ۶٪ کل سطح زمین، ۱۹/۵درصد از زمین های کشاورزی آبی و

۱. گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه یزد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: s.ghasemi@yazd.ac.ir

۲/۱۹ درصد از زمین های کشت دیم، شور هستند. همچنین، به‌دلیل عواملی از جمله رطوبت کم، سطح تبخیر زیاد، آبیاری با آب شور و مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، سالانه ۲/۵ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی (حدود ۱٪ از زمین‌های کشاورزی جهان) به سمت شوری و عدم حاصلخیزی پیش می‌روند (۲۳). در ایران نیز حدود ۱۶-۲۳ میلیون هکتار از اراضی شور است و ۵۰٪ از اراضی تحت آبیاری نیز در معرض شور شدن هستند (۵). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک، کاهش آب قابل استفاده گیاه و سمیت برخی عناصر از قبیل سدیم، کلر و بور باعث محدودیت رشد گیاه می شود. بخش دیگری از اثر منفی شوری بر رشد گیاهان، مربوط به برهم خوردن تعادل عناصر غذایی ناشی از کاهش جذب و انتقال عناصر است (۲۲).

از جمله راهکارهای مقابله با تنش‌های غیرزیستی می‌توان به استفاده از تیمارهای شیمیایی (هورمون‌های گیاهی، مواد معدنی، آمینواسیدها، پلی‌آمین‌ها، ویتامین‌ها)، توسعه ارقام متحمل به شوری، تناوب کشت محصول، اصلاح ژنتیک، استفاده از کودهای بیولوژیک و باکتری‌های متحمل به شوری با توانایی رشد طبیعی در این شرایط، اشاره کرد (۱۲ و ۱۸). در این راستا، کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک مانند ورمی‌کمپوست یکی از راه‌کارهای پایدار برای حفظ تولید و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک با ورودی کم مواد آلی است. کودهای ورمی‌کمپوست علاوه بر اینکه به بهبود جذب عناصر غذایی کمک می‌کنند، در پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی نیز نقش دارند. این امر می تواند ناشی از بهبود وضعیت تغذیه گیاه و همچنین وجود باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه (PGPR) در ورمی‌کمپوست باشد (۶). در برخی مطالعات به اثر مطلوب ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی در افزایش قابلیت جذب عناصر، تحریک رشد و تحمل به شوری گیاه اشاره شده است. در این ارتباط، بیگ‌خورمیزی و همکاران (۳) با بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیای قرمز نشان دادند که در شرایط غیر شور و همچنین شوری ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ورمی‌کمپوست، صرف نظر از سطح آن، باعث افزایش ارتفاع و سطح برگ شد. اما در سطوح زیادتر شوری، تنها بیشترین سطح ورمی‌کمپوست در کاهش اثر منفی شوری بر عملکرد گیاه مؤثر بود. چین سامی و همکاران (۱۴) نیز مشاهده کردند که کاربرد عصاره ورمی‌کمپوست از طریق افزایش غلظت پرولین و قندهای محلول برگ گوجه‌فرنگی، باعث بهبود تحمل گیاه به تنش شوری گردید.

برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که باکتری‌های PGPR، به‌ویژه استرپتومایسس‌ها، می‌توانند عملکرد گیاه را در شرایط تنش از طریق افزایش قابلیت جذب عناصر و تولید هورمون‌های گیاهی افزایش دهند. در این ارتباط، صادقی و همکاران (۲۷) مشاهده کردند که استفاده از مایه تلقیح استرپتومایسس در شرایط شور و غیر شور، سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، رشد و توسعه گیاه، وزن خشک شاخساره و غلظت نیتروژن، فسفر، آهن و منگنز گردید. همچنین، دل‌آمور و کودرا-کرسپو (۱۵) با مطالعه تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتریایی بر پاسخ فلفل شیرین به تنش شوری، مشاهده کردند که با افزایش سطح شوری، وزن خشک گیاه کاهش یافت، اما کاربرد مایه تلقیح در این شرایط، باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه شد.

نتایج مطالعات قبلی نشان می‌دهند که ورمی‌کمپوست و باکتری‌های PGPR به‌طور جداگانه می‌توانند نقش مهمی در بهبود رشد گیاهان در شرایط شور داشته باشند. اما تاکنون توجه زیادی به تولید ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با باکتری‌های PGPR نشده است. در حال حاضر، کودهای بیولوژیک موجود در بازار غالباً به‌دلیل سازگار نبودن میکروارگانیزم‌های استفاده شده در ساخت آنها به اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، از کارایی قابل توجهی برخوردار نیستند. بنابراین، با درنظر گرفتن اهمیت استرپتومایسس‌ها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک و از طرف دیگر با توجه به اینکه کاربرد کود ورمی‌کمپوست راهکاری پایدار جهت بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک است،

جدول ۱. غلظت برخی عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس‌های ریموسوس و گریزئوس

ورمی‌کمپوست	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی
	(g/kg)			(mg/kg)	
ورمی‌کمپوست غنی نشده	۲۲/۵^{c}	۷/۲۱^{a}	۱۱/۳^{b}	۴۳/۱^{a}	۱۰۶/۲^{c}
ورمی‌کمپوست غنی شده با ریموسوس	۲۳/۷^{a}	۷/۳۵^{a}	۱۱/۶^{a}	۴۳/۳^{a}	۱۲۳/۲^{a}
ورمی‌کمپوست غنی شده با گریزئوس	۲۳/۰^{b}	۷/۲۸^{a}	۱۱/۴^{ab}	۴۳/۲^{a}	۱۱۲/۱^{b}

میانگین‌های با حروف یکسان در یک ستون، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

این پژوهش با هدف تولید ورمی‌کمپوست غنی‌سازی شده با سویه‌های متحمل به شوری استرپتومایسس و بررسی تأثیر آن بر رشد و جذب عناصر مغذی توسط خیار (رقم گوهر) در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

تولید ورمی‌کمپوست

در پژوهش حاضر، برای تولید ورمی‌کمپوست از کود نیمه پوسیده گوسفندی به‌عنوان پایه اصلی بستر استفاده شد. برای این منظور، کود گوسفندی به مدت هشت هفته در شرایط رطوبتی ۷۵٪ نگهداری و سپس از الک عبور داده شد. بستر تهیه شده را به سبدهای پلاستیکی منتقل کرده و کرم خاکی گونه ایزینیافتیدا به بستر اضافه گردید. تقریباً چهار ماه اجازه داده شد تا کلیه مواد بستر به ورمی‌کمپوست تبدیل شوند. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و pH در عصاره ۱ به ۵ ورمی‌کمپوست (۱۹)، به‌ترتیب ۷/۷ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۴ بود. همچنین، ورمی‌کمپوست تولید شده حاوی ۲۳/۱ درصد کربن آلی، ۲/۳ درصد نیتروژن کل، ۶/۶ گرم بر کیلوگرم فسفر و ۱۰/۱ گرم بر کیلوگرم پتاسیم بود.

تلقیح میکروبی ورمی‌کمپوست

مقدار مشخصی از ورمی‌کمپوست تهیه شده درون ظروف پلی‌اتیلنی قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر مایه تلقیح میکروبی حاوی استرپتومایسس‌های ریموسوس (*S. rimosus*) و گریزئوس (*S. griseus*) (۱/۹×۱۰^{۸} CFU/ml)، به‌طور جداگانه به نمونه‌های ورمی‌کمپوست اضافه شد. استرپتومایسس‌های مورد استفاده در این مطالعه، از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری ایران تهیه گردید. تیمار ورمی‌کمپوست بدون تلقیح باکتری نیز به‌عنوان شاهد درنظر گرفته شد. سپس نمونه‌های ورمی‌کمپوست با استفاده از آب مقطر تا ۵۰٪ ظرفیت نگهداری آب، مرطوب شده و به مدت هشت هفته در دمای ۳۲ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از پایان دوره انکوباسیون، غلظت برخی عناصر غذایی مطابق با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۱). درصد نیتروژن کل با استفاده از روش کلدال (۱۰)، غلظت فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Analytic jena 210 در طول موج ۸۷۰ نانومتر و غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Jenway PFP7 اندازه‌گیری شد. غلظت آهن و روی نیز توسط دستگاه جذب اتمی مدل Novaa300 تعیین گردید (۲۱).

کشت گیاه و اعمال تیمارها

در این پژوهش، جهت بررسی کارایی ورمی‌کمپوست‌های تولید شده بر رشد خیار در شرایط شور، آزمایشی گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه یزد انجام شد. ابتدا ورمی‌کمپوست‌های تولیدی به مقدار ۵٪ وزنی با خاک (دارای بافت لوم و pH برابر ۷/۴ و EC برابر ۰/۵۹ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره گل اشباع) مخلوط شده و به گلدان‌های پلاستیکی منتقل شدند. سپس، بذرهای خیار، پس از ضدعفونی، به گلدان‌های حاوی تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست (شاهد، ورمی‌کمپوست غنی نشده

ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس و گریزئوس) انتقال یافت. تعداد کل گلدان‌ها ۴۸ عدد بود. در هر گلدان شش بذر کشت شد و پس از سبز شدن، به سه بوته کاهش داده شدند. بعد از این که گیاهان به اندازه کافی رشد کردند (بعد از ۶ هفته) تیمارهای شوری در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) به‌صورت تدریجی (۳۰ میلی‌مولار به ازای هر دور آبیاری) تا رسیدن به سطح تنش مورد نظر اعمال شد و پس از آن تا انتهای آزمایش، براساس سطوح شوری ذکر شده، آبیاری شدند.

پس از گذشت شش هفته از اعمال تیمارهای شوری، ریشه و شاخساره گیاه به‌طور جداگانه برداشت و با آب مقطر شسته شدند. نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در خشک کن قرار گرفته و پس از اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و شاخساره، توسط آسیاب پودر شده و در ظروف پلاستیکی دربسته نگهداری شدند.

تجزیه گیاه

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، نمونه‌های گیاهی پودر شده، در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره خاکستر گردید و پس از آن عصاره‌گیری با استفاده از اسیدکلریدریک دو نرمال انجام شد. غلظت آهن و روی توسط دستگاه جذب اتمی مدل Novaa300، و غلظت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Jenway PFP7 اندازه‌گیری شد (۴).

برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن، مقدار ۰/۲ گرم نمونه‌های گیاهی آسیاب شده به بالن هضم کلدال انتقال داده شد و پس از هضم در مجاورت کاتالیزور (سولفات‌مس، سولفات‌پتاسیم وسلنیم) و اسیدسولفوریک غلیظ در دمای ۳۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت، غلظت نیتروژن توسط دستگاه اتوکلتک مدل Behr distillation unit S4 اندازه‌گیری شد.

نفوذپذیری غشای ریشه توسط روش یان و همکاران (۳۳) اندازه‌گیری شد. وزن مشخصی از ریشه گیاه درون ظرف شیشه‌ای مخصوص با فشار اسمزی معکوس، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از ۳ ساعت، EC محلول قرائت شد. در ادامه، نمونه‌ها به مدت دو دقیقه جوشانیده شد و پس از سرد شدن در دمای اتاق مجدداً EC اندازه‌گیری شد. درصد الکترولیته محلول طبق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\text{درصد الکترولیته محلول} = \frac{\text{EC محلول قبل از جوشاندن}}{\text{EC محلول بعد از جوشاندن}} \times ۱۰۰ \quad [۱]$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس دو طرفه و آزمون مقایسه میانگین دانکن، در نرم‌افزار SPSS Statistics 20 انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزارMicrosoft Excell 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

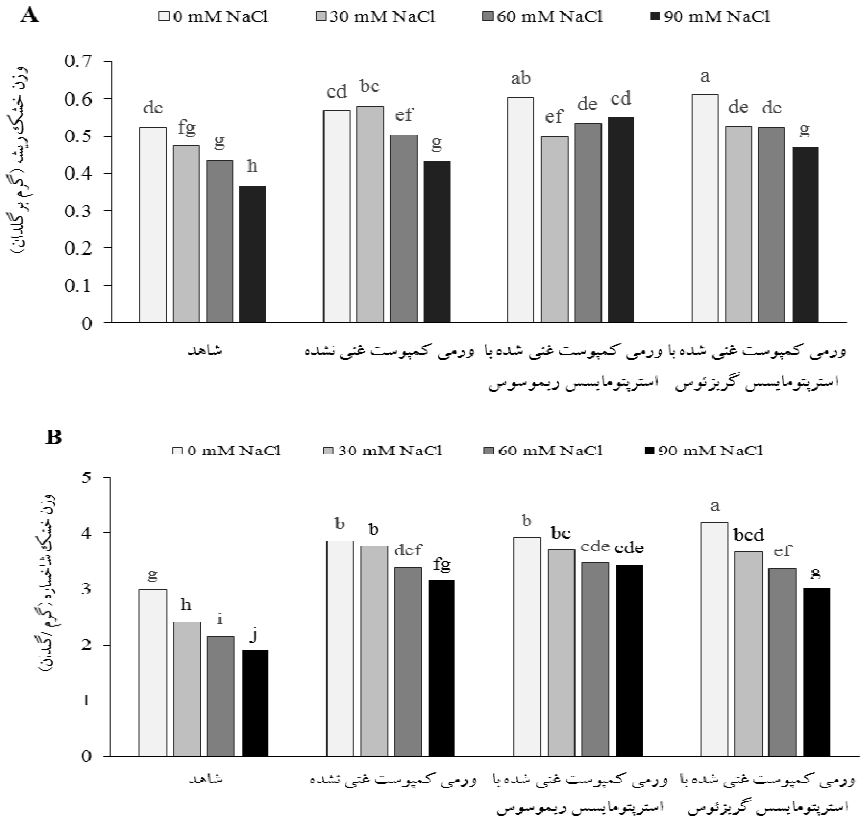
وزن خشک ریشه و شاخساره

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر نوع ورمی‌کمپوست، شوری و اثر متقابل این تیمارها بر وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در تمام تیمارها، وزن خشک ریشه گیاه در شرایط شور، به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط غیرشور بود (شکل 1A). در شرایط غیر شور، کاربرد ورمی‌کمپوست غنی نشده، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه نداشت. اما ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس و گریزئوس باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شدند. در غلظت ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، با کاربرد ورمی‌کمپوست غنی نشده و ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس، وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نیز کاربرد هر سه نوع ورمی‌کمپوست مورد مطالعه باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه گردید. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس بر افزایش وزن خشک ریشه در غلظت ۹۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر ورمی‌کمپوست بود.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر وزن خشک ریشه و شاخساره خیار و نفوذپذیری غشا در سطوح مختلف شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ریشه	وزن خشک شاخساره	نفوذپذیری غشا
شوری (S)	۳	۰/۰۳**	۱/۶۸**	۱۲۴/۷**
نوع ورمی‌کمپوست (V)	۳	۰/۰۲۲**	۴/۴۷**	۲۳۶/۱**
S ×V	۹	۰/۰۰۴**	۰/۰۶۲*	۴۲/۸**
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۲	۹/۱۶

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪



شکل ۱. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر وزن خشک ریشه (A) و شاخساره (B) خیار در سطوح مختلف شوری.
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع ورمی‌کمپوست و شوری در سطح ۱٪ و اثر متقابل آنها در سطح ۵٪ بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار است (جدول ۲). غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره تمام تیمارها گردیدند. اما تأثیر غلظت ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر وزن خشک شاخساره بسته به نوع ورمی‌کمپوست متفاوت بود (شکل B ۱)، به گونه‌ای که در تیمارهای ورمی‌کمپوست غنی نشده و ورمی‌کمپوست غنی شده با ریموسوس، غلظت ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک شاخساره نداشت. اما این سطح

شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخساره تیمارهای شاهد و ورمی‌کمپوست غنی شده با گریزئوس شد. در هر دو شرایط شور و غیرشور، وزن خشک شاخساره گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست‌ها در مقایسه با شاهد بیشتر بود. در غلظت‌های صفر و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به‌ترتیب ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس و ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس، بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن خشک شاخساره داشتند (شکل B ۱).

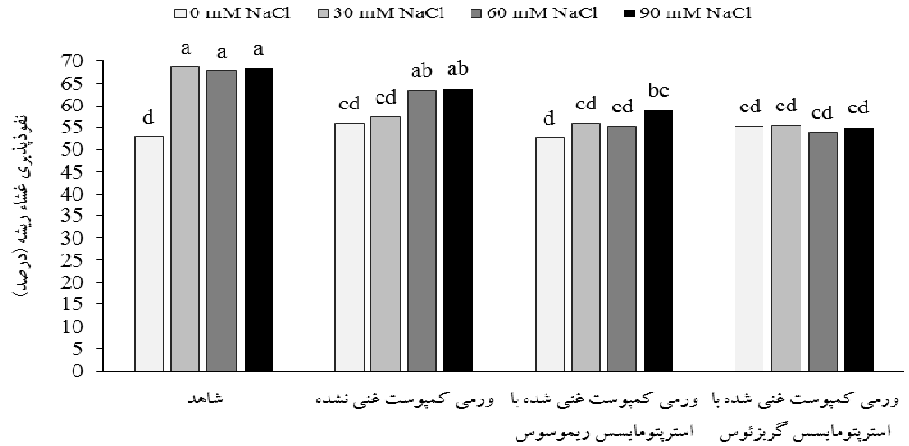
اثر منفی شوری بر رشد گیاه ممکن است به علت اختلال در فعالیت‌های متابولیک ناشی از کاهش جذب آب باشد. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند، به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی خاک، علاوه بر تنش شوری، با تنش کم آبی نیز مواجه شده که این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. این امر همچنین موجب اختلال در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیک گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۴). تانکترک و همکاران (۳۱) با بررسی اثر شوری بر رشد ارقام مختلف کلزا به این نتیجه رسیدند که شوری باعث کاهش وزن خشک ریشه گیاه شد. تأثیر منفی تنش شوری بر وزن تر ریشه و شاخساره ارقام مختلف کاهو نیز توسط نصری و همکاران (۲۲) گزارش شده است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط شور و غیرشور باعث بهبود عملکرد ریشه و شاخساره خیار شد. ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نظیر بهبود تخلخل، حفظ رطوبت خاک، آزادسازی عناصر غذایی و فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای گیاه، سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (۶). تأثیر ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس‌های ریموسوس و گریزئوس بر کاهش اثر منفی شوری بر عملکرد گیاه، بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده بود. این امر می‌تواند ناشی از نقش استرپتومایسس‌ها به‌عنوان PGPR در تولید هورمون‌های گیاهی و تحریک رشد گیاه باشد. همچنین، سازگاری زیاد این نوع باکتری‌ها به شرایط نامساعد محیطی مانند تنش خشکی و شوری، بیانگر نقش مهم آنها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی است (۱۷). در این ارتباط، گوپالاکریشنان و همکاران (۱۷) با مطالعه تأثیر استرپتومایسس‌های جداسازی شده از ورمی‌کمپوست‌های گیاهی بر تحریک رشد گیاه برنج، مشاهده کردند که کاربرد استرپتومایسس‌ها در شرایط تنش شوری باعث افزایش وزن خشک ریشه شد. از سوی دیگر، بیشتر بودن غلظت عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن، پتاسیم و روی در ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس (جدول ۱) نیز می‌تواند دلیل دیگر برای افزایش رشد و عملکرد گیاه در این تیمارها باشد.

نفوذپذیری غشای ریشه

تأثیر نوع ورمی‌کمپوست، سطوح مختلف شوری و اثر متقابل آنها بر نفوذپذیری غشای ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شوری، نفوذپذیری غشای ریشه در تمام تیمارها، به‌جز تیمار ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس، افزایش یافت (شکل ۲). شوری از طریق افزایش غلظت سدیم و کلر، انباشتگی پراکسید هیدروژن و درنهایت پراکسیداسیون چربی‌ها، باعث تخریب غشای سلولی و افزایش نفوذپذیری غشای ریشه گیاهان می‌شود (۲۰). رسول و همکاران (۲۶) با مطالعه اثر کلرید سدیم بر هشت رقم مختلف نخود مشاهده کردند که تنش شوری بر پراکسداسیون لیپید اثر منفی می‌گذارد. در تمام سطوح شوری مورد مطالعه، غلظت مالوندآلدئید نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به حداکثر مقدار خود رسید. ویسنی و همکاران (۳۲) نیز نشان دادند که افزایش غلظت کلرید سدیم، باعث افزایش غلظت پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید غشای ریشه سویا شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط غیرشور، کاربرد ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر نفوذپذیری غشای ریشه نداشته است. اما در غلظت ۳۰



شکل ۲. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر نفوذپذیری غشای ریشه در سطوح مختلف شوری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر غلظت برخی عناصر غذایی شاخساره خیار در سطوح مختلف شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		N	K	Na	K/Na	Zn	Fe
شوری (S)	۳	۶۴/۰**	۱۰۴/۵**	۷۲۱/۹**	۶/۰۲**	۲۳/۵^{ns}	۵۵۶۹/۷**
نوع ورمی‌کمپوست (V)	۳	۴۳/۰**	۹۷۸/۵**	۷۷/۳**	۱/۵۰**	۸۸/۱**	۳۰۸۱۴/۶**
S ×V	۹	۴/۰۸^{ns}	۹/۳۹^{ns}	۱۵/۶*	۰/۴۲**	۴/۷^{ns}	۱۷۸۸/۹**
خطای آزمایش	۳۲	۴/۵۰	۶/۶۸	۵/۸۹	۰/۰۴	۹/۳۹	۸۸/۲

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ورمی‌کمپوست، صرف نظر از نوع آن، سبب کاهش معنی‌دار نفوذپذیری غشای ریشه شد (شکل ۲). در سطوح ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار نیز کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس‌های ریموسوس و گریزئوس تأثیر معنی‌داری بر کاهش نفوذپذیری غشای ریشه داشت. این یافته با نتایج غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم مطابقت دارد (جدول ۵). در مطالعه حاضر، مقدار پتاسیم شاخساره گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست‌های غنی شده بیشتر از سایر تیمارها بود. انباشت یون‌های معدنی از قبیل پتاسیم در شرایط تنش شوری، علاوه بر ایجاد تعادل اسمزی، از طریق ساخت پروتئین و حفظ ساختار و استحکام غشای سلولی باعث افزایش تحمل به شوری گیاه می‌شود (۱۶).

غلظت نیتروژن شاخساره

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت نیتروژن شاخساره نشان داد که تأثیر ورمی‌کمپوست و شوری در سطح ۱٪ معنی‌دار است. اما اثر متقابل این تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزایش غلظت کلرید سدیم تا سطح ۳۰ میلی‌مولار، تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن شاخساره نداشته است. اما غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن شاخساره گردید (جدول ۴). عوامل زیادی در کاهش قابلیت استفاده نیتروژن توسط گیاه در شرایط شور مؤثرند. کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه در شرایط تنش شوری می‌تواند به‌دلیل کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش سرعت معدنی شدن نیتروژن آلی در

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر شوری بر غلظت برخی عناصر غذایی شاخساره خیار

غلظت کلرید سدیم (mM)	N	K	Na	K/Na	Zn	Fe
	g kg^{-1}				mg kg^{-1}	
صفر	۳۵/۰^{a}	۳۵/۲^{a}	۱۴/۴^{d}	۲/۴۸^{a}	۴۸/۶^{a}	۴۸۲^{a}
۳۰	۳۴/۷^{a}	۲۹/۴^{b}	۲۱/۵^{c}	۱/۳۸^{b}	۴۷/۹^{ab}	۴۶۸/۶^{b}
۶۰	۳۱/۷^{b}	۲۹/۸^{b}	۲۶/۶^{b}	۱/۱^{c}	۴۷/۶^{ab}	۴۴۷/۳^{c}
۹۰	۳۰/۳^{b}	۲۸/۹^{b}	۳۲/۶^{a}	۰/۸۸^{d}	۴۵/۴^{b}	۴۳۳/۷^{d}

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر نوع ورمی‌کمپوست بر غلظت برخی عناصر غذایی شاخساره خیار

ورمی‌کمپوست	N	K	Na	K/Na	Zn	Fe
	g kg^{-1}				mg kg^{-1}	
شاهد	۳۰/۴^{c}	۱۹/۶^{d}	۲۰/۱^{b}	۱/۱^{c}	۴۴/۷^{b}	۳۹۲/۱^{c}
ورمی‌کمپوست غنی نشده	۳۲/۵^{b}	۲۸/۸^{c}	۲۵/۲^{a}	۱/۳^{c}	۴۷/۱^{b}	۴۴۴^{b}
ورمی‌کمپوست غنی شده با ریموسوس	۳۴/۴^{a}	۳۳/۸^{b}	۲۴/۵^{a}	۱/۵^{b}	۵۱/۱^{a}	۴۹۹/۰۰^{a}
ورمی‌کمپوست غنی شده با گریزئوس	۳۴/۳^{a}	۴۱/۲^{a}	۲۵/۶^{a}	۱/۹^{a}	۴۶/۶^{b}	۴۹۶/۵^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

شرایط تنش و یا کاهش جذب نیترات در اثر افزایش غلظت کلر در محیط ریشه باشد (۱۱). در شرایط تنش شوری، فعالیت نیترات ردوکتاز برگ بسیاری از گیاهان به علت اثر خاص یون کلر، کاهش یافته و باعث کاهش غلظت نیترات در گیاه می‌شود (۲۴). بایبوردی (۱۱) نیز با مطالعه اثر تنش شوری بر رشد و تغذیه ارقام مختلف کلزا مشاهده کرد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت نیتروژن گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد هر سه نوع ورمی‌کمپوست مورد مطالعه در مقایسه با تیمار شاهد، باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن شاخساره گردید (جدول ۵). تأثیر ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس‌های ریموسوس و گریزئوس بر افزایش غلظت نیتروژن شاخساره، به‌طور معنی‌داری بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده بود. نتایج حاصل از تجزیه ورمی‌کمپوست‌ها نیز نشان داد که غلظت نیتروژن کل در ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده است (جدول ۱). این افزایش می‌تواند به معدنی شدن مواد آلی و آزاد سازی عنصر نیتروژن توسط سویه‌های استرپتومایسس نسبت داده شود.

غلظت پتاسیم شاخساره

تأثیر نوع ورمی‌کمپوست و شوری بر غلظت پتاسیم شاخساره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۳). براساس نتایج مطالعه حاضر، شوری باعث کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم شاخساره شد (جدول ۴). اما از این نظر اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری وجود نداشت.

بخشی از تأثیر منفی شوری بر رشد گیاهان، مربوط به برهم خوردن تعادل عناصر غذایی ناشی از کاهش جذب و انتقال عناصر است. بسیاری از محققین نیز به این نتیجه رسیده‌اند که اثرهای مخرب شوری بر رشد گیاه ممکن است ناشی از برهم خوردن تعادل عناصر به‌ویژه پتاسیم و سدیم باشد. تشابه شعاع

هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون مذکور را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین‌ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌شود (۸). بنابراین، در خاک‌های شور، جذب پتاسیم به‌دلیل غلظت زیاد سدیم و رقابت سدیم و پتاسیم در هنگام جذب، کاهش می‌یابد. توکلی و همکاران (۲۸) با بررسی تأثیر یون‌های سدیم و کلر بر رشد جو مشاهده کردند که غلظت بالای سدیم سبب کاهش جذب یون‌های کلسیم و پتاسیم گردید. بابو و همکاران (۹) نیز با کشت گوجه‌فرنگی رقم PKM1 در سطوح مختلف شوری (۲۵، ۵۰، ۱۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) مشاهده کردند که با افزایش تنش شوری، غلظت پتاسیم در گیاه کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم شاخساره گردید (جدول ۵). غلظت پتاسیم شاخساره به‌ترتیب در تیمار ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس‌های گریزئوس و ریموسوس و ورمی‌کمپوست غنی نشده، بیشتر بود. این یافته با نتایج حاصل از تجزیه ورمی‌کمپوست (جدول ۱) مبنی بر بیشتر بودن غلظت پتاسیم در ورمی‌کمپوست‌های غنی شده نیز مطابقت دارد.

غلظت سدیم شاخساره

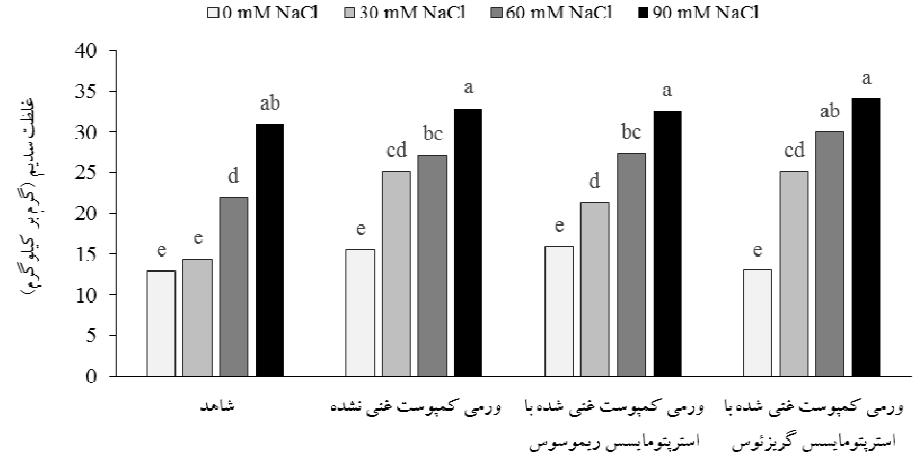
تأثیر نوع ورمی‌کمپوست و شوری در سطح ۱٪ و اثر متقابل آنها در سطح ۵٪ بر غلظت سدیم شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، غلظت سدیم شاخساره افزایش یافت (جدول ۴). در محیط‌های شور، غلظت یون‌های سدیم و کلر نسبت به سایر عناصر افزایش می‌یابد. انباشتگی نمک‌ها در گیاهان، علاوه بر سمیت یون‌ها، باعث ایجاد تنش اسمزی نیز می‌شود (۱۴). همچنین، برهم خوردن تعادل عناصر غذایی ناشی از اختلال در جذب و انتقال عناصر، تخریب ساختمان خاک و اثر مستقیم سمیت سدیم بر فرایندهای متابولیک و رشد ریشه، از مهم‌ترین خسارت‌های فیزیولوژیک ناشی از افزایش غلظت سدیم هستند (۲۹). تانکترک و همکاران (۳۱) با بررسی تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه و ترکیب مواد مغذی تعدادی از ارقام کلزا، مشاهده کردند که با افزایش شوری، غلظت سدیم و کلر در ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌های تمام ارقام به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. بابو و همکاران (۹) نیز نشان دادند که افزایش شوری، باعث افزایش غلظت سدیم در گیاه گوجه‌فرنگی شد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش معنی‌دار غلظت سدیم شاخساره گردید (جدول ۵). این امر ممکن است به علت تأثیر ورمی‌کمپوست در افزایش رشد ریشه و در نتیجه توانایی گیاه در جذب عناصر باشد. براساس مقایسه میانگین اثر متقابل داده‌ها، کاربرد ورمی‌کمپوست در غلظت‌های صفر و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر غلظت سدیم شاخساره نداشت. اما در سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار، غلظت سدیم شاخساره گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۳).

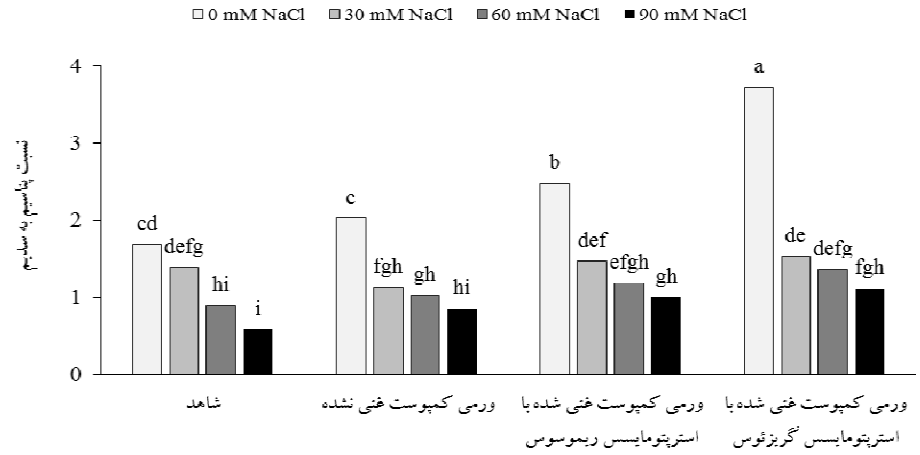
نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره

تأثیر نوع ورمی‌کمپوست، شوری و اثر متقابل آنها بر نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). کاهش نسبت پتاسیم به سدیم با توجه به افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم، امری قابل انتظار است. مطالعات متعددی وجود دارد که نشان می‌دهند شوری باعث تولید رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن و در پی آن پراکسیداسیون لیپیدها و از بین رفتن ساختار متکامل غشای سلولی ریشه می‌شود. در این شرایط، نفوذپذیری غشا زیاد شده، از یک طرف یون های سمی نظیر سدیم وارد گیاه شده و از طرف دیگر، نشت پتاسیم شیره سلولی زیاد می‌شود (۸ و ۲۰). تأثیر شوری بر کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در شاخساره گیاهانی مانند کلزا (۳۱) و گوجه‌فرنگی (۹) نیز گزارش شده است.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد ورمی‌کمپوست غنی

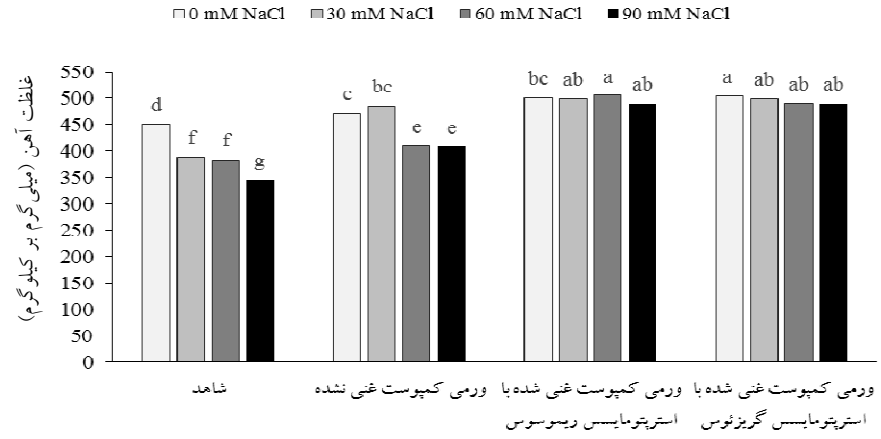


شکل ۳. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر غلظت سدیم شاخساره خیار در سطوح مختلف شوری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند



شکل ۴. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر نسبت پتاسیم/ سدیم خیار در سطوح مختلف شوری. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

نشده در مقایسه با تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری بر نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره نداشت. اما کاربرد ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس‌های ریموسوس و گریزئوس باعث افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم شد و بیشترین مقدار این نسبت مربوط به ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نیز نشان داد که در غلظت‌های صفر و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ورمی‌کمپوست‌های غنی شده سبب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم گردید. در غلظت ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس در مقایسه با سایر تیمارهای ورمی‌کمپوست، تأثیر معنی‌داری در افزایش نسبت پتاسیم به سدیم شاخساره داشت (شکل ۴). براساس نتایج این مطالعه، ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با استرپتومایسس‌ها، به ویژه استرپتومایسس گریزئوس، به‌دلیل دارا بودن مقادیر بیشتر عناصر غذایی (جدول ۱)، با فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای گیاه باعث کاهش معنی دار خروج پتاسیم از غشای ریشه گردیده و از طریق تنظیم انتقال پتاسیم از غشای پلاسمایی و حفظ نسبت بهینه پتاسیم به سدیم، باعث تحمل گیاه به تنش شوری شدند.



شکل ۵. تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس بر غلظت آهن شاخساره خیار در سطوح مختلف شوری.
میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن نمی‌باشند.

محققان با بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتریایی بر پاسخ فلفل شیرین به تنش شوری، نشان دادند که نسبت پتاسیم به سدیم در گیاهان تیمار شده با مایه تلقیح باکتریایی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود (۱۵).

غلظت روی شاخساره

تأثیر نوع ورمی‌کمپوست بر غلظت روی شاخساره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما شوری و اثر متقابل آن با ورمی‌کمپوست، تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی نداشت (جدول ۳). کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی شاخساره شد (جدول ۵). اما سایر تیمارهای ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، اثر معنی‌داری بر غلظت روی شاخساره نداشتند. این یافته با نتایج حاصل از تجزیه ورمی‌کمپوست‌های مورد مطالعه مبنی بر بیشتر بودن غلظت روی در ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس در مقایسه با سایر ورمی‌کمپوست‌ها، مطابقت دارد (جدول ۱). باکتری‌های محرک رشد از طریق تولید هورمون‌های گیاهی و تحریک رشد ریشه و همچنین تولید اسیدهای آلی و انحلال شکل‌های نامحلول عناصر غذایی، باعث افزایش قابلیت جذب این عناصر می‌شوند. پژوهشگران نشان دادند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث بهبود جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه گردید (۲). رانا و همکاران (۲۵) با بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر جذب عناصر کم‌مصرف و عملکرد گندم مشاهده کردند که در حضور باکتری‌های محرک رشد، غلظت عناصر کم‌مصرف به مقدار ۲۸-۶۰ درصد افزایش یافت.

غلظت آهن شاخساره

تأثیر نوع ورمی‌کمپوست، شوری و اثر متقابل آنها بر غلظت آهن شاخساره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، غلظت آهن شاخساره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط رشد گیاه می‌تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آهن را تشدید کند (۳۴).

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، کاربرد ورمی‌کمپوست، صرف نظر از نوع آن، سبب افزایش معنی‌دار غلظت آهن شاخساره شد (جدول ۵). تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با ریموسوس و گریزئوس بر افزایش غلظت آهن شاخساره به‌طور معنی‌داری بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده بود.

در شرایط غیرشور، کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس گریزئوس بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت آهن شاخساره داشت (شکل ۵). در غلظت ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، اختلاف معنی‌داری بین سه نوع ورمی‌کمپوست مورد

مطالعه از نظر غلظت آهن وجود نداشت. اما در غلظت‌های ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، غلظت آهن شاخساره گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست غنی شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده بود.

علت افزایش آهن در تیمارهای ورمی‌کمپوست را می‌توان ناشی از تأثیر مطلوب ورمی‌کمپوست در تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، به‌صورت قابل جذب، دانست. ورمی‌کمپوست به‌دلیل داشتن سطح ویژه بسیار زیاد و دارا بودن ترکیبات آلی مختلف در سطح خود، با عناصر غذایی موجود در خاک، به ویژه عناصر کم‌مصرف، تشکیل کمپلکس داده و باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود (۷). در این ارتباط، احمدآبادی و همکاران (۱) مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست به میزان ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی دار غلظت آهن، روی، مس و منگنز در گیاه گاوزبان (*Boragoo fficinalis* L.) شد. چمنی و همکاران (۱۳) نیز نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش غلظت آهن و روی در گیاه می‌شود. در مطالعه حاضر، افزایش بیشتر غلظت آهن در گیاهان تیمار شده با ورمی‌کمپوست غنی شده می‌تواند به علت توانایی تولید سیدروفور توسط استرپتومایسس‌ها باشد. توکالا و همکاران (۳۰) بیان کردند که سویه‌های استرپتومایسس از طریق تولید سیدروفور باعث تحریک رشد گیاه می‌شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تأثیر ورمی‌کمپوست غنی شده با استرپتومایسس ریموسوس و استرپتومایسس گریزئوس بر حفظ نفوذپذیری غشای ریشه گیاه خیار در شرایط شور بیشتر از ورمی‌کمپوست غنی نشده و تیمار شاهد است. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست‌های غنی شده بر افزایش نسبت پتاسیم به سدیم نیز می‌تواند بیانگر حفظ ساختار غشای سلولی در حضور این تیمارها باشد. از آنجا که کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده با سویه‌های استرپتومایسس سبب بهبود رشد و افزایش غلظت برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز خیار، در شرایط شور و غیر شور گردید، لذا استفاده از ورمی‌کمپوست‌های غنی شده با سویه‌های متحمل به شوری استرپتومایسس می‌تواند سبب کاهش اثر منفی شوری بر رشد خیار در شرایط گلخانه‌ای گردد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدآبادی، ز.، م. قاجار سپانلو و م.ع. بهمن‌یار. ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر میزان عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک و غلظت آنها در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis*). مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۳(۲): ۱-۱۲.

۲. بهبود، م.، ا. گلچین و ح. بشارتی. ۱۳۹۱. تأثیر فسفر و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) سودوموناس فلورسنس بر عملکرد و کیفیت گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) رقم آگریا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶(۲): ۲۶۰-۲۷۱.

۳. بیگ‌خورمیزی، ع.، پ. ابریشمچی، ع. گنجعلی و م. پارسا. ۱۳۸۹. تأثیر ورمی‌کمپوست در بهبود تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیا قرمز رقم درخشان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۲(۳): ۴۷۴-۴۸۵.

۴. خان‌محمدی، ز.، ا. ح. خوشگفتارمنش و ا. ر. مللی. ۱۳۸۹. روش‌های تجزیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. کافی، م. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست (راهبردهای مدیریت گیاه ، آب و خاک). دانشگاه فردوسی مشهد.

6. Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. Agric. Sci. 3: 905-917.
7. Anwar, M.D., D. Patra, S. Chand, K. Alpesh, A. Naqvi and S. Khanuja. 2005. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36: 1737-1746.
8. Apse, M.P. and E. Blumwald. 2002. Engineering salt tolerance in plant. J. Biotechnol. 13: 146-150.
9. Babu, M.A., D. Singh and K.M. Gothandam. 2012. The effect of salinity on growth, hormones and mineral elements in leaf and fruit of tomato cultivar PKM1. J. Anim. Plant Sci. 22: 159-164.

10. Bremmer, J.M. and C.S. Mulvancey. 1982. Total nitrogen. PP. 599-622. *In:* Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Method of Soil Analysis, Part II, ASA and SSSA, Madison, WI.
11. Bybordi, A. 2010. The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.-Nap. 38: 128-133.
12. Chakraborty, U., S. Roy, A.P. Chakraborty, P. Dey and B. Chakraborty. 2011. Plant growth promotion and amelioration of salinity stress in crop plants by a salt-tolerant bacterium. Recent Res. Sci. Technol. 3: 61-70.
13. Chamani, E., D.C. Joce and A. Reihanytabar. 2008. Vermicompost effect on the growth and flowering of *Petunia hybrid* 'Dream Neon Rose'. Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 3: 506-512.
14. Chinsamy, M.G., M. Kulkarni and J. Van Staden. 2013. Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanism. Plant Growth Regul. 71: 41-47.
15. Del Amor, F.M. and P. Cuadra-Crespo. 2012. Plant growth-promoting bacteria as a tool to improve salinity tolerance in sweet pepper. Funct. Plant Biol. 39: 82-90.
16. Essa, T.A. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. J. Agron. Crop Sci. 188: 86-93.
17. Gopalakrishnan, S., S. Vadlamudi, P. Bandikinda, A. Sathya, R. Vijayabharathi, O. Rupela, H. Kudapa, K. Katta and R.K. Varshney. 2014. Evaluation of streptomyces strains isolated from herbal vermicompost for their plant growth-promotion traits in rice. Microbiol. Res. 169: 40-48.
18. Hamdia, M.A. and M.A.K. Shaddad. 2010. Salt tolerance of crop plants. J. Stress Physiol. Biochem. 6: 64-90.
19. Hesse, P.R. 1971. A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray, London.
20. Kwiecien, S., K. Jasnos, M. Magierowski, Z. Sliwowski, R. Pajdo, B. Brzozowski, T. Mach, D. Wojcik and T. Brzozowski. 2014. Lipid peroxidation, reactive oxygen species and antioxidative factors in the pathogenesis of gastric mucosal lesions and mechanism of protection against oxidative stress induced gastric injury. J. Physiol. Pharmacol. 65: 613-622.
21. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 42: 421-428.
22. Nasri, N., I. Saidi, R. Kaddour and M. Lachaal. 2015. Effect of salinity on germination, seedling growth and acid phosphatase activity in lettuce. Am. J. Plant Sci. 6: 57-63.
23. Oldeman, L R., V.W.P. Van Englen and J.H.M. Pulles. 1991. The extent of human-induced soil degradation. PP. 27-33. *In:* Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek (Eds.), World Map of Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note, International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen.
24. Paridaa, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotox. Environ. Safe. 60: 324-349.
25. Rana, A., B. Saharan, L. Nain, R.S. Prasanna and Y. Shivay. 2012. Enhancing micronutrient uptake and yield of wheat through bacterial PGPR consortia. Soil Sci. Plant Nutr. 58: 573-582.
26. Rasool, S., A. Ahmad, T.O. Siddiqi and P. Ahmad. 2013. Changes in growth, lipid peroxidation and some key antioxidant enzymes in chickpea genotypes under salt stress. Acta Physiol. Plant. 35: 1039-1050.
27. Sadeghi, A., E. Karimi, P. Abaszadeh Dahaji, M. Ghorbani Javid, Y. Dalvand and H. Askari. 2012. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. World J. Microbiol. Biotechnol. 28: 1503-1509.
28. Tavakkoli, E., F. Fatehi, S. Coventry, P.K. Rengasamy and G. McDonald. 2011. Additive effects of Na^+ and Cl^- ions on barley growth under salinity stress. J. Exp. Bot. 62: 2189-2203.
29. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503-527.
30. Tokala, R.K., J.L. Strap, C.M. Jung, D.L Crawford, M.H. Salove, L.A. Deobald, J.F. Bailey and M.J. Morra. 2002. Novel plant-microbe rhizo-sphere interaction involving *Streptomyces lydicus* WYEC108 and the pea plant (*Pisum sativum*). Appl. Environ. Microbiol. 68: 2161-2171.
31. Tuncturk, M., R. Tuncturk, B. Yildirim and V. Ciftci. 2011. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Afr. J. Biotechnol. 10: 1827-1832.
32. Weisany, W., Y. Sohrabi, G. Heidari, A. Siosemardeh and K. Ghassemi-Golezani. 2012. Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). Plant Omics J. 5: 60-67.
33. Yan, B., Q. Dai, X. Liu, S. Huang and Z. Wang. 1996. Flooding-induced membrane damage, lipid oxidation and activated oxygen generation in corn leaves. Plant Soil. 179: 261-268.
34. Yousfi, S., M. Wissal, H. Mahmoudi, C. Abdelly and M. Gharsalli. 2007. Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. J. Plant Physiol. Biochem. 45: 309-314.