به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۰۱-۹۸۹

بهینه‌سازی رشد و عملکرد عروسک پشت‌پرده با کاربرد ورمی‌کمپوست در تراکم‌های مختلف کشت

لیلا تبریزی[۱]*، حسین محمدی[۲] و رضا صالحی[۳]

۱. استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها) و کود ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بر صفات رویشی، عملکرد کمی و کیفی عروسک پشت‌پرده (*Physalis peruviana* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. تیمارهای مورد آزمایش بر بیشتر صفات مورد اندازه‌گیری (قطر طوقه، ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخهٔ جانبی در بوته، وزن خشک بوته، تعداد و وزن میوه در بوته، قطر و وزن تک میوه، وزن کالیکس، عملکرد کل و بازارپسند، اسیدیتهٔ عصاره، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، شاخص‌های رنگ میوه، ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) به‌خصوص صفات کمی تأثیر معناداری گذاشتند، به‌طوری که کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد، وزن میوه در بوته، عملکرد کل و درصد بازارپسندی را به‌ترتیب ۳۷/۳۱، ۳۷/۸۲ و ۱۱/۵۲ درصد افزایش داد. فاصلهٔ بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر نیز به حصول بیشترین مقدار صفات رشدی و عملکرد منجر شد. همچنین اثر متقابل فاصلهٔ بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر همراه با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به حصول بیشترین تعداد میوه در بوته و عملکرد بازارپسند منجر شد. بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب با کاربرد ۱۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، و بیشترین مقدار ویتامین ث، اسید قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول به‌ترتیب در فاصلهٔ کشت ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های رشدی، عملکرد، فاصلهٔ کاشت، کود آلی، میوه.

* نویسنده مسئول Email:

۱. مقدمه

عروسک پشت‌پرده[1] از تیرهٔ بادمجانیان (Solanaceae)، گیاهی گرمسیری و بومی جنوب آمریکاست که قسمت خوراکی آن، میوهٔ ستاره‌ای آن است که با پوششی به نام کالیکس محافظت می‌شود [۳۸، ۲۹ ، ۲۸]. این گیاه اغلب به‌صورت تازه‌خوری و در مواردی به‌صورت فرآوری‌شده مصرف می‌شود. ترکیبات موجود در میوهٔ آن شامل فیسالین‌ها، ویتانولیدها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها از جمله ویتامین ث، بتاکاروتن‌ها، قندها و عناصر معدنی است که سبب افزایش ارزش غذایی این گیاه شده است. این گیاه خواص دارویی متعددی دارد، از جمله ضددیابت، ضدسرطان، درمان هپاتیت، درمان آسم، سرفه، کمک به تصفیهٔ خون در کلیه‌ها و جز آن [۳۷].

ورمی‌کمپوست از لحاظ جمعیت میکروبی، تنوع و فعالیت آنها از دیگر کودهای آلی، غنی‌تر است و دارای جمعیت انبوهی از قارچ‌ها، اکتینومیست‌ها و باکتری‌هاست و نیز قابلیت زیادی در جذب و نگهداری عناصر غذایی دارد و سبب افزایش حاصلخیزی خاک نیز می‌شود [۳۱]. مطالعات متعددی حاکی از اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد برخی گونه‌های گیاهی از جمله میزان رشد و بعضی پارامترهای بیوشیمیایی فلفل[2] [۴]، افزایش ارتفاع، سطح برگ، وزن برگ، وزن میوه، عملکرد، سفتی میوه، ماندگاری و مواد جامد محلول (TSS)[3] در گوجه‌فرنگی[4] [۴۱] و افزایش پارامترهای رشدی فلفل [۳۲] است.

در صورتی گیاه در تراکم مطلوب قرار دارد که همهٔ عوامل و شرایط محیطی (آب، نور، مواد غذایی و فضای زیستی) در دسترس آن قرار گیرد و گیاه بتواند از این عوامل به‌طور کامل استفاده کند. در عین‌حال، رقابت‌های درون‌بوته‌ای و برون‌بوته‌ای باید حداقل باشد تا حداکثر عملکرد به‌دست آید [۱]. تراکم مطلوب بوته به عواملی نظیر رقم، شرایط رشد، نیازهای بازار، قیمت بذر، قیمت فروش محصول، وزن بذر، زمان برداشت، سن فیزیولوژیکی بذر و حاصلخیزی خاک بستگی دارد [۳۹]. تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت (۵، ۱۰ و ۱۸ بوته در متر مربع) و همچنین نوع هرس روی سه واریتهٔ گونه‌ای از عروسک پشت‌پرده (*Physalis ixocarpa* Brot.ex Horm) نشان داد که بیشترین عملکرد در تراکم ۱۸ بوته در متر مربع حاصل شد [۳۶]. فاصلهٔ بین ردیف ۱۰۰ و فاصلهٔ بین بوتهٔ ۳۰ سانتی‌متر برای گونهٔ *Physalis pubescens* مناسب اعلام شد [۳۵]. مقدار اسید آسکوربیک، مواد جامد محلول، بتاکاروتن و لیکوپن هم در ارقام و مراحل مختلف رسیدگی گوجه‌فرنگی متفاوت است و فاصلهٔ کاشت ۴۹ سانتی‌متر بین ردیف نسبت به سایر فاصله‌ها نتیجهٔ بهتری داشته است [۴۳]. فاصلهٔ ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف گوجه‌فرنگی نسبت به دیگر فاصله‌ها به بهبود عملکرد کل، کیفیت و همچنین عملکرد بازارپسند میوه منجر شد [۲۴]. با توجه به اینکه این گیاه به‌تازگی برای کشت‌وکار در ایران در نظر گرفته شده و نظام‌های تولید آن اغلب در گلخانه است، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تراکم و همچنین مقدار کود ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد این گیاه در شرایط مزرعه و ارزیابی عملکرد و صفات کیفی آن بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تراکم و کود ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه عروسک پشت‌پرده، مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۹ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه شرقی و ۳۸ دقیقهٔ

1. *Physalis peruviana* Linn.
2. *apcicum annuum*
3. Total soluble solids
4. *Solanum lycopersicum* L.

شمالی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار درنظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل تراکم‌های مختلف کشت (فاصلهٔ بین ردیف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر) و کود ورمی‌کمپوست (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) بودند. قبل از آزمایش از زمین مورد نظر نمونهٔ خاک تهیه و به‌همراه کود ورمی‌کمپوست ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. برخی خصوصیات خاک مکان آزمایش و ورمی‌کمپوست مورد استفاده

مادهٔ آزمایشی	نیتروژن (٪)	مادهٔ آلی (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	بافت خاک
خاک مزرعه	۰/۰۷	۰/۶۴	۵۴/۶	۳۵۰	۸/۷	۱/۰۳	لومی- رسی
			فسفر (٪)	پتاسیم (٪)			-
ورمی‌کمپوست	۱/۴۹	۲۶/۲۰	۰/۶۱	۰/۷۳	۷/۵۰	۱/۵۸	-

پس از اجرای عملیات خاک‌ورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۴/۵ × ۳ متر ایجاد و جوی و پشته‌ها با توجه به تیمارها در هر کرت آماده شد (فاصلهٔ روی ردیف ۵۰ سانتی متر درنظر گرفته شد)، به‌طوری که هر کرت مربوط به تیمار ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر (فاصلهٔ بین ردیف‌ها)، به‌ترتیب شش، چهار و سه ردیف (جوی و پشته) را شامل می‌شد. بعد از آماده شدن جوی و پشته‌ها، تیمار کودی اعمال شد. به‌منظور آماده شدن زمین برای انتقال نشا (اوایل خرداد)، یک روز قبل از انتقال، آبیاری صورت گرفت و بلافاصله بعد از کاشت نیز برای کاهش تنش روی نشا آبیاری انجام پذیرفت. آبیاری در چند هفتهٔ اول دو بار در هفته و مراحل بعد از آن یک‌بار در هفته انجام گرفت. عملیات وجین نیز با توجه به رشد علف‌های هرز پیوسته صورت گرفت. از زمان کاشت تا برداشت این گیاه هیچ‌گونه آفت یا بیماری مشاهده نشد. یادداشت‌برداری با شروع مرحلهٔ رسیدن میوه‌ها (اوایل شهریور) آغاز شد و فاصلهٔ بین چین‌های مختلف برداشت با توجه به سرعت رسیدن میوه‌ها دو هفته درنظر گرفته شد. در نهایت صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد که شامل موارد زیر بود:

۱.۲. اندازه‌گیری صفات رشدی و عملکرد

در پایان فصل رشد، پس از حذف اثر حاشیه، از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و سپس تعداد شاخهٔ جانبی در بوته، قطر طوقه و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد؛ در نهایت بوته‌ها در آون ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس اندازه‌گیری وزن خشک آنها انجام گرفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ در اواسط دورهٔ رشد، ۱۰ برگ از هر یک از بوته‌ها جدا شد و با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ (Area Meter CI-202) سطح برگ‌ها اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان سطح تک‌برگ مربوط به هر کرت ثبت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد با توجه به اینکه رسیدن میوه‌ها تدریجی بود و از ابتدای رسیدن میوه‌ها تا پایان آزمایش چهار چین صورت گرفت، مجموع وزن میوه‌ها در چهار چین، عملکرد کل درنظر گرفته شد. عملکرد بازارپسند نیز به‌همین صورت محاسبه شد و میوه‌های با قطر بیشتر از ۱۵ میلی‌متر، میوه‌های بازارپسند درنظر گرفته شدند. برای اندازه‌گیری تعداد، وزن و قطر میوه‌ها پس از رسیدن میوه‌ها تعداد آنها یادداشت شد و

سپس ۱۰ میوه از مجموع میوه‌های رسیدهٔ هر بوته به‌طور تصادفی انتخاب و وزن هر یک از میوه‌ها (همراه و بدون کالیکس[1]) با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد؛ قطر هر یک از میوه‌ها نیز با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد.

۲.۲. اندازه‌گیری صفات کیفی

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، اسیدیتهٔ عصاره و اسید قابل تیتراسیون (TA)[2] که با استفاده از روش حسینی [۲۱] انجام گرفت، ابتدا آب میوه‌های مربوط به هر تیمار با استفاده از آبمیوه‌گیر دستی گرفته شد. برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر[3] دستی استفاده شد و مقدار مواد جامد محلول برحسب بریکس[4] یادداشت شد. درصد اسید قابل تیتراسیون (اسید سیتریک) و pH با روش تیتراسیون سود ۰/۲ نرمال و با استفاده از دستگاه پی‌اچ متر (Seven Easy pH, Metter Toledo AG, 8603 Schwerzenbach, Switzerland) اندازه‌گیری شد و درصد اسید قابل تیتراسیون با استفاده از معادلهٔ ۱ محاسبه و ثبت شد:

$$A = \frac{S.N.E}{C} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

در این رابطه، A مقدار اسید در عصارهٔ میوه (گرم اسید غالب میوه (اسید سیتریک) در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصارهٔ میوه)، S مقدار سود مصرف‌شده (میلی‌لیتر)، N نرمالیته سود (۰/۲ نرمال)، E اکی‌والان اسید مورد نظر (۰/۰۶۴ برای اسید سیتریک) و C مقدار عصارهٔ میوه (میلی‌لیتر) است.

۳.۲. ویتامین ث

برای اندازه‌گیری مقدار ویتامین ث (اسید آسکوربیک) از روش تیتراسیون با ید و یدور پتاسیم استفاده شد. در نهایت ویتامین ث برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و با استفاده از معادلهٔ ۲ به‌دست آمد [۳]:

(۲)

$$\text{میلی گرم ویتامین C در 100 گرم نمونه} = \frac{0.88 \times \text{حجم محلول یدیدور پتاسیم مصرفی}}{\text{میزان عصاره صاف شده میوه}}$$

۴.۲. شاخص‌های رنگ میوه

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ از دستگاه رنگ‌سنج مینولتا[5] (مدل CR-200) استفاده شد و در نهایت شاخص کروما[6] و هیو[7] از a^* (مقدار a بیانگر محوری است که یک طرف آن نشان‌دهندهٔ رنگ سبز (-) و طرف دیگر نشان‌دهندهٔ رنگ قرمز (+) است) و b^* (مقدار b بیانگر محوری است که یک طرف محور، نشان‌دهندهٔ رنگ آبی (-) و طرف دیگر محور نشان‌دهندهٔ رنگ زرد (+) است) و با استفاده از معادله‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند [۲۱]:

(۳)

$$\text{زاویه هیو } (h^\circ) = \arctan(b^*/a^*)$$

(۴)

$$\text{کروما (Chroma)} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

۵.۲. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل براساس روش کولکارنیر و آرادیا [۲۵] با کمی تغییر و با استفاده از ۲ و ۲-دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل[8] ۰/۱ میلی‌مولار صورت گرفت و سپس جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد که بیانگر مقدار DPPH باقی‌مانده است. فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH توسط عصاره که

1. Calix
2. Titratable acid
3. Refractometer
4. Brix (گرم قند موجود در ۱۰۰ گرم عصارهٔ میوه)

5 . Minolta
6 . Chroma
7 . Hue
8 . 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH)

معیاری از میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی عصاره است، مطابق معادلهٔ ۵ محاسبه شد:

(۵)

$$\text{درصد ظرفیت آنتی اکسیدانی} = \frac{\text{قرائت نمونه}}{\text{قرائت شاهد}} \times ۱۰۰$$

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱۲) و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. شاخص‌های رشد

۱.۱.۳. سطح برگ، تعداد شاخهٔ جانبی در بوته، قطر طوقه، ارتفاع و وزن خشک بوته

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) که اثرهای سادهٔ ورمی‌کمپوست و تراکم بر صفات سطح برگ، تعداد شاخهٔ جانبی در بوته، قطر طوقه، ارتفاع و وزن خشک بوته معنادار بود ($P\leq ۰/۰۱$ و $P\leq ۰/۰۵$) اما اثرهای متقابل تیمارها بر هیچ یک از صفات مذکور معنادار نبود.

کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را بر سطح تک‌برگ، قطر طوقه، تعداد شاخهٔ جانبی در بوته، ارتفاع بوته و وزن خشک بوته داشت (جدول ۲)، اگرچه در مورد سطح تک‌برگ، تعداد شاخهٔ جانبی در بوته و ارتفاع بوته بین کاربرد ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست تفاوت معناداری مشاهده نشد. توسعهٔ انشعابات گل جعفری[1] و همیشه‌بهار[2] به‌دلیل فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه توسط ورمی‌کمپوست و در نتیجه رشد بهتر و توسعهٔ ریشه در خاک و در پی آن، افزایش رشد و افزایش شاخهٔ فرعی بود [۹]. دلیل افزایش وزن خشک گیاه، تغییر عناصر غذایی خاک به شکل قابل جذب برای گیاه در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست عنوان شد [۴۵].

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین برخی صفات رویشی گیاه عروسک پشت‌پرده تحت تأثیر تراکم کشت و کاربرد ورمی‌کمپوست

تیمار		سطح تک‌برگ (mm^{-2})	تعداد شاخهٔ جانبی در بوته	قطر طوقه (mm)	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک بوته (g)
ورمی‌کمپوست (t/ha)	۰	۴۶۳۸/۶۰^{b}	۱۰/۱۸^{b}	۲۲/۷۷^{c}	۷۴/۷۴^{b}	۳۵۹/۵۳^{c}
	۵	۴۷۸۶/۲۷^{ab}	۱۱/۶۶^{a}	۲۵/۰۸^{b}	۷۹/۵۵^{ab}	۳۷۴/۵۴^{bc}
	۱۰	۴۸۸۵/۲۷^{a}	۱۱/۵۱^{a}	۲۶/۵۴^{ab}	۸۱/۰۷^{ab}	۴۳۴/۶۲^{ab}
	۱۵	۴۹۰۲/۱۹^{a}	۱۱/۸۸^{a}	۲۷/۰۹^{a}	۸۴/۵۱^{a}	۴۸۹/۱۶^{a}
فاصلهٔ بین ردیف‌ها (cm)	۵۰	۴۲۲۷/۶۰^{c}	۸/۸۹^{c}	۱۹/۲۴^{c}	۶۸/۶۳^{c}	۱۹۰/۱۷^{c}
	۷۵	۴۹۳۴/۳۶^{b}	۱۱/۶۹^{b}	۲۷/۵۳^{b}	۷۹/۹۱^{b}	۴۸۱/۹۹^{b}
	۱۰۰	۵۲۴۷/۲۹^{a}	۱۳/۳۶^{a}	۲۹/۳۳^{a}	۹۱/۳۶^{a}	۵۷۱/۲۳^{a}

در هر ستون مربوط به هر تیمار، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معناداری ندارند ($P\leq ۰/۰۵$).

1 . *Tagetes erecta*

2 . *Calendula officinalis* L.

تأثیر تراکم بر این صفات نیز نشان داد که تراکم ۱۰۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها بیشترین تأثیر را بر این صفات داشته است. در زمینهٔ اثر تراکم بر ارتفاع بوته در گیاهان گوجه‌فرنگی [۱۴ ، ۶] و فلفل [۴۶] نتایج مشابهی به‌دست آمد. همچنین نتایج مشابهی در گیاه فلفل با تعداد شاخهٔ جانبی در بوته گزارش شد [۲۷ ، ۲۳]. کاهش ارتفاع و تعداد ساقهٔ جانبی در تراکم‌های بیشتر ممکن است به‌دلیل افزایش رقابت بین گیاهان برای دستیابی به رطوبت و مواد غذایی باشد. سطح برگ، وزن خشک برگ و اندام هوایی فلفل شیرین نیز با افزایش تراکم بوته کاهش داشت که علت آن کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ بیان شد [۲۲]. به‌طور کلی، کاهش رشد و عملکرد در تراکم‌های بیشتر، به‌دلیل افزایش رقابت بین گیاهان و تأثیر منفی بر فرایند فتوسنتز و همچنین کمبود عناصر غذایی است، به‌طوری که نور کم سبب بسته شدن سلول‌های روزنه می‌شود و درنتیجه جذب دی‌اکسیدکربن کاهش پیدا می‌کند که در نهایت تأثیر منفی بر فرایند فتوسنتز خواهد گذاشت [۲۰]. از طرف دیگر، با افزایش تراکم که در نتیجهٔ آن گیاه ممکن است دچار کمبود آب شود، گیاه در پاسخ به کمبود آب سلول‌های روزنه خود را برای جلوگیری از تعرق آب می‌بندد که نتیجهٔ آن کاهش دی‌اکسید کربن در سلول‌های روزنه و در نهایت کاهش فتوسنتز و ساخت‌وساز خواهد بود [۱۳].

۲.۳. صفات مربوط به عملکرد

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تراکم بر کلیهٔ صفات مربوط به عملکرد و میوه از جمله تعداد و وزن میوه در بوته، قطر و وزن تک‌میوه، وزن کالیکس، عملکرد کل و بازارپسند معنادار شد ($P\leq ۰/۰۱$). همچنین تیمار ورمی‌کمپوست بر تعداد و وزن میوه در بوته، عملکرد کل و بازارپسند اثر معناداری گذاشت ($P\leq ۰/۰۱$)، اما بر صفاتی نظیر وزن تک‌میوه، وزن کالیکس و قطر میوه اثر معناداری نداشت. از طرف دیگر، اثرهای متقابل تیمارها تنها در دو صفت تعداد میوه ($P\leq ۰/۰۱$) و عملکرد بازارپسند ($P\leq ۰/۰۵$) معنادار شد. بیشترین مقدار وزن میوه در بوته، عملکرد میوه و درصد بازارپسندی با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد، به‌طوری که نسبت به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست به‌ترتیب ۳۷/۳۱، ۳۷/۸۲ و ۱۱/۵۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

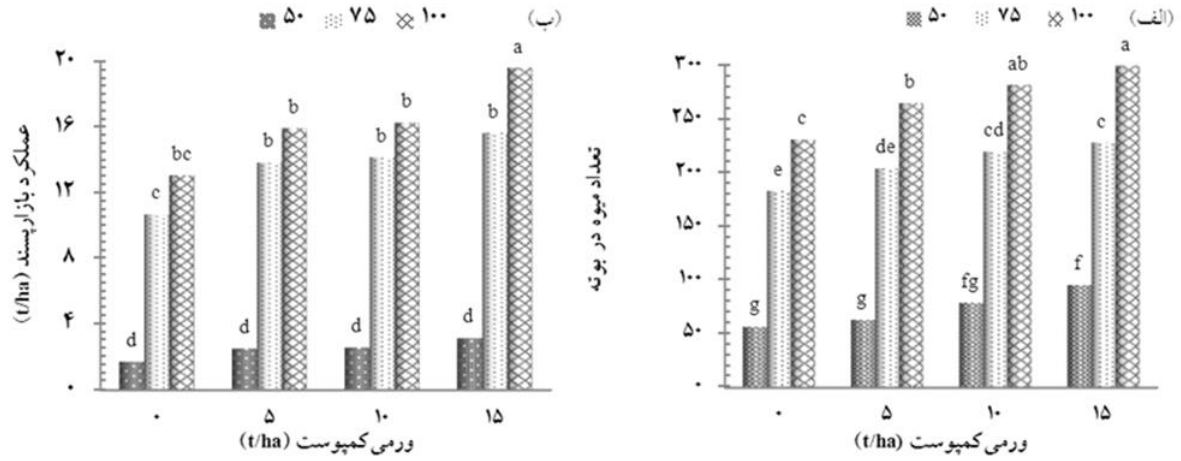
جدول ۳. مقایسهٔ میانگین صفات مربوط به عملکرد گیاه عروسک پشت‌پرده تحت تأثیر تراکم کشت و کاربرد ورمی‌کمپوست

تیمار		وزن میوه در بوته (g)	عملکرد کل (t/ha)	درصد بازارپسندی
ورمی‌کمپوست (t/ha)	۰	۴۷۸/۸۷^{c}	۱۱/۵۰^{c}	۶۵/۴۷^{b}
	۵	۵۵۵/۸۷^{b}	۱۳/۴۲^{b}	۷۰/۹۹^{a}
	۱۰	۵۷۹/۶۵^{b}	۱۳/۹۹^{b}	۷۲/۴۷^{a}
	۱۵	۶۵۷/۵۷^{a}	۱۵/۸۵^{a}	۷۲/۹۹^{a}
فاصلهٔ بین ردیف‌ها (cm)	۵۰	۱۳۸/۶۵^{c}	۵/۵۴^{c}	۴۴/۳۸^{c}
	۷۵	۶۳۴/۲۴^{b}	۱۶/۹۱^{b}	۸۰/۱۸^{b}
	۱۰۰	۹۳۱/۰۹^{a}	۱۸/۶۲^{a}	۸۶/۸۹^{a}

در هر ستون، مربوط به هر تیمار، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معناداری براساس آزمون دانکن ندارند ($P\leq ۰/۰۵$).

تـأثیر مثبـت ورمـی‌کمپوسـت بـر رشـد بسـیاری از محصولات باغبـانی شـامل گوجـه‌فرنگـی [۱۹، ۱۸ ، ۱۰] ، فلفل [۸ ، ۷] و بادمجان[1] [۱۷] مشاهده شد. به‌نظر می‌رسـد اثـر مثبـت ورمـی‌کمپوسـت بـر افـزایش رشـد رویشـی و همچنین عملکرد گیـاه احتمـالاً هـم بـه‌دلیـل تـأثیر آن بـر خصوصیات شیمیایی و افزایش ترکیبات هوموسی خـاک و تأثیر مستقیم بر فراهمی عناصـر غـذایی بـرای گیـاه و هـم به‌دلیـل نقـش ورمـی‌کمپوسـت در تحریـک فعالیـت‌هـای بیولوژیک خاک و در پی آن، تولید مواد شبه‌هورمونی و اثر آن بر فیزیولوژی رشد و بهبـود آن مـی‌توانـد باشـد. نتـایج برخی مطالعات حاکی از افزایش اسیدیته در نتیجهٔ افـزایش ترکیبات هیومیک، طی فراینـد هضـم و تجزیـهٔ مـواد آلـی توسط کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست اسـت [۴۲ ، ۳۴]. همچنین تشدید فعالیت‌های بیولوژیک خاک سبب تحریک تولید تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شوند [۱۰]. ازاین‌رو بـه‌نظـر می‌رسد ورمی‌کمپوست با تأمین عناصر غذایی مناسب برای گیاه در ایجاد تعادل میان رشد رویشی و زایشی و افـزایش تعداد ساقه‌های فرعی گل‌دهنده در طی فصـل رشـد، تـأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد داشته است.

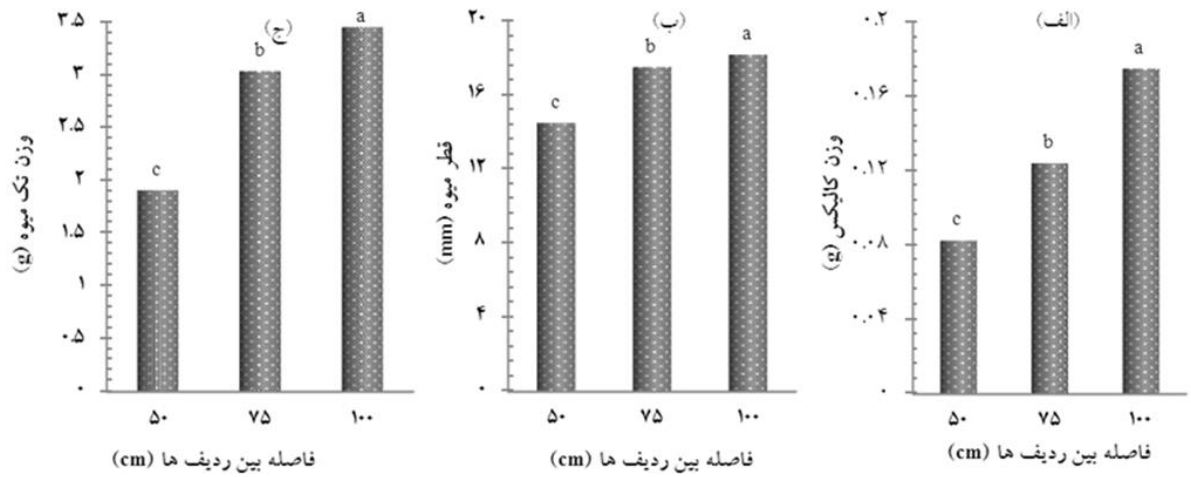
از بین فواصل مختلف بین ردیف‌ها نیز، کمترین تـراکم (۱۰۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها)، بهتـرین نتیجـه را در همهٔ صفات مربوط به عملکرد نشان داد. همچنـین اثرهـای متقابل تراکم و ورمی‌کمپوست بـر تعـداد میـوه در بوتـه و عملکرد بازارپسند معنادار شد، به‌طوری که بیشترین مقـدار این صفات در فاصلهٔ بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌دسـت آمـد (شـکل ۱). نتایج میانگین وزن تک‌میوه، وزن کـالیکس و قطـر میـوه را تحت تأثیر تراکم نشان مـی‌دهـد کـه بـا توجـه بـه شـکل بیشترین مقدار این صفات در تراکم ۱۰۰ سانتی‌متـر فاصـلهٔ بین ردیف‌ها دیده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱. تعداد میوه در بوته (الف) و عملکرد بازارپسند (ب) گیاه عروسک پشت‌پرده تحت اثرهای متقابل تراکم کشت و ورمی‌کمپوست [1]

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معناداری ندارند (P≤۰/۰۵).

1 . *Solanum melongena* L.



شکل ۲. میانگین وزن کالیکس (الف)، قطر (ب) و وزن تک‌میوه (ج) در گیاه عروسک پشت‌پرده تحت تأثیر تراکم کشت

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معناداری ندارند (P≤۰/۰۵).

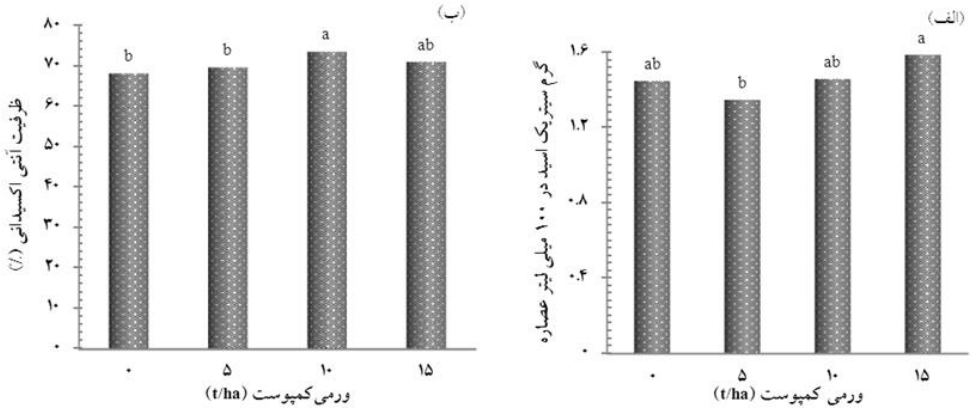
تراکم‌های کمتر (فاصلهٔ بین ردیف‌ها ۱۰۰ و فاصلهٔ روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر) در فلفل دلمه‌ای سبب افزایش وزن میوه در بوته، ارتفاع و تعداد شاخهٔ جانبی می‌شود [۵] که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد؛ اما این محققان برخلاف نتایج تحقیق حاضر، بیشترین عملکرد کل را در تراکم‌های بیشتر (فاصلهٔ بین ردیف‌ها ۵۰ و فاصلهٔ روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) و کمترین عملکرد کل را در تراکم‌های کمتر گزارش کردند. با افزایش فاصلهٔ بین بوته‌ها، میانگین طول و قطر میوه افزایش و میانگین وزن هر میوه با کاهش فاصلهٔ کاشت، کاهش یافت [۳۰]. در زمینهٔ افزایش وزن میوه در بوته روی فلفل [۳۳ ، ۱۱]، خربزه [۱۲] و گوجه‌فرنگی [۶] نتایج مشابهی به‌دست آمد که دلیل آن را رقابت کمتر برای مواد غذایی، فضای فیزیکی و آب در تراکم‌های کمتر دانستند. با توجه به اینکه بازارپسندی این میوه در این تحقیق در رابطه با قطر میوه بوده است و قطر میوه تحت تأثیر تراکم قرار گرفته در تراکم‌های کمتر که قطر میوه بیشتر بود، بازارپسندی نیز بیشتر از دیگر تراکم‌ها محاسبه شد.

۳.۳. صفات کیفی

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به صفات کیفی نشان داد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) که تیمار ورمی‌کمپوست تنها روی اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد اثر معناداری داشت و بر دیگر صفات اثر معناداری نداشت. همچنین اثر تراکم بر مواد جامد محلول، اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون و ویتامین ث به‌ترتیب در سطح احتمال ۱، ۵ و ۱ درصد اثر معناداری گذاشت و بر دیگر صفات کیفی معنادار نشد. همچنین اثرهای متقابل تراکم و ورمی‌کمپوست بر صفات کیفی معنادار نشد.

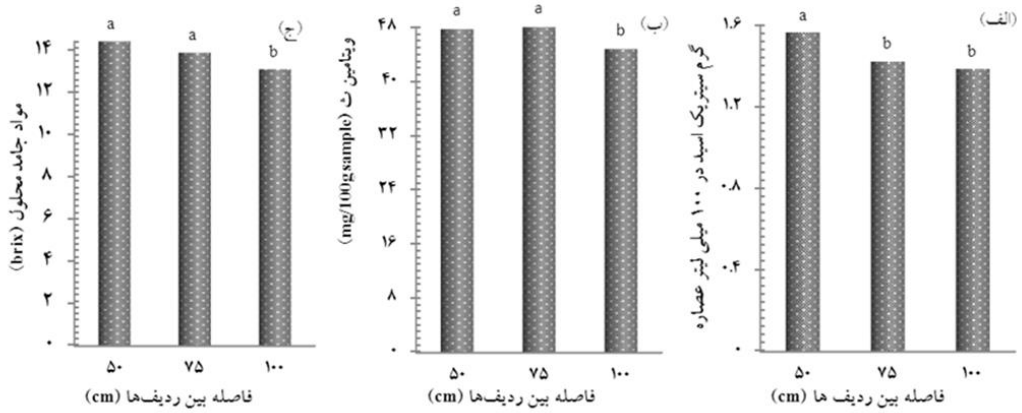
مقایسهٔ میانگین صفات کیفی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون (۱/۶۳ گرم سیتریک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۳/۳۴ درصد) به‌ترتیب در تیمار ۱۵ و ۱۰ تن در هکتار مشاهده شد (شکل ۳). بیشترین اسید قابل تیتراسیون نیز در بیشترین تراکم دیده شد که در مورد این صفت بین فواصل ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۴ – الف). ویتامین ث نیز تحت تأثیر تیمار تراکم قرار گرفت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۷۵

سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها مشاهده شد، اگرچه بین ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۴ – ب). همچنین اثر تراکم بر مواد جامد محلول به این صورت بود که بیشترین مقدار این صفت (۱۴/۴۰ بریکس) در بیشترین تراکم (۵۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها) دیده شد، اگرچه بین ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۴ – ج). برخی از محققان در مطالعه‌ای در مقایسهٔ اثر نظام کشت کم‌نهاده و رایج در تولید فلفل به این نتیجه رسیدند که کاربرد نهاده‌های آلی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه به‌روش دی. پی. اچ. تأثیر معنادار نداشته است و استفاده از روش‌های دیگر برای سنجش فعالیت این ترکیبات را توصیه کرده‌اند [۱۶]. نتایج تحقیق بر روی مارچوبه[1] بیانگر تأثیر معنادار ورمی‌کمپوست بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه است [۴۰] و نتایج مشابهی نیز در کاربرد کود دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست روی *Andrographis paniculata* گیاه دارویی بومی آسیای شرقی به‌دست آمده است [۴۴].



شکل ۳. میانگین اسید قابل تیتراسیون (الف) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (ب) تحت تأثیر ورمی‌کمپوست در گیاه عروسک پشت‌پرده

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معناداری ندارند (**P≤۰/۰۵**).



شکل ۴. میانگین اسید قابل تیتراسیون (الف)، ویتامین ث در نمونه تر (ب) و مواد جامد محلول (ج) تحت تأثیر تراکم کشت در گیاه عروسک پشت‌پرده

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معناداری ندارند (**P≤۰/۰۵**).

1. *Asparagus racemosus*

تراکم و کود ورمی‌کمپوست بر صفات کیفی می‌تواند اثرهای متفاوتی داشته باشد. برای مثال، مقدار ویتامین ث در گیاه فلفل در تراکم‌های کمتر (۱۰۰ × ۳۰ سانتی‌متر) بیشتر است. همچنین افزایش کاربرد کود نیتروژن ویتامین ث را افزایش می‌دهد [۵]، درحالی که نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کود ورمی‌کمپوست اثر معناداری بر ویتامین ث نداشت. در تحقیق دیگری، تراکم بوته گیاه فلفل روی ویتامین ث، pH و مواد جامد محلول اثر معناداری نداشت [۲] که در مورد ویتامین ث و pH نتایج مشابه نتایج تحقیق حاضر بود. همچنین کاهش تراکم بوته سبب افزایش ویتامین ث می‌شود که دلیل آن را کاهش رقابت و افزایش فتوسنتز در تراکم‌های کمتر و در نتیجه افزایش تولید کربوهیدرات بیان کردند [۴۳]. آبیاری کمتر یا دور آبیاری زیاد نیز سبب افزایش ویتامین ث می‌شود که با توجه به اینکه در تراکم‌های بیشتر به‌دلیل رقابت بین بوته‌ها کمبود آب بیشتر دیده می‌شود، ویتامین ث در تراکم‌های بالاتر، بیشتر خواهد بود. اگرچه افزایش شدت نور می‌تواند سبب افزایش مقدار ویتامین ث شود [۲۶ ، ۱۵]. از طرف دیگر، می‌توان دلیل بیشتر بودن مواد جامد محلول در تراکم‌های بیشتر را نیز کمبود آب دانست که در نتیجهٔ آن غلظت مواد جامد محلول در میوه افزایش می‌یابد.

۴. نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق حاضر، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز خاک و گیاه عروسک پشت‌پرده با کاربرد ۱۵ تن در هکتار سبب افزایش عملکرد کمی – کیفی گیاه در مقایسه با دیگر تیمارها شد. به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در بهبود رشد و عملکرد گیاه عروسک پشت‌پرده است. به‌نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست به‌دلیل افزایش جمعیت و تنوع میکروبی دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است که آن را به یکی از بهترین گزینه‌های جایگزین کودهای شیمیایی بدل کرده است. بیشترین عملکرد در تراکم ۱۰۰ سانتی‌متر فاصلهٔ بین ردیف‌ها به‌دست آمد که دلیل آن رقابت کمتر بین گیاهان بود؛ درنتیجه تعیین تراکم مناسب به‌منظور بهره‌وری مطلوب از انرژی تابشی، رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک و افزایش کارایی مصرف آب برای دستیابی به عملکرد بیشتر، ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرف دیگر، علی‌رغم محدودیت در مطالعات موجود و نیاز برای تحقیقات بیشتر، شواهد موجود این امید را که حرکت به‌سوی کشاورزی ارگانیک کیفیت و از جمله مقدار آنتی‌اکسیدان را در بسیاری از مواد غذایی و گیاهی افزایش خواهد داد، تقویت می‌کند.

منابع

۱. خواجه‌پور م ر (۱۳۷۹) اصول مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. اصفهان. ۳۸۶ ص.

۲. صیفی س، نعمتی س ح، شور م و عابدی ب (۱۳۹۰) بررسی اثر تراکم و هرس بوته بر خصوصیات کیفی میوه در دو رقم فلفل شیرین. علوم باغبانی. ۲۵(۲): ۱۹۴-۲۰۰.

۳. ماجدی م (۱۳۷۳) روش‌های آزمون شیمیایی مواد غذایی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران. ۱۰۸ ص.

4. Adhikari S and Gantayet P (2012) Studies on the influence of organic fertilizers on the growth and some biochemical parameters of chili (*Capsicum annum* L.). Studies. 7(2): 255-258.

5. Aminifard MH, Aroiee H, Ameri A and Fatemi H (2012) Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). African Journal of Agricultural Research. 7(6): 859-866.

6. Ara N, Bashar MK, Begum S and Kakon SS (2007) Effect of spacing and stem pruning on the growth and yield of tomato. International Journal of Sustainable Crop Production. 2(3): 35-39.

7. Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh R and Metzger JD (2004) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology. 93: 139-144.

8. Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD and Lucht C (2005) Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia. 49(4): 297-306.

9. Atiyeh RM, Arancon N, Edwards CA and Metzger JD (2002) The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology. 81: 103-108.

10. Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S and Metzger JD (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.

11. Cavero J, Ortega Gill R and Gutierrez M (2001) Plant density affects yield components and colour of direct-seed paprika pepper. HortScience. 361(1): 76-79.

12. Dean B, Goreta S and Borosic J (2006) Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. HortScience. 109: 238-243.

13. Devlin RM and Witham FH (1983) Plant Physiology, 4th Edn. Belmont, CA, USA: Wadsworth Publishing Company.

14. Elattir H (2002) Plant density effects on processing tomato growing in Morocco. Acta Horticulturae. 613: 197-200.

15. Fernando C and Alisdair RF (2006) Metabolic regulation underlying tomato fruit development. Journal of Experimental Botany. 57(9): 1883-1897.

16. Flores P, Hellin P and Fenoll J (2009) Effect of manure and mineral fertilization on pepper nutritional quality. Journal of the Science of Food and Agriculture. 89(9): 1581-1586.

17. Gajalakshmi S and Abbasi SA (2004) Neem leaves as a source of fertilizer-cum-pesticide vermicompost. Bioresource Technology. 92: 291-296.

18. Gutiérrez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Montes Molina JA, Nafate CC, AbdudArchila M, Oliva Laven MA, Rincón-Rosales R and Deendoven L (2007) Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresource Technology. 98: 2781-2786.

19. Hashemimajd K, Kalbasi M, Golchin A and Shariatmadari H (2004) Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. Journal of Plant Nutrition. 6: 1107-1123.

20. Hatutale G (2010) The effect of plant population and mulching on green pepper (*Capsicum annum* L.) production under irrigation. Doctoral dissertation, M.Sc. Dissertation, University of the Free State, Bloemfontein.

21. Hosseini SZ (2003) Methods of Food Analysis. University of Shiraz Publishing. 220p.

22. Jolliffe PA and Gaye MM (1995) Dynamics of growth and yield component responses of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) to row covers and population density. Scientia Horticulturae. 62(3): 153-164.

23. Jovicich E and Cantliffe DL (2002) Spanish pepper trellis system and high plant density can increase fruit yield, fruit quality and reduce labour in a hydroponic passive ventilated greenhouse. In VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate. Product and Innovation. 588: 255-261.

24. Kitila M, Belew D, Mohammed A and Getachew Y (2012) Effect of intra-row spacing and variety on fruit yield and quality of fresh market tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under Jimma condition, Ethiopia. Ethiopian Journal of Applied Science and Technology. 3(1): 32-42.

25. Kulkarni AP and Aradhya SM (2005) Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chemistry. 93: 319-324.

26. Lee SK and Kader AA (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology. 20(3): 207-220.

27. Majnoun Hosseini N (2010) Effects of plant density and nitrogen rates on the competitive ability of canola (*Brassica napus* L.) against weeds. Agricultural Science and Technology. 8: 281-291.

28. McCain R (1993) Goldenberry Passionfruit and White Sapote Potential Fruits for Cool Subtropical Areas. In New Crops. New York. Pp. 479-486.

29. Morton JF (1987) Cape gooseberry in Fruits of Warm Climates Creative Resource Systems. Winterville. NC., Pp. 430-434.

30. Muhammad A and Singh A (2007) Intra-row spacing and pruning effects on fresh tomato yield in Sudan Savanna of Nigeria. Journal of Plant Sciences. 2(2): 153-161.

31. Nagavallemma KP, Wani SP, Lacroix S, Padmaja VV, Vineela C, Rao MB and Sahrawat KL (2004) Vermicomposting. Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agroecosystems Report No. 8.

32. Narkhede SD, Attarde SB and Ingle ST (2011) Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chilli pepper plant (*Capsicum annum*). Applied Sciences in Environmental Sanitation. 6(3): 327-332.

33. Nasto TH, Balliu A and Zeka N (2009) The influence of planting density on growth characteristics and fruit yield of peppers (*Capsicum annuum* L.). Acta Horticulturae. 830: 906-912.

34. Parthasarathi K, Balamurugan M and Ranganathan LS (2008) Influence of vermicompost on the physico-chemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop-blackgram. Environmental Health Science and Engineering. 5(1): 51-58.

35. Peixoto N, Peixoto FC, Vaz UL, Neri SCM and Monterio JG (2010) Plant growth and production of husk tomato depending on organic fertilization and mulching. Horticultura Brasileira. 28: 370-372.

36. Ponce Valerio JJ, Peña-Lomeli A, Rodríguez-Pérez JE, Mora-Aguilar R, Castro-Brindis R and Magaña Lira N (2012) Pruning and plant density in three varieties of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) grown under greenhouse conditions. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 18(3): 325-332.

37. Puente LA, Pinto-Monoz CA, Castro ES and Cortes M (2011) *Physalis peruviana* Linnaeus the multiple properties of a highly functional fruit, A review. Food Research International. 44: 1733-1740.

38. Ramadan MF and Moersel JT (2003) Oil goldenberry (*Physalis perviana* L.). Agricultural and Food Chemistry. 51: 969-974.

39. Rykbost KA and Maxwell J (1993) Effects of plant population on the performance of seven varieties in the Klamath Basin of Oregon. American Potato. 70(6): 463-474.

40. Saikia LR and Upadhyaya S (2011) Antioxidant Activity, phenol and flavonoid content of some less known medicinal plants of Assam. International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2(2): 457-463.

41. Singh B, Pathak K, Boopathi T and Deka B (2010) Vermicompost and NPK fertilizer effects on morpho-physiological traits of plants yield and quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) vegetable. Crops Research Bulletin. 73: 77-86.

42. Srikanth K, Srinivasamurthy CA and Siddaramappa RVR (2000) Direct and residual effect of enriched compost, FYM, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisol. Journal of the Indian Society of Soil Sciences. 48(3): 496-499.

43. Tabasi A, Nemati H and Akbari M (2013) The effects of planting distances and different stages of maturity on the quality of three cultivars of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). Notulae Scientia Biologicae. 5(3): 371-375.

44. Upadhyaya S, Mahanta JJ and Saikia LR (2011) Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of a medicinal herb *Andrographis paniculata* (Burm. F.) Nees grown using different organic manures. Pharmacy Research. 4(3): 614-616.

45. Vadiraj BA, Siddagangaia H and Narayana P (1998) Effect of vermicompost on the growth and yield of turmeric. South Indian Horticulture. 46: 176-179.

46. Viloria DEZA, Arteaga DER and Diaz Torrealba L (2002) Growing of pepper (*Capsicum annuum*) in response to different levels of NPK and sowing density. Journal of Horticultural Sciences. 72(8): 1062.