

تأثیر برهم‌کنش ورمی کمپوست و تنش شوری بر برخی از صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه‌های لوبیاقرمز رقم درخشان (*Phaseolus vulgaris* L.)

عبدالله بیک خورمیزی^{۱*}، علی گنجعلی^۲، پروانه ابریشم‌چی^۲ و مهدی پارسا^۳

۱- کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۲۱

چکیده

ورمی کمپوست به سبب ویژگی‌های ساختاری و دارابودن مواد مغذی فراوان (عناصر ماکرو و میکرو)، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و وجود میکروارگانیسم‌های مفید می‌تواند خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه‌های خاک را بهبود بخشد و تأثیر مطلوبی بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد. به منظور بررسی برهم‌کنش نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست و تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه‌های لوبیاقرمز رقم درخشان، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج نسبت حجمی ورمی کمپوست و ماسه (۱۰۰:۰؛ ۹۰:۱۰؛ ۷۵:۲۵؛ ۵۰:۵۰؛ ۲۵:۷۵) و چهار سطح شوری (صفر یا شاهد، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم) بودند. بذره‌های لوبیا در گلدان‌های پلاستیکی کاشته و نمونه‌برداری از گیاهچه‌ها ۲۸ روز پس از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر نسبت سطح برگ به سطح ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک بخش هوایی، شاخص پایداری غشاء، محتوای آب نسبی، میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت برگ و ریشه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشت ($P \leq 0.01$). در این آزمایش، ورمی کمپوست در شرایط تنش شوری به دلیل ویژگی‌های ساختاری و مواد موجود در آن باعث افزایش جذب پتاسیم و کلسیم شده و جذب سدیم را کاهش داد. بنابراین به نظر می‌رسد ورمی کمپوست بتواند اثرات نامطلوب شوری را بر گیاهچه‌های لوبیا محدود نماید.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، عناصر غذایی، لوبیا، ورمی کمپوست

مقدمه

شوری خاک و کمبود مواد غذایی از مشکلات مهم کشاورزی است و تقریباً ۲۰ درصد زمین‌های زراعی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Flowers & Yeo, 1995). بررسی‌ها مؤید این است که تنش شوری تأثیر منفی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک دارد (Lakhdar et al., 2009). Hafsi et al., (2007) بیان داشتند که شوری از طریق ایجاد سمیت در خاک و برهم‌زدن تعادل مواد غذایی محلول در خاک، رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در دهه‌های اخیر، استفاده از کودهای آرگانیک، یک روش معمول برای بهبود زمین‌های مواجه با تنش شوری است (Lakhdar et al., 2009). در یک مطالعه با مصرف کودهای آلی، نیتروژن خاک حدود ۴۲ درصد، فسفر ۲۹ درصد و پتاسیم ۵۷ درصد افزایش یافت (Lauer, 1975). مطالعه

حبوبات و به ویژه لوبیا یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان است. میزان پروتئین حبوبات، تقریباً دوبرابر غلات بوده و می‌تواند به عنوان مکمل پروتئین غلات در رژیم غذایی انسان جای گیرد (Dorri, 2008). سطح زیرکشت لوبیا در ایران حدود ۹۰ هزار هکتار است و از میانگین عملکرد بالاتری (۱۵۷۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر حبوبات برخوردار است (Bagheri et al., 2001). از طرفی این گیاه، حساس به شوری است (Dorri, 2008).

* نویسنده مسئول: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، همراه: ۰۹۳۴۳۳۴۶۳۰۳، abdollahbeyk@gmail.com

افزایش یافته است (Edwards & Burrows, 1988). در تحقیق دیگری با مصرف سه تن در هکتار ورمی‌کمپوست، عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در مقایسه با شاهد، به‌طور چشمگیری افزایش یافت (Jat & Ahlawt, 2006). مطالعات (El-Missery (2003) نشان داد که کاربرد کودهای آلی، مقاومت به شوری را در گیاه کلم (*Brassica oleracea*) و اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) بسیاراندکی در زمینه برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تنش شوری وجود دارد. بررسی‌ها نشان داده است که در گیاهانی نظیر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (Rafiq & Nusrat, 2009) و تمبرهندی (*Tamarindus indica* L.) (Oliva et al., 2008)، ورمی‌کمپوست می‌تواند اثرات زیان‌آور شوری را کاهش دهد و سبب افزایش رشد و تولید محصول شود.

از آنجا که لوبیا یک گیاه بسیار حساس به شوری است و از طرفی به دلیل اهمیت راهبردی آن در تأمین پروتئین گیاهی مورد نیاز مردم و نظر به این‌که تنش شوری و توسعه زمین‌های شور یکی از مشکلات عمده در بخش کشاورزی کشور و استان می‌باشد، لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه‌های لوبیاقرمز رقم درخشان انجام شد.

مواد و روش‌ها

پنج نسبت حجمی ورمی‌کمپوست و ماسه شامل ۱۰۰:۰؛ ۹۰:۱۰؛ ۷۵:۲۵؛ ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ و چهار سطح شوری معادل ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم به‌همراه شاهد (صفر)، در شرایط کنترل شده بر رشد رویشی لوبیاقرمز رقم درخشان، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، در طول دوره رشد از محلول غذایی هוגلند در فواصل معین استفاده شد. لوبیاقرمز رقم درخشان نسبت به سایر ارقام معمول، دارای عملکرد بالا (۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. این گیاه دارای تیپ رونده و بسیار زودرس است (Dorri, 2008). تیمارهای لازم از طریق مخلوط نسبت‌های حجمی ورمی‌کمپوست و ماسه تهیه شدند. تجزیه شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش، در جدول ۱ نشان داده شده است.

تأثیر کودهای آلی بر خواص شیمیایی و بیوشیمیایی خاک در زمین‌های خشک، مؤید این است که کمپوست، کمیت و کیفیت کربن آلی، نیتروژن، فسفر، بیوماس میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی کُل را افزایش می‌دهد (Lakhdar et al., 2009). به عبارتی دیگر، کمپوست‌ها دو تأثیر مفید بر بهبود حاصلخیزی خاک‌های شور شامل بهبود ساختمان خاک و نفوذپذیری خاک دارند. کمپوست‌ها باعث افزایش آب‌شویی نمک و کاهش تبخیر سطحی و مهار تجمع نمک در سطح خاک‌های شور می‌شوند (Raychev et al., 2001).

ورمی‌کمپوست^۱، نوعی کمپوست است که طی یک فرایند غیرحرارتی به‌وسیله کرم تولید می‌شود (Krishnamoorthy & Vajranabhaiah, 1986). این ترکیب آلی سبک، فاقد هرگونه بو و عاری از بذور علف‌های هرز است. فراوری آن نسبت به کمپوست، آسان‌تر بوده و در مدت‌زمان کوتاه انجام می‌گیرد (Atiyeh et al., 2002). بالابودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و دارابودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از مزایای دیگر ورمی‌کمپوست می‌باشد (Atiyeh et al., 2000). بررسی‌ها نشان داده است که مصرف ورمی‌کمپوست، غلظت فسفر را در دانه بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و بخش هوایی گیاه شبدرقرمز (*Trifolium pretense*) (Mohanty et al., 2006) و غلظت‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در میوه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) (Zaller, 2007) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است. همچنین ورمی‌کمپوست، دارای تنوع زیستی میکروبی وسیع و فعال می‌باشد (Arancon et al., 2004a). شواهد بسیاری نشان می‌دهند که میکروارگانیسم‌ها قادر به تولید هورمون‌های گیاهی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها و اتیلن‌ها در مقادیر قابل توجهی هستند (Frankenberger & Arshad, 1995). گزارش‌هایی وجود دارد که تأیید می‌نماید رشد گیاهان به‌دلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم مواد هومیکی موجود در ورمی‌کمپوست، تحریک می‌شود. عمل این مواد مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است (Atiyeh et al., 2000).

با استفاده از ورمی‌کمپوست، رشد گیاهانی مانند لفل (*Lactuca sativa* L.) و کاهو (*Capsicum annum* L.)

1. Vermicompost

ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری، ۰/۰۵ گرم پودر حاصل از برگ و ریشه خشک‌شده هر تیمار، به‌طور جداگانه با سه میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ مخلوط شدند. درب ارلن‌ها با شیشه ساعت بسته شده و به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. سپس به ارلن‌ها در زیر هود و بر روی کوره دمایی، به آرامی حرارت داده شد. تصاعد دود سفید و بی‌رنگ شدن محلول اسیدی، نشانه پایان عمل هضم بود. حجم محلول باقی‌مانده با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسید.

سپس غلظت کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم توسط دستگاه نورسنجی شعله‌ای تعیین شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت نهایی هر کاتیون در عصاره حاصل از بافت‌های برگ و ریشه، تعیین و مقدار آنها بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بافت محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نسبت سطح برگ به سطح ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری، تأثیر معنی‌داری بر نسبت سطح برگ به سطح ریشه گیاه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). با افزایش سطح شوری از شاهد به ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت سطح برگ به سطح ریشه به میزان ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۲). ورمی کمپوست نیز تأثیر معنی‌داری بر نسبت سطح برگ به سطح ریشه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). نسبت سطح برگ به سطح ریشه در تمام نسبت‌های ورمی کمپوست نسبت به شاهد، افزایش معنی‌داری نشان داد؛ به طوری که این افزایش در نسبت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد حدود ۱/۵ برابر بود (جدول ۳). تأثیر برهم‌کنش شوری و ورمی کمپوست بر نسبت سطح برگ به سطح ریشه (شکل ۱) نشان می‌دهد که نسبت سطح برگ به سطح ریشه در شوری‌های معادل ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم در تمام نسبت‌های ورمی کمپوست نسبت به شاهد (بدون ورمی کمپوست)، افزایش معنی‌داری داشت. در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، تنها در نسبت ۷۵ درصد ورمی کمپوست این افزایش، معنی‌دار بود و سایر نسبت‌های ورمی کمپوست، تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند. بنابراین به نظر می‌رسد که در تنش‌های پایین و میانی شوری، تمام نسبت‌های ورمی کمپوست باعث افزایش

بذرهای لوبیا به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس در چهار قسمت از گلدان‌هایی با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر ۷ سانتی‌متر کشت شدند. گلدان‌ها به مدت دوهفته تا سبز شدن با آب معمولی (بدون سطوح شوری) آبیاری شدند. سپس گیاهچه‌ها تنک شدند و در هر گلدان، دو گیاهچه باقی ماند. پس از این زمان، گلدان‌ها مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف شوری) آبیاری شدند. به‌منظور ثابت‌نگه‌داشتن مقدار شوری در گلدان‌ها، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها اندازه‌گیری و مرتباً کنترل می‌شد. پس از سپری شدن ۲۸ روز از زمان کاشت، گلدان‌ها برداشت و پس از آن، بخش هوایی و ریشه گیاه از بذر تفکیک شدند. سطح برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، اندازه‌گیری شد. سطح ریشه نیز پس از رنگ‌آمیزی با پرمنگنات منیزیم و خارج کردن آب سطح ریشه، به وسیله دستگاه اندازه‌گیری ریشه اندازه‌گیری شد. سپس بخش هوایی و ریشه‌ها در آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و وزن خشک آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. بنابراین صفات نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی (R/S) و سطح برگ به سطح ریشه (LA/RA) محاسبه شد. برای تعیین شاخص پایداری غشای سلولی، ۰/۱ گرم از برگ دوم هر گیاه را توزین و داخل دو سری لوله آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک سری از لوله‌ها در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و سری دیگر لوله‌ها در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از رسیدن دمای لوله‌ها به دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد و سپس شاخص پایداری غشاء از معادله زیر به دست آمد (Sairam & Saxena, 2001):

=شاخص پایداری غشاء
 $100 \times \frac{\text{هدایت الکتریکی آب در دمای } 100^{\circ}\text{C}}{\text{هدایت الکتریکی آب در دمای } 40^{\circ}\text{C}}$
 محتوای آب نسبی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Bian & Jiang, 2008):

$$RWC = (FW - DW / TW - DW) \times 100$$

در این معادله، RWC محتوای آب نسبی، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان عناصر موجود در بافت برگ و ریشه، از روش نورسنجی شعله‌ای استفاده شد (Chapman & Patt, 1982). بدین‌صورت که در

1. Leaf Area Meter
2. Root Analyser

افزایش سطح برگ در محیط حاوی ورمی کمپوست در گیاه تربچه (*Raphanus sativus* L.) و همیشه‌بهار & AngLopez, 2010) (*Calendula officinalis* L.) (Warman) و خیار (*Cucumis sativus* L.) (Sallaku et al., 2009) نشان داده شده است.

نسبت سطح برگ به سطح ریشه می‌شوند؛ درحالی که در شوری‌های بالا (۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم) تنها نسبت بالای ورمی کمپوست می‌تواند نسبت سطح برگ به سطح ریشه را افزایش دهد. گزارش‌های زیادی حاکی از کاهش سطح ریشه با افزایش تنش شوری وجود دارد (Ganjeali et al., 2007).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست
Table 1. Chemical characteristics of vermicompost

ماده آلی (درصد) Organic mater (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Conductivity electrical (dS/m)	اسیدیته pH	نیترژن / کربن C/N	فسفر (درصد) P (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	سدیم (درصد) Na (%)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	خصوصیات Properties
35-40	4-6	8-8.5	12-16	1.5-2	3.8-4	0.9-1.5	0.6-0.9	1.3-1.6	ورمی کمپوست Vermicompost

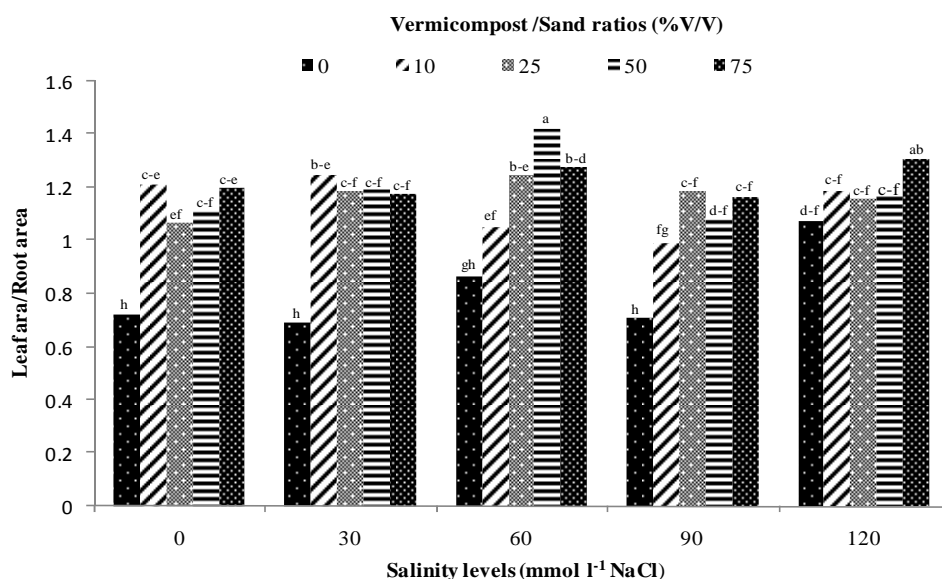
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مربوط به خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریشه و ساقه لوبیا قرمز رقم درخشان در سطوح مختلف شوری

Table 2. Mean comparison of characteristics related to bean root and shoot morphological, physiological and biochemical features at different salinity levels

میزان کلسیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Root calcium (g/100g Root dw)	میزان پتاسیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Root potassium (g/100g Root dw)	میزان سدیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Root sodium (g/100g Root dw)	میزان کلسیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Leaf calcium (g/100g Leaf dw)	میزان پتاسیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Leaf potassium (g/100g Leaf dw)	میزان سدیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک) Leaf sodium (g/100g Leaf dw)	محتوای نسبی آب (درصد) Relative water content (%)	شاخص پایداری غشاء (درصد) Membrane stability index (%)	وزن خشک ریشه / وزن خشک بخش هوایی Root/Shoot	سطح برگ / سطح ریشه Leaf area/ Root area	سطوح شوری Salinity levels (mmol l ⁻¹ NaCl)
2.242c	5.222a	4.647c	3.557ab	5.772a	0.504d	74.5a	83.8a	0.505b	1.064b	0
2.205c	4.259b	5.854a	3.510b	5.711a	0.711c	70.7ab	69.7b	0.536b	1.160a	30
2.370ab	2.836c	5.642a	3.639ab	5.764a	2.543b	68.8ab	59.4c	0.523b	1.172a	60
2.358b	2.419 cd	5.201b	3.738a	5.747a	3.121a	65.5b	48.1d	0.706a	1.178a	90
2.476a	2.271d	5.618a	3.497b	5.408b	3.239a	54.0c	36.8e	0.701a	1.180a	120

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ 0.05).

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test (P≤ 0.05).



شکل ۱- اثر متقابل ورمی کمپوست و شوری بر نسبت سطح برگ به سطح ریشه گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $P \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 1. Interaction between vermicompost and salinity on the leaf area/root area of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

شکل ۲ نتایج برهم‌کنش تنش شوری و ورمی کمپوست را بر نسبت R/S لوبیا نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمام سطوح شوری، نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست، نسبت R/S را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد. (Romero-Aranda *et al.*, 2001) گزارش کردند که در تنش شوری، انباشته‌شدن یون‌های Cl^- و Na^+ در برگ از طریق بستن روزنه‌ها و کاهش سنتز کلروفیل، باعث کاهش محصول فتوسنتزی در گوجه‌فرنگی شده است. در یک آزمایش، غلظت‌های بالای کلریدسدیم، IAA درون‌زای ریشه را در گوجه‌فرنگی کاهش داد (Dunlap & Binzel, 1996). کم‌شدن IAA در ریشه در شرایط تنش شوری، افزایش رشد ریشه را سبب می‌شود (Rodriguez *et al.*, 1997). تحقیقات زیادی افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه خیار (Sallaku *et al.*, 2009)، توت‌فرنگی (*Fragaria xananassa* Duch.) (Arancon *et al.*, 2004b) و بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) (Gajalakshmi & Abbasi, 2002) را با کاربرد ورمی کمپوست نشان داده است. Atiyeh *et al.* (2000) نیز، افزایش وزن گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با ورمی کمپوست را به‌دلیل تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و زیستی محیط کشت اعلام نمودند.

Mcginnis *et al.* (2003) افزایش سطح برگ ریحان (*Ocimum basilicum* L.) را در حضور ورمی کمپوست به بهبود خواص فیزیکی محیط، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت دادند. از طرفی می‌توان گفت که احتمالاً افزایش ورمی کمپوست در محیط ریشه، شرایط را برای جذب آب و عناصر غذایی، بهتر مهیا نموده است و گیاه برای دریافت عناصر غذایی و آب، انرژی کمتری را هزینه کرده است. بنابراین ورمی کمپوست از یک طرف باعث افزایش سطح برگ و از طرف دیگر سبب کاهش طول و در نتیجه سطح ریشه شده است؛ بنابراین می‌تواند نسبت سطح برگ به سطح ریشه را افزایش دهد.

نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک بخش هوایی (R/S) مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر نسبت R/S گیاه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). در تمام سطوح شوری، نسبت R/S نسبت به شاهد افزایش نشان داد؛ ولی تنها در سطوح ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۲). ورمی کمپوست نیز تأثیر معنی‌داری بر نسبت R/S گیاه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$)؛ به‌طوری‌که در تمام نسبت‌های ورمی کمپوست نسبت به شاهد، نسبت R/S به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳).

شرایط مناسب برای جذب آب و عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه، باعث می‌شود تا گیاه انرژی کمتری را هزینه نماید. بنابراین ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی و کاهش وزن خشک ریشه شده است.

به نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن مواد معدنی ضروری ماکرو و میکرو، ساختار متخلخل و ظرفیت بالای نگهداری آب، می‌تواند میزان فتوسنتز و متعاقب آن، وزن خشک گیاه را افزایش دهد. همچنین ورمی‌کمپوست با مهیا کردن

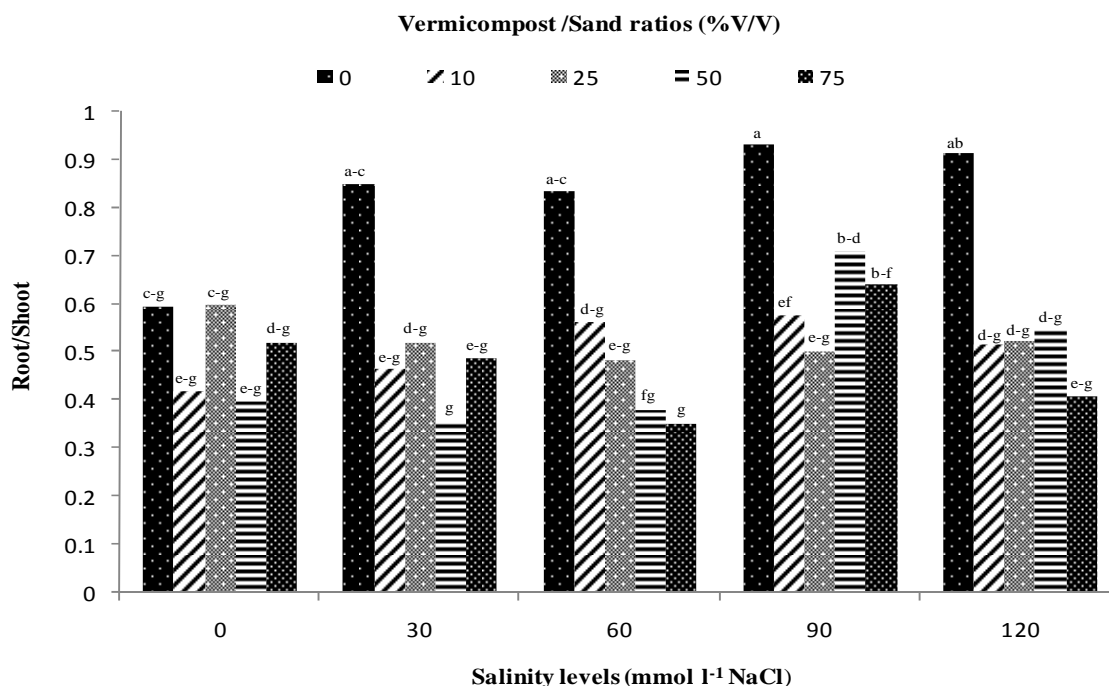
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مربوط به خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریشه و ساقه لوبیا رقم قرمز درخشان در غلظت‌های مختلف ورمی‌کمپوست

Table 3. Mean comparison of characteristics related to bean root and shoot morphological, physiological and biochemical features at different vermicompost concentrations

میزان کلسیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	میزان پتاسیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	میزان سدیم ریشه (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	میزان کلسیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	میزان پتاسیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	میزان سدیم برگ (گرم/۱۰۰گرم وزن خشک)	محتوای نسبی آب (درصد)	شاخص پایداری غشاء (درصد)	وزن خشک ریشه / وزن خشک بخش هوایی	نسبت سطح برگ / سطح ریشه	نسبت ورمی‌کمپوست
Root calcium (g/100g root dw)	Root potassium (g/100g root dw)	Root sodium (g/100g root dw)	Leaf calcium (g/100g leaf dw)	Leaf potassium (g/100g leaf dw)	Leaf sodium (g/100g leaf dw)	Relative water content (%)	Membrane stability index (%)	Root/Shoot	Leaf area/Root area	Vermicompost ratio (V/V)
2.177c	1.036c	6.248a	3.232c	2.690e	0.777e	70.0ab	53.6b	0.821a	0.813d	0
2.278bc	3.376b	5.107bc	3.322c	5.015d	1.693d	76.2a	72.7a	0.528b	1.138c	10
2.307b	4.089a	4.939c	3.890b	6.057c	2.513b	69.6ab	69.5a	0.525b	1.171bc	25
2.337b	3.254b	5.395b	3.409c	6.755b	3.159a	55.9c	49.3c	0.474b	1.227ab	50
2.551a	4.352a	4.274d	4.100a	7.691a	1.976c	69.4b	52.5bc	0.482b	1.226ab	75

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند ($P \leq 0.05$).

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).



شکل ۲- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری بر نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک بخش هوایی گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 2. Interaction between vermicompost and salinity on the Root/Shoot of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

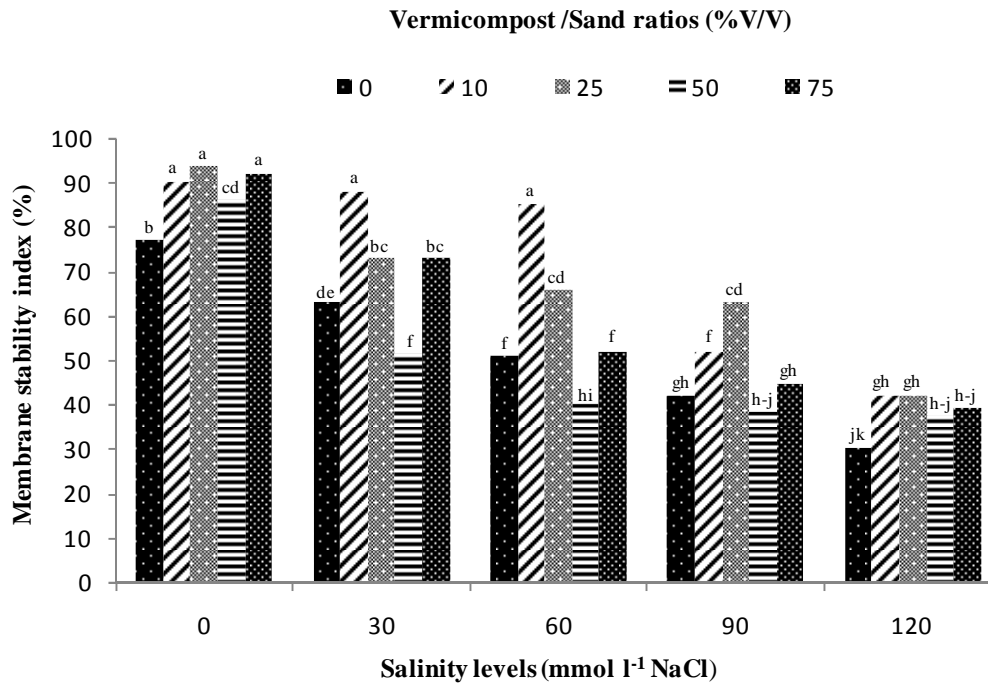
شاخص پایداری غشاء

مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء داشت ($P \leq 0.01$)، به طوری که با افزایش تنش شوری، شاخص پایداری غشاء کاهش یافت. کمترین شاخص پایداری غشاء در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم مشاهده شد که نسبت به شاهد، حدود دو برابر کاهش داشت (جدول ۲). ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء سلولی گیاه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$)، در غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست، شاخص پایداری غشاء به صورت معنی‌داری افزایش یافت و در غلظت ۵۰ درصد ورمی کمپوست، این شاخص به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. غلظت ۷۵ درصد ورمی کمپوست نیز تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۳). برهم‌کنش شوری و ورمی کمپوست، تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء داشت ($P \leq 0.01$)، شکل ۳ برهم‌کنش تنش شوری و ورمی کمپوست را بر شاخص پایداری غشاء نشان می‌دهد. در شوری معادل ۳۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، شاخص پایداری غشاء در نسبت‌های ۱۰، ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد، افزایش معنی‌دار و در نسبت ۵۰ درصد ورمی کمپوست، کاهش معنی‌داری را نشان داد. در شوری معادل ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، شاخص پایداری غشاء در نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری افزایش یافت و در غلظت ۵۰ درصد ورمی کمپوست، این شاخص به صورت معنی‌داری کاهش یافت و در غلظت ۷۵ درصد ورمی کمپوست، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در سطوح شوری ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، شاخص پایداری غشاء در نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد، افزایش معنی‌دار داشت و در غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بنابراین نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست در تمام سطوح شوری می‌تواند پایداری غشاء را بهبود بخشد. (Kaya et al, 2002) نیز نشان دادند که میزان بالای کلرید سدیم، کمبود کلسیم را در توت‌فرنگی القاء کرد و باعث کاهش پایداری غشای سلولی شد. بنابراین در گیاهان تحت تنش شوری، نسبت کلسیم به سدیم کاهش یافته و یون‌های سدیم ممکن است برای مکان‌های اتصال کلسیم در غشاء، رقابت کنند؛ در نتیجه، میزان بالای کلسیم می‌تواند غشای سلول را از اثرات نامطلوب شوری حفظ کند (Bush, 1995). همچنین Singh et al, (2008) نشان دادند که اسیدجیبرلیک (GA_3) به‌طور معنی‌داری پایداری غشای سلول‌های گلبرگ سوسن (*Lilium longiflorum* L.) را بهبود

بخشید. به‌طور مشابه در تیمار با اسیدجیبرلیک، نشت الکترولیت‌ها در گل‌سرخ کاهش یافت (Sabehat & Zeislin, 1994). بنابراین احتمالاً ورمی کمپوست با دارا بودن هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلین‌ها و دارا بودن مقادیر زیادی مواد معدنی از جمله کلسیم، می‌تواند پایداری غشای سلول‌های برگ لوبیا را بهبود بخشد. در نسبت‌های بالای ورمی کمپوست (۵۰ و ۷۵ درصد)، احتمالاً ورمی کمپوست نیز به‌عنوان منبع شوری عمل نموده و اثرات کاهشی بر شاخص پایداری غشاء دارد. با این وجود، در نسبت بالای ورمی کمپوست (۷۵ درصد) اثرات مفید این کود آلی بیشتر از اثرات منفی آن بوده و احتمالاً برآیند، به‌سمت تأثیر مثبت ورمی کمپوست بوده است.

محتوای نسبی آب

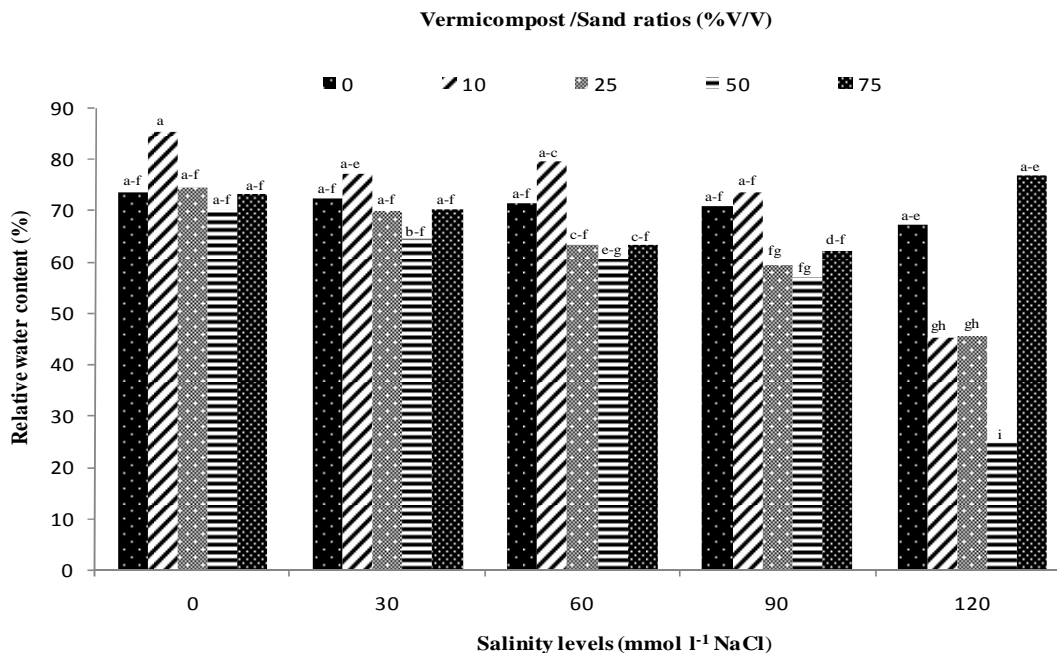
نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری، تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب گیاهچه‌های لوبیا داشت ($P \leq 0.01$)؛ به طوری که با افزایش تنش شوری، محتوای نسبی آب، کاهش یافت. کمترین مقدار محتوای نسبی آب (۵۴ درصد) در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم مشاهده شد که نسبت به شاهد، حدود ۲۰ درصد کاهش داشت (جدول ۲). ورمی کمپوست، تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). نتایج مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست نشان داد که در نسبت ۵۰ درصد ورمی کمپوست، محتوای نسبی آب به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است؛ درحالی‌که سایر نسبت‌های ورمی کمپوست، تأثیر معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۳). نتایج حاصل از برهم‌کنش شوری و ورمی کمپوست (شکل ۳) نشان می‌دهد که در سطوح شوری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، با این‌که در نسبت ۵۰ درصد ورمی کمپوست، کمترین محتوای نسبی آب مشاهده شد، ولی هیچ‌کدام از نسبت‌های ورمی کمپوست، تفاوت معنی‌داری با شاهد (بدون ورمی کمپوست) نداشتند. در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت ۷۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت؛ درحالی‌که سایر نسبت‌های ورمی کمپوست، کاهش معنی‌داری را از نظر محتوای نسبی آب برگ نشان دادند. بنابراین به‌نظر می‌رسد در شوری‌های کم تا متوسط، نسبت‌های پایین ورمی کمپوست به‌طور جزئی می‌تواند پتانسیل آب برگ لوبیا را بهبود بخشند. در شوری‌های بالا (۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم) نیز تنها نسبت ۷۵ درصد ورمی کمپوست می‌تواند از کاهش پتانسیل آب جلوگیری کند.



شكل ۳- اثر متقابل ورمی‌كمپوست و شوری بر شاخص پایداری غشای برگ گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترك، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 3. Interaction between vermicompost and salinity on the membrane stability index of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.



شكل ۴- اثر متقابل ورمی‌كمپوست و شوری بر محتوای نسبی آب گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترك، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 4. Interaction between vermicompost and salinity on the relative water content of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

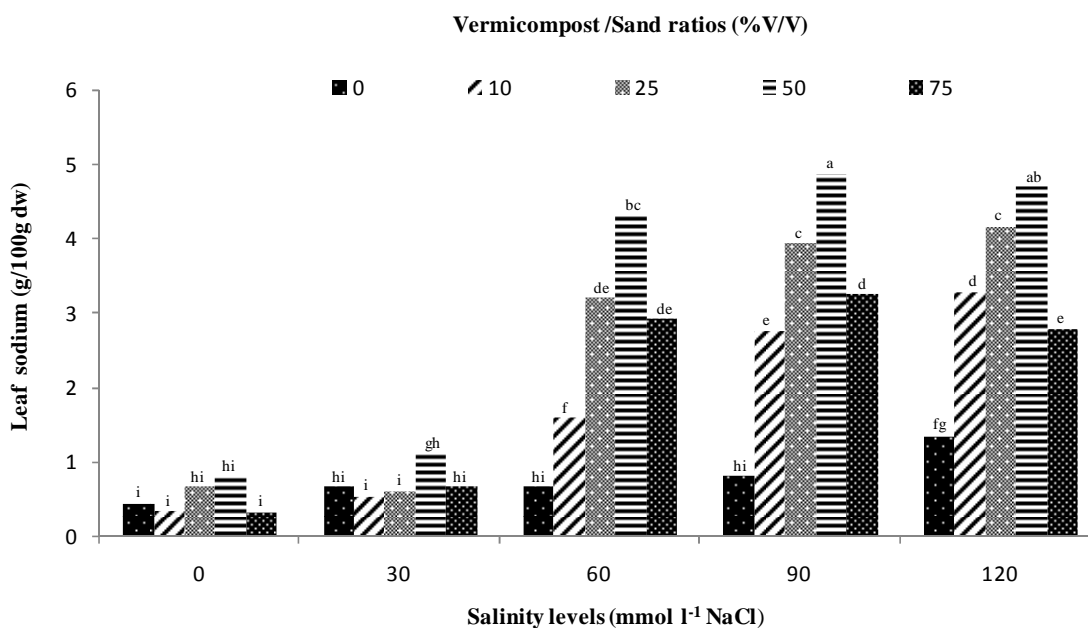
در تحقیقات دیگر نیز نشان داده شده است که گیاهان در مواجهه با تنش، پتانسیل آب داخلی خود را در مقایسه با خاک تغییر می‌دهند (Tester & Davenport, 2003). Rafiq & Nusrat (2009) اظهار داشتند که با افزایش غلظت نمک، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی در برگ گیاه آفتابگردان به‌طور معنی‌داری کاهش و با کاربرد کود آلی، افزایش یافت. این محققان بیان داشتند که تغییر در پتانسیل آب داخلی، نیازمند افزایش در اسمز به‌وسیله جذب املاح خاک یا به‌وسیله سنتز مواد متابولیکی است. کاربرد کودهای آلی، باعث تجمع K^+ و برخی از یون‌های آلی در سلول می‌شود و متعاقب آن، فعالیت اسمزی را افزایش می‌دهد و سبب کاهش پتانسیل آب و حرکت آن از سلول‌های اطراف به‌داخل سلول می‌گردد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست با دارا بودن املاح زیاد و قابل دسترس بودن این مواد برای گیاهان، همچنین داشتن ساختار متخلخل و ظرفیت نگهداری بالای آب، می‌تواند پتانسیل آب برگ لوبیا را بهبود بخشد.

میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت برگ

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر میزان سدیم و پتاسیم برگ لوبیا داشت، ولی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلسیم برگ نداشت ($P \leq 0.01$). با افزایش سطوح شوری، میزان سدیم برگ افزایش یافت به‌طوری‌که در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، نسبت به شاهد حدود ۲/۵ برابر افزایش داشت. میزان پتاسیم برگ، تنها در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت، ولی در سایر سطوح شوری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۲). ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم برگ گیاه لوبیا داشت، به‌طوری‌که در تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست، میزان این عناصر در بافت برگ نسبت به شاهد بیشتر بود ($P \leq 0.01$). با افزایش نسبت‌های ورمی‌کمپوست، میزان پتاسیم برگ نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که میزان پتاسیم برگ در نسبت ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست، حدود ۷۵ درصد بیشتر از شاهد بود. میزان کلسیم برگ در نسبت‌های ۱۰ و ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت و در نسبت ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان (۴/۱ گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک برگ) را دارا بود (جدول ۳). نتایج حاصل از برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان سدیم برگ در شکل ۵ نشان داده شده است. در شوری ۳۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، تنها در نسبت ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست میزان سدیم برگ به‌صورت معنی‌داری

نسبت به شاهد بدون ورمی‌کمپوست افزایش یافت. در سایر سطوح شوری (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم) میزان سدیم برگ در تمامی نسبت‌های ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بدون ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری داشت. برهم‌کنش سطوح شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان پتاسیم برگ (شکل ۶)، نشان داد که همه نسبت‌های ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف شوری، میزان پتاسیم برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در تمام سطوح شوری، بیشترین میزان پتاسیم برگ در نسبت ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد. نتایج برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان کلسیم برگ (شکل ۷) نشان داد که در سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، میزان کلسیم برگ در تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بدون ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان کلسیم برگ در سطوح شوری ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلریدسدیم، تنها در نسبت ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین میزان کلسیم برگ در نسبت ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. در محیط شور، ورود Na^+ به غشای پلاسمایی باعث دیپولاریزاسیون غشا گردیده و در نتیجه باعث باز شدن کانال‌های پتاسیمی یک‌سویه به خارج شده و بنابراین K^+ کاهش می‌یابد (Shabala, 2000). Hasegawa et al. (2000) بیان داشتند که به‌دلیل انتقال کاتیون‌های Na^+ و K^+ با یک حامل مشترک، Na^+ برای شارش به درون سلول با K^+ رقابت می‌کند. نشان داده شده است که با کاهش محتوای آب خاک، جذب پتاسیم توسط ریشه‌های پیاز (Kuchenbuch et al., 1986) کاهش یافته است. Hu Schmidhalter (2005) & بیان کردند که با کاهش محتوای آب خاک، تحرک پتاسیم، کاهش و قابلیت دسترسی پتاسیم برای ریشه‌های گیاه کاهش یافت. (Osuagwu et al., 2010) گزارش کردند که تنش خشکی، میزان عناصر پتاسیم و کلسیم را در برگ‌های گیاه *Ocimum gratissimum* کاهش داد که ممکن است به‌دلیل حرکت این عناصر از برگ‌ها به ریشه باشد، زیرا که در این شرایط این دو عنصر به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی عمل می‌کنند. یون کلسیم به‌عنوان پیک ثانویه در گیاهان عمل می‌کند و در ترانسپانسیون انواع وسیعی از علایم شرکت دارد، بنابراین ممکن است جزء مهمی از پاسخ گیاهان به شوری باشد (Hasegawa et al., 2000). در یک آزمایش، در حضور کلسیم، کاهش نفوذپذیری غشاء نسبت به سدیم، منجر به کاهش انباشت سدیم در کتان (*Gossypium hirsutum* L.) شد (Cramer et al., 1987). همچنین گزارش شده است که اگر نسبت Na^+/Ca^{2+} بیرون

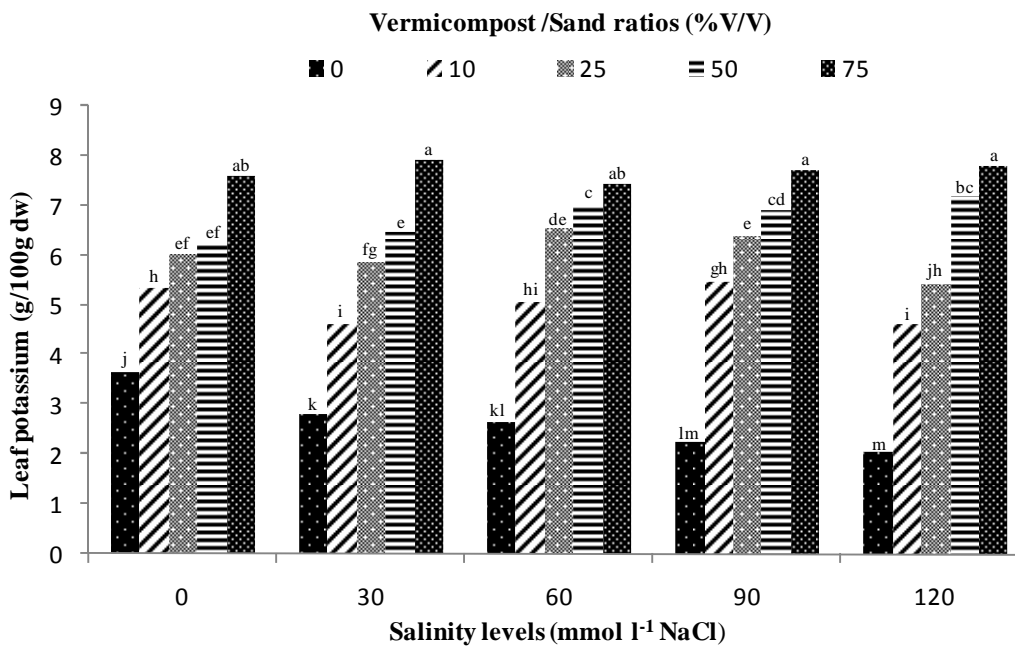
سلولی بالا باشد، درون‌شارش Na^+ افزایش خواهد یافت (Song & Fujiyama, 1996).



شکل ۵- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان سدیم برگ گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 5. Interaction between vermicompost and salinity on the leaf sodium of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

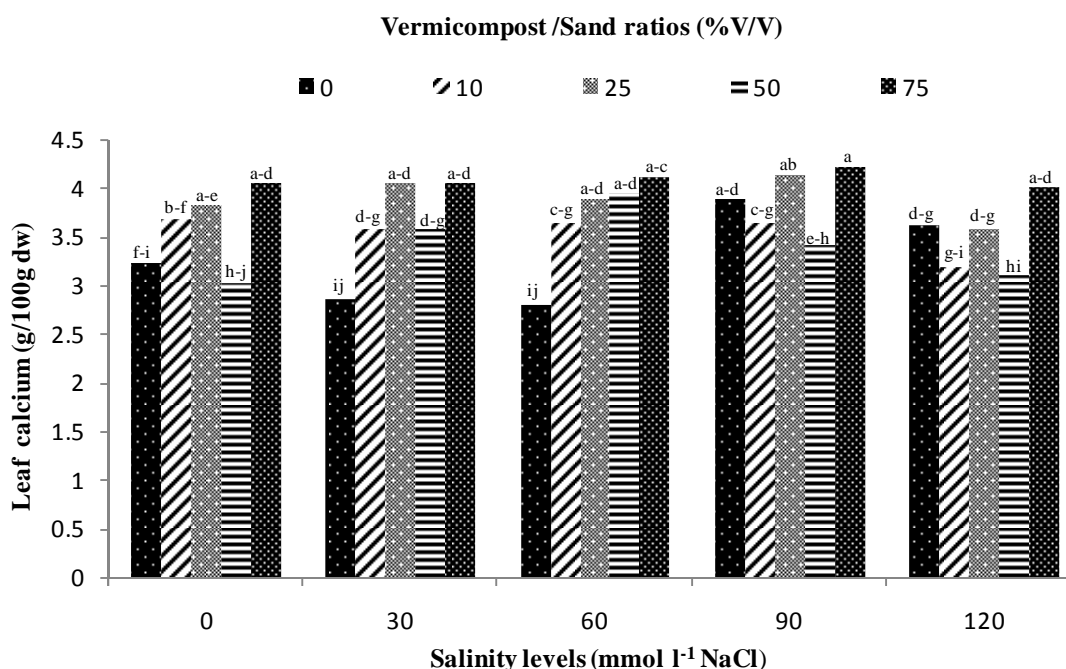


شکل ۶- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان پتاسیم برگ گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 6. Interaction between vermicompost and salinity on the leaf potassium of seedling of bean

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.



شکل ۷- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان کلسیم برگ گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 7. Interaction between vermicompost and salinity on the leaf calcium of seedling of bean

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

متخلخل است، ظرفیت نگهداری آب را افزایش داده و پتاسیم جذب بهتری داشته و تثبیت آن دیرتر اتفاق می‌افتد. مطالعات نشان داده است که هورمون سیتوکینین، جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد (Ilan, 1971) و ورمی‌کمپوست‌ها دارای هورمون‌های رشد گیاهی از جمله سیتوکینین‌ها هستند. بنابراین ورمی‌کمپوست‌ها با دارابودن مواد مغذی فراوان، هورمون‌های گیاهی و ظرفیت نگهداری بالا می‌تواند باعث بهبود جذب عناصر غذایی و کاهش جذب سدیم در شرایط تنش شوری شوند.

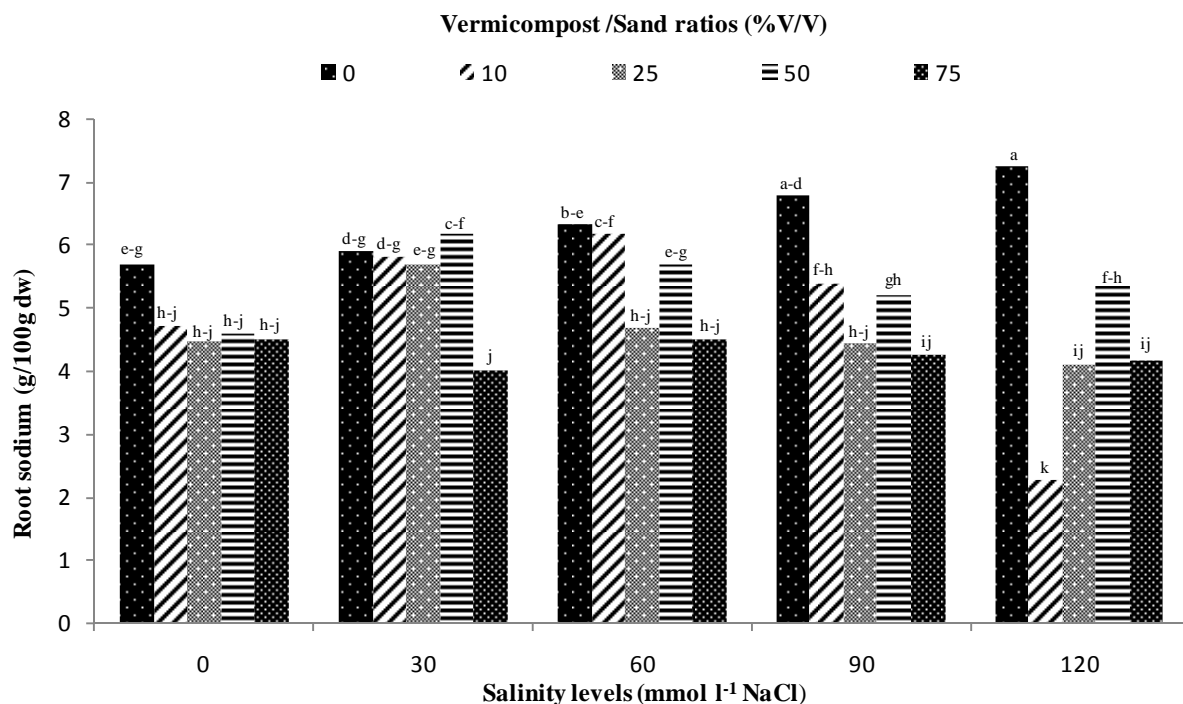
میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت ریشه

مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری، تأثیر معنی‌داری بر میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم بافت ریشه گیاهچه‌های لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). با افزایش سطوح شوری، میزان سدیم بافت ریشه نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری افزایش و میزان پتاسیم، کاهش یافت. میزان کلسیم بافت ریشه نیز تنها در سطح شوری ۳۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و در سایر سطوح شوری افزایش یافت (جدول ۲). ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر

کاهش جذب پتاسیم و افزایش ورود سدیم در دوره تنش شوری، در مطالعات متعدد گزارش شده است (Rodriguez-Navarro, 2001). Saleh *et al*, (2003) نشان دادند که کاربرد کود آلی در مزارع پیاز (*Allium cepa* L.)، برخی عناصر معدنی ضروری مورد نیاز گیاه را در طول دوره رشد، قابل‌دسترس ساخته و مقاومت به شوری را افزایش می‌دهد. Lakhdar *et al*, (2008) بیان کردند که اغلب خاک‌های شور با کمبود نیتروژن، فسفر و پتاسیم مواجه هستند. اضافه‌کردن کمپوست در چنین خاک‌هایی باعث غنی‌شدن ریزوسفر با عناصر غذایی ماکرو و میکرو شده و در نتیجه باعث جبران کمبود مواد غذایی می‌شود. Basker *et al*, (1993) نشان دادند که پتاسیم ورمی‌کمپوست، دو تا سه برابر بیشتر از پتاسیم خاک است. تحت شرایط شوری، کمپوست، پتاسیم مورد نیاز گیاه را از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌دهد (Walker & Bernal, 2008). از طرفی تشبیت پتاسیم در خاک‌های خشک، بیشتر از خاک‌های مرطوب است (Raschke, 1975) و از آنجا که ورمی‌کمپوست دارای ساختار

نتایج برهم‌کنش شوری و ورمی کمپوست بر میزان پتاسیم ریشه در شکل ۹ نشان داده شده است. در سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، تمام نسبت‌های ورمی کمپوست به‌جز نسبت ۵۰ درصد، نسبت به شاهد (بدون ورمی کمپوست) افزایش نشان داد. در سطوح شوری ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم نیز، نسبت‌های ۱۰ و ۵۰ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشته و سایر نسبت‌ها افزایش معنی‌داری را نشان دادند. برهم‌کنش شوری و ورمی کمپوست بر میزان کلسیم ریشه (شکل ۱۰) نشان داد که در شوری ۳۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم در حضور ورمی کمپوست، تفاوت معنی‌داری با شاهد بدون ورمی کمپوست نداشت. در سطوح شوری ۶۰ و ۹۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، تنها نسبت ۱۰ درصد ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت ولی سایر نسبت‌های ورمی کمپوست به‌طور معنی‌داری میزان کلسیم ریشه را افزایش دادند. در شوری ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم نیز نسبت‌های ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست نسبت به شاهد بدون ورمی کمپوست به‌طور معنی‌داری میزان کلسیم ریشه را افزایش داد.

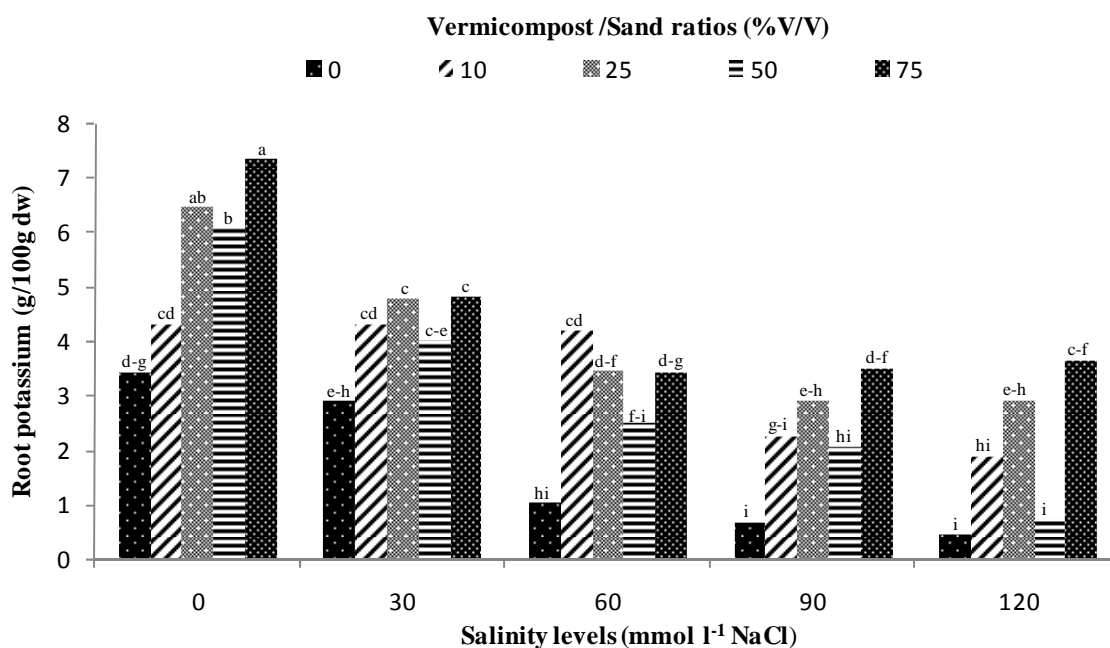
میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم ریشه گیاه لوبیا داشت ($P \leq 0.01$). در تمامی نسبت‌های ورمی کمپوست، میزان سدیم بافت ریشه کاهش و میزان پتاسیم به‌صورت معنی‌داری افزایش نشان داد. با این حال، در بین نسبت‌های ورمی کمپوست، بیشترین میزان سدیم و کمترین میزان پتاسیم در نسبت ۵۰ درصد ورمی کمپوست مشاهده شد که با سایر نسبت‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان کلسیم بافت ریشه نیز تنها در نسبت ۱۰ درصد ورمی کمپوست، نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و در سایر نسبت‌های ورمی کمپوست افزایش نشان داد (جدول ۳). بنابراین در حضور ورمی کمپوست، میزان پتاسیم و کلسیم بافت ریشه افزایش یافت که با نتایج بافت برگ مطابقت دارد. در این آزمایش، میزان سدیم ریشه در حضور ورمی کمپوست کاهش یافت (جدول ۳). نتایج برهم‌کنش سطوح شوری و ورمی کمپوست بر میزان سدیم ریشه (شکل ۸)، نشان داد که در شوری ۳۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، تنها نسبت ۷۵ درصد ورمی کمپوست و در شوری ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت‌های ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست و در سطوح شوری ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، همه نسبت‌های ورمی کمپوست نسبت به شاهد (بدون ورمی کمپوست) کاهش معنی‌داری نشان دادند.



شکل ۸- اثر متقابل ورمی کمپوست و شوری بر میزان سدیم ریشه گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

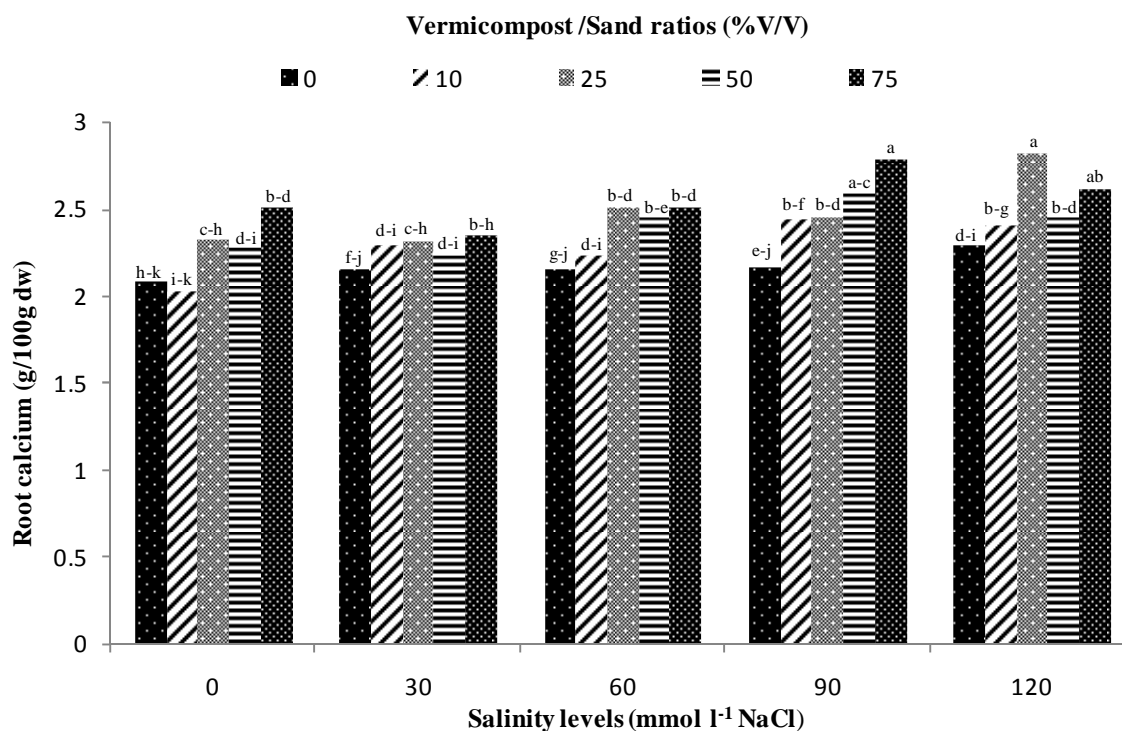
Fig. 8. Interaction between vermicompost and salinity on the root sodium of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.



شكل ۹- اثر متقابل ورمی‌كمپوست و شوری بر میزان پتاسیم ریشه گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترك، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 9. Interaction between vermicompost and salinity on the root potassium of seedling of bean
Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.



شكل ۱۰- اثر متقابل ورمی‌كمپوست و شوری بر میزان كلسیم ریشه گیاهچه‌های لوبیا

ستون‌ها با حرف یا حروف مشترك، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

Fig. 10. Interaction between vermicompost and salinity on the root calcium of seedling of bean

Columns with the same letter(s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ probability.

هورمون‌های رشد گیاهی می‌تواند از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیولوژیک مانند شاخص پایداری غشاء و میزان عناصر پتاسیم و کلسیم بافت برگ و ریشه رشد گیاه را در شرایط تنش شوری بهبود بخشد و اثرات نامطلوب شوری را بر گیاهچه‌های لوبیا محدود نماید. نتایج بررسی‌ها در این آزمایش، مؤید این است که نسبت‌های ۱۰، ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی کمپوست در بهبود اثرات سوء ناشی از تنش شوری مؤثر است ولی نسبت ۵۰ درصد ورمی کمپوست اثرات کاهشی دارد. احتمالاً ورمی کمپوست در نسبت‌های بالا (۵۰ و ۷۵ درصد) به‌عنوان منبع شوری عمل می‌نماید، با این‌وجود در نسبت بالای ورمی کمپوست (۷۵ درصد) اثرات مفید این کود آلی بیشتر از اثرات منفی آن بوده و احتمالاً برآیند به‌سمت تأثیر مثبت ورمی کمپوست بوده است.

بنابراین به‌نظر می‌رسد که در تنش شوری، سدیم با کاتیون‌های دیگر رقابت کرده و بیشتر جذب می‌شود. همچنین احتمالاً به‌دلیل بازشدن کانال‌های پتاسیمی یک‌سویه به خارج و کاهش پتانسیل آب در محیط اطراف ریشه در شرایط تنش، جذب پتاسیم کاهش یافته است. شاید افزایش کلسیم در ریشه در شرایط تنش به‌دلیل حرکت این عنصر از برگ‌ها به ریشه‌ها به‌منظور ایجاد پتانسیل اسمزی باشد. اضافه کردن ورمی کمپوست به محیط ریشه، احتمالاً به‌دلیل فراهم‌بودن مواد معدنی فراوان برای گیاه و توان رقابت با سدیم، همچنین مرطوب‌نگهداشتن محیط اطراف ریشه و دارابودن هورمون‌های رشد گیاهی می‌تواند باعث افزایش جذب عناصر مورد نیاز گیاه شده و اثرات نامطلوب شوری را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که ورمی کمپوست با توجه به ویژگی‌های ساختاری، دارابودن عناصر معدنی مغذی و

منابع

1. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004a. Effect of vermicompost produced from food wasters on the growth and yield of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93: 139-143.
2. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
3. Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
4. Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. *Bioresource Technology* 81: 103-108.
5. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D. 2000. Earthworm processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigolds and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization* 8: 215-223.
6. Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. *Common Bean: Research for Crop Improvement*. Jahad Daneshgahi Publishers.
7. Basker, A., Macgregor, A.N., and Kirkman, J.H. 1993. Exchangeable potassium and other cations in non-ingested soil and casts of two species of pasture earthworms. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1673-1677.

8. Bian, Sh., and Jiang Y. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae* 120: 264-270.
9. Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 46: 95-122.
10. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1982. *Method of Analysis for Soil, Plants and Water*, Chapman Publisher: Riverside, CA.
11. Cramer, G.R., Läuchli, A., and Epstein, E. 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiology* 81: 792-797.
12. Dorri, H.R. 2008. *Bean Agronomy*. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein (In Persian).
13. Dunlap, J.R., and Binzel, M.L. 1996. NaCl reduces indole-3-acetic acid levels in the roots of tomato plant independent of stress-induced abscissic acid. *Plant Physiology* 112: 379-384.
14. Edwards, C.A., and Burrows, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media, in *Earthworms*. In: C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (Eds.). *Environmental and Waste Management*, SPB Academic Publishing, The Hague, the Netherlands, p. 211-220.
15. El-Missery, M.M.A. 2003. Effect of organic fertilization on yield and quality of some vegetable crops under saline conditions. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo. Egypt.
16. Flowers, T.J., and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 22: 875-884.
17. Frankenberger, W.T., and Arshad, M. 1995. *Phytohormones in Soils: Microbial Production and Function*, Marcel Dekker, New York.
18. Gajalakshmi, S., Abbasi, S.A. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crassandra undulaefolia*, and on several vegetables. *Bioresource Technology* 85: 197-199.
19. Ganjeali A., Kafi M., and Bagheri, A. 2007. The new approaches of chickpea (*Cicer arietinum* L.) root study. *Journal of Agricultural Science* 13: 179-188 (In Persian with English Summary).
20. Hafsi, C., Lakhdar, A., Rabhi, M., Debez, A., Abdelly, C., and Ouerghi, Z. 2007. Interactive effects of salinity and potassium availability on growth, water status, and ionic composition of *Hordeum maritimum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 469-473.
21. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
22. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition* 168: 541-549.
23. Ilan, I. 1971. Evidence for hormonal regulation of the selectivity of ion uptake by plant cells. *Physiologia Plantarum* 25: 230-233.
24. Jat, R.S., and Ahlawat, I.P.S. 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: 41-54.
25. Kaya, C., Ak, B.E., Higgs, D., and Murillo-Amador, B. 2002. Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42: 631-636.
26. Krishnamoorthy, R.V., and Vajranabhaiah, S.N. 1986. Biological activity of earthworm casts: an assessment of plant growth promotor levels in the casts. *Proceeding of the India Acrlemy of Sciences (Animal Science)* 95: 341-351.
27. Kuchenbuch, R., Claassen, N., and Jungk, A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, II Calculations by means of a mathematical simulation model. *Plant and Soil* 95: 233-243.

28. Lakhdar, A., Hafsi, C., Rabhi, M., Debez, A., Montemurro, F., Abdelly, C., Jedidi, N., and Ouerghi, Z. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology* 99: 7160-7167.
29. Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., and Abdelly, C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Hazardous Materials* 171: 29-37.
30. Lauer, D.A. 1975. Limitation of animal waste replacement of inorganic fertilizer. In: *Energy Agriculture and Waste Management*. W.J. Jewell (Ed.). Proc. Agriculture Waste Management. Conference Annual Arbor, Sci., Ann., Arbor., MI. p. 409.
31. McGinnis, M., Cookt, A., Bilderback, T., and Lorcheider, M. 2003. Organic fertilization for basil tranplant production. *Acta Horticulturae* 491: 213-218.
32. Mohanty, S., Paikaray, N.K., and Rajan, A.R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.) corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. *Geoderma* 133: 225-230.
33. Oliva, M.A., Zenteno, R.E., Pinto, A., Dendooven, L., and Gutierrez, F. 2008. Vermicompost role against sodium chloride stress in the growth and photosynthesis in tamarind plantlets (*Tamarindus indica* L.). *Gayana Botanica* 65: 10-17.
34. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., and Osuagwu, A.N. 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: 27-33.
35. Rafiq, A., and Nusrat, J. 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany* 41: 1373-1384.
36. Raschke, K. 1975. Stomatal action. *Annual Review of Plant Physiology* 26: 309-340.
37. Raychev, T., Popandova, S., Józefaciuk, G., Hajnos, M., and Sokoowska, Z. 2001. Physicochemical reclamation of saline soils using coal powder. *International Agrophysics* 15: 51-54.
38. Rodriguez, P., Dell'amico, J., Morales, D., Sánchez Blanco, M.J., and Alarco, J.J. 1997. Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. *The Journal of Agricultural Science* 128: 439-444.
39. Romero-Aranda, R., Soria, T., and Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160: 265-272.
40. Sabehat, A., and Zeislin, N. 1994. GA₃ effect on post harvest alteration in cell membranes of rose (*Rosa*×*hybrid*) petals. *Journal of Plant Physiology* 144: 513-517.
41. Sairam, R.K. and Saxena, D.C. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184: 55-61.
42. Saleh, A.L., Abd El-Kader, A.A., and Hegab, S.A.M. 2003. Response of onion to organic fertilizer under irrigation with saline water. *Egyptian Journal Applied Science* 18: 707-716.
43. Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S., and Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment (JFAE)* 7: 869-872.
44. Serrano, R., and Rodriguez-Navarro, A. 2001. Ion homeostasis during salt stress in plants. *Cell Biology* 13: 399-404.
45. Shabala, S. 2000. Ionic and osmotic components of salt stress specifically modulate net ion fluxes from bean leaf mesophyll. *Plant Cell & Environment* 23: 825-837.
46. Singh, A., Kummar, J., and Kummar, P. 2008. Effect of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. *Plant Growth Regulation* 55: 221-229.
47. Song, J.Q., and Fujiyama, H. 1996. Difference in response of rice and tomato subjected to sodium salinization to the addition of calcium. *Soil Science & Plant Nutrition* 42: 503-510.

48. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
49. Walker, D.J., and Bernal, M.P. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology* 99: 396-403.
50. Warman, P.R., and AngLopez, M.J. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology* 101: 4479-4483.
51. Zaller, J.G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae* 112: 191-199.

Interactions of vermicompost and salinity on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings

Beyk Khurmizi^{1*}, A., Ganjeali², A., Abrishamchi², P. and Parsa³, M.

1. MSc. Student of Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 15 January 2011
Accepted: 12 July 2011

Abstract

Vermicompost can improve physicochemical traits of soil having desirable effect on plant growth and development due to its structural traits and having macro and micro nutrients, plant growth regulators and favorable microorganisms. In order to investigate the effect of interactions between ratios of vermicompost and saline stress on some morphological, physiological and biochemical traits of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Light Red Kidney cultivar, an experiment was conducted in randomized complete block design with three replications at the Research Greenhouse, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in 2010. The treatment levels were considered including five volumetric ratios of vermicompost and sand (0:100; 10:90; 25:75; 50:50 and 75:25) and four saline levels including 0.00 (control), 30, 60, 90 and 120 mM NaCl. Bean seeds were cultured in plastic pots, the seedlings being sampled 28 days later. The results showed that vermicompost under stress and without stress had significant effect ($P \leq 0.01$) on all traits including ratio of leaf area/root area, root/shoot ratio, membrane stability index, relative water content, amounts of sodium, potassium and calcium found in leaf and root tissues. In this experiment, vermicompost caused increase in potassium and calcium intake and decrease in sodium intake, in saline stress, due to its structural traits and the materials it. Therefore, it seems that vermicompost can ameliorate undesirable effects of salinity on bean seedlings.

Key words: Nutrient elements, *Phaseolus vulgaris* L., Salinity stress, Vermicompost

* Corresponding Author: abdollahbeyk@gmail.com, Mobile: 09363346303