Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Evaluation of biological fertilizers of vermicompost and vermiwash application on growth of African daisies (*Gazania rigens* L.)

Mehdi Esmaili[1], Sepideh Kalatejari[2], Foad Fatehi[3], Marjan Diyanat[*4]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural and Agricultural Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: mesmaili@yahoo.com
2. Dept. of Horticultural and Agricultural Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: kalatejari@yahoo.com
3. Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: ffatehi@pnu.ac.ir
4. Corresponding Author, Dept. of Horticultural and Agricultural Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: ma_dyanat@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.24.2021
Revised: 10.11.2021
Accepted: 10.17.2021

Keywords:
Fresh and dry weight of shoot,
Nutrient absorption,
Root volume,
Vermicompost

ABSTRACT

Background and Objectives: Nowadays, fertilizers are one of the factors affecting the yield of plants, but their high use, especially when combined with inappropriate management practices such as burning of plant residues, drastically reduce soil organic matter. Long-term use of chemical fertilizers also results in the leaching and contamination of groundwater. Using biofertilizers to reduce chemical fertilizer use and increase crop yields is an important strategy to move towards sustainable agriculture. So far, no research has been conducted on the effect of vermicompost and vermiwash on the growth and development of African daisies. Therefore, the present study was conducted to investigate the effects of vermicompost and vermiwash on growth and development of African daisies plant.

Materials and Methods: The present study was conducted to assess the effect of vermicompost and vermiwash on morphological and physiological properties of African daisies (*Gazania rigens* L.) in 2018. For this purpose, vermicompost was applied at 4 levels (control, 20, 40, and 60% V/V), and vermiwash was applied at 4 levels (control, 50, 100, and 200 mg/l) as a factorial based on randomized block design. Plant height, number of flowers, flower diameter, root volume, fresh and dry weight of shoot and root, chlorophyll content, K, N and P concentration were studied. Statistical analysis of the data was performed using SAS software version 9.1 and comparison of means by Duncan's Multiple Range Test at 5% probability level.

Results: Vermicompost and vermiwash treatments had significant effects on morphological and physiological properties of African daisies. Interaction effect of vermicompost and vermiwash was significant for all studied traits except P concentration. The highest number of flowers (10) was observed in 60% vermicompost and vermiwash treatment at 100 mg/l. There were no significant differences between 40 and 60% vermicompost volume and also between 100 and 200 mg/ l vermiwash in flower number and diameter. Therefore, increasing the amount of vermicompost and vermiwash to some extent increase the reproductive properties of the plant and higher than that amount can even reduce related traits. By increasing the volume of vermicompost from 20% to 40%, the root volume of African daisies significantly changed. The fresh and dry weight of shoots also

showed a similar response to vermicompost and vermiwash treatments. Vermicompost and vermiwash increased chlorophyll content in African daisies. The highest amount of chlorophyll b was observed in vermicompost treatment at 60% volume and 50 mg/ l vermiwash.

Conclusion: According to the results of the experiment, vermicompost and vermiwash increased the reproductive traits of African daisies by effective nutrient absorption and high water absorption.The effect of vermicompost was higher than vermiwash on studied traits. Treatment of 40% vermicompost and 200 mg/l vermiwash was the best treatment for improvement of African daisies growth.

Cite this article: Esmaili, Mehdi, Kalatejari, Sepideh, Fatehi, Foad, Diyanat, Marjan. 2022. Evaluation of biological fertilizers of vermicompost and vermiwash application on growth of African daisies (*Gazania rigens* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 12 (2), 107-125.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19325.2034
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲٦۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر رشد گیاه گازانیا (*Gazania rigens* L.)

مهدی اسماعیلی[۱]، سپیده کلاته‌جاری[۲]، فواد فاتحی[۳]، مرجان دیانت[*٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: mesmaili@yahoo.com

۲. گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: kalatejari@yahoo.com

۳. دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران. رایانامه: ffatehi@pnu.ac.ir

٤. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: ma_dyanat@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۵/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۷/۲۵

واژه‌های کلیدی:
جذب عنصر،
حجم ریشه،
ورمی‌کمپوست،
وزن تر وخشک اندام هوایی

چکیده

سابقه و هدف: مروزه کودها یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد گیاهان هستند، اما استفاده زیاد از آن‌ها به ویژه اگر با روش‌های مدیریت نامناسب مانند سوزاندن بقایای گیاهان ترکیب شود، مواد آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد. هم‌چنین استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. استفاده از کودهای زیستی برای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و افزایش بازده محصول، یک استراتژی مهم برای حرکت به سمت کشاورزی پایدار است. تاکنون هیچ پژوهشی در مورد تأثیر هم‌زمان کاربرد ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر رشد و نمو گیاه گازانیا در ایران انجام نشده است. بنابراین مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر رشد و نمو گیاه گازانیا انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل گازانیا آزمایشی در سال ۱۳۹۷ در گلخانه گروه زراعت دانشگاه تهران در کرج انجام شد. ورمی‌کمپوست در ٤ سطح (شاهد، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ درصد حجمی بستر کشت) و ورمی‌واش در ٤ سطح (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی استفاده شدند. صفات ارتفاع بوته، تعداد گل، قطر گل، حجم ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، مقدار کلروفیل، غلظت عناصر پتاسیم، نیتروژن و فسفر برگ مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

یافته‌ها: تیمارهای ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش اثرات چشمگیری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گازانیا داشتند. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش برای همه صفات مورد مطالعه به جز غلظت فسفر معنی‌دار بود. بیش‌ترین تعداد گل (۱۰ گل) در تیمار ٦۰٪ ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش با میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. از نظر تعداد و قطر گل بین ٤۰ تا ٦۰ درصد حجم ورمی‌کمپوست و هم‌چنین بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین افزایش مقدار ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش تا حدی باعث افزایش خصوصیات تولیدمثل گیاه می‌شود و بالاتر از آن حتی می‌تواند صفات مربوطه را کاهش دهد. با افزایش حجم ورمی‌کمپوست از ۲۰٪ به ٤۰٪، حجم ریشه گازانیا به‌طور قابل‌توجهی تغییر کرد. وزن تازه و خشک شاخه‌ها نیز پاسخی مشابه به تیمارهای ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش نشان داد. ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش باعث افزایش کلروفیل در گازانیا شدند. بیش‌ترین مقدار کلروفیل b در تیمار ورمی‌کمپوست با حجم ٦۰٪ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج آزمایش ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش با افزایش جذب مواد مغذی مؤثر، صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گازانیا را بهبود بخشیدند. اثر تیمار ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی گازانیا بیش‌تر از تیمار ورمی‌واش بود. تیمار ٤۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش مناسب‌ترین تیمار جهت بهبود رشد گیاه گازانیا بود.

استناد: اسماعیلی، مهدی، کلاته‌جاری، سپیده، فاتحی، فواد، دیانت، مرجان (۱۴۰۱). بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر رشد گیاه گازانیا (*Gazania rigens* L.). *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۲ (۲)، ۱۲۵-۱۰۷.
DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19325.2034

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

امروزه کودهای شیمیایی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد گیاهان مطرح می‌باشند، ولی استفاده زیاد از آن‌ها به‌ویژه هنگامی که با عملیات مدیریتی نامناسب مانند سوزاندن بقایای گیاهی همراه باشد، ماده آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهند. هم‌چنین کاربرد زیاد کودهای شیمیایی در درازمدت سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان راهبرد مهمی در جهت حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار است (۱). با افزایش تولیدات زراعی و باغی به جهت رفع نیازمندی‌های رو به رشد جمعیت در حال گسترش، نگرانی در مورد آینده تأمین غذا و فضای سبز برای بشر مطرح گردیده است. آلودگی‌های آب، خاک، هوا و فرسایش خاک، مقاومت آفات به سموم و گسترش کود شیمیایی سبب گردیده تا برای تولید محصولات سالم و پاک و در نتیجه انسان‌هایی سالم و با نشاط، هیچ راهی جز کشاورزی زیستی نداشته باشیم (۲ و ۳).

کودهای زیستی (کود بیولوژیک) به مواد حاصل‌خیزکننده‌ای گفته می‌شود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از میکروارگانیسم‌های سودمند خاکزی هستند. کودهای زیستی، ریزاندامگان‌هایی (میکروارگانیسم‌هایی) هستند که قادرند عناصر غذایی خاک را در یک فرایند زیستی تبدیل به مواد مغذی هم‌چون ویتامین‌ها و دیگر مواد معدنی کرده و به ریشه خاک برساند. مصرف کودهای زیستی کم‌هزینه‌تر بوده و در اکوسیستم آلودگی به وجود نمی‌آورد. کودهای زیستی به حفظ میکروارگانیزم‌های سودمند خاک کمک می‌کنند (٤). ورمی‌کمپوست یک کود آلی زیستی است که محصول دفعی گونه‌هایی از کرم خاکی می‌باشد. این کود آلی، سبک، فاقد بو، pH حدود هفت، به رنگ تیره و عاری از بذور علف‌های هرز می‌باشد (۵). این کود زیستی شامل یک مخلوط بیولوژیکی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، مواد محرک رشد، عناصر غذایی قابل‌جذب برای گیاه به‌خصوص عناصر میکرو، مواد هومیک، انواع ویتامین‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشد که همگی این‌ها برای رشد گیاه ضروری می‌باشد (٦). ورمی‌واش به‌عنوان عصاره ورمی‌کمپوست، مجموعه‌ای از مواد ترشحی و فضولات دفعی کرم‌خاکی همراه با عناصر ریزمغذی عمده و مولکول‌های آلی خاک است که برای رشد گیاه مفید می‌باشد (۷). ورمی‌واش هم‌چنین شامل چندین آنزیم، هورمون‌های رشد گیاهی (۸)، ویتامین‌ها و عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف است که ضمن افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها، راندامان تولید محصول را بهبود می‌بخشد (۹). ماکار و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش روی اثر ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر رشد و عملکرد دو واریته از گیاه کتان (*Linum usitassimum* L.) (LC-2063 و LC-54) نشان دادند که ورمی‌کمپوست ٦۰ درصد در واریته LC-54 و ٤۰ درصد در در واریته LC-2063 سبب افزایش عملکرد دانه‌ها، مورفولوژی ریشه و رشد ساقه شدند و تیمار ترکیبی محلول‌پاشی با ورمی‌واش و استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر بیش‌تری نسبت به استفاده جداگانه آن‌ها داشت (۱۰). موهاموا و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی از ورمی‌کمپوست خاکستر چوب و پوست کاج جهت بستر کشت گونه‌های جعفری زینتی (*Tagetes* spp.) استفاده کردند. بذرهای جعفری در بستر کشت حاوی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست کاشت شدند. بعد از ٤ هفته نشاهای تحت‌تأثیر تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد ورمی‌کمپوست دارای ارتفاع و سطح برگ بیش‌تری بودند. تیمار ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست دارای تعداد گل و جوانه بیش‌تری نسبت به ۵۰ درصد بود (۱۱). ارانکون و همکاران (۲۰۰٤) در پژوهشی

اثر ورمی‌کمپوست بر خصوصیات رشد و عملکرد فلفل (*Capsicum annum* L. var. California) شرایط گلخانه را بررسی کردند. برای این منظور، گیاهان ۴۲ روزه انتخاب و به بستر کشت حاوی ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد پیت‌موس و پرلیت انتقال داده شدند. هم‌چنین فاکتور ورمی‌کمپوست در ۶ سطح ۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد از حجم بستر کشت استفاده شدند. نتایج نشان داد که درگیاهان کاشته شده در ورمی‌کمپوست ۴۰ درصد، افزایش ۴۵ درصدی وزن میوه و ۱۷ درصدی تعداد میوه مشاهده شد. ارتفاع گیاه، تعداد جوانه و گل در تیمارهای ورمی‌کمپوست تغییر نکردند (۱۲). شادانپور و همکاران (۲۰۱۱) امکان استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک بستر کاشت برای جعفری را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند با اضافه کردن ورمی‌کمپوست به بستر کاشت عملکرد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد به طوری‌که در کاربرد ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست بیش‌ترین وزن خشک شاخه، در کاربرد ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست حداکثر ارتفاع و بیش‌ترین شاخه جانبی از کاربرد ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل شد (۱۳). سوتار (۲۰۱۲) در پژوهشی تأثیر ورمی‌کمپوست همراه با کودهای عناصر ماکرو (NPK) روی گیاه سیر (*Allium stivum* L.) را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین طول ریشه، ارتفاع اندام هوایی، طول برگ و وزن میوه در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با ۵۰ درصد NPK به‌دست آمد. تیمار ورمی‌کمپوست نتیجه بهتری نسبت به کود دامی داشت (۱۴). لازکانو و دومینگوئز (۲۰۱۰) در پژوهشی تأثیر ورمی‌کمپوست را به‌عنوان تقویت‌کننده‌های رشد گیاهی روی دو گیاه زینتی *Viola tricolor* و *Primula acaulis* در شرایط گلخانه بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ترکیب ۲۵ درصد ورمی‌کمپوست سبب بهبود شرایط خاک، هدایت الکتریکی گیاه، pH و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در گیاهان شد (۱۵). فتحی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست موجب بهبود برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه *Gazania hybrida* مانند وزن تر اندام‌های هوایی، قطر گل و شمار گل در شرایط بام سبز شدند (۱۶). محبوب خمامی (۲۰۰۳) با بررسی اثر محلول‌پاشی با سطوح ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر از کود بیولوژیکی مایع (ورمی‌واش) بر تغذیه و شاخص‌های رشد دیفن‌باخیا (*Dieffenbachia amoena*) و آگلونما (*Aglaonema commutatum*) نشان داد که محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد چون ارتفاع بوته، قطر، وزن تر، وزن خشک و نیتروژن در دیفن‌باخیا و ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر، وزن خشک، نیتروژن و فسفر در آگلونما داشت (۱۷). عزیزی و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی با ورمی‌واش بر صفات مورفولوژیک و میزان ماده مؤثره ریحان (*Ocimum basilicu*m) نشان دادند که تیمار ورمی‌واش باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع، فاصله میانگره، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و درصد اسانس نسبت به شاهد شد ولی تعداد گره و وزن خشک بوته تحت‌تأثیر قرار نگرفت (۱۸). کاظمی و همکاران (۲۰۱۶) در آزمایشی غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد ورمی‌واش را در فواصل زمانی یک، دو و سه هفته به صورت محلول‌پاشی روی برگ‌های توت فرنگی به کاربرد بردند و نشان دادند که محلول‌پاشی ورمی‌واش با غلظت ۱۵ و ۱۰ درصد در فواصل زمانی دو هفته یکبار، اندازه و تعداد میوه و عملکرد توت‌فرنگی را بهتر از سایر تیمارها بهبود بخشید (۱۹). مرادی دستجردی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که در گازانیا کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه ورمی‌واش با افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی

می‌تواند رشد گیاه را در این شرایط بهبود بخشد. محلول پاشی ورمی‌واش بر قطر گل و تعداد گل، عناصر پرمصرف گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار ورمی‌واش ۲۰۰ پی‌پی‌ام در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ورمی‌واش ۵۰ پی‌پی‌ام تحت آبیاری ٤٠ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (۲۰).

گازانیا (*Gazania rigens* L.) از خانواده کاسنی (Asteraceae) بومی آفریقا در اصل گیاهی چندساله است اما در مناطق معتدله به دلیل سرد شدن هوا در طی زمستان به شکل گیاهی یک‌ساله مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از انواع گازانیا به عنوان گیاهانی کف‌پوش (یعنی گیاهانی که ناحیه‌ای از زمین را به خوبی پوشش می‌دهند) مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی دیگر از انواع نیز به دلیل گل‌های درشتی که تولید می‌کنند برای کاشت در گلدان مورد استفاده قرار می‌گیرند. تاکنون پژوهشی در زمینه تأثیر ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش به‌طور هم‌زمان بر رشد و نموی گیاه گازانیا انجام نشده است. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش به‌طور هم‌زمان بر رشد و نموی گیاه گازانیا انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۷ در گلخانه گروه زراعت دانشگاه تهران در کرج به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. گلخانه مجهز به سیستم سرمایش تبخیری با پدهای سلولزی و فن‌های خودکار جهت تهویه هوا بود. شدت نور گلخانه حدود ۱۸۰۰۰ لوکس بود. دمای روزانه و شبانه ۲۹ °C و ١٤ °C (روز/ شب) بود که در آن کنترل دما توسط کولر انجام می‌شد.

نحوه انجام آزمایش: نهال‌های ٤ برگی از گیاه گازانیا رقم New day تهیه شدند و درگلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر در محیط کشت شامل خاک برگ، خاک باغچه یا لوم، پوکه معدنی و ماسه شسته شده (۱:۱:۱:۱) کشت شد. ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش از شرکت به کشت تهیه شدند و آنالیز شیمیایی آن‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی ترکیبات ورمی‌کمپوست.

Table 1. Chemical Analysis of vermicompost.

اجزاء Compound	مقدار Volume
کل نیتروژن Total N	9.5-17.98%
فسفر در دسترس Available P	0.5-1.5%
پتاسیم در دسترس Available K	0.1-0.3%
کلسیم و منیزیم Ca and Mg	0.15
مس Cu	22.7-70 mg/l per 100 g
روی Zn	2-9.3 mg/l
گوگرد در دسترس Available S	18-547 mg/l

ورمی‌کمپوست در ٤ سطح (۰، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ درصد از حجم بستر کشت) پیش از انتقال نشاء به گلدان‌ها اضافه شدند. یک هفته پس از استقرار کامل نشاها، محلول‌پاشی با ورمی‌واش انجام شد. ورمی‌واش با ٤ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در ۱۰ مرتبه با فواصل زمانی هفته‌ای یک‌بار روی بوته‌ها محلول‌پاشی شد. در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی ورمی‌واش)، آب مقطر محلول‌پاشی شد. انجام محلول‌پاشی در ساعات اولیه روز انجام می‌شد و شرایط برای کل تیمارها یکسان بود. برای آن‌که گیاه در شرایط تنش قرار نگیرد هنگامی آبیاری انجام شد که ۵۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس، تخلیه می‌شد. پس از این‌که گیاه وارد فاز زایشی شد، صفات مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند.

جدول ۲- تجزیه شیمیایی ترکیبات ورمی‌واش.

Table 2. Chemical analysis of vermiwash.

اجزاء Compound	نیتروژن N (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	آهن Fe (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	هدایت الکتریکی Ec (Ms/m)	pH
مقدار Volume	3.8	2.25	0.15	6921	93	145	420	2.6	7.9

صفات مورد بررسی: وزن تر اندام‌های مختلف گیاه پس از برداشت با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. ریشه‌ها، ریشه‌ها به آرامی از خاک جدا شده و با ترازوی دیجیتال وزن شدند. پس از خشک کردن اندام‌های مختلف گیاه در دستگاه آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت، وزن خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (۲۱). ریشه‌ها داخل استوانه مدرج با میزان مشخص آب قرار داده می‌شود و با توجه به مقدار تغییر حجم آب در استوانه، حجم ریشه به‌دست آمد (۲۲). اندازه‌گیری ارتفاع گیاه از سطح خاک گلدان تا نوک غنچه اصلی با استفاده از قسمت باریک کولیس انجام شد. قطر گل‌ها نیز با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تعداد کل گل‌ها در هر تکرار شمارش و ثبت گردیدند.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از روش آرنون (۱۹٤۹) استفاده شد (۲۳). بدین‌ترتیب که ابتدا ۰/۱ گرم نمونه برگی گیاهان را در هاون چینی با ۳ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد و حجم نهایی عصاره به ۱۵ میلی‌لیتر رسید. سپس عصاره با استفاده از سانتریفیوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت g × ۵۰۰۰ صاف شد. از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-160) برای اندازه‌گیری میزان جذب نمونه‌ها استفاده شد. ابتدا دستگاه با استون ۸۰ درصد صفر شده و سپس میزان جذب عصاره استخراج شده در طول‌موج‌های ٦٤۵ نانومتر، ٦٦۳ نانومتر و ٤۸۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید. سپس با استفاده از رابطه‌های زیر کلروفیل a (رابطه ۱) و کلروفیل b (رابطه ۲) محاسبه شد.

میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تر = [(12.7× A663)– (2.69× A645)]×V/ 1000× W (۱)

میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تر = [(22.9× A645)– (4.69× A663)]×V/ 1000× W (۲)

که در رابطه‌های بالا، A میزان جذب در طول‌موج موردنظر، V حجم نهایی استون ۸۰ درصد برحسب میلی‌لیتر و W اندازه برگ تازه برحسب گرم است.

برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم، برگ‌های گازانیا پس از برداشت خشک شدند. سپس با استفاده از هاون نمونه‌ها پودر شدند. ۰/۳ از نمونه‌های پودر شده در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦ ساعت خاکستر شدند و سپس در ۵ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک ۲ مولار حل شدند. حجم محلول در نهایت با آب دوبار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. سپس با دستگاه فلیم‌فتومتری (مدل PFP7 ساخت کمپانی JENWAY انگلستان) اندازه‌گیری شد (٢٤). میزان نیتروژن برگ با روش کجلدال اندازه‌گیری شد (۲۵). برای اندازه‌گیری مقدار فسفر برگ از دستگاه اسپکتروفتومتر Unico ساخت کشور امریکا استفاده شد. برای این کار ابتدا نمونه‌های گیاهی در کوره (دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) خاکستر شد. سپس به نمونه‌های خاکسترشده یک میلی‌لیتر معرف بارتن (آمونیوم مولیبدات+ آمونیوم وانادات+ اسید نیتریک+ آب مقطر) و نیم میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۰ درصد افزوده شد. سپس حجم آنها با آب د وبار تقطیر به ۱۰ میلی‌لیتر رسید. جذب هر محلول به کمک اسپکتروفتومتر در طول موج ٤٥٠ نانومتر اندازه‌گیری شد (٢٦).

تجزیه داده‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. همه داده‌های به‌دست آمده ابتدا در Excel ثبت و سپس با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح معنی‌دار ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی ورمی‌کمپوست بر صفات ارتفاع بوته، تعداد گل، قطر گل، حجم ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (P<۰/۰۱). اثر اصلی ورمی‌واش بر تعداد گل، قطر گل و وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (P<۰/۰۱). برهمکنش ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد (P<۰/۰۱) بر تمامی صفات معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ورمی‌کمپوست ورمی‌واش و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مورفولوژیکی گازانیا (*Gazania rigens*).

Table 3. The analysis of variance (mean of squares) for vermicompost, vermiwash and their interaction on morphological traits of *Gazania rigens*.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of squares							
		ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گل در گیاه Number of flower per plant	قطر گل Flower diameter	حجم ریشه Root volume	وزن تر ساقه Fresh weight of shoot	وزن خشک ساقه Dry weight of shoot	وزن تر ریشه Fresh weight of root	وزن خشک ریشه Dry weight of root
تکرار Replication	2	3.3 ns	0.43 ns	10.1 ns	6.27 *	17.43 **	2.11 **	0.39 ns	0.047 ns
ورمی‌کمپوست Vermicompost	3	83.3 **	44.5 **	114.3 **	128.9 **	134.61 **	16.34 **	54.58 **	6.49 **
ورمی‌واش Vermiwash	3	1.81 ns	13.46 **	49.46 **	0.69 ns	8.72 **	1.05 **	3.86 ns	0.46 ns
ورمی‌کمپوست × ورمی‌واش Vermicompost × Vermiwash	9	17.4 **	12.08 **	38.4 **	26.1 **	29.33 **	3.56 **	13.15 **	1.56 **
خطا Error	30	1.33	0.62	4.17	1.65	1.46	0.17	2.61	0.31
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	6.67	11.02	5.11	6.78	6.05	6.07	18.91	18.81

* و ** به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم تفاوت معنی‌دار

*, ** significant difference at 5% and 1%, respectively, ns not significant difference

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته گازانیا نشان داد که در تیمارهای برهمکنش ورمی‌کمپوست ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی و تمامی سطوح ورمی‌واش گازانیا ارتفاع بیش‌تری داشت. ارتفاع بوته در صورت عدم استفاده از ورمی‌کمپوست کاهش یافت (جدول ٤). بنابراین ورمی‌کمپوست عامل اصلی افزایش ارتفاع در گیاه گازانیا بود. مطابق با این نتایج ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه گلرنگ شد (۲۷). احتمالاً خواص موجود در ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و فعالیت ریز موجودات باعث تجمع نیتروژن شده و در نتیجه سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۲۵). بی‌فروزفر و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که تحریک تولید موادی شبیه به اکسین در زمان مصرف ورمی‌کمپوست علت افزایش ارتفاع گیاهان می‌باشد. هم‌چنین از آن‌جا که اسیدآمینه تریپتوفان پیش‌ماده سنتز ایندول استیک اسید است، وجود عنصر روی در ساختمان این اسیدآمینه ضروری

است و ورمی‌کمپوست غنی از مواد مغذی از جمله روی می‌باشد. بنابراین این کود می‌تواند با با تأثیر بر سنتز هومون‌ها به‌ویژه اکسین باعث افزایش رشد و متعاقب آن ارتفاع گیاه شود (۲۸). نعمتی و عزیزی (۲۰۱٤) در پژوهشی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تراکم بوته بر فاکتورهای رشد و نمو، عملکرد بذر و میزان روغن گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) را بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که بالاترین ارتفاع بوته در بالاترین سطح ورمی‌کمپوست (۳ و ۵ کیلوگرم در مترمربع) به‌دست آمد (۲۹). محبوب‌خمامی (۲۰۰۳) نیز افزایش ارتفاع بوته را در گیاه دیفن‌باخیا تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست بیان کردند که همسو با نتایج پژوهش حاضر است (۱۷). تعداد گل گازانیا نیز تحت‌تأثیر سطوح مختلف برهمکنش ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش قرار گرفت. بیش‌ترین تعداد گل (۱۰ عدد) در تیمار ورمی‌کمپوست ٦۰ درصد حجمی و ورمی‌واش به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با ورمی‌واش به‌میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در همین سطح ورمی‌کمپوست و سطح ٤۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست با میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش نداشت (جدول ٤). تیمارهای ورمی‌کمپوست ٤۰ درصد حجمی و ورمی‌واش به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ورمی‌کمپوست ٤۰ درصد حجمی و ورمی‌واش ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ورمی‌کمپوست ٦۰ درصد حجمی و ورمی‌واش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بزرگ‌ترین گل‌ها را ایجاد کردند (جدول ٤). ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش با داشتن عناصر مؤثر سبب افزایش صفات زایشی در گیاه گازانیا شدند. تفاوت معنی‌داری بین ٤۰ و ٦۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست و هم‌چنین بین ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش از نظر تعداد و قطر گل مشاهده نشد. بنابراین افزایش مقدار مواد ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش تا حدی سبب افزایش خصوصیات زایشی در گیاه می‌شود و از آن مقدار به بالاتر حتی می‌تواند سبب کاهش صفات مرتبط گردد. شهبازی و همکاران (۲۰۱۲) کاهش خصوصیات زایشی گل میخک (*Dianthus caryophyllus*) را تحت‌تأثیر مقادیر بالای ورمی‌کمپوست گزارش کردند (۳۰). کاظمی و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که محلول‌پاشی ورمی‌واش با غلظت ۱۵ و ۱۰ درصد در فواصل زمانی دو هفته یکبار، اندازه و تعداد میوه و عملکرد توت‌فرنگی را بهتر از سایر تیمارها بهبود بخشید (۱۹). موپاموا و همکاران (۲۰۱۷) افزایش تعداد گل جعفری را تحت‌تأثیر تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست گزارش کردند (۱۱). حجم ریشه گازانیا در تیمارهای ورمی‌کمپوست ٤۰ و ٦۰ درصد حجمی و همه سطوح ورمی‌واش مقدار بیش‌تری داشت (جدول ٤). کود ورمی‌کمپوست با ایجاد محیطی مناسب برای ریشه، جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد. افزایش تخلخل، بهبود بافت خاک، افزایش نفوذپذیری، افزایش توانایی نگهداری آب در محیط ریزوسفر سبب افزایش استفاده گیاه از محیط خاک شده و شرایط برای افزایش حجم ریشه در محیط ریزوسفر فراهم می‌شود. با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست از ۲۰ درصد به ٤۰ درصد مقدار حجم ریشه گازانیا به‌طور معنی‌داری تغییر کرد. این نشان‌دهنده این است که استفاده از ورمی‌کمپوست تا ۲۰ درصد حجمی خاک بستر، تغییر معنی‌داری از نظر بافت و خصوصیات جذب آب ایجاد نکرد اما با استفاده از ورمی‌کمپوست در ٤۰ درصد حجمی، ریشه‌ها توانستد به راحتی در محیط مناسب ایجاد

شده، گسترش یابند. ورمی‌کمپوست به دلیل مواد مغذی و هم‌چنین توانایی بالا در نگهداری آب ریشه را به سمت گسترش بیش‌تر تشویق می‌کند (۳۱). سوتار (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست همراه با کودهای عناصر ماکرو (NPK) روی گیاه سیر نشان دادند که بیش‌ترین حجم ریشه در تیمار ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با ۵۰ درصد NPK به‌دست آمد و تیمار ورمی‌کمپوست نتیجه بهتری نسبت به کود دامی داشت (۱٤). وزن تر و خشک اندام هوایی نیز به تیمارهای ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش واکنشی شبیه به حجم ریشه نشان داد (جدول ٤). بیش‌ترین مقدار وزن تر و خشک ریشه (۱۱/٦ گرم و ٤/۱ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست ٦۰ درصد حجمی و ورمی‌واش صفر (شاهد) مشاهده شدند (جدول ٤). بهترین نتیجه از اضافه کردن ورمی‌کمپوست به محیط‌های کشت گلدانی زمانی به‌دست آمده است که نسبت اختلاط ورمی‌کمپوست تنها ٤۰-۱۰٪ حجمی باشد و نسبت‌های بیش‌تر امتزاج معمولاً افزایشی را در رشد و تولید به دنبال ندارد (۳۲). علت این امر ممکن است شوری زیاد ناشی از اضافه کردن مقادیر زیاد ورمی‌کمپوست باشد (۳۲). در آزمایشی که هاشمی‌مجد و همکاران (۲۰۰٤) برای مقایسه تأثیر ورمی‌کمپوست و کمپوست‌های مختلف بر رشد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) انجام دادند، بیش‌ترین عملکرد از ۳۰٪ اختلاط ورمی کمپوست کود گاوی و کمپوست لجن فاضلاب مخلوط با پوسته شلتوک برنج به‌دست آمد (۳۳). تحریک فعالیت ریزجانداران در مواد آلی در حضور کرم‌های خاکی باعث تولید مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از تنظیم‌کنندگان رشد گیاهان مانند اکسین‌ها (IAA)، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها می شود و این مواد به نوبه خود رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد (۱۵). ماکار و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر هم‌زمان ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست را در بهبود خصوصیات کمی و کیفی ریشه بیان کردند (۱۰).

صفات فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار ورمی‌کمپوست بر کلروفیل a، کلروفیل b، پتاسیم، نیتروژن و فسفر در سطح ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار شد. اثر ورمی‌واش نیز بر کلروفیل a و کلروفیل b در سطح ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) و بر پتاسیم و نیتروژن در سطح ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار شد. اثر برهمکنش ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش نیز بر همه صفات به جز فسفر در سطح ۱ درصد ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار شد (جدول ۵).

جدول ٤- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر صفات مورفولوژیکی گازانیا (*Gazania rigens*).

Table 4. Interaction effects of different levels of vermicompost and vermiwash interaction on morphological traits of *Gazania rigens*.

ورمی‌کمپوست Vermicompost (V/V)	ورمی‌واش Vermiwash (mg/l)	صفات Traits							
		ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد گل در گیاه Number of flower per plant	قطر گل Flower diameter (mm)	حجم ریشه Root volume (cm^3)	وزن تر ساقه Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک ساقه Dry weight of shoot (g)	وزن تر ریشه Fresh weight of root (g)	وزن خشک ریشه Dry weight of root (g)
0	0	13.5±1.2 ^{f}	4.5± 0.3 ^{c}	33.2±1.2 ^{e}	15.5±1.0 ^{b}	15.2±1.4 ^{d}	5.2±0.4 ^{d}	6.1±1.3 ^{e}	2.1±0.09 ^{e}
	50	13±1.2 ^{ef}	4.5±0.5 ^{c}	34.2±1.0 ^{e}	16.2±1.1 ^{b}	16.5±1.3 ^{bcd}	5.9±0.6 ^{bcd}	6.2±1.6 ^{de}	2.2±0.08 ^{de}
	100	15±1.5 ^{def}	5.3± 0.5 ^{c}	40.4±0.9^{cd}	16.0±1.4 ^{b}	17±1.5 ^{bcd}	6.1±0.5 ^{bcd}	6.5±1.7 ^{cde}	2.3±0.1 ^{cde}
	200	15.2±1.4^{def}	5.3±0.6 ^{c}	41.0±1.2^{bcd}	15.9±1.6 ^{b}	17±1.7 ^{bcd}	6.1±0.5 ^{bcd}	6.0±1.5 ^{e}	2.1±0.07 ^{e}
20	0	15.5±1.7^{def}	4.5±0.4 ^{c}	34.4±1.7 ^{e}	16.5±1.1 ^{b}	15.9±1.5 ^{cd}	5.5±0.6 ^{cd}	7.0±1.4 ^{cde}	2.4±0.09 ^{cde}
	50	16±1.1 ^{de}	5.5±0.7 ^{c}	38.3±1.4 ^{d}	16.0±0.9 ^{b}	17.5±1.7 ^{bcd}	6.1±0.7 ^{bcd}	6.5±1.9 ^{de}	2.3±0.08 ^{de}
	100	16.2±1.0 ^{cd}	7.5±0.1 ^{bc}	39.1±1.6^{cd}	16.4±1.3 ^{b}	18.2±1.3 ^{bc}	6.2±0.6 ^{bc}	7.0±1.0 ^{bcde}	2.5±0.06 ^{bcde}
	200	16.8±1.3^{bc}	5.9±0.2 ^{c}	39.1±1.8^{cd}	16.1±1.6 ^{b}	18.2±1.2 ^{b}	6.5±0.7 ^{b}	6.2±1.9^{e}	2.1±0.09 ^{e}
40	0	19.0±1.4 ^{a}	7.5±0.5 ^{b}	42.2±1.5^{bc}	21.5±1.4 ^{a}	22.0±1.7 ^{a}	7.6±0.8 ^{a}	10.1±1.7 ^{b}	3.6±0.08 ^{b}
	50	19.1±1.4 ^{a}	7.8±0.4 ^{b}	41.5±1.6^{bcd}	21.0±1.4 ^{a}	22.5±1.8 ^{a}	7.7±0.4 ^{a}	9.9±1.7 ^{bcd}	3.4±0.07 ^{bcd}
	100	19.2±1.9 ^{a}	9.9±0.5 ^{a}	46.3±1.5 ^{a}	22.0±1.5 ^{a}	23.5±2.0 ^{a}	8.4±0.5 ^{a}	10.1±1.8 ^{b}	3.6±0.09 ^{b}
	200	19.5±1.8 ^{a}	9.9±0.6 ^{a}	44.4±1.4^{ab}	22.0±1.9 ^{a}	23.5±1.8 ^{a}	8.3±0.4 ^{a}	10.0±1.9 ^{bc}	3.4±0.06 ^{bc}
60	0	19.0±1.5 ^{a}	7.5±0.9 ^{b}	42.2±1.8^{bc}	21.9±1.4 ^{a}	21.9±1.9 ^{a}	7.6±0.6 ^{a}	11.6±1.5 ^{a}	4.1±0.07 ^{a}
	50	19.1±1.6 ^{a}	7.0± ^{b}	41.0±1.0^{bc}	21.0±1.5 ^{a}	22.5±1.4 ^{a}	7.8±0.5 ^{a}	9.5±1.4 ^{bcde}	3.2±0.07 ^{bcde}
	100	19.2±1.6 ^{a}	10.0±0.7 ^{a}	43.1±1.3^{ab}	22.1±1.2 ^{a}	23.0±1.5 ^{a}	8.0±0.6 ^{a}	10.1±1.6 ^{b}	3.5±0.08 ^{b}
	200	18.4±1.7^{ab}	9.3±0.8 ^{a}	41.1±1.0^{bc}	21.9±1.0 ^{a}	21.9±1.2 ^{a}	7.6±0.4 ^{a}	9.9±1.5 ^{bcd}	3.3±0.07 ^{bcd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر طبق ازمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means with the same letters in each column have not significant differences based on Duncans Multiple Range Test

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ورمی‌کمپوست ورمی‌واش و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات فیزیولوژیکی گازانیا (*Gazania rigens*).

Table 5. The analysis of variance (mean of squares) for vermicompost, vermiwash and their interaction on physiological traits of *Gazania rigens*.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of squares				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	پتاسیم K	نیتروژن N	فسفر P
تکرار Replication	2	0.008 ns	0.0012 ns	5.58 ns	0.08 ns	0.022 ns
ورمی‌کمپوست Vermicompost	3	0.072 **	0.015**	647.02**	0.64 **	0.74 **
ورمی‌واش Vermiwash	3	0.0048 **	0.0027 **	131.67 **	0.12 *	0.005 ns
ورمی‌کمپوست × ورمی‌واش Vermicompost × Vermiwash	9	0.015 **	0.0045 **	6.06*	164.98 **	0.02 ns
خطا Error	30	0.0008	0.006	0.16	0.03	0.012
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	3.34	7.08	7.18	8.79	9.15

* و ** به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم تفاوت معنی‌دار

*, ** significant difference at 5% and 1%, respectively, ns not significant difference

بیش‌ترین میزان کلروفیل a در تیمار ورمی‌کمپوست ۴۰ درصد حجمی و ورمی‌واش به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست ۶۰ درصد حجمی با ورمی‌واش به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت (جدول ۶). در تیمار ورمی‌کمپوست ۶۰ درصد حجمی و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش بیش‌ترین مقدار کلروفیل b مشاهده شد (جدول ۶). ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش سبب افزایش مقدار کلروفیل شدند. اثر مثبت تیمار ورمی‌کمپوست در محتوای کلروفیل برگ تاج‌خروس با ۲ تا ۳ برابر افزایش در ۲۷ روز بعد از جوانه‌زنی گزارش شد (۳۴). کاربرد ورمی‌کمپوست با غلظت‌های مختلف روی گیاهان ماش سبز (*Vigna ra*diata) و *Centella asiatica* موجب افزایش رشد، زیست‌توده و محتوای کلروفیل این گیاهان شد (۳۵). تیمار ۶۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ را باعث شدند که تفاوت معنی‌داری با همه سطوح ورمی‌واش در همین سطح ورمی‌کمپوست و تیمارهای ۴۰ درصد حجمی ورمی کمپوست در سطوح ۵۰ ، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش نداشتند (جدول ۶). یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به‌طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی فرایند نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شوند. آن‌ها علت

کاهش نیتروژن آمونیومی را در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست را مربوط به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها دانستند که سبب تبدیل نیتروژن آمونیومی به نیتراتی شد (۳۶). بیش‌ترین مقدار فسفر برگ در تیمار ۶۰ درصد حجمی ورمی کمپوست مشاهده شد که با تیمار ۴۰ درصد حجمی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). در محیط کشت دارای ورمی‌کمپوست فسفر به فرم قابل‌دسترس برای گیاه تبدیل می‌شود. به همین دلیل است که افزودن ماده آلی به خاک فسفات قابل‌جذب در خاک را افزایش می‌دهد. ورمی‌کمپوست جذب فسفر را از طریق افزایش انحلال فسفر به‌واسطه فعال‌سازی ریزموجودات با ترشح اسیدهای آلی مانند سیتریک، گلوتامیک، سوکسنیک، لاکتیک، اگزالیک، مالیک و فوماریک اسید و با تحریک فعالیت فسفاتاز افزایش می‌دهد (۳۷). ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش حاوی عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن هستند و هم‌چنین شرایط را برای جذب این عناصر از خاک فراهم می‌کنند (جدول‌های ۱ و ۲).

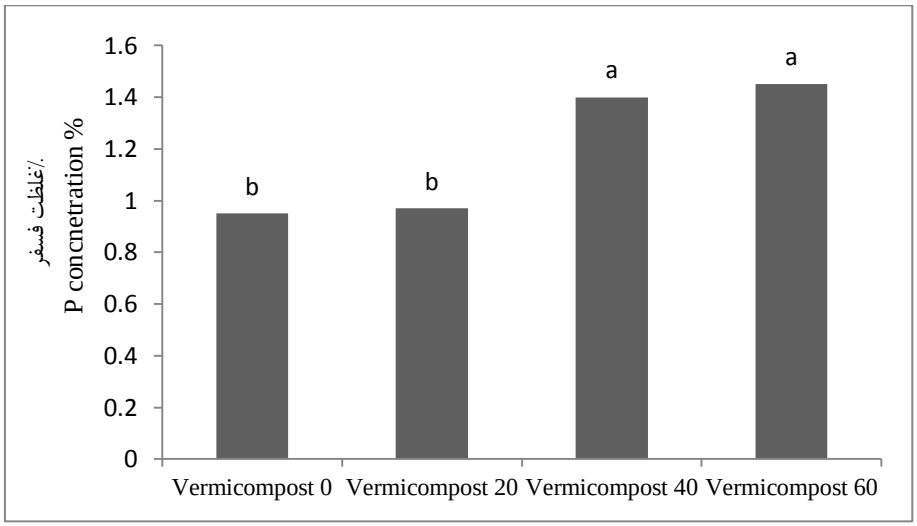
جدول ٦- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش بر صفات فیزیولوژیکی گازانیا (*Gazania rigens*).

Table 6. Interaction effects of different levels of vermicompost and vermiwash interaction on physiological traits of *Gazania rigens*.

ورمی‌کمپوست Vermicompost (V/V)	ورمی‌واش Vermiwash (mg/l)	صفات Traits: کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} fresh weight)	پتاسیم K (mg/g)	نیتروژن N (%)
0	0	0.74±0.03 ^{f}	0.55±0.07 ^{e}	23.1±1.6 ^{hi}	1.6± 0.21^{e}
	50	0.78±0.03 ^{ef}	0.58±0.05 ^{e}	22.2±1.9 ^{i}	1.62±0.20 ^{de}
	100	0.79±0.12 ^{ef}	0.71±0.03 ^{cd}	27.6±2.0 ^{gf}	1.75± 0.12 ^{cde}
	200	0.78±0.12 ^{ef}	0.70±0.05 ^{d}	32.1±2.1 ^{f}	1.75±0.18 ^{cde}
20	0	0.76±0.09 ^{f}	0.60±0.04 ^{e}	25.2±1.9 ^{gh}	1.80±0.19 ^{cde}
	50	0.78±0.07 ^{ef}	0.63±0.04 ^{e}	25.0±1.8 ^{gh}	1.85±0.16 ^{bcde}
	100	0.83±0.11 ^{d}	0.72±0.05 ^{bcd}	34.2±1.6 ^{f}	1.85±0.18 ^{bcde}
	200	0.81±0.10 ^{de}	0.71± 0.06 ^{cd}	35.1±2.0 ^{ef}	1.84±0.18 ^{bcde}
40	0	0.90±0.12 ^{bc}	0.78±0.04 ^{abc}	39.1±1.8 ^{cd}	1.9±0.2 ^{bcde}
	50	0.91±0.09 ^{abc}	0.76±0.08 ^{abc}	37.0±1.9 ^{de}	2.0±0.12 ^{abcd}
	100	0.95±1.3 ^{a}	0.75±0.07 ^{abcd}	43.2±1.5 ^{ab}	2.25±0.23 ^{ab}
	200	0.94±1.4 ^{ab}	0.74±0.07 ^{abcd}	44.2±1.7 ^{a}	2.25±0.18 ^{ab}
60	0	0.89±1.1 ^{c}	0.75±0.05 ^{abcd}	39.4±1.9 ^{bcd}	2.10±0.18 ^{abc}
	50	0.89±0.07 ^{c}	0.78±0.05 ^{a}	39.0±1.6 ^{bcd}	2.15±0.15 ^{ab}
	100	0.90±0.09 ^{abc}	0.75±0.04 ^{abcd}	38.1±1.4 ^{cd}	2.30±0.21 ^{a}
	200	0.89±0.10 ^{bc}	0.77±0.05 ^{ab}	41.2±1.8 ^{abc}	2.25±0.20 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means with the same letters in each column have not significant differences based on Duncans Multiple Range Test



شکل ۱- اثر ورمی‌کمپوست بر غلظت فسفر در گازانیا (*Gazania rigens*).

Figure 1. The effect of vermicompost on P concentration in *Gazania rigens*.

محبوب‌خمامی (۲۰۱۱) با بررسی اثر محلول‌پاشی با کود زیستی مایع (ورمی‌واش) بر تغذیه و شاخص‌های رشد دیفن‌باخیا و آگلونما نشان داد که محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر نیتروژن و فسفر در آگلونما داشت (۳۸). قربانی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی تأثیر ورمی‌واش بر رشد و جذب عناصر پرمصرف و کادمیم توسط اسفناج (*Spinacea oleracea* L.) در یک خاک آلوده به کادمیم را بررسی کردند و نشان دادند که ورمی‌واش نقش مؤثری در بهبود رشد و عملکرد اسفناج داشت. کم‌ترین وزن خشک اسفناج در سطح شاهد (بدون مصرف ورمی‌واش) و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم، و بیش‌ترین آن در ۵۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم ورمی‌واش و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیم مشاهده شد (۳۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج کلی پژوهش نشان داد که تیمارهای ورمی‌کمپوست و ورمی‌واش تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گازانیا داشتند. اثر تیمار ورمی‌کمپوست بر صفات مورد بررسی گازانیا بیش‌تر از تیمار ورمی‌واش بود. تیمار ۴۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ورمی‌واش مناسب‌ترین تیمار جهت بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گازانیا شناخته شد.

منابع

1. Arruda, L., Beneduzi, A., Martins, A., Lisboa, B., Lopes, C., Bertolo, F., and Vargas, L.K. 2013. Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology. 63: 15-22.
2. Hassanzade Naranjboni, F., Ebrahimi, R., Raiesi, T., and Moradi, B. 2017. Moradi Effects of organic and chemical fertilizers on yield and quality in Hayward variety of kiwifruit. Journal of Soil Management Sustainable Production. 7: 183-195. (In Persian)
3. Mosier, A., Syers, J.K., and Freney, J.R. 2013. Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment (Vol. 65). Island Press, London.

4.Haghighi, B.J., Yarmahmodi, Z., and Alizadeh, O. 2010. Evaluation the effects of biological fertilizer on physiological characteristic and yield and its components of corn (*Zea mays* L.) under drought stress. American Journal of Agriculture Biological Science. 5: 2. 189-193.
5.Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acid derived from earthworms processed organic wastes on the plant growth. Bioresource Technology. 82: 84-147.
6.Campitelli, P., and Ceppi, S. 2008. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. Chemometr. International Laboratory Systems. 90: 1. 64-71.
7.Ansari, A.A. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Science. 4: 5. 554-557.
8.Meghvansi, M.K., Khan, M.H., Gupta, R., Gogoi, H.K., and Singh, L. 2012. Vegetative and yield attributes of okra and naga chilli as affected by foliar sprays of vermiwash on acidic soil. Journal of Crop Improvement. 26: 4. 520-531.
9.Kaur, P., Bhardwaj, M., and Babbar, I. 2015. Effect of vermicompost and vermiwash on growth of vegetables. Research Journal of Animal Veterinary Fishery Science. 3: 4. 9-12.
10.Makkar, C., Singh, J., and Parkash, C. 2017. Vermicompost and vermiwash as supplement to improve seedling, plant growth and yield in *Linum usitassimum* L. for organic agriculture. International Journal of Recycling Organic Waste Agriculture. 6: 3. 203-218.
11.Mupambwa, H.A., Lukashe, N.S., and Mnkeni, P.N.S. 2017. Suitability of fly ash vermicompost as a component of pine bark growing media: Effects on media physicochemical properties and ornamental marigold (*Tagetes* spp.) growth and flowering. Compost Science Utility. 25: 1. 48-61.
12.Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R., and Metzger, J.D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology. 93: 2. 139-144.
13.Shadanpour, F., Mohamadi, T.A., and Hashemi, M.K. 2011. The possibilty using vermicompost as the growth medium. Journal of Ornamental Horticultural Plants. 1: 153-160.
14.Suthar, S. 2012. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. International Journal of Plant Production. 3: 1. 27-38.
15.Lazcano, C., and Dominguez, J. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Spanish Journal of Agricultural Research. 8: 4. 1260-1270.
16.Fathi, B., Reezi, S., Rouhi, V., and Ghobadinia, M. 2017. Effect of different levels of superabsorbent and vermicompost on qualitative and quantitative traits of gazania (*Gazania hybrida*) in green roof condition. Iran. Journal of Horticultural Science. 48: 423-429.
17.Mahboub Khomami, A. 2003. The effect of liquid bio-fertilizer (vermiwash) in foliar application on Dieffenbachia and Aglaonema nutrition and growth indexes. Journal of Agricultural Science. 4: 175-187. (In Persian)
18.Azizi, M., Baghani, M., Lackzian, A., and Aroiee, H. 2004. Effect of different level of vermicompost and vermiwash sprying on morphological traits and essential oils Content of *Ocimum basilicum*. Agricultural Science Technology Journal. 21: 41-52.
19.Kazemi, S., Barzegar, R., and Mohammadkhani A.A. 2016. Effects of vermivash foliar application on yield and leaf nutrient status of strawberry CV Goveita. Journal of Crop Improvement. 18: 743-752. (In Persian)

20. Moradi Dastjerdi, L., Kalateh jari, S., Fatehi, F., and Ghanbari Jahromi, M. 2020. Investigating the effect of mycorrhizal arbuscular fungus and vermiculus solubilizing on morphological and physiological traits of *Gazania* under drought stress conditions. Journal of Plant Production. 44: 195-210.
21. Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D., and Chet, I. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. European Journal of Plant Pathology. 100: 5. 337-346.
22. Duan, R.Y., Wei, X.L., Jian, C.Y., Zhang, Y., Wang, Y.L., and Feng, Y. 2014. Effect of rhizobia on growth and physiological-biochemical character of biennial *Ormosia henryi* Seedlings. Journal of West China Forest Science. 2: 1-18.
23. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology. 24: 1. 1-15.
24. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Los Angeles, 60-61: 150-179.
25. Sparks, D.L., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., Johnston, C., and Sumner, M. 1996. Methods of soil analysis, Soil Science Society of American Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
26. Chapman, H.D., and Pratt, F.P. 1961. Ammonium vandate-molybdate method for determination of phosphorus. Methods of analysis for soils, plants and water. California University, USA, pp. 184-203.
27. Sharifi, P., Shorafa, M., and Mohammadi, M.H. 2020. Comparison of the effect of cow manure, vermicompost and Azolla on safflower growth in a saline-sodic soil. Gorgan Journal of Soil Management Sustainable Production. 10: 159-165. (In Persian)
28. Befrozfar, M.R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, M., and Tookallo, M.R. 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (*Ocimum basilicum* L.). Annals Biological Research. 4: 2. 8-12.
29. Neamati, H., and Azizi, M. 2014. The effect of different levels of vermicompost and plant density on growth and developmental factors, seed yield and oil content of evening primrose (*Oenothera biennis* L.). Journal of Plant Production. 36: 27-36.
30. Shahbazi, M., Chamani, E., Shahbazi, M., Mostafavi, M., and Pourbeirami EHir, Y. 2012. Investigation of media (vermicompost, peat and coco- Peat) on growth and flowering of carnation flower. Journal of Agricultural Science Sustainable Production. 22: 127-136. (In Persian)
31. Dobbss, L.B., Pasqualoto Canellas, L., Lopes Olivares, F., Oliveira Aguiar, N., Peres, L.E.P., Azevedo, M., and Façanha, A.R. 2010. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. Journal of Agriculture Food Chemistry. 58: 6. 3681-3688.
32. Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acid derived from earthworms processed organic wastes on the plant growth. Bioresource Technology. 82: 84-147.
33. Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A., and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and compostsas potting media for growth of tomatoes. Journal of Plant Nutrition. 27: 1107-1123.
34. Joshi, R., Singh, J., and Vig, A.P. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. Reviews in Environmental Science and Biotechnology. 14: 1. 137-159.
35. Nirmala, C.H., Vijaya, T., Chandra, M., Kalla, M., and Ramesh, K. 2009. The effects of vermicompost on growth andyield of Vigna radiata and Centella asiatica, two important medicinal plants. Plant Biology Assessment. 4: 160-164.

36. Darzi, M.T., Hadi, M.H.S., and Rejali, F. 2012. Effects of the application of vermicompost and nitrogen fixing bacteria on quantity and quality of the essential oil in dill (*Anethum graveolens*). Journal of Medicinal Plants Research. 6: 21. 3793-3799.
37. Busato, J.G., Lima, L.S., Aguiar N.O., Canellas, L.P., and Olivares, F.L. 2012. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Bioresource Technology. 110: 390-395.
38. Mahboub Khomami, A. 2011. Effect of sawdaust vermicopost in pot media on nutrition and growth of dieffenbacha (*Dieffenbachia amonea*) plant. Seed Plant Production Journal. 4: 435-444. (In Persian)
39. Ghorbani, M., Karimian, N.K., and Zarei, M. 2017. Influence of liquid organic fertilizer on growth, cadmium and macronutrients uptake of Spinach (*Spinacea oleracea* L.) in a cadmium polluted soil. Water Soil Conservation. 24: 235-249.