اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی در تولید گلخانه‌ای گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

سیده محبوبه یوسفی شیاده[۱]، ویدا چالوی*[۱] و ستاره زنگی[۲]

(تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱)

چکیده

برگ استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) شیرین‌کننده‌ای قوی، طبیعی و بی‌کالری است که در صنایع غذایی و نوشیدنی به‌جای شکر کاربرد دارد. در روزهای کوتاه‌تر از ۱۳ ساعت، استویا به گل رفته و ماده شیرین برگ‌هایش کاهش می‌یابد و در دماهای کم، گیاه خزان می‌کند. برگ‌های شیرین استویا را می‌توان با تنظیم طول مدت روشنایی و دما در تمام طول سال در گلخانه تولید نمود. این پژوهش به‌صورت آزمایشی فاکتوریل، با ۲ فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها شامل ۳ دوره روشنایی (روزهای طبیعی کوتاه زمستان، شب‌شکنی با یک و نیم ساعت روشنایی در نیمه شب و روز بلند) و ۳ سطح ورمی‌کمپوست (صفر ، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) به عنوان بستر کشت بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، گل‌دهی فقط در گیاهان شاهد نگهداری شده در روزهای کوتاه طبیعی زمستان، مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد برگ در تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰٪ به همراه تیمار شب‌شکنی اندازه‌گیری شد. در همین تیمار، بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید حاصل شد. در حالی که در این تیمار، میزان کلروفیل b کاهش یافت. بنابراین، در این آزمایش، با افزایش طول روز یا شب‌شکنی، گیاهان استویا در فاز رویشی نگه‌داشته شدند و افزودن ورمی‌کمپوست در سطح ۲۰٪ به محیط کشت، رشد بهتر گیاهان و افزایش عملکرد برگ را سبب شد.

واژه‌های کلیدی: طول روز، عملکرد برگ، شیرین‌کننده طبیعی، کود بیولوژیک

مقدمه

استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) از خانواده *Asteracea*، گیاهی علفی، چندساله و بومی پاراگوئه و برزیل است و برگ آن به‌عنوان یک شیرین‌کننده طبیعی بدون کالری برای بیماران دیابتی و پیشگیری از چاقی کاربرد دارد. گلیکوزیدهای دی‌ترپنی به‌نام استویوزاید (Stevioside)، عامل اصلی ایجاد طعم شیرین در عصاره برگ استویا می‌باشد. میزان شیرینی استویوزاید تا ۳۰۰ برابر شکر تخمین زده شده است (۱۴). تقاضای جهانی برای استویا در حال افزایش است و ضروری است که مطالعات بیشتری برای بهینه‌سازی شرایط پرورش این گیاه صورت گیرد. از جمله عوامل مهم در پرورش استویا، تغذیه گیاه و فراهم نمودن عوامل محیطی مناسب هستند.

استفاده از کودهای بیولوژیک به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی یکی از ارکان سیستم کشاورزی پایدار است. ورمی‌کمپوست یکی از کودهای بیولوژیک است که از ضایعات آلی به کمک گونه‌های معین کرم خاکی (Eisenia fetida) تولید می‌شود. ورمی‌کمپوست ماده‌ای بی‌بو، با ظرفیت نگه‌داری زیاد آب، و دارای مقادیر مناسب عناصر غذایی قابل دسترس است و نیز متابولیت‌های میکروبی موجود در آن ممکن

۱. گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. شرکت اولین سبزآوران خزر، محمودآباد
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: v.chalavi@sanru.ac.ir

است به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه عمل کنند (۱۷).

با وجود انجام مطالعات فراوان در مورد آثار مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در رشد گیاهان مختلف، تاکنون مطالعه‌ای در مورد کاربرد ورمی‌کمپوست به‌عنوان بستر کشت گیاه استویا انجام نشده است. به‌عنوان نمونه، افزودن ورمی‌کمپوست در بستر کشت گیاه دارویی بابونه و رازیانه باعث افزایش جذب عناصر غذایی و فتوسنتز و شاخص‌های رشد در این گیاهان شد (۱). در پژوهشی دیگر، کاربرد ۱۵٪ وزنی ورمی‌کمپوست به‌عنوان بستر کشت، بیشترین عملکرد گیاه دارویی بابونه آلمانی را تولید نمود که علت آن، وجود عناصر غذایی قابل جذب در ورمی‌کمپوست ذکر شده است (۱۲). کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری رشد رویشی و زایشی توت‌فرنگی را در مقایسه با شاهد افزایش داد (۹).

علاوه بر تغذیه گیاه، شرایط محیطی هم از عوامل تعیین‌کننده برای پرورش محصولات گیاهی هستند. بهترین شرایط محیطی برای پرورش استویا، هوای مرطوب همرا با دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد. در کشت‌های گلخانه‌ای می‌توان با تنظیم دما در تمام طول سال محصول تولید نمود. علاوه بر شرایط ذکر شده، گیاه استویا در روزهای کمتر از ۱۳ ساعت به گل رفته و گل‌دهی سبب کاهش چشمگیر در میزان محصول برگ و کم شدن کمی وکیفی گلیکوزیدها خواهد شد. با افزایش مصنوعی طول روز به حدود ۱۴- ۱۶ساعت و یا با روشنایی در نیمه شب به مدت کوتاه (شب‌شکنی بین حدود ۱۵ دقیقه تا یک ساعت) می‌توان گیاه استویا را در فاز رویشی نگه‌داشت و وزن خشک برگ و میزان قند موجود در برگ‌های استویا را افزایش داد (۲۰). در کشورهای مناطق گرمسیری مانند مالزی، معمولاً دما و رطوبت مناسب برای پرورش استویا فراهم است. ولی طول روز کمتر از ۱۳ ساعت باعث می‌شود استویا به گل رود و در نتیجه عملکرد و میزان مواد قندی آن کاهش یابد (۱۰). در شرایط ایران، بهترین مناطق دارای شرایط محیطی مناسب برای پرورش استویا، استان‌های گیلان و مازندران هستند (۸).

یکی از مشکلات کشاورزان برای پرورش استویا، گل‌دهی آن در اوایل بهار و کاهش کمی و کیفی محصول می‌باشد. در مقایسه با سایر گیاهان دارویی، هم‌اکنون برگ خشک استویا از قیمت نسبتاً زیادی در بازار برخوردار است و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود که تولید استویا در شرایط کنترل شده دما و نور در گلخانه، در تمام طول سال صورت گیرد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست به‌همراه افزایش مصنوعی طول روز و یا شب‌شکنی بر صفات کمی و کیفی استویا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد گیاهی

تولید گلخانه‌ای استویا، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری از ابتدای پاییز ۱۳۹۱ تا پایان بهار ۱۳۹۲ انجام شد. برای ازدیاد شاخساره‌های استویا، از محیط کشت بافت گیاهی موراشیگی و اسکوک (MS) حاوی ۱ mg/L ژیبرلیک اسید (GA3)، ۵ mg/L بنزل آمینو پورین (BAP) و ۰/۵ mg/L از یکی از اکسین‌های ایندول بوتیریک اسید (IBA) و یا نفتالیک استیک اسید (NAA)، به اضافه ۳۰ گرم در لیتر ساکاروز که با ۷ گرم در لیتر آگار جامد شده بود، استفاده شد. زمانی‌که ریشه‌ها به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ درآمدند، گیاهچه‌های ریشه‌دار شده از شیشه‌های کشت به آرامی بیرون آورده شده و پس از شستشو با آب مقطر برای حذف آگار باقی مانده روی ریشه‌ها به گلدان‌های پلاستیکی حاوی پیت و پرلیت با نسبت (۱:۱) منتقل شدند. آبیاری همراه با کوددهی (Fertigation) به میزان ۰/۵ گرم در لیتر کود سوپر گرین (۲۰-۲۰-۲۰ NPK) تا حد اشباع صورت گرفت. گیاهان بعد از مرحله سازگار شدن در محیط آزمایشگاه، به محیط گلخانه با شرایط رطوبتی ۶۰-۸۰ درصد و دمای بین ۲۲-۲۸ درجه سلسیوس منتقل شدند و در گلدان‌های ۴ لیتری (قطر دهانه ۱۶ cm و ارتفاع ۳۰ cm) که حاوی خاک‌برگ، خاک باغچه و ماسه شسته شده با نسبت‌های

برابر (۱:۱:۱) پس از عبور از الک ۲ میلی متری بودند، یک بوته کشت شد. برای سهولت زهکشی، ته گلدان‌ها سوراخ گردید.

تیمارهای تغذیه و روشنایی

در این پژوهش از بستر کشت ورمی‌کمپوست در ۳ سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) در هر گلدان استفاده شد (جداول ۱ و ۲). آبیاری گلدان‌ها روزانه به میزان ۳۵۰ میلی لیتر انجام شد. در این آزمایش از ۳ تیمار طول مدت روشنایی شامل شرایط طبیعی روزهای کوتاه زمستان به‌عنوان شاهد، تیمار شب‌شکنی یا روشنایی در نیمه‌شب به مدت یک و نیم ساعت (از ۲۳ تا ۰۰:۳۰) و طول روز بلند با روشن کردن لامپ‌ها پس از غروب آفتاب به مدت ۴ ساعت، استفاده گردید. لامپ‌های ۱۱ وات در یک متری گیاهان، روی سکوها قرار داده شدند و به‌وسیله تایمر، در زمان مورد نیاز روشن می‌شدند. برای جلوگیری از نفوذ نور، سکوهای تیمارهای روشنایی به کمک صفحه‌های یونولیت که با ورقه‌های آلومینیومی پوشانده شده بودند، کاملاً از یکدیگر جدا شدند.

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی کلروفیل برگ

دو ماه پس از شروع آزمایش و انتقال گیاهان به گلخانه، صفات رویشی مانند تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، میزان کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید، ارتفاع و قطر ساقه استویا اندازه‌گیری شدند. ارتفاع گیاهان از سطح گلدان تا انتهای ساقه با استفاده از خط‌کش و قطر ساقه با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تعداد و وزن تر برگ‌ها، ابتدا ۱۰ سانتی‌متر از قسمت بالای ساقه جدا شده و برگ‌های زرد و خشک از ساقه جدا و برگ‌های سالم شمارش شدند و وزن تر برگ‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت یک ده هزارم اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها در آون با دمای ۴۰-۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴-۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت یک ده هزارم اندازه‌گیری شد.

سنجش میزان کلروفیل با استفاده از روش پورا و همکاران (۱۹) صورت گرفت. به این ترتیب که ۵ قطعه کوچک از برگ گیاه استویا تهیه شده با کاغذ سوراخ‌کن، در ۸ سی‌سی متانول به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفت. سپس، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل uv-1 800PC) میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵/۲ nm، ۶۵۲/۴ nm و ۴۷۰ nm اندازه گیری و طبق فرمول‌های زیر میزان کلروفیل‌ها محاسبه شد

$$Ca\ (\mu g / ml) = (۱۶/۷۲ \times A۶۶۵/۲ - ۹/۱۶ \times A۶۵۲/۴) \quad (۱)$$

$$Cb\ (\mu g / ml) = (۳۴/۰۹ \times A۶۵۲/۴ - ۱۵/۲۸ \times A۶۶۵/۲) \quad (۲)$$

$$Car\ (\mu g / ml) = (۱۰۰۰ \times A۴۷۰ - ۱/۶۳ \times Ca - ۱۰۴/۹۶ \times Cb) / ۲۲۱ \quad (۳)$$

$$Ck\ (\mu g / ml) = (Ca + Cb) \quad (۴)$$

محاسبات آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از بستر ورمی‌کمپوست و تیمار روشنایی بر اکثر صفات رویشی گیاه استویا مانند وزن تر و خشک برگ، تعداد برگ و کاروتنوئید اثر مثبت داشت. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر متقابل ورمی‌کمپوست و روشنایی بر صفات وزن تر و وزن خشک برگ، تعداد برگ، کلروفیل a و کاروتنوئید در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

وزن تر و خشک برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر وزن تر و خشک گیاه استویا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد برگ (۶/۹۱ گرم) در بستر ورمی‌کمپوست ۲۰٪ همراه با تیمار شب‌شکنی به‌دست آمد (جدول ۴). ورمی‌کمپوست از طریق افزایش قدرت جذب آب و فراهم نمودن مقدار مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی ورمی‌کمپوست

اسیدیته	شوری (dS/m)	کربن/نیتروژن	ماده آلی	نیتروژن	فسفر (٪)	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
۷/۶۴	۱/۱۲	۲۱/۲۵	۳۲/۹	۱/۵۵	۰/۴	۰/۴	۲/۷۳	۰/۹۵

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

آهن	مس	منگنز	روی	سرب	کادمیوم
(mg/kg)					
۵۰۰۰	۲۰	۲۷۵	۱۱۰	۱۹	۱

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	قطر ساقه	ارتفاع ساقه	تعداد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	کلروفیل کل
ورمی کمپوست (A)	۲	۱۸/۳۹**	۰/۲۰**	۶/۴۲**	۲/۷۲^{ns}	۱۵۳۰/۵۰**	۲/۵۳**	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۷**
روشنایی (B)	۲	۱۳۶/۴۰**	۴/۴۶**	۶/۶۷**	۱۱۴/۵۵**	۴۵۸/۳۰*	۱۲/۳۱**	۱/۵۸**	۰/۹۴**	۰/۲۴**
A×B	۴	۵/۷۲**	۰/۴۸**	۰/۵۰^{ns}	۳۹/۹۰$^{n.s}$	۹۲۸/۷۳**	۵/۲۳**	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۶۰**	۰/۰۳^{ns}
خطا	۱۱۷	۱/۳۵	۰/۰۴	۰/۲۱	۲۰/۹۷	۱۰۴/۲۵	۰/۴۹	۰/۳۱	۰/۰۶	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۲۲/۵۲	۲۳/۹۵	۱۹/۲۲	۱۷/۰۶	۱۹/۶۴	۱۷/۶۶	۲۹/۸۷	۱۴/۷۸	۷/۲۸

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

کم‌مصرف در گیاه دارویی بادرشبو تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک داشته است (۷). عزیزی و همکاران (۵) گزارش نمودند که با افزایش سطح ورمی‌کمپوست، وزن تر و خشک بوته ریحان افزایش یافت. در پژوهشی دیگر، کاربرد هیومیک اسید حاصل از ورمی‌کمپوست در خاک باعث افزایش رشد رویشی کاسنی شده و در نتیجه عملکرد را افزایش داد (۲۳). کودهای آلی همچون ورمی‌کمپوست با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزادسازی تدریجی آن‌ها باعث افزایش رشد گیاه و میزان بیومس تولیدی می‌شوند (۳). در این آزمایش، ورمی-کمپوست اثر مثبتی بر وزن تر و خشک برگ داشت.

استفاده از روشنایی در نیمه‌شب باعث افزایش بیومس گیاه استویا در این آزمایش شد. شب‌شکنی در طول شب‌های بلند با نور (طول موج ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) باعث تحریک، نگه داشتن رشد رویشی گیاه، افزایش بیومس و مانع از رفتن گیاه استویا به فاز زایشی می‌شود (۱۵). تحت شرایط روزبلند، برگ‌ها بیضوی و بزرگتر، وزن تر و خشک برگ و ارتفاع گیاهان بیشتر می‌شود، که ممکن است به‌دلیل میانگره‌های بزرگتر، تعداد بیشتر میانگره، سطح بیشتر برگ و محتوای بیشتر آب باشد. متی‌وییر و ویانا

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه استویا

منابع تغییر		وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	تعداد برگ	کلروفیل a (میکروگرم در میلی لیتر)	کاروتنوئید (میکروگرم در میلی لیتر)
ورمی‌کمپوست	روشنایی					
شاهد	شاهد	۳/۱۱ c	۰/۴۵ d	۳۲/۵۷ c	۴/۰۱ a	۱/۶۳ ab
	روز بلند	۵/۰۵ b	۱/۱۴ ab	۵۲/۶۴ ab	۴/۴۵ a	۱/۸۳ a
	شب‌شکنی	۵/۰۷ b	۰/۷۴c	۵۲/۷۸ ab	۴/۴۱ a	۱/۷۶ a
۱۰ درصد	شاهد	۲/۶۸ c	۰/۴۹ d	۵۵/۱۴ ab	۴/۱۵ a	۱/۷۷ a
	روز بلند	۶/۸۴a	۱/۲۹a	۵۳/۷۱ ab	۲/۸۱ b	۱/۳۷ bc
	شب‌شکنی	۶/۷۸ a	۱/۱۴ab	۴۶/۷۱ b	۴/۱۷ a	۱/۷۰ a
۲۰ درصد	شاهد	۳/۴۶ c	۰/۵۶cd	۵۶/۷۸ ab	۴/۷۳ a	۱/۹۱ a
	روز بلند	۶/۵۷ a	۱/۰۱b	۵۵/۷۸ ab	۲/۵۰ b	۱/۱۸c
	شب‌شکنی	۶/۹۱ a	۱/۱۸ab	۶۱/۶۴ a	۴/۶۷ a	۱/۸۵ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

(۱۶) گزارش نمودند که روزهای بلند باعث افزایش رشد رویشی، سطح برگ، وزن خشک و طول گره‌ها در برگ‌های گیاه استویا در مقایسه با شرایط روزکوتاهی شد (۱۶).

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر اصلی روشنایی در سطح ۱٪ بر ارتفاع گیاه معنی‌دار می‌باشد. بر اساس جدول ۵، بیشترین ارتفاع گیاه (۲۸/۶۹ سانتی‌متر) پیش از آغاز گل‌دهی در تیمار شاهد (روزهای کوتاه) به‌دست آمد. طویل شدن ساقه در گیاهان شاهد پس از گل‌دهی کاملاً متوقف شد. ولی دو تیمار دیگر به رشد خود ادامه دادند. گیاه استویا تحت شرایط روزکوتاه به گل می‌رود و رشد رویشی آن زودهنگام کاهش می‌یابد. در طول مرحله گل‌دهی، اندام‌های رویشی بیشتر کاهش می‌یابند، زیرا طویل شدن سلول در مرحله گل‌دهی متوقف می‌شود و سرعت فتوسنتز خالص هنوز ادامه دارد. ولی چون مواد غذایی صرف دوره زایشی گیاه می‌شود، میزان اندام‌ها در شرایط روز کوتاهی کمتر و کوچکتر می‌شود (۱۶).

تعداد برگ

اثر متقابل ورمی‌کمپوست و روشنایی بر تعداد برگ گیاه استویا در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بیشترین تعداد برگ (۶۱/۶۴) مربوط به بستر ۲۰٪ ورمی‌کمپوست، همراه با تیمار شب‌شکنی می‌باشد (جدول ۴). باچمن و متزگر (۱۳) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث افزایش سطح برگ، تعداد برگ، میزان فتوسنتز و وزن تر ریشه و ساقه در گل همیشه‌بهار فرانسوی گردید. در این پژوهش نیز احتمالاً فراهمی بیشتر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه استویا

تیمار	سطوح	قطر ساقه (میلی‌متر)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	کلروفیل b (میکروگرم در میلی لیتر)	کلروفیل کل (میکروگرم در میلی لیتر)
ورمی‌کمپوست	۰	۲/۰۶b	۲۶/۵۳ a	۱/۸۷ a	۱/۶۸a
	۱۰	۲/۲۷b	۲۶/۹۷ a	۲/۰۵ a	۱/۵۹b
	۲۰	۲/۸۲a	۲۶/۹۸ a	۱/۷۳ a	۱/۶۷a
روشنایی	شاهد	۱/۹۶c	۲۸/۶۹a	۲/۱۱a	۱/۶۵ b
	روز بلند	۲/۴۳b	۲۶/۲۷b	۱/۹۰ ab	۱/۵۶ c
	شب‌شکنی	۲/۷۵a	۲۵/۵۳b	۱/۶۵b	۱/۷۴ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حد اقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

تیمارهای محتوی ورمی‌کمپوست سبب افزایش رشد گیاهان شده است. در گیاه اسفناج، کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ شد (۱۸).

علاوه بر تیمار ورمی‌کمپوست، تیمار روشنایی نیز باعث افزایش تعداد برگ شد (جدول ۴). کوچکی و همکاران (۶) گزارش نمودند که در تیمار روزبلندی و شب‌شکنی، تعداد و سطح برگ در گیاه زعفران افزایش یافت. آن‌ها این موضوع را به کاهش تنفس و مصرف کمتر مواد فتوسنتزی تولید شده در فعل و انفعالات تنفسی و اختصاص بیشتر این مواد به اندام‌های رویشی گیاه، از جمله برگ‌ها، نسبت دادند. از طرف دیگر، مواد فتوسنتزی در تیمار شاهد صرف تشکیل اندام‌های زایشی شد و در نتیجه رشد رویشی و تشکیل ماده خشک کاهش یافت. شیلو و همکاران (۲۲) گزارش کردند که در گیاه گلایول نیز سطح برگ و وزن خشک گیاه در طول روز بلند افزایش و در طول روز کوتاه کاهش یافت.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر ورمی‌کمپوست و طول مدت روشنایی به تنهایی بر قطر ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میانگین قطر ساقه (۲/۸۲ و ۲/۷۵ میلی‌متر) به‌ترتیب در تیمارهای ورمی‌کمپوست ۲۰٪ و روشنایی (شب‌شکنی) مشاهده شد و کمترین میزان در تیمار شاهد بود (جدول ۵). ده دشتی زاده و همکاران (۲) گزارش نمودند که وجود هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد در بستر ورمی‌کمپوست باعث افزایش تقسیمات سلولی و بزرگ شدن گیاه می‌شود. افزایش قطر ساقه در بستر ورمی‌کمپوست به کاهش نیتروژن آمونیومی و افزایش فعالیت میکروارگانسیم‌ها و در نتیجه سنتز بیشتر پروتئین‌ها نسبت داده شده است (۱۱). در پژوهشی که برای بررسی اثر کودهای آلی بر رشد گیاه استویا انجام شد، کاهش قطر ساقه و وزن خشک در مراحل اولیه رشد در تیمار کودهای آلی نسبت به تیمار کودهای شیمیایی به کمبود مواد مغذی در خاک نسبت داده شد (۱۵). ولی در مراحل بعدی رشد، به‌دلیل تجزیه تدریجی کودهای آلی، مواد مغذی مناسب در اختیار گیاه قرار گرفته و فتوسنتز، سرعت رشد و دیگر شاخص‌های فیزیولوژیک آنها افزایش یافت (۱۵). متی‌وییر و ویانا (۱۶) گزارش نمودند که روزهای بلند باعث افزایش رشد رویشی، سطح برگ، وزن خشک و طول گره‌ها در برگ‌های گیاه استویا در مقایسه با شرایط روزکوتاهی شد.

کلروفیل برگ

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر تیمار طول مدت روشنایی بر میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در گیاه زعفران، تعداد و سطح برگ در تیمار روزبلندی و شب‌شکنی افزایش یافت (۶). در برگ‌ها، جذب

روشنایی سبب افزایش تعداد کلروپلاست‌ها در واحد سطح برگ و افزایش تراکم کلروفیل کلروپلاست‌ها می‌شود (۶). افزایش تراکم کلروفیل در کلروپلاست با کم شدن تراکم سایر رنگیزه‌های برگ مانند گزانتوفیل‌ها و کاروتن همراه است (۶). با این وجود، در آزمایش حاضر، افزایش کلروفیل سبب کاهش کاروتنوئید نشد و همچنین بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ورمی‌کمپوست ۲۰٪ مشاهده شد. صدقی مقدم و میرزایی (۴) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیشتر برگ‌ها می‌شود که به نوبه خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها و افزایش کلروفیل a، b و کلروفیل کل خواهد شد (۴). در گیاه خیار نیز کاربرد نسبت‌های زیاد ورمی‌کمپوست سبب افزایش سطح برگ، دریافت نور بیشتر و افزایش فتوسنتز گردید (۲۱).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به‌خوبی نشان می‌دهد که با استفاده از افزایش مصنوعی طول روز و یا روشنایی در نیمه‌شب می‌توان دائماً گیاه را در فاز رویشی نگاه داشته و برگ گیاه استویا را در تمام طول سال تولید نمود. کاربرد ورمی‌کمپوست هم به میزان ۲۰٪ سبب بهبود رشد رویشی و فیزیولوژیک گیاه استویا گردید. در نتیجه، با کاربرد ورمی‌کمپوست و استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف برای افزایش مصنوعی طول روز می‌توان رشد رویشی، سطح برگ، میزان فتوسنتز و عملکرد تر و خشک برگ در گیاه استویا را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

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

۲. ده دشتی زاده، ب.، ح. آرویی، م. عزیزی و غ. داوری نژاد. ۱۳۸۸. بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و عنصر معدنی فسفر بر رشد و نمو و جذب برخی از عناصر غذایی در نشای گوجه‌فرنگی. علوم باغبانی ایران ۴۰(۳): ۴۹-۵۸.

۳. سعیدنژاد، ا. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. ارزیابی اثر مصرف ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*). علوم باغبانی ۲۴(۲): ۱۴۲-۱۴۸.

۴. صدقی مقدم م. و م. میرزایی. ۱۳۸۷. بررسی اثر کمپوست زباله شهری بر روی خصوصیات کمی و کیفی کدو حلوایی (*Cucurbita Moschata* Duch. Ex Poir.). سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، صفحات ۱-۷.

۵. عزیزی، م.، م. باغانی، ا. لکزیان و ح. آرویی. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی ورمی واش بر صفات مورفولوژیک و میزان مواد مؤثره ریحان (*Ocimum basilicum*). علوم و صنایع کشاورزی (ویژه باغبانی) ۲۱(۲): ۱-۱۲.

٦. کوچکی، ع.، ع. گنجعلی و ف. عباسی. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر دوره انتظار، وزن بنه و رژیم‌های مختلف نوری بر صفات بنه و اندام هوایی زعفران (*Crocus sativus* L.). پژوهش‌های زراعی ایران ۴(۲).

۷. مفاخری، س.، ر. امیدبیگی، ف. سفیدکن و ف. رجالی. ۱۳۹. تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر برخی فاکتورهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و مقدار اسانس گیاه دارویی بادرشبو(*Dracocephalum moldavica*). علوم باغبانی ایران ۴۲(۳): ۲۴۵-۲۵۴.

9. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2004. Influences of Vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 145-153.

10. Armizatul, S.A.H., R. Mohd Aziz, A.B. Wira and K. Azhar. 2010. Effects of night break on *Stevia rebaudiana*. Poster presented at 21th Malaysian Society of Plant Physiology Conference, Cameron Highland.
11. Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as component of a horticultural bedding plant medium: Effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresour. Technol. 78(1): 11-20.
12. Azizi, M., F. Rezwanee, M. Hassanzadeh Khayat, A. Lackzian and H. Neamati. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricutria vecutitia*). Iranian J. Med. Arom. Plants 1: 82-93.
13. Bachman, C.R. and J.D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresour. Technol. 99: 3155-3161.
14. Gardana, C., M. Scaglianti and P. Simonetti. 2010. Evaluation of steviol and its glycosides in Stevia rebaudiana leaves and commercial sweetener by ultra-high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. J. Chromatography A 1217(9): 1463-1470.
15. Liu, X., G. Ren and Y. Shi. 2011. The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Energy Procedia 5: 1200-1204.
16. Metivier, J. and A.M. Viana. 1979. The effect of long and short day length upon the growth of whole plants and the level of soluble proteins, sugars and stevioside in leaves of *Stevia rebaudiana* Bert. J. Exp. Bot. 30: 1211-1222.
17. Paul, L.C., and J.D. Metzger. 2005. Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. Hort. Sci. 40(7): 2020-2023.
18. Peyvast, G.H., J.A. Olfati, S. Madeni and A. Forghani. 2007. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). J. Food Agric. Environ. 6(1): 43-50.
19. Porra, R.J., W.A. Thompson and P.E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectrometry. Biochim. Biophys. Acta (BBA)-Bioenerg. 975: 384-394.
20. Ramesh, K., V. Singh and N.W. Megeji. 2006. Cultivation of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): A comprehensive review. Adv. Agron. 89: 137-177.
21. Sallaku, G., I. Babaj, S. Kaciu and A. Balliu. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. J. Food Agric. Environ. 7: 869-872.
22. Shilo, R. and A.H. Halevy. 1981. Flower and corm development in gladiolus as affected by photoperiod. Sci. Hort. 15: 187-196.
23. Valdrighi, M.M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: A comparative study. Agric. Ecosys. Environ. 58: 133-144.