نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۳۴-۲۲۳

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 3, Fall 2012, p. 223-234

بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر میزان فتوسنتز، تعرق و کارایی مصرف آب لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری

عبدالله بیک خورمیزی[1*]، علی گنجعلی[2]، پروانه ابریشم چی[2] و مهدی پارسا[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۶

چکیده

بررسی‌ها مؤید این مطلب است که ورمی‌کمپوست نقش مؤثری در رشد و نمو و نیز کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های مختلف محیطی بر گیاهان دارد. این مطالعه با هدف بررسی برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و تنش شوری بر میزان فتوسنتز، تعرق و کارایی مصرف آب لوبیا قرمز رقم درخشان (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Light Red Kidney) در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۸۹ انجام شد. پنج نسبت حجمی ورمی کمپوست و ماسه شامل صفر:۱۰۰، ۱۰:۹۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ و چهار سطح شوری شامل۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، به همراه شاهد (صفر) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بذرهای لوبیا در گلدان‌های پلاستیکی کاشته شد و میزان فتوسنتز، میزان تعرق، کارایی مصرف آب و میزان CO_2 درون سلولی برگ‌ها در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی اندازه‌گیری شدند. در طول دوره رشد از محلول غذایی هوگلند برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان استفاده شد. نتایج نشان داد که تنش شوری و ورمی‌کمپوست به ترتیب اثر کاهشی و افزایشی معنی‌داری بر سیستم فتوسنتزی گیاه داشتند. در مرحله گلدهی، تمامی نسبت‌های ورمی‌کمپوست، کارایی مصرف آب را در سطوح مختلف شوری نسبت به شاهد بطور معنی‌داری افزایش داد. در مرحله گیاهچه‌ای، نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست و در مرحله گلدهی تقریباً تمام نسبت‌های ورمی کمپوست، اثرات منفی تنش شوری را بر سیستم فتوسنتزی گیاه محدود نمودند. احتمالاً ورمی‌کمپوست به دلیل ساختار متخلخل، ظرفیت نگه‌داری آب بالا، دارا بودن موادی شبیه به هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و همچنین وجود مقادیر بالای عناصر غذایی ماکرو و میکرو، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود تحمل به تنش‌های مختلف محیطی از جمله شوری ایفا نماید. در این آزمایش ورمی‌کمپوست باعث بهبود میزان فتوسنتز گیاهان در مواجهه با تنش شوری شد.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، سیستم فتوسنتزی، ظرفیت نگه‌داری آب، کود آلی

مقدمه

حبوبات یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی بشر می‌باشند. میزان پروتئین حبوبات در حدود دو برابر غلات بوده که می‌تواند به عنوان مکمل پروتئین غلات در رژیم غذایی جای گیرد. خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت ازت، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، سبب شده است که این گیاهان نقش مهمی را در ثبات تولید نظام‌های زراعی در کشاورزی پایدار ایفاء نمایند. در بین حبوبات، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از نظر سطح زیر کشت و تولید مقام اول را در جهان دارا است (Dorri, 2008). سطح زیر کشت 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).

شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیرزنده است، کاهش اثرات محدودکننده تنش شوری، تأثیر مثبتی بر تولید محصولات کشاورزی دارد (Huang et al., 2009). برخی از محققان بیان داشتند که شوری از طریق ایجاد سمیّت در خاک و برهم‌زدن تعادل مواد غذایی محلول در خاک، رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hafsi et al., 2007).

بعضی از گونه‌های کرم‌خاکی به طور خاص در مواد آلی در حال فساد زندگی می‌کنند و می‌توانند این مواد را به ترکیباتی غنی از مواد

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوزی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار علمی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: abdollahbeyk@gmail.com

مغذی قابل دسترس، به عنوان محیط حمایت‌کننده خاک برای رشد گیاه، تبدیل نمایند (Edwards & Bohlen, 1996). ورمی‌کمپوست، نوعی کمپوست است که از تجزیه مواد آلی طی یک فرایند غیرحرارتی، از طریق برهم‌کنش کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود (Sallaku et al., 2009). ورمی‌کمپوست از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت نگه‌داری آب بالایی برخوردار است (Atiyeh et al., 2001). بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و به علاوه دارا بودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای ورمی‌کمپوست است (Atiyeh et al., 2000). گزارش‌ها حاکی از آن است که ورمی‌کمپوست‌ها حاوی مواد بیولوژیکی فعال هستند که همانند مواد تنظیم کننده‌های رشد عمل می‌کنند (Tomati et al., 1987). اضافه کردن مواد اُرگانیک به خاک، باعث افزایش حفره‌های موجود در خاک شده و افزایش گردش هوای مورد نیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم را به دنبال دارد (Rasool, 2007). همچنین کمپوست‌ها باعث افزایش قدرت همبندکردن کلسیم و منیزیم در محلول خاک برای جایگزین کردن سدیم از کمپلکس‌های کاتیونی پیچیده بخصوص در pH قلیایی می‌شوند و در نهایت جذب سدیم خاک‌های شور را کاهش می‌دهند (Gaffar et al., 1992). لخدر و همکاران (Lakhdar et al., 2008) نشان دادند که با کاربرد کمپوست، محتوای کلروفیل و پروتئین و ظرفیت روبیسکو در گونه‌هایی از جو (*Hordeum maritimum* L.) به طور معنی‌داری بهبود یافت و اثرات زیان‌آور تنش شوری بر رشد گیاه محدود شد. در مطالعه‌ای ورمی‌کمپوست اثرات منفی شوری بر فتوسنتز و رشد گیاه تمبر هندی (*Hordeum maritimum* L.) را محدود کرد (Oliva et al., 2008). سالاکو و همکاران (Sallaku et al., 2009) بیان داشتند که با کاربرد ورمی‌کمپوست، مقاومت به شوری به دلیل انباشت کمتر Na^+ و Cl^- در برگ گیاهچه‌های خیار (*Cucumis sativus* L.) می‌باشد، چرا که ورمی‌کمپوست در دسترس بودن K^+ را افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش کارایی فیزیولوژیکی و رشد گیاه می‌شود. بیک خورمیزی و همکاران (Beyk Khurmizi et al., 2010) نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر بهبود تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیا قرمز بیان نمودند که در سطوح پایین شوری تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست و در سطوح شوری بالا نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست تا حدودی اثرات نامطلوب شوری را بر گیاهچه‌های لوبیا کاهش داد.

بدین ترتیب، از آنجا که تنش شوری یکی از مشکلات عمده تولید در بخش کشاورزی کشور و استان خراسان بوده و از طرفی، لوبیا گیاهی بسیار حساس به شوری است، لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کود آلی ورمی‌کمپوست با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد آن بر صفات فتوسنتز، تعرق و کارایی مصرف آب گیاه لوبیا قرمز رقم درخشان در شرایط تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاهان و تیمارهای آزمایشی

به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش شوری بر میزان فتوسنتز، تعرق و کارایی مصرف آب گیاه لوبیا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی[1] با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹، انجام شد. در این مطالعه تأثیر پنج نسبت حجمی ورمی‌کمپوست و ماسه شامل صفر:۱۰۰، ۱۰:۹۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ بر میزان فتوسنتز، تعرّق و کارایی مصرف آب لوبیا قرمز رقم درخشان در چهار سطح شوری شامل ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم به همراه شاهد (صفر)، در شرایط کنترل‌شده (دما: ۳۰°C–۲۵ و نور طبیعی)، انجام شد (سطوح شوری بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب شد). تجزیه شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای لازم از طریق مخلوط نسبت‌های حجمی ورمی‌کمپوست و ماسه تهیه شدند. هر واحد آزمایشی از یک گلدان با ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر و قطر نه سانتی‌متر تشکیل شد و چهار بذر در هر گلدان کاشته شد که پس از اطمینان از سبز شدن به دو گیاهچه تقلیل یافت. به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، در طول دوره رشد از محلول غذایی هوگلند در فواصل معین استفاده شد. گیاهان به مدت دو هفته تا سبز شدن بدون سطوح شوری و پس از این زمان، مطابق تیمارهای آزمایشی (سطوح مختلف شوری) آبیاری شدند. به منظور ثابت نگه‌داشتن مقدار شوری در گلدان‌ها، هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها به وسیله دستگاه EC متر اندازه‌گیری و مرتباً شوری بستر کشت از این طریق کنترل شد.

اندازه‌گیری‌ها: اندازه‌گیری میزان تثبیت CO_2 (A) (فتوسنتز ناخالص)، تعرّق (E) و غلظت CO_2 درون سلول (Ci)، در برگ‌های گیاهان لوبیا در هفته سوم (مرحله گیاهچه‌ای) و هفته ششم (مرحله گلدهی) پس از کاشت، بوسیله دستگاه اندازه‌گیری میزان فتوسنتز (مدل LCA4) انجام شد. A، E و Ci در سطح رویی برگ‌های جوان گیاه و در محدوده دمایی ۳۰°C–۲۵، بین ساعت ۱۲–۱۱ صبح، اندازه‌گیری شدند. کارایی مصرف آب[2] (WUE)، از نسبت میزان تثبیت

1- Randomized Complete Block Design
2- Water Use Efficiency

CO_2 به میزان تعرّق (A/E) محاسبه شد (Ahmed et al., 2002).

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد (Freed, 1988) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای پنج درصد ($p\leq ۰/۰۵$) استفاده شد. نمودارهای مربوطه به وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

تأثیر شوری بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق و کارایی مصرف آب

مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق، کارایی مصرف آب و میزان CO_2 درون سلولی برگ‌های لوبیا در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی داشت. با افزایش تنش شوری، میزان فتوسنتز و میزان تعرّق در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی به صورت معنی‌داری کاهش یافت، به طوری‌که کمترین میزان فتوسنتز و میزان تعرّق در شوری ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم مشاهده شد. در هر دو مرحله، میزان CO_2 درون سلولی در همه سطوح شوری و کارایی مصرف آب در سطوح شوری ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. بر اساس نتایج، میزان فتوسنتز و کارایی مصرف آب در مرحله گلدهی بیشتر از مرحله گیاهچه‌ای بود، در حالی که میزان تعرّق در مرحله گلدهی کاهش شدیدی نسبت به مرحله گیاهچه‌ای داشت. غلظت CO_2 درون سلولی در مرحله گلدهی کاهش یافت که متناسب با افزایش فتوسنتز بود (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 1– Chemical characteristics of vermicompost

نمونه Sample	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	سدیم (درصد) Na (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	فسفر (درصد) P (%)	نسبت کربن:نیتروژن C:N ratio	اسیدیته pH	(درصد) ماده آلی Organic matter (%)
ورمی کمپوست Vermicompost	1.3-1.6	0.6-0.9	0.9-1.5	3.8-4	1.5-2	12-16	8-8.5	35-40

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مربوط به فتوسنتز گیاه لوبیا قرمز رقم درخشان در هفته سوم (مرحله گیاهچه‌ای) و هفته ششم (مرحله گلدهی) بعد از کاشت بذرها تحت تأثیر سطوح مختلف شوری

Table 2- Means comparison of characteristics related to bean photosynthesis features in the third week after planting the seed (seedling stage), and six weeks (flowering stage) at different salinity levels

سطوح شوری (میلی‌مول بر لیتر نمک طعام) Salinity levels ($mmol.l^{-1}$ NaCl)	مرحله گیاهچه‌ای Seedling stage				مرحله گلدهی Flowering stage			
	میزان فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه) Photosynthetic rate (A) ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان تعرّق (میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) Transpiration rate (E) ($mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$)	کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی مول آب) Water use efficiency ($[\mu mol\ (CO_2)]/[mmol\ (H_2O)]$)	غلظت CO_2 درون سلولی (میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه) Intracellular CO_2 ($\mu mol.m^{-2}s^{-1}$)	میزان فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسیدکربن در مترمربع بر ثانیه) Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان تعرّق (میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) Transpiration rate ($mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$)	کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی مول آب) Water use efficiency ($[\mu mol\ (CO_2)]/[mmol\ (H_2O)]$)	غلظت CO_2 درون سلولی (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) Intracellular CO_2 ($\mu mol.m^{-2}s^{-1}$)
0	25.34a*	8.041a	0.0032ab	366.9a	30.51a	3.521a	0.0086bc	364.9a
20	20.80b	6.101b	0.0034a	361.8b	26.72b	2.410b	0.0110a	340.6b
40	18.21c	5.825b	0.0031bc	357.6bc	19.501c	2.153b	0.0090b	335.7b
60	11.55d	4.440c	0.0026c	353.4c	14.01d	1.736c	0.0080c	351.4 b
80	10.78d	4.240c	0.0025d	355.6c	11.56e	1.517c	0.0076d	335.8b

* در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

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

در این رابطه می‌توان گفت که گیاه در مواجهه با تنش شوری روزنه‌های خود را به حالت بسته یا نیمه بسته نگه می‌دارد. بنابراین، به دلیل کاهش مقدار CO_2 درون سلول، تثبیت CO_2 کاهش می‌یابد که این امر نیز باعث کاهش میزان تعرّق شده است. در این شرایط گیاه

مکانیسم‌هایی را به راه می‌اندازد که از آب موجود حداکثر استفاده را بنماید، به همین دلیل است که تا شوری ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کارایی مصرف آب کاهش نمی‌یابد و حتی در شوری ۲۰ میلی‌مول بر لیتر نسبت به شاهد افزایش کارایی مصرف آب مشاهده می‌شود که البته این تفاوت معنی‌دار نیست. با این وجود، با افزایش سطوح شوری کارایی مصرف آب نیز به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. راشکه (Raschke, 1976) بیان کرد که وقتی هدایت روزنه‌ای در واکنش به کمبود آب کاهش می‌یابد، این امر به بهبود کارایی مصرف آب منجر می‌گردد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، در مرحله گلدهی به دلیل افزایش اندازه گیاه، نیاز آبی افزایش می‌یابد. تنش شوری، خشکی ثانویه را در گیاهان القاء می‌کند که نتیجه آن بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش اتلاف آب از روزنه‌ها است. با توجه به اینکه بسته شدن نسبی روزنه‌ها تأثیر بیشتری بر خروج آب تا ورود CO_2 دارد، لذا در این شرایط احتمالاً کارایی مصرف آب افزایش یافته است.

در تنش کم آبی دو گروه عوامل محدودکننده فتوسنتز قرار دارند: **اول**، عوامل محدودکننده روزنه‌ای، بدین صورت که با بسته شدن روزنه‌ها در تنش خشکی، غلظت دی‌اکسیدکربن داخل برگ و انتقال آن به کلروپلاست کاهش می‌یابد و فتوسنتز محدود می‌گردد. **دوم**، عوامل محدودکننده غیرروزنه‌ای که شامل مقدار کلروفیل، کاهش فعالیت و مقادیر آنزیم روبیسکو، مهار سنتز ریبولوز بیس فسفات و کاهش انتقال الکترون فتوسنتزی به فتوسیستم II می‌باشد (Pagter et al., 2005). در شرایط تنش خشکی، روزنه‌ها در گیاه بسته شده و متعاقب آن غلظت CO_2 درون سلولی کاهش و در نتیجه چرخه کالوین مختل شده و محصولات حاصل از واکنش‌های روشنایی (NAPDH و ATP) مصرف نمی‌شود. در چنین شرایطی به دلیل عدم اکسید شدن مولکول NADPH، مصرف $NADP^+$ جهت دریافت الکترون کاهش می‌یابد. بنابراین، مولکول اکسیژن در مسیر زنجیره انتقال الکترون به عنوان پذیرنده الکترون عمل می‌کند و منجر به شکل‌گیری رادیکال سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌گردد (Sairam & Saxena, 2000). فعالیت گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن ممکن است سبب بروز صدماتی همچون اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختمان پروتئین‌ها و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل (SH-) در پروتئین‌ها و غیرفعال‌شدن آن‌ها، بی‌رنگ شدن و یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مانند کلروفیل و سایر ترکیبات رنگیزه‌ای و نیز حمله مداوم به مولکول‌های آلی مثل DNA و در نتیجه اختلال در زنجیره‌های DNA گردد (Mittle, 2002). تنش شوری از طریق تأثیر بر سطح برگ (Munns et al., 1982)، هدایت روزنه‌ای (Zekri & Parsons, 1990)، مقدار کلروفیل (Zayed & Zeid, 1998) و فعالیت آنزیم PEP کربوکسیداز (Levitt, 1980) موجب کاهش میزان فتوسنتز می‌شود. در محیط شور جذب و مصرف آب توسط گیاه کاهش یافته که به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب مربوط می‌شود (Chaudhuri & Chaudhuri, 1998). کاهش مصرف آب همچنین می تواند به دلیل افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در داخل گیاه مانند کاهش تعداد و قطر آوندها (Gadallah & Ramadan, 1997) و یا افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش تعرّق باشد (Ashraf & Oleary, 1997).

تأثیر ورمی‌کمپوست بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق و کارایی مصرف آب

در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق، کارایی مصرف آب و میزان CO_2 درون سلولی برگ‌های لوبیا داشت. در هر دو مرحله، در حضور نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان فتوسنتز مشاهده شد که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) نشان داد. در نسبت‌های زیادتر ورمی‌کمپوست، میزان فتوسنتز کاهش یافت، ولی در مرحله گیاهچه‌ای معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود. در هر دو مرحله مورد بررسی، میزان تعرّق در حضور نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد افزایش نشان داد که این افزایش در مرحله گیاهچه‌ای در تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست و در مرحله گلدهی در نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نسبت به شاهد معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود. در مرحله گیاهچه‌ای، کارایی مصرف آب در نسبت ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار و در نسبت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست، کاهش معنی‌دار نشان داد. در مرحله گلدهی نیز، بیشترین کارایی مصرف آب در حضور ۱۰ درصدی ورمی‌کمپوست مشاهده شد که نسبت به سایر نسبت‌های ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری داشت. میزان CO_2 درون سلولی در مرحله گیاهچه‌ای، در حضور نسبت‌های ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست و در مرحله گلدهی در حضور همه نسبت‌های ورمی‌کمپوست، نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). میزان فتوسنتز در مرحله گلدهی بیشتر از مرحله گیاهچه‌ای بود که این اختلاف در نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست ناچیز بود. به طور کلی، می‌توان گفت که نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست اثرات معکوسی بر میزان فتوسنتز داشت، ولی با گذشت زمان (مرحله گلدهی) اثرات منفی نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست کاهش یافت. این موضوع شاید به این دلیل باشد که ورمی‌کمپوست عناصر غذایی خود را به تدریج آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Roe et al., 1997). افزایش غلظت CO_2 درون سلولی در نسبت‌های بالای ورمی‌کمپوست و از طرفی کاهش میزان فتوسنتز در این شرایط نشان‌دهنده این است که در تیمارهای بالای

ورمی‌کمپوست، کمبود CO_2 دلیل کاهش فتوسنتز نیست، بلکه نسبت‌های بالای کود احتمالاً اثر مخرب روی سیستم فتوسنتزی دارند. میزان تعرّق در هر دو مرحله اندازه‌گیری شده در حضور نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به غیر از مرحله گلدهی و در حضور نسبت ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست، افزایش معنی‌داری نشان داد، این موضوع شاید به دلیل ساختار فیزیکی، شیمیایی و زیستی ورمی‌کمپوست باشد. چرا که ورمی‌کمپوست به دلیل دارا بودن ساختار متخلخل، آب زیادی را در خود نگه می‌دارد (Atiyeh et al., 2001) و از طرف دیگر این کود حاوی میکروارگانیسم‌ها و از جمله میکوریزا هستند (Oliva et al., 2008) که باعث افزایش سطح ورود آب به ریشه می‌شوند و بنابراین با افزایش آب موجود در گیاه، میزان تعرّق نیز افزایش می‌یابد (Elvan, 2001).

در تحقیقات دیگر افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز در حضور نسبت‌های وزنی ۱۰ و ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست بر روی گیاهچه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) توسط گلچین و همکاران (Golchin et al., 2006) گزارش شده است. سالاکو و همکاران (Sallaku et al., 2009) نیز افزایش سرعت فتوسنتز گیاه خیار را در تیمار ورمی‌کمپوست گزارش کردند. به نظر این محققان، ورمی‌کمپوست از طریق افزایش سطح برگ و دریافت نور بیشتر، سنتز بیشتر مواد آلی را سبب می‌شود. آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) علت افزایش سطح برگ توت فرنگی (*Fragaria xananassa* Duch.) در حضور ورمی‌کمپوست را به افزایش جمعیت میکروبی در ورمی‌کمپوست، نسبت دادند. آتیه و همکاران (Atiyeh et al., 2000) افزایش وزن گیاهان گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentom* L.) تیمار شده با ورمی‌کمپوست را به دلیل تغییر در شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و زیستی محیط کشت اعلام نمودند.

برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق و کارایی مصرف آب

برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی بر میزان فتوسنتز، میزان تعرّق، کارایی مصرف آب برگ‌های لوبیا تأثیر معنی‌داری داشت ($p\leq ۰/۰۱$)، ولی تأثیر آن بر میزان CO_2 درون سلولی تنها در مرحله گلدهی معنی‌دار بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مربوط به فتوسنتز گیاه لوبیا قرمز رقم درخشان در سه هفته (مرحله گیاهچه‌ای)، پنج هفته و شش هفته (مرحله گلدهی) بعد از کاشت بذر تحت تأثیر نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست

Table 3- Means comparison of characteristics related to bean photosynthesis features in the third week after planting the seed (seedling stage), and six weeks (flowering stage) at different vermicompost concentrations

مرحله گیاهچه‌ای Seedling stage				مرحله گلدهی Flowering stage				
میزان فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه) Photosynthetic rate (A) ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان تعرّق (میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) Transpiration rate (E) ($mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$)	کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب) Water use efficiency ([$\mu mol\ (CO_2)$]/[$mmol\ (H_2O)$])	غلظت CO_2 درون سلولی (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) Intracellular CO2 ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	میزان فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه) Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان تعرّق (میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه) Transpiration rate ($mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$)	کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میلی‌مول آب) Water use efficiency ([$\mu mol\ (CO_2)$]/[$mmol\ (H_2O)$])	غلظت CO_2 درون سلولی (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) Intracellular CO_2 ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	نسبت ورمی‌کمپوست (حجم بر حجم) Vermicompost ratio (V/V)
16.40c*	4.55d	0.0036b	353.7c	20.15c	2.05c	0.0098b	324.4b	0
26.42a	5.38c	0.0049a	361.8b	26.44a	2.12bc	0.0124a	3525.2a	10
24.07b	5.97d	0.0040b	355.0c	24.16d	2.41b	0.0100b	355.8a	25
12.68d	6.10b	0.0020c	356.7c	21.59c	2.45ab	0.0088c	347.1a	50
11.91d	6.85a	0.0017c	368.1a	19.97c	2.61a	0.0076c	352.1a	75

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

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

درمرحله گیاهچه‌ای، میزان فتوسنتز در شوری ۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، در نسبت ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و در شوری ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، در نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و در سطوح شوری ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، در نسبت ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد (بدون ورمی‌کمپوست) به صورت معنی‌داری افزایش نشان داد. در همه سطوح شوری، میزان تثبیت CO_2 در نسبت ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد کاهش داشت که در سطوح شوری ۲۰ و ۴۰ و ۶۰

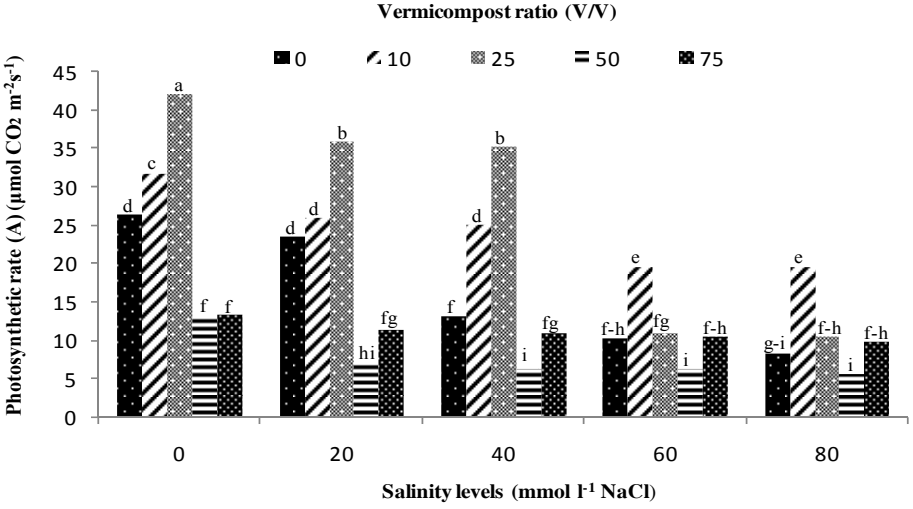
میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، معنی‌دار بود (شکل ۱).

در مرحله گلدهی، میزان تثبیت CO_2 در سطح شوری ۲۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، در تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست و در شوری ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، در نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد (بدون ورمی‌کمپوست) افزایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشت (شکل ۲).

برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان تعرّق در مرحله گیاهچه‌ای (شکل ۳) نشان می‌دهد که میزان تعرّق در شوری ۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم در حضور نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد (بدون ورمی‌کمپوست) افزایش معنی‌داری داشت. در سطوح شوری ۴۰ و ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، نسبت‌های ۲۵ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست و در شوری ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست مورد بررسی، میزان تعرّق را به صورت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) نسبت به شاهد افزایش دادند. در مرحله گلدهی تنها نسبت ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و در شوری ۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، میزان تعرّق را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) افزایش داد. در سایر سطوح شوری، میزان تعرّق در حضور نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

نتایج حاصل از برهم‌کنش تنش شوری و ورمی‌کمپوست بر کارایی مصرف آب نشان می‌دهد که در مرحله گیاهچه‌ای، در سطوح شوری ۲۰ و ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، کارایی مصرف آب در حضور نسبت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد (بدون ورمی‌کمپوست) به صورت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) کاهش نشان داد. در شوری ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، کارایی مصرف آب در تیمار با نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست و در شوری ۶۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم، کارایی مصرف آب در تیمار با ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست، نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) نشان داد.

در شوری ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم نیز کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) و در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست کاهش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشت (شکل ۵). در مرحله گلدهی، کارایی مصرف آب در همه نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف شوری نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) نشان داد. در سطوح شوری پایین (۲۰ و ۴۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم) کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر نسبت‌های ورمی‌کمپوست به صورت معنی‌داری افزایش نشان داد (شکل ۶).

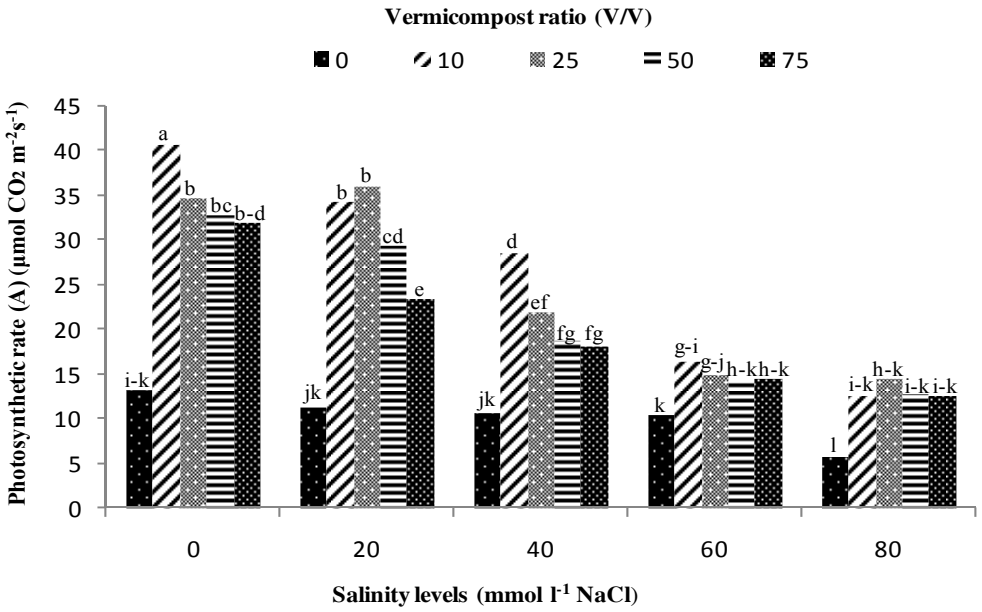


شکل ۱- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان فتوسنتز گیاه لوبیا در مرحله گیاهچه‌ای

Fig. 1– Interaction between vermicompost and salinity levels on photosynthetic rate in seedling stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at p≤0.05 probability level.

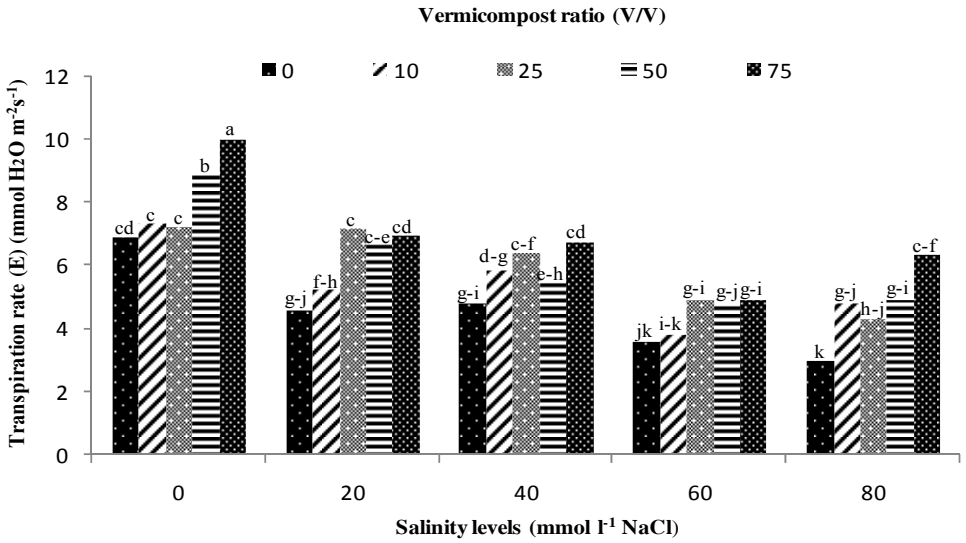


شکل ۲- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان فتوسنتز گیاه لوبیا در مرحله گلدهی

Fig. 2– Interaction between vermicompost and salinity levels on photosynthetic rate in flowering stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at p≤0.05 probability level.

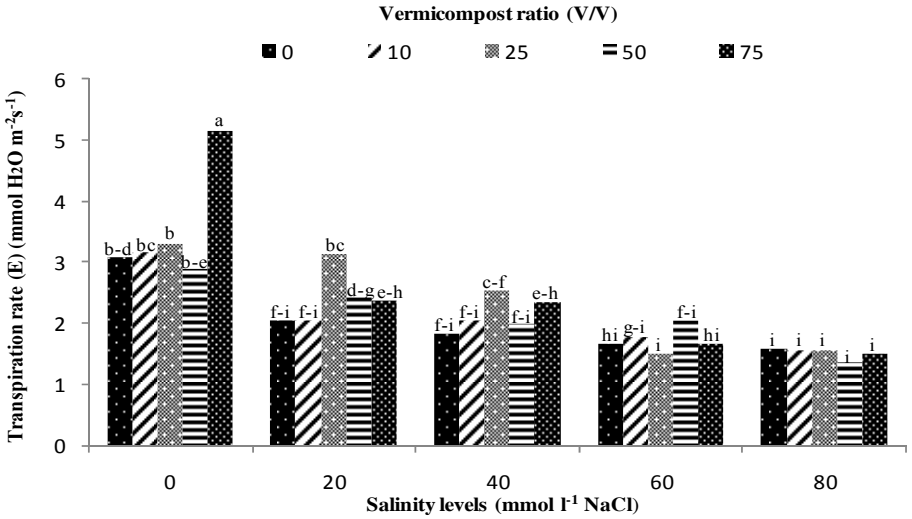


شکل ۳- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان تعرّق گیاه لوبیا در مرحله گیاهچه‌ای

Fig. 3– Interaction between vermicompost and salinity levels on transpiration rate in seedling stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at p≤0.05 probability level.



شکل ٤- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان تعرّق گیاه لوبیا در مرحله گلدهی

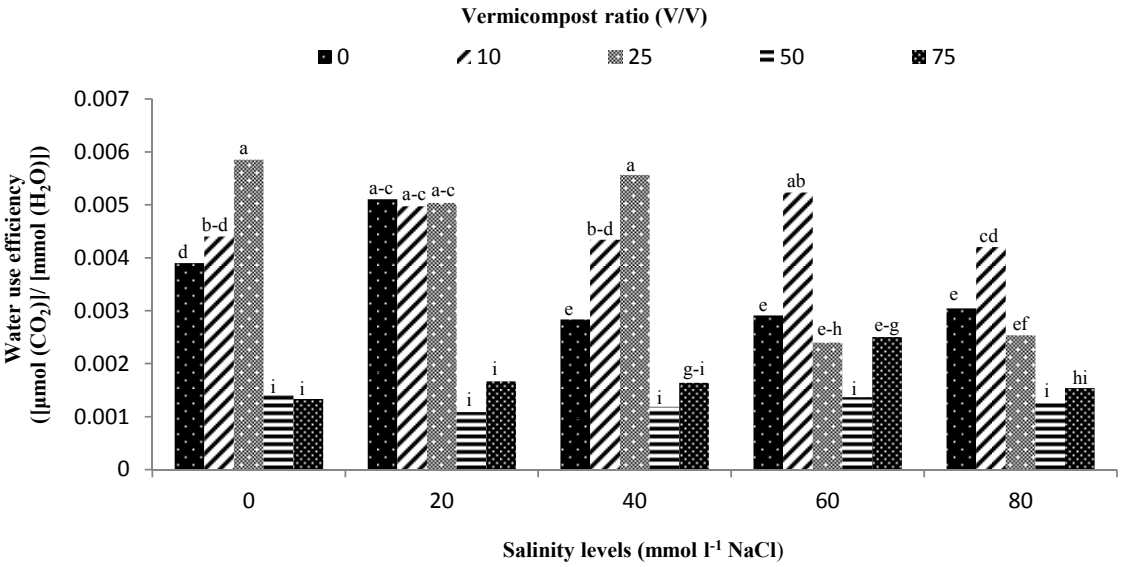
Fig. 4 – Interaction between vermicompost and salinity levels on transpiration rate in flowering stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

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

برهم‌کنش شوری و ورمی‌کمپوست بر میزان CO_2 درون سلولی در مرحله گیاهچه‌ای معنی‌دار نبود. در مرحله گلدهی در شوری‌های ۶۰ و ۸۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم در حضور تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست میزان CO_2 درون سلولی به صورت معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) افزایش یافت، درحالی‌که در سطوح شوری پایین‌تر ورمی‌کمپوست، میزان CO_2 درون سلولی تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۷).

بنابراین، می‌توان چنین بیان کرد که در مرحله گیاهچه‌ای نسبت‌های پائین ورمی‌کمپوست (۱۰ و ۲۵ درصد) و در مرحله گلدهی تقریباً تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست، اثرات منفی ناشی از شوری را بر میزان فتوسنتز گیاه محدود نموده‌اند. الیوا و همکاران (Oliva et al., 2008) بیان کردند که تحمل به شوری گیاهچه‌های رشد کرده در ورمی‌کمپوست، شاید به دلیل وجود مواد آلی در ورمی‌کمپوست باشد که توانایی نگهداری ترکیباتی مانند فلزات سنگین را دارند. بنا بر نظر ماتوس و آرودا (Matos & Arruda, 2003)، مواد هیومیکی موجود در ورمی‌کمپوست دارای ظرفیت جذب بالای فلزات هستند که به دلیل حضور گروه‌های عمل کردی با بار منفی مانند کربوکسیلیک اسیدها و فنولیک اسیدها می‌باشد. همچنین فاکتورهای زیستی مانند قارچ میکوریزا نیز ممکن است در مکانیسم تحمل به شوری گیاهان دخیل باشد. قارچ میکوریزا برای متابولیسم خود به کربوهیدرات‌های گیاه نیاز دارند به همین دلیل احتمالاً تجمع قندها در ریشه‌ها افزایش یافته و قندها نقش اسمولیتی برای بهبود تحمل به تنش ایفاء می‌نمایند (Oliva et al., 2008).

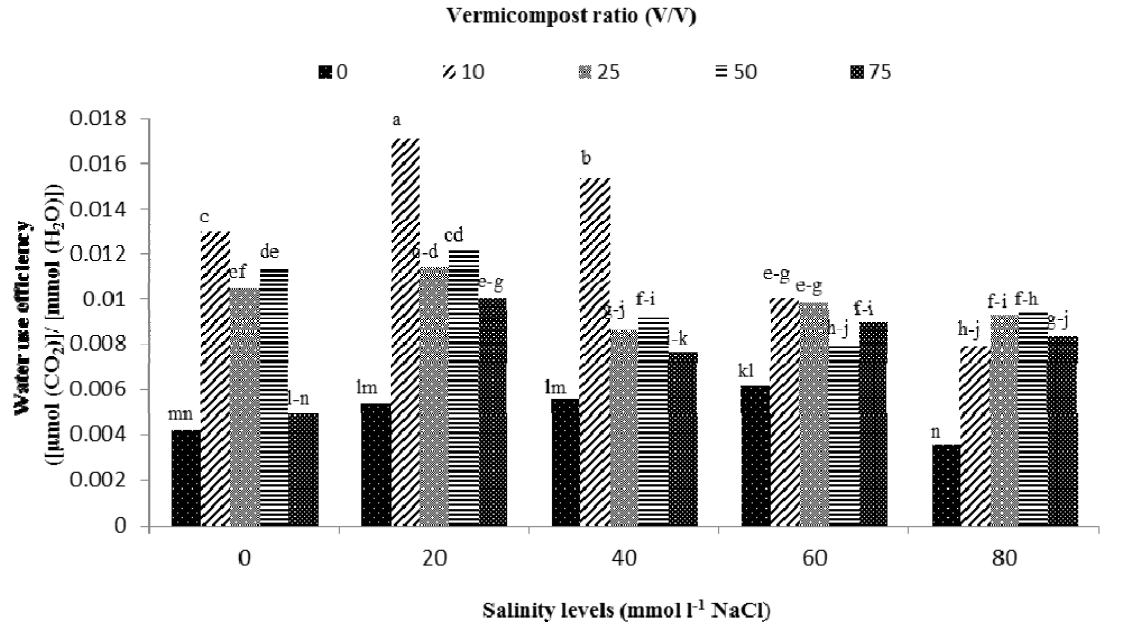


شکل ۵- اثرمتقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری برکارایی مصرف‌آب گیاه لوبیا در مرحله گیاهچه‌ای

Fig. 5– Interaction between vermicompost and salinity levels on water use efficiency in seedling stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at p≤0.05 probability level.

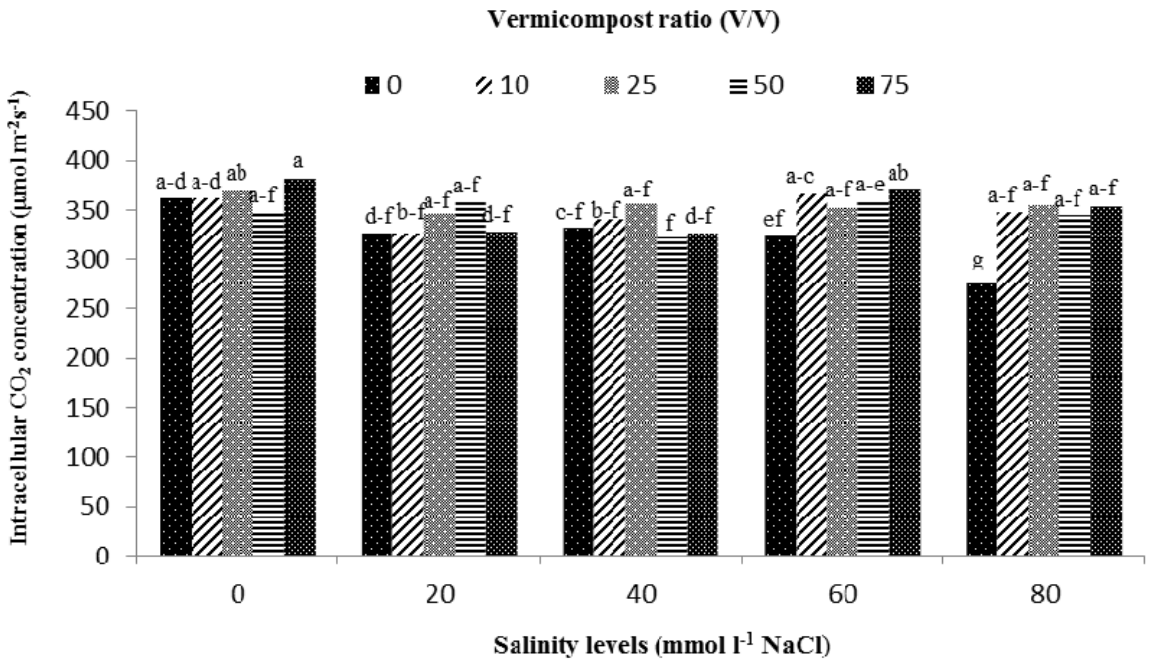


شکل ٦- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر کارایی مصرف آب گیاه لوبیا در مرحله گلدهی

Fig. 6– Interaction between vermicompost and salinity levels on water use efficiency in flowering stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Columns with the same letter(s) are not significantly different at p≤0.05 probability level.



شکل ۷- اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و شوری بر میزان CO_2 درون سلولی گیاه لوبیا در مرحله گلدهی

Fig. 7– Interaction between vermicompost and salinity levels on concentration of intracellular CO_2 in flowering stage of bean

ستون‌های با حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

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

شوری موجب کاهش تجمع نیتروژن در گیاهان می‌شود (Feigin et al., 1991). از طرفی، روبیسکو به همراه آنزیم‌های دیگر چرخه فتوسنتز و ترکیب‌های رنگیزه–پروتئین غشاهای تیلاکوئید سیستم فتوسنتزی اولین تقاضای نیتروژن گیاهان است. بنابراین، فعالیت فتوسنتزی به وضعیت نیتروژن گیاه وابسته است (Stewart, 1991). همچنین کاهش مقدار کلروفیل می‌تواند به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت موادی مانند پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (Rosa-Ibarra & Maiti, 1995). چرا که افزایش تولید پرولین باعث می‌شود تا گلوتامات که پیش‌ماده ساخت کلروفیل و پرولین است، کمتر در مسیر ساخت کلروفیل شرکت کند. گلوتامات نیز از احیاء نیتروژن معدنی و یا هیدرولیز پروتئین‌های ذخیره‌ای حاصل می‌شود. از طرفی، اولین آنزیم بیوسنتز کلروفیل، گلوتامات لیگاز است که شوری از فعالیت آن ممانعت می‌کند. بنابراین، در شرایط شور تولید کلروفیل کاهش می‌یابد (Heidari Sharif Abad, 2001). آینگار و ردی (Iyengar & Reddy, 1996) کاهش سرعت فتوسنتز را در اثر شوری به دلیل عواملی مانند آب‌گیری از غشاهای سلولی و کاهش نفوذپذیری آن‌ها نسبت به CO_2، کاهش جذب نیترات از راه ریشه به دلیل سمّیت ناشی از یون‌های Na^+ و Cl^-، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش در ذخیره CO_2، پیری ناشی از شوری، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها و پس‌خورد منفی ناشی از فعالیت کم مخازن می‌دانند. لخدر و همکاران (Lakhdar et al., 2008) بیان کردند که در اغلب خاک‌های شور، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل رقابت با سدیم پایین است. اضافه کردن کمپوست در چنین خاک‌هایی باعث غنی شدن ریزوسفر با عناصر غذایی ماکرو و میکرو شده و در نتیجه باعث جبران کمبود مواد غذایی می‌شود. چو و همکاران (Chow et al., 1990) نشان دادند که غلظت زیاد پتاسیم در استرومای کلروپلاست برای حفظ توازن فتوسنتز در شرایط شوری ضروری است. کاهش پتاسیم موجب اختلال در جذب مواد و اختلال در تنفس و فتوسنتز می‌شود (Marshner, 1995). همچنین ایندول استیک اسید (IAA[1]) باعث باز نمودن روزنه شد، ولی ABA با اثر برکانال‌های پتاسیمی غشا موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (Blatt & Thiel., 1994). IAA مقاومت در مقابل حرکت آب را در ریشه کاهش می‌دهد و در نتیجه ریشه گیاه را در مقابل کمبود آب و کاهش فشار تورگر حفظ می‌کند (Tal & Imber, 1971). نتایج بررسی‌های بیک خورمیزی و همکاران (Beyk Khurmizi et al., 2010) نیز نشان داد که در سطوح بالای شوری کاربرد ورمی‌کمپوست کاهش نسبی اثرات نامطلوب شوری را بر گیاهچه‌های لوبیا موجب شد.

1- Indol Acetic Acid

بنابراین، از آنجا که ورمی‌کمپوست غنی از عناصر معدنی و هورمون‌های رشد گیاهی از جمله اکسین و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند هومیک اسیدها هستند و از طرف دیگر، به دلیل ساختار فیزیکوشیمیایی خود می تواند اثرات مثبتی بر سیستم فتوسنتزی داشته باشد و اثرات منفی شوری بر فتوسنتز را محدود نماید.

نتیجه‌گیری

در محیط بدون تنش، در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست به صورت معنی‌داری میزان فتوسنتز را بهبود بخشیدند و با افزایش سن گیاه از مرحله گیاهچه‌ای تا گلدهی، میزان فتوسنتز افزایش یافت. کارایی مصرف آب در مرحله گیاهچه‌ای، در نسبت ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست در تمام سطوح مختلف شوری (به استثنای ۲۰ میلی‌مول بر لیتر کلرید سدیم) و در مرحله گلدهی در برهم‌کنش همه نسبت‌های مختلف ورمی‌کمپوست و سطوح مختلف شوری نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. در مرحله گیاهچه‌ای نسبت‌های پائین ورمی‌کمپوست (۱۰ و ۲۵ درصد) و در مرحله گلدهی تقریباً تمام نسبت‌های ورمی‌کمپوست، به صورت معنی‌داری اثرات منفی ناشی از تنش شوری را بر میزان فتوسنتز کاهش دادند. بنابراین، کاربرد نسبت‌های ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست درشرایط تنش و بدون تنش، می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش شوری را بر فتوسنتز و کارایی مصرف آب کاهش دهد.

منابع

1- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. Plant Science 163: 117-123.

2- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

3- Ashraf, M., and O'Leary, J.W. 1997. Responses of a salt-tolerant and a salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. Journal of Plant Nutrition 20: 361-377.

4- 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.

5- Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.

6- Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., and Parsa, M. 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 2(3): 474-485. (In Persian with English Summary)

7- Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. Common Bean: Research for Crop Improvement. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Iran 556 pp. (In Persian)

8- Blatt, M.R., and Thiel, G. 1994. K^+ channels of stomatal guard cells: bimodal control of the K^+ inward-rectifier evoked by auxin. Plant Journal 5: 55-68.

9- Chaudhuri, K., and Chaudhuri, M.A. 1998. Effects of short-term NaCl stress on water relations and gas exchange of two jute species. Biologia Plantarum 40: 373-380.

10- Chow, W.S., Marylin, C.B., and Anderson, J.M. 1990. Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity: Implications of K^+ nutrition for salt tolerance. Australian Journal of Plant Physiology 17: 563-578.

11- Dorri, H.R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein, Iran 46 pp. (In Persian)

12- Edwards, C.A., and Bohlen, P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman and Hall, London E 426 pp.

13- Elvan, L.M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plant. Zagazig journal Agricultural Research 28: 163-172.

14- Feigin, A., Pressman, E., Imas, P., and Milato, O. 1991. Combined effects of KNO_3 and salinity on yield and chemical composition of lettuce and Chinese cabbage. Irrigation Science 12: 223-230.

15- Freed, R.D. 1988. MSTAT-C. Reference manual. In: Freed RD, Eisensmith SP, Everson EH, Webber M, Paul E, Islieb D (eds) Crop and soil sciences, Department, Michigan State University, East Lansing.

16- Gadallah, M.A.A. and Ramadan, T. 1997. Effect of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctorius* L. Biologia Plantarum 39: 411-418.

17- Gaffar, M.O., Ibrahim, Y.M., and Wahab, D.A.A. 1992. Effect of farmyard manure and sand on the performance of sorghum and sodicity of soils. Indian Journal for Society of Soil Science 40: 540-543.

18- Golchin, A., Nadi, M., and Mozzafari, V. 2006. The effects of vermicomposts produced from various organic solid wastes on growth of pistachio seedlings. Acta Horticulturae 726: 301-306.

19- 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* L. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 469-473.
20- Heidari Sharif Abad, H. 2001. Plants and Salinity. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran, Iran. 199 pp. (In Persian)
21- Huang, Y., Zhu, J., Zhen, A.Z., Chen, L., and Bie, Z. 2009. Organic and inorganic solutes accumulation in the leaves and roots of grafted and ungrafted cucumber plants in response to NaCl stress. Journal of Food Agriculture and Environment 7(2): 703-708.
22- Iyengar, E.R.R., and Reddy, M.P. 1996. Photosynthesis in high salt tolerant plants. In: Pesserkali, M. (Ed.). Hand Book of Photosynthesis. Marshal Deker, Baten Rose, USA, 897-909.
23- 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.
24- 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.
25- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses (Physiological Ecology): Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press, New York 698 pp.
26- Marshner, H.1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. London, Academic Press. 889 pp.
27- Matos, G. D., and Arruda, M.A.Z. 2003. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. Process Biochemistry 39: 81-88.
28- Mittle, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Plant Science 7: 405-415.
29- Munns, R., Greenway, H., Delane, R., and GibbsI, J. 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgare* growing at high external NaCl II. Cause of the growth reduction. Journal of Experimental Botany 33: 574-583.
30- 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.
31- Pagter, M., Bragato, C., and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.
32- Raschke, K. 1976. How stomata resolve the dilemma of opposing priorities. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 273: 551-60.
33- Rasool, R., Kukal, S.S., and Hira, G.S. 2007. Soil physical fertility and crop performance as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in rice–wheat system. Soil and Tillage Research 96: 64-72.
34- Roe, N.E., Stoffella, J., and Greatz, D. 1997. Compost from various municipal solid wastes feed stocks affect vegetable crops. II. Growth, yield and fruit quality. Journal of the American Society for Horticultural Science 122: 433-437.
35- Rosa- Ibarra, M.D.L., and Maiti, R.K. 1995. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of Plant Physiology 146: 515-519.
36- 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.
37- 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 7: 869-872.
38- Stewart, G.R. 1991. The comparative ecophysiology of plant nitrogen metabolism. In: Plant growth: interactions with nutrition and environment. Porter, J.R and Lawlor, D.W. (eds). pp: 248, Cambridge University Press.
39- Tal, M., and Imber, D. 1971. Abnormal stomatal behavior and hormonal imbalance in flacca, a wilty mutant of tomato: II. auxin- and abscisic acid-like activity. Plant Physiology 46: 373-376.
40- Tomati, U., Grappelli, A., and Galli, E. 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes, in On Earthworms, A.M. Bonvicini Paglioi and P. Omodeo, Eds., Selected Symposia and Monographs 2, Mucchi Editore, Modena, Italy 423-436.
41- Zayed, M.A., and Zeid, I.M. 1998. Effect of water and salt stresses on growth, chlorophyll, mineral ions and organic solutes contents and enzymes activity in mung bean seedlings. Biologia Plantarum 40: 351-356.
42- Zekri, M., and Parsons, L.R. 1990. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on root distribution, growth, and stomatal conductance of sour orange seedlings. Plant and Soil 129: 137-143.