

تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و پوترسین بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار (*Cucumis sativus* L.)

علی اشرف سلطانی طولارود^{۱*}، کبری عبدالهی^۲ و بهروز اسماعیل پور^۳

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول: ali_soltani_t@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۳)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی استفاده از ورمی کمپوست و پوترسین بر خصوصیات مورفولوژیکی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد گیاه خیار گلخانه‌ای رقم یلدا انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ورمی کمپوست (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی) و محلول پاشی پوترسین (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم پوترسین و ورمی کمپوست موجب بهبود ارتفاع بوته، سطح برگ و ماده خشک شاخساره شد. بیشترین مقدار عملکرد میوه (۲۷۶۰ گرم در بوته) با کاربرد ۴۰ درصد ورمی کمپوست توأم با محلول پاشی ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین به دست آمد. همچنین، کمترین میزان عملکرد میوه (۶۹۸ گرم در بوته) با استفاده ۶۰ درصد ورمی کمپوست بدون محلول پاشی پوترسین مشاهده گردید. محلول پاشی با پوترسین در بسترهای کشت فاقد ورمی کمپوست، در اکثر تیمارها باعث افزایش مقدار رنگیزه‌های مورد مطالعه شد. اما با استفاده از توأم ورمی کمپوست با محلول پاشی پوترسین نتایج متفاوتی به دست آمد. کاربرد ۲۰ درصد ورمی کمپوست در بستر کشت بیشترین تأثیر را در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) داشت. استفاده بیش از ۲۰ درصد ورمی کمپوست به بستر کشت موجب کاهش مقدار این رنگیزه‌های فتوسنتزی بدون محلول پاشی پوترسین نسبت به شاهد شد. افزودن ۴۰ و ۶۰ درصد ورمی کمپوست به بستر کشت باعث افزایش مقدار کلروفیل b نسبت به شاهد گردید. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست به میزان تا ۴۰ درصد حجمی همراه با محلول پاشی ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین در تولید خیار گلخانه‌ای کارآمد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پوترسین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد، کودهای آلی.

مقدمه

غذایی جامعه، جنبه‌های مربوط به کشاورزی اکولوژیک و استفاده از کودهای آلی در تولید این محصول روند رو به رشدی دارد. خیار به دلیل دارا بودن ریشه‌های سطحی نسبت به غلظت بالای املاح

کشت و تولید گلخانه‌ای خیار (*Cucumis sativus* L.) در سال‌های اخیر افزایش داشته است. با توجه به سرانه مصرف زیاد این محصول و تأمین سلامت

تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد چندین محصول باغبانی از جمله گوجه‌فرنگی (Gutie Montes-Molina *et al.*, 2007)، بادمجان (Gajalakshmi & Abassi 2002) و توت‌فرنگی (Arancon *et al.*, 2004) گزارش شده است. اثرات مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست همچنین در تعدادی از گیاهان زینتی نظیر همیشه‌بهار (Arancon *et al.*, 2006)، شمعدانی‌عطری (Chamani *et al.*, 2007) و اطلسی (Chand *et al.*, 2008) گزارش شده است. باید توجه داشت که مصرف سطوح بالای ورمی‌کمپوست در بستر کاشت با وجود افزودن مقادیر زیادی از مواد آلی، به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی نمک باعث افزایش هدایت الکتریکی و شوری خاک می‌شود و از این طریق می‌تواند موجب کاهش رشد گردد (Talaat *et al.*, 2010).

پلی‌آمین‌ها گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که امروزه به‌عنوان هورمون‌های گیاهی شناخته می‌شوند. این مواد از ترکیبات پلی‌کاتیونی با وزن مولکولی پایین می‌باشند که در فرم‌های آزاد به‌عنوان عوامل ضد پیری به‌شمار می‌روند. پوترسین یکی از پلی‌آمین‌های آلفاتیک بسیار رایج است که در تمام سلول‌های گیاهی و در اسیدیت‌های ۶-۵ به‌عنوان یک پلی‌کاتیون کوچک اثر بارزی بر رشد، نمو و پیری دارند (Heby & Persson, 1990). Amin و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تیمار پوترسین سبب افزایش برخی شاخص‌های رشد مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن تر و خشک و درصد اسانس در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شده و بر ترکیبات شیمیایی این گیاه نیز تأثیر مثبتی داشت. نتایج کاربرد محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف پوترسین و تیامین بر روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نشان داد که

ناشی از سطوح بالای کودهای آلی در بستر کاشت حساس می‌باشد که می‌تواند کاهش عملکرد آن را به‌دنبال داشته باشد.

در دهه‌های اخیر، مصرف نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی مشکلات زیست‌محیطی بسیاری ایجاد کرده است. اثرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی تاکنون باعث برهم‌خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش کمی و کیفی عملکرد محصولات و آلودگی منابع آب گردیده است. در حال حاضر، تأمین یارانه‌ای این کودها نیز در شرایط فعلی امکان‌پذیر نیست. لذا پیدا کردن روشی که بتواند از مصرف این کودها بکاهد، ضروری به‌نظر می‌رسد (Acevedo & Pire, 2004).

ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی شامل موادی با ساختمان مناسب شبیه پیت با تخلخل زیاد، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالا و همچنین چگالی ظاهری کم است (Amin *et al.*, 2011). این نهاده آلی، دارای هورمون‌های رشد گیاهی از جمله اکسین، سیتوکنین، جیبرلین، آنزیم‌های پروتاز، آمیلاز، لیپتاز، سلولاز و کیتیناز (Domínguez *et al.*, 2010) و جمعیت بالای میکروبی بوده و عاری از عوامل بیماری‌زا و ریزجانداران مضر است. میزان ترکیبات هوموسی در ورمی‌کمپوست ۴۰-۶۰ درصد بیشتر از کمپوست است (Atiyeh *et al.*, 2001). این کود آلی دارای هومات‌هایی می‌باشد که اثرات مشابهی با هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی داشته و وجود آن‌ها همراه با مواد آلی، رشد گیاه را بیشتر از تغذیه گیاه با کودهای معدنی تحریک می‌کند. بالا بودن میزان عناصر غذایی پرمصرف مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و همچنین دارا بودن عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای کاربرد ورمی‌کمپوست می‌باشد (Arguello *et al.*, 2006).

تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در بهار و تابستان ۱۳۹۳ اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل ورمی کمپوست (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی) و محلول‌پاشی پوترسین (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود.

به‌منظور تولید گیاهچه، بذره‌های گیاه خیار رقم یلدا قبل از کاشت به مدت سه روز خیسانده شد و سپس در گلدان‌های محتوای پیت ماس و پرلایت کشت گردیدند. به‌منظور تولید نشاء‌های با کیفیت، گلدان‌ها به اتاقک‌های رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. یک گیاهچه در مرحله ۴- ۳ برگی به هر یک از گلدان‌های بزرگ با ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۵۰ سانتی‌متر حاوی نسبت‌های حجمی صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی ورمی کمپوست انتقال یافت. محیط کشت پایه در این آزمایش شامل ۷۰ درصد خاک و ۳۰ درصد ماسه بود. دو هفته پس از انتقال نشاء (در مرحله دو برگ حقیقی)، غلظت‌های پوترسین شامل ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار در دو مرحله به فواصل یک و دو ماه پس از کاشت محلول‌پاشی شد. جهت اعمال تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. در طی مراحل رشد، عملیات داشت از جمله آبیاری، وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات، هدایت گیاهان به‌صورت عمودی به‌وسیله قیم و حذف شاخه‌های جانبی انجام شد.

برخی خواص شیمیایی و غلظت عناصر غذایی پرمصرف بسترهای کشت مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این جدول، بسترهای مورد استفاده برای کشت گیاه خیار غیرشور بوده و اسیدیته آن‌ها نسبتاً قلیایی می‌باشد.

محلول‌پاشی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پوترسین بیشترین تأثیر مثبت را بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد این گیاه به‌همراه داشت (Liu et al., 2006). محلول‌پاشی برگ‌گی با پوترسین، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ در بوته، سطح برگ، طول غده، قطر غده، وزن و عملکرد پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) شد و همچنین افزایش کیفیت این گیاه به‌لحاظ میزان قندهای محلول، ترکیبات گوگردی، فنل‌های محلول، اسیدهای آمینه آزاد و رنگدانه‌های فتوسنتزی را موجب گردید. کاربرد پوترسین روی فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد بسیاری از گیاهان مانند نخود فرنگی (Gharib et al., 2005) و بادمجان (El-Tohamy et al., 2008) نقش تنظیم‌کنندگی داشته و باعث بهبود عملکرد می‌شود. Shi و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی روی خیار نشان دادند که پوترسین اثرات محدود کننده کلرید سدیم بر رشد و توسعه ریشه را از طریق کاهش جذب کلرید سدیم و افزایش تجمع پتاسیم در ریشه کاهش می‌دهد. در مجموع کاربرد این ماده در شرایط نامساعد محیطی به‌دلیل تعدیل اثرات تنش و ایجاد مقاومت موجب بهبود رشد می‌شود.

با توجه به نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های غیرزیستی و تأثیر ورمی کمپوست بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، این مطالعه با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف پوترسین بر رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای رقم یلدا در بسترهای حاوی سطوح متفاوت ورمی کمپوست انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و عناصر غذایی موجود در بسترهای کشت مورد استفاده

بسترکشت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)
۲۰ درصد ورمی‌کمپوست + خاک و ماسه	۱/۴	۷/۲۲	۰/۲۳	۰/۸۲	۲/۱۲
۴۰ درصد ورمی‌کمپوست + خاک و ماسه	۲/۵	۷/۳۵	۰/۲۸	۰/۹۸	۲/۸۲
۶۰ درصد ورمی‌کمپوست + خاک و ماسه	۲/۸	۷/۵	۰/۴۶	۱/۱۶	۴/۰۵

شده و بعد از آن با ترازویی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند.

برای سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی، ۰/۲ گرم از بافت برگ با استن ۸۰ درصد هموژن گردید. سپس سوسپانسیون حاصل با استفاده از استن ۸۰ درصد به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتی‌فیوژ شد و در نهایت جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر (مدل Jeanway ساخت کشور ایتالیا) قرائت و مقدار کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها مطابق روابط زیر به دست آمد (Arnon, 1967).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) \text{ V} / 1000 \text{ W} \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) \text{ V} / 100 \text{ W} \quad (۲)$$

$$\text{Chlorophyll t} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad (۳)$$

$$\text{Carotenoids} = (1000a_{470} - 1.82 C_a - 85.02 C_b) / 198 \quad (۴)$$

نیز موجب بهبود تعداد برگ در بوته‌های خیار شد. کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین بالاترین تعداد برگ در بوته را در پی داشت که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۰ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱ ب).

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و پوترسین نشان داد که کاربرد همزمان این دو ماده موجب بهبود ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک شاخساره می‌گردد. بالاترین ارتفاع بوته (۱۴۰ سانتی‌متر) و وزن خشک شاخساره (۴۴۶ گرم در بوته) به ترتیب با استفاده‌ی ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین و ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست و یک

در پایان فصل رشد پس از شمارش تعداد برگ‌ها، سطح برگ در بوته به وسیله دستگاه سطح‌سنج (مدل ADC Bioscientific Ltd، ساخت کشور انگلستان)

اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته به وسیله خط‌کش به دقت اندازه‌گیری گردید. به منظور تعیین عملکرد میوه‌ها برداشت و میانگین وزن میوه‌های هر بوته در طول دوره میوه‌دهی به دست آمد.

برای تعیین وزن خشک شاخساره، بوته‌ها در پایان دوره رشد از ناحیه طوقه قطع و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد خشک

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS var (9.1) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) صورت گرفت.

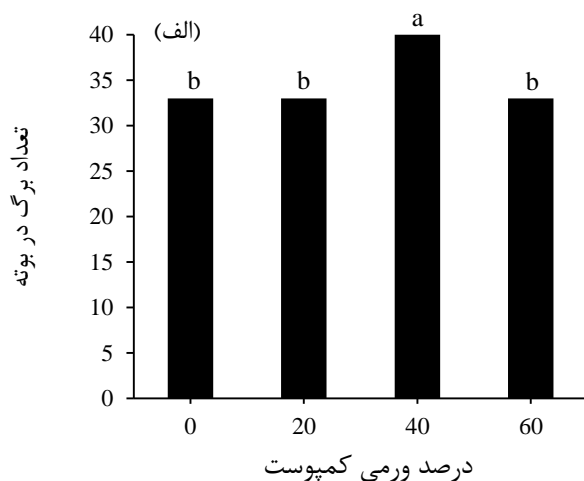
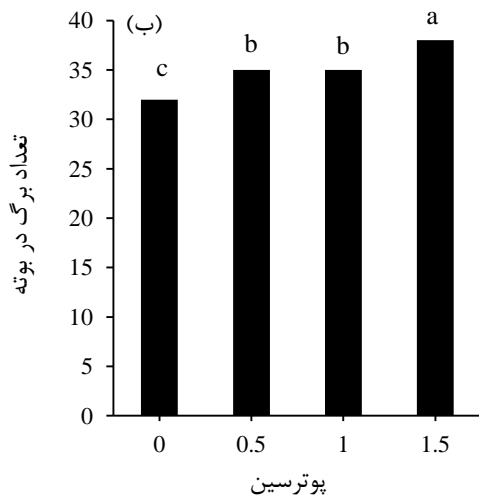
نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش تعداد برگ گردید. به طوری که بیشترین تعداد برگ (۴۰ عدد در بوته) از مصرف ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد (شکل ۱ الف). در این تحقیق کاربرد پوترسین

درصد ورمی کمپوست و یک میلی‌مولار پوترسین به‌دست آمد (جدول ۲).

میلی‌مولار پوترسین ثبت شد. بالاترین سطح برگ نیز با میانگین‌های ۱۵۷ سانتی‌مترمربع در بوته و ۱۵۵ سانتی‌مترمربع در بوته از کاربرد ۲۰ درصد ورمی کمپوست و ۱/۵ میلی‌مولار پوترسین و ۴۰



شکل ۱- تأثیر ورمی کمپوست (الف) و پوترسین (ب) بر تعداد برگ خیار گلخانه‌ای رقم یلدا

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد LSD می‌باشد.

نهایتاً به‌مرور زمان موجب ضعیف‌شدن بنیه‌ی عمومی گیاه می‌شود (Kingsbury & Epstein, 2004). Sallaku و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایش خود مشاهده کردند که کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش سطح برگ خیار می‌شود. Bachman و Metzger (۲۰۰۸) نیز در مطالعه خود بر روی گوجه‌فرنگی، جعفری فرانسوی، فلفل و گل‌گندم نشان دادند که استفاده از ورمی کمپوست بر میزان سطح برگ در هر دو گیاه گوجه‌فرنگی و گل جعفری فرانسوی تأثیر مثبت دارد. Muscolo و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که اثرات ورمی کمپوست بر روی رشد گیاه شبیه به اثرات تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بوده و باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند. در حالی که Sallaku و همکاران (۲۰۰۹) نحوه تأثیر ورمی کمپوست بر رشد گیاه را از طریق اثر بر محصول فتوسنتز و بخش‌های

سطح برگ یکی از ویژگی‌های مورفولوژیکی مهم گیاهان می‌باشد و کاهش این شاخص موجب کاهش رشد گیاه خواهد شد. تحت شرایط کاهش سطح برگ، حتی در صورتی که میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ تغییر نکند، میزان رشد به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه کاهش یافته (Ashraf *et al.*, 2000) و تا مدتی این روند ادامه می‌یابد. وقتی سرعت زوال برگ‌ها بیش از سرعت گسترش آن‌ها باشد مقدار مواد ذخیره‌ای کربوهیدرات گیاه به نسبت کاهش سطح برگ کاهش یافته، در حالی که مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای رشد گیاه به احتمال زیاد افزایش می‌یابد. خصوصاً این‌که با ادامه یافتن رشد ریشه نسبت به ساقه افزایش این نیاز بیشتر شده و در نهایت گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کل گیاه را فراهم آورد. لذا، گسترش سطح برگ متوقف شده و

خشک دارد. El-Tohamy و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثر محلول‌پاشی پوترسین بر روی گیاه بادمجان نشان دادند که تیمار با پوترسین به نوبه خود اثر معنی‌داری بر میزان رشد رویشی و وزن تر و خشک گیاه دارد. Najar و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست در شرایط مزرعه موجب افزایش شاخص‌های رشدی سطح برگ و وزن خشک شاخساره گیاه بادمجان در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

مختلف گیاه مانند برگ، ساقه و ریشه می‌دانستند که سبب تولید مواد فتوسنتزی در برگ شده و همچنین جذب مواد غذایی و آب را توسط ریشه تحریک می‌کند. Anwar و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی بر روی گیاه دارویی ریحان دریافتند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک و ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه نیز تأثیر به‌سزایی در رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده

جدول ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و پوترسین بر ارتفاع بوته، سطح برگ و ماده خشک شاخساره خیار گلخانه‌ای رقم یلدا

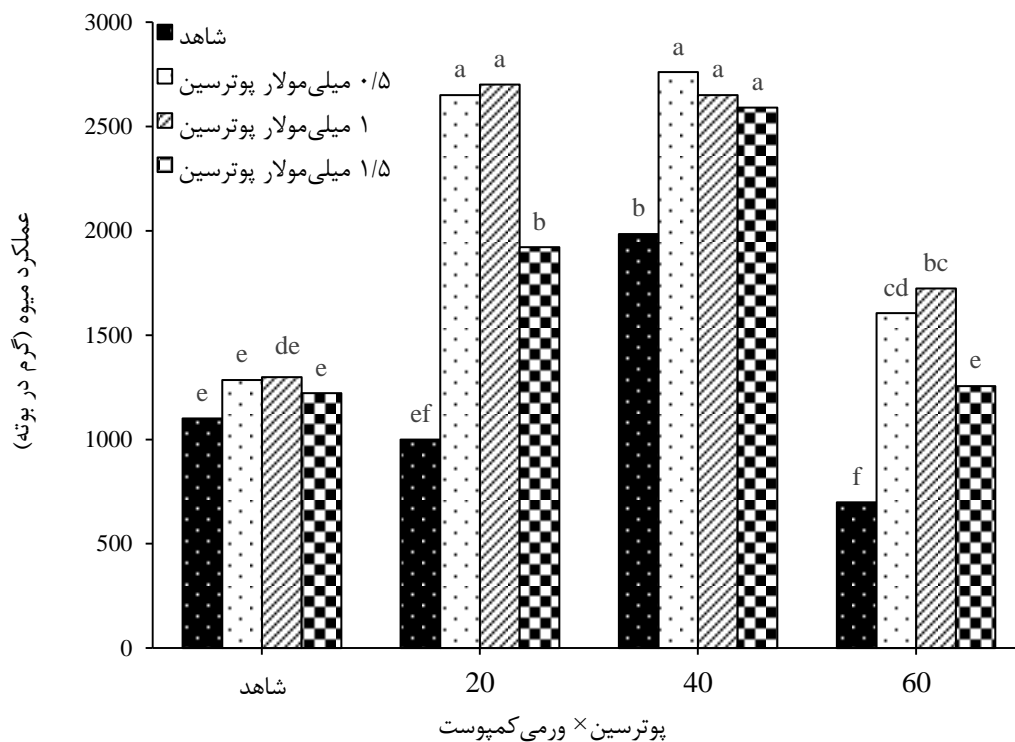
وزن خشک شاخساره (گرم در بوته)	سطح برگ (سانتی مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	پوترسین	ورمی‌کمپوست
۱۷۲/۳ ^{fg}	۱۰۱/۶ ^f	۱۱۷ ^{bc}	شاهد	
۲۵۶/۳ ^{c-f}	۱۲۴/۵ ^d	۱۱۷ ^{bc}	۰/۵ میلی‌مولار	
۳۰۱/۷ ^{b-e}	۱۳۳/۱ ^c	۱۲۳ ^{a-c}	۱/۰ میلی‌مولار	
۱۴۶/۰ ^G	۱۰۶/۳ ^f	۱۳۳ ^{a-c}	۱/۵ میلی‌مولار	
۲۰۷/۳ ^{e-g}	۱۱۴/۰ ^e	۱۱۶ ^{bc}	شاهد	۲۰ درصد
۲۸۴/۷ ^{b-e}	۱۳۰/۲ ^{cd}	۱۳۴ ^{a-c}	۰/۵ میلی‌مولار	
۳۴۷/۳ ^{a-c}	۱۴۲/۳ ^b	۱۳۸ ^{ab}	۱/۰ میلی‌مولار	
۳۸۰/۰ ^{ab}	۱۵۷/۰ ^a	۱۴۰ ^a	۱/۵ میلی‌مولار	
۳۲۲/۳ ^{b-d}	۱۴۳/۳ ^b	۱۱۸ ^{bc}	شاهد	۴۰ درصد
۳۵۵/۰ ^{a-c}	۱۴۶/۳ ^b	۱۳۴ ^{a-c}	۰/۵ میلی‌مولار	
۴۴۶/۰ ^a	۱۵۵/۳ ^a	۱۳۷ ^{a-c}	۱/۰ میلی‌مولار	
۲۵۴/۷ ^{c-f}	۱۰۲/۶ ^f	۱۳۴ ^{a-c}	۱/۵ میلی‌مولار	
۲۳۵/۰ ^{d-g}	۴۴/۵ ^h	۷۹ ^c	شاهد	۶۰ درصد
۲۴۸/۷ ^{c-f}	۱۳۶/۳ ^c	۱۲۶ ^{a-c}	۰/۵ میلی‌مولار	
۲۷۳/۰ ^{c-f}	۱۴۸/۰ ^b	۱۲۸ ^{a-c}	۱/۰ میلی‌مولار	
۲۰۱/۳ ^{e-g}	۵۱/۲ ^g	۱۱۷ ^{bc}	۱/۵ میلی‌مولار	

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد LSD می‌باشد.

عملکرد میوه

استفاده از ورمی کمپوست تا سطح ۴۰ درصد در بستر کشت موجب افزایش عملکرد گیاه خیار گردید. ولی با رسیدن مقدار مصرف این کود آلی به ۶۰ درصد این صفت کاهش یافت. همچنین، محلول پاشی پوترسین تا غلظت ۱ مولار، باعث افزایش عملکرد شد ولی با افزایش بیشتر غلظت آن، عملکرد روند نزولی داشت. تأثیرات پوترسین در تیمارهای مختلف کمی متفاوت بود. به طوری که در سطوح ۲۰ و ۶۰ درصد ورمی کمپوست، محلول پاشی

یک میلی مولار پوترسین بهترین تیمار بود. ولی در ۴۰ درصد ورمی کمپوست، ۰/۵ میلی مولار پوترسین نتیجه بهتری در پی داشت. به طور کلی، بیشترین (۲۷۶۰ گرم در بوته) و کمترین عملکرد (۶۹۸ گرم در بوته) به ترتیب مربوط به گیاهان پرورش یافته در بستر حاوی ۴۰ درصد ورمی کمپوست و محلول پاشی شده با ۰/۵ میلی مولار پوترسین و گیاهان رشد کرده در بستر حاوی ۶۰ درصد ورمی کمپوست و محلول پاشی شده با آب مقطر (شاهد) بود (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر متقابل ورمی کمپوست و پوترسین بر عملکرد خیار گلخانه‌ای رقم یلدا

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد LSD می باشد.

گیاهان ناشی از مصرف ورمی کمپوست در مقایسه با سایر کودهای آلی مربوط به وجود مقادیر بالای تنظیم کننده های رشد، هوموس، عناصر غذایی و جمعیت میکروبی در این کود آلی می باشد. همچنین، ورمی کمپوست به طور غیرمستقیم از

افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست توسط محققین مختلف گزارش شده است (Nazari *et al.*, 2006 ; Arancon *et al.*, 2004). مطالعه پژوهش های انجام شده حاکی از آن است که افزایش عملکرد

پلی‌آمین‌ها را در بهبود اجزای عملکرد گیاه انبه (*Mangifera spp.*) نشان دادند. Amin و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر پوترسین و گلوتامین بر میزان عملکرد گیاه پیاز مشاهده نمودند که بیشترین میزان عملکرد و کیفیت مطلوب این گیاه با محلول پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوترسین حاصل شد.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

در این پژوهش کاربرد ۲۰ درصد ورمی کمپوست در بستر کشت بیشترین تأثیر را در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (به استثنای کلروفیل b) داشت. افزودن ۴۰ و ۶۰ درصد ورمی کمپوست به بسترکشت باعث افزایش مقدار کلروفیل b نسبت به شاهد گردید. در خصوص کلروفیل a و کاروتنوئیدها، افزودن بیش از ۲۰ درصد ورمی کمپوست به بستر کشت موجب کاهش مقدار این رنگیزه‌ها بدون حضور پوترسین نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی با پوترسین در بسترهای کشت فاقد ورمی کمپوست، در اکثر تیمارها باعث افزایش مقدار رنگیزه‌های مورد مطالعه شد. اما در حضور ورمی کمپوست با کاربرد این ماده شیمیایی نتایج متفاوتی به دست آمد. بالاترین مقدار کلروفیل a (۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل b (۰/۳۴ میلی‌گرم بر گرم) به ترتیب در تیمار عدم استفاده از ورمی کمپوست و محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین و مصرف ۴۰ درصد ورمی کمپوست به همراه محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار پوترسین و بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) و کاروتنوئیدها (۷/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) نیز از مصرف ۲۰ درصد ورمی کمپوست و ۱ میلی‌مولار پوترسین به دست آمد (جدول ۵).

در بررسی صورت گرفته توسط Yazdani و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده شد که استفاده از ۲۰ و ۴۰ تن ورمی کمپوست (غنی‌شده) در هکتار باعث افزایش سطح و غلظت کلروفیل برگ گیاه سوبا

طریق تأثیر بر میکروفلور خاک نیز رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این راستا Cavender و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که اضافه نمودن ورمی کمپوست به محیط رشد حاوی پیت، میزان تشکیل کلونی میکوریزا را افزایش داد. Narender و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که کاربرد کود ورمی کمپوست در مقایسه با کود دامی بیشترین تأثیر را بر عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) داشت. این محققان بیان نمودند که ترکیبات کلاتی ورمی کمپوست برای جذب عناصر غذایی نسبت به کود دامی دارای پایداری بیشتری می‌باشد. از طرفی دیگر، میزان غلظت عناصر غذایی در واحد وزن ورمی کمپوست از کود دامی بیشتر است. نتایج پژوهش Gandhi و Sundari (۲۰۱۲) نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست تهیه شده از فضولات دامی و آزولا تحت شرایط گلخانه‌ای موجب افزایش ارتفاع گیاه و تعداد برگ در بادمجان شد. در یک پژوهش Wang و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که کاربرد ورمی کمپوست تحت شرایط گلخانه‌ای موجب بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه و قطر ساقه، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی شد. Degwale (۲۰۱۶) افزایش شاخص‌های رشدی از قبیل تعداد برگ، شاخص سطح برگ، درصد وزن خشک و عملکرد گیاه سیر (*Allium sativum L.*) را در نتیجه استفاده از مقادیر مختلف ورمی کمپوست در شرایط مزرعه نشان داد.

نقش پوترسین در رشد و اجزای عملکرد ممکن است ناشی از نقش محافظتی آن از گیاه در برابر تنش‌های غیرزنده مانند شوری باشد. این ترکیب با تجمع در بافت گیاه سبب ایجاد مقاومت در برابر تنش شده و سبب سازگار شدن گیاهان به محیط خارجی می‌گردد (Iman et al., 2010). در تحقیقی Malik و Singh (۲۰۰۶) نقش مثبت

موجب افزایش شاخص کلروفیل در خیار شد. در یک تحقیق Asghari و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که استفاده از ورمی کمپوست موجب افزایش شاخص کلروفیل و میزان فتوسنتز در گیاه دارویی به‌لیمو (*Aloysia citrodora*) گردید. Faraji و همکاران (۲۰۱۵) افزایش غلظت کلروفیل کل گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis*) را در نتیجه استفاده از پوترسین گزارش نمودند.

(*Glycine max*) در مقایسه با شاهد گردید. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از زوال کلروفیل سبب تأخیر در پیری شده و پوترسین یکی از مؤثرترین پلی‌آمین‌ها در جلوگیری از کاهش کلروفیل است (Abu-*Kpawoh et al.*, 2002). Abdollahi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین همراه با مقادیر مختلف ورمی کمپوست

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم کنش ورمی کمپوست و پوترسین بر رنگدانه‌های فتوسنتزی خیار گلخانه‌ای رقم یلدا

کاروتنوئیدها	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	پوترسین	ورمی کمپوست
----- میلی‌گرم بر گرم وزن تر -----					
۳/۴۷ ^{de}	۰/۷۲ ^{de}	۰/۱۷ ^c	۰/۵۵ ^{d-f}	شاهد	
۵/۵۶ ^b	۱/۰۶ ^a	۰/۰۳ ^{a-c}	۱/۰۳ ^a	۰/۵ میلی‌مولار	
۵/۵۳ ^b	۰/۹۶ ^{b-d}	۰/۲۶ ^{a-c}	۰/۷۰ ^{b-e}	۱/۰ میلی‌مولار	
۵/۰۸ ^{bc}	۰/۷۴ ^{de}	۰/۱۷ ^c	۰/۵۷ ^{d-f}	۱/۵ میلی‌مولار	
۴/۲۰ ^{c-e}	۰/۷۸ ^{de}	۰/۳ ^{a-c}	۰/۵۸ ^{d-f}	شاهد	
۳/۳۸ ^e	۰/۷۰ ^e	۰/۲۱ ^{a-c}	۰/۴۹ ^f	۰/۵ میلی‌مولار	۲۰ درصد
۷/۲۹۴ ^a	۱/۱۶ ^{ab}	۰/۳۳ ^{ab}	۰/۸۴ ^{ab}	۱/۰ میلی‌مولار	
۴/۵۲۸ ^{b-d}	۰/۹۲ ^{b-e}	۰/۲۳ ^{a-c}	۰/۶۹ ^{b-e}	۱/۵ میلی‌مولار	
۳/۵۰ ^{de}	۰/۷۴ ^{b-e}	۰/۲۱ ^{a-c}	۰/۵۳ ^{ef}	شاهد	
۵/۰۱ ^{bc}	۱/۰۰ ^{a-d}	۰/۳۰ ^{a-c}	۰/۷۰ ^{b-e}	۰/۵ میلی‌مولار	۴۰ درصد
۵/۰۷ ^{bc}	۱/۱۲ ^{a-c}	۰/۳۴ ^a	۰/۷۸ ^{b-d}	۱/۰ میلی‌مولار	
۵/۶۸۳ ^b	۱/۱۵ ^{a-c}	۰/۳۳ ^{ab}	۰/۸۲ ^{a-c}	۱/۵ میلی‌مولار	
۳/۱۶۴ ^e	۰/۵۹ ^e	۰/۱۹ ^{bc}	۰/۴۰ ^f	شاهد	
۴/۱۴ ^{c-e}	۰/۸۳ ^{c-e}	۰/۲۴ ^{a-c}	۰/۵۹ ^{d-f}	۰/۵ میلی‌مولار	۶۰ درصد
۷/۱۲ ^a	۰/۸۴ ^{c-e}	۰/۲۴ ^{a-c}	۰/۶۰ ^{c-f}	۱/۰ میلی‌مولار	
۵/۵۲ ^b	۰/۹۵ ^{b-e}	۰/۲۶ ^{a-c}	۰/۶۹ ^{b-e}	۱/۵ میلی‌مولار	

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد LSD می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی با پوترسین در حضور مقادیر متفاوت ورمی‌کمپوست، باعث افزایش صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد گیاه خیار گردید و این افزایش در حضور مقادیر بالای ورمی‌کمپوست در بستر کشت مشهودتر بود. افزایش رشد گیاه در نتیجه کاربرد پوترسین در حضور مقادیر بالای ورمی‌کمپوست می‌تواند به دلیل کاهش اثرات تنش در گیاه توسط این ماده باشد. پیشنهاد می‌شود رشد خیار و دیگر سبزی‌ها در حضور مقادیر بالاتر ورمی‌کمپوست و پوترسین در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای بررسی گردد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش استفاده از سطوح ورمی‌کمپوست تا سطح ۴۰ درصد بستر کشت باعث افزایش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش شاخص‌های مورفولوژیکی و نهایتاً افزایش عملکرد گیاه خیار گردید. در خصوص اکثر صفات مورد بررسی، افزودن ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست به بستر کشت موجب کاهش این صفات و عملکرد خیار شد که دلیل آن می‌تواند تنش وارد شده به گیاه به دلیل افزایش غلظت املاح در نتیجه کاربرد زیاد ورمی‌کمپوست باشد. در این تحقیق

References

- Abdollahi, K., Esmailpour, B., Khorramdel, S., Rastgoo, S. & Parmoon, G. (2017). Effect of vermicompost and putresine application on some biochemical traits and reproductive characteristic of greenhouse cucumber. *Plant Process and Function*, 6, 153-167. (In Farsi)
- Abel, G. H. & Mackenzie, A. J. (2007). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Science*, 4, 157-161.
- Abu-Kpawoh, J. C., Xi, Y. F., Zhang, Y. Z. & Jin, Y. F. (2002). Polyamine accumulation following Hot-water dips influence chilling injury and decay in friar plum fruit. *Food Chemistry and Toxicology*, 67(7), 2649-2653.
- Acevedo, I. C. & Pire, R. (2004). Effects of vermicompost as substrate amendment on growth of papaya (*Carica papaya*). *Interciencia*, 29(5), 274-279.
- Amin, A. A., Gharib, F. A. E., El-Awadi, M. & Rashad, E. M. (2011). Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*, 1, 29, 353-360.
- Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A. & Khanuja, S. P. S. (2005). Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 1737-1746.
- Aracnon, N. Q., Edward, C. A. & Bierman, P. (2006). Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97, 831-840.
- Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermin composts on field strawberries: Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93, 145-153.
- Arguello, J. A., Ledesma, A., Núñez, S. B., Rodriguez, C. H. & Goldfarb M. D. C. D. (2006). Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of rosado paraguay, garlic bulbs. *Scientia Horticulturae* 1, 41(3), 589-592.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.

- Asghari, M., Yoosefi Rad, M. & Masoumi Zavarian, A. (2016). Effects of organic fertilizers of compost and vermicompost on qualitative and quantitative traits of lemon verbena. *Journal of Medicinal Plants*, 2(58), 63-71. (In Farsi)
- Ashraf, M., Bokhari, M. H. & Mehmood, S. (2000). Effect of four different salt on germination and seedling growth of four Brassica species. *Journal of biology*, 65, 551- 602.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwarda, C. A. & Metzger, J. (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78, 11-20.
- Bachman, G. R. & Metzger, J. D. (2008). Growth of bedding plants in potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99, 3755-3761.
- Cavender, N. D., Atiyeh, R. L. & Knee, M. (2003). Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia*, 47, 85-89.
- Chamani, E., Joyce, D. C. & Reihanitabar, A. (2008). Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida*, dream neon rose. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 3, 506-512.
- Chand, S., Pande, P., Prasad, A., Anwar, M. & Patra, D. D. (2007). Influence of integrated supply of vermicompost and zince-enriched compost with two graded levels of iron and zinc on the productivity of geranium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 2581-2599.
- Degwale, A. (2016). Effect of vermicompost on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) in enebse sar midir district, northwestern ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(3), 51-63.
- Domínguez, J., Aira, M. & Gómez Brandón, M. (2010). Vermicomposting earthworms enhance the work of microbes. In: H. Insam, I. Franke-Whittle & M. Goberna, (Eds.), *Microbes at Work: From Wastes to Resources* (pp. 93-114). Springer, Berlin Heidelberg.
- El-Tohamy, W. A, El-Abagy, H. M. & El-Greadly, N. H. M. T. (2008). Studies on the effect of putrescine, yeast and vitamin C on growth, yield and physiological responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2), 296-300.
- Faraji, A., smailpoor, E. Sefidkon, F., Abaszadeh, B. & Khavazy, K. (2015). Effect of salicylic acid and putrescine on growth and essential oil compounds of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4), 709-722. (In Farsi)
- Gajalakshmi, S. & Abassi, 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.
- Gandhi, A. & Sundari, U. S. (2012). Effect of vermicompost prepared from aquatic weeds on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 3, 1-4.
- Gharib, A. A. & Hanafy Ahmed, A. H. (2005). Response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to foliar application of purecine, glucose, foliar feed and silicon. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences*, 30(12), 7563-7579.
- Gutie Montes-Molina, J. A., Nafate, C. C. Abud-Archila, M. Oliva-Llaven, M. A. Rosales, R. R. & Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to

- improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98, 2781-2786.
- Hatch, D. J., Goodlass, G., Joynes, A. & Shepherd, M. A. (2007). The effect of cutting, mulching and applications of farmyard manure on nitrogen fixation in a red clover grass sward. *Bioresource Technology*, 98, 3243-3248.
 - Heby, O. & Persson, L. (1990). Molecular genetics of polyamine synthesis in eukaryotic cells. *Trends in Biochemical Science*, 15, 153-158.
 - Iman, M., Talaat, A. & Iaila, K. (2010). Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to putrescine and trans-cinnamic acid. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8(4), 438-445.
 - Kingsbury, R. W. & Epstein, R. W. (2004). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiology*, 74, 417- 423.
 - Liu, J. H., Honda, C. & Moriguchi, T. (2006). Involvement of polyamine in floral and fruit development. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 40, 51-58.
 - Malik, A. & Singh, Z. (2006). Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. *Scientia Horticulturae*, 110, 167-174.
 - Muscolo, A., Bovalò, F., Gionfriddo, F. & Nardi, D. (2001). Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1303-1311.
 - Najar, I. A., Khan, A. B. & Hai, A. (2015). Effect of macrophyte vermicompost on growth and productivity of brinjal (*Solanum melongena*) under field conditions. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4, 73-83.
 - Narender, P., Malik, T. P. & Mangal, J. (2001). Effect of FYM and vermin compost on potato. Program supplement. Horticulture Art and Science for life XXVI the International Horticulture congress. Toronto. CANADA.
 - Nazari, M. A., Shariatmadari, H., Afyuni, M., Mobli, M. & Rahili, S. (2006). Effect of utilization leachate and industrial sewage sludge on concentration of some nutrient and yield of wheat, barley and corn. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 10, 3, 97-110.
 - Sallaku, G., Ismet, B., Skender, K. & Astrit, B. (2009). The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of food, Agriculture & Environment*, 7, 869-872.
 - Shi, K., Huang, Y. Y., Xia, X. J., Zhang, Y. L., Zhou Y. H. & Yu, J. Q. (2008). Protective role of Putrescine against salt stress is partially related to the improvement of water relation and nutritional imbalance in cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1820-1831.
 - Talaat, I. M. & Balbaa, L. K. (2010). Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to Putrescine and Trans-Cinnamic Acid. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8(4), 438-445.
 - Walker, D. J. & 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.
 - Wang, X. X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y. & Yang, L. (2017). Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-11.

- Yazdani, M., Pirdashti, H., Tajik, M. A. & Bahmanyar, M. A. (2008). Effect of *Trichoderma* spp. and different organic manures on growth and development in soybean [*Glycine max* (L.) Merril.]. *Journal of Crop Production*, 1(3), 65-82. (In Farsi)