The Effect of Wood Chip Compost and Potassium Sulfate on the Morpho-Physiological Characteristics of *Pelargonium × hortorum*

Z. Nasiri[1], M. Karimi* and H. Moradi

Abstract

In order to investigate the effect of wood chip compost and potassium sulfate on some morpho-physiological characteristics of geranium, Rocky Mountain Rock Red cultivar, a factorial experiment was conducted as a completely randomized design with four replications. The first factor was different percentages of wood chip compost (0, 5, 10, 15% replacing peat moss in the base growth medium) and the second factor was potassium sulfate (0, 1 and 2 mg/L). The composition of the base growth substrate (control) including peat moss: perlite: garden soil (1:1:1 V/V) was selected. First, geranium seedlings were planted in pots containing different percentages of wood chip compost. After the adaptation of the plants to the growth media, fertilization with potassium sulfate was applied every 10 days. According to the obtained results, the interaction of wood chip compost and potassium sulfate on height, number of flowers, number of buds and number of leaves was significant at the probability level of 1%. The highest plant height was recorded in the treatment of 5% compost along with 2 mg/L of potassium sulfate. The highest number of inflorescences was observed in 10% compost in combination with 1 mg/L of potassium sulfate and 15% compost with 2 mg/L of potassium sulfate. The highest root fresh weight was recorded in 10% compost in combination with 2 mg/L of potassium sulfate. The amount of chlorophyll was maximum in 15% compost and 1 mg/L of potassium sulfate. The plants grown in 10% compost in combination with 2 mg/L of potassium sulfate had the highest amount of carotenoids. According to the results of the present study, the effect of different percentages of compost used in combination with potassium sulfate was significant in most of the examined traits compared to the control treatment. 15% compost in combination with 2 mg/L of potassium sulfate performed better on stem height, number of inflorescences and buds.

Keywords: Fertilization, Ornamental plant, Pigments, Medium.

Background and Objective: One of the important factors in the production of ornamental plants is the use of suitable medium. In addition to having suitable physical and chemical properties, the media for plants should be cheap and available. Compost is an organic substance that has a positive effect on the physical and chemical properties of the media. Fertilizers play an important role in improving the growth and development of plants. Potassium is effective in accelerating the growth and development of plants. This element plays an important role in the production of hydrocarbon materials, protein production, photosynthesis, and the opening and closing of stomata (Tabatabaei, 2018; Nofa et al., 2024). The use of

1- Dept. of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
* Corresponding author, Email: karimi@sanru.ac.ir

نسخه پیش از انتشار

cheap and available organic materials, in addition to improving the vegetative and reproductive characteristics of the plant, can be important in reducing the cost of producing agricultural products. The purpose of this study was to investigate the role of wood chip compost and potassium sulfate fertilizer on the morph-physiological characteristics of geranium plant.

Methods: A factorial experiment in a completely randomized design with two factors and three replications was conducted in greenhouse conditions at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. The first factor of wood chip compost (0, 5%, 10%, 15%) and the second factor was potassium sulfate (0, 1 and 2 mg/L). Healthy and uniform geranium seedlings were purchased from a greenhouse in Pakdasht, Varamin. The plants were placed in the greenhouse temperature for two weeks to adapt to the environmental conditions. After two weeks, the seedlings were transferred to the media containing compost and placed inside the greenhouse with an average temperature of 22°C and a relative humidity of 60-70%. After the adaptation of the plants to the media, fertilization with the desired concentrations of potassium sulfate was applied every 10 days. Six months after the start of the treatment, traits such as height, number of leaves, number of buds, number of inflorescences, root length, root volume, shoot fresh and dry weight, root fresh and dry weight, chlorophyll content, anthocyanin and potassium element was measured**.**

Results: According to the obtained results, the highest plant height was created in 5% compost with 2 mg/L of potassium. The highest number of inflorescences was observed in 10% compost combined with 1 mg/L of potassium, which was not significantly different from 15% compost treatment with 2 mg/L of potassium. The highest root wet weight was measured in 10% compost in combination with 2 mg/L of potassium. The highest root dry weight was observed in 10% compost + 2 mg/L potassium. The plants grown in 10% compost in combination with 2 mg/L of potassium had the highest amount of carotenoids. The amount of anthocyanin was the highest in 2 mg/L potassium. Also, this pigment was maximum in 15% compost. The highest amount of total chlorophyll was observed under the treatment of 15% wood chip compost and 1 mg/L of potassium.

Conclusions: The findings of the present study showed that most of the substrates containing compost and potassium sulfate fertilizer had a significant effect on improving the vegetative and flowering traits of geranium compared to the control treatment. An increase in the number of inflorescences was observed in 10 and 15% compost in combination with potassium fertilizer. Anthocyanin pigment showed an increase in 15% compost and 2 mg/L potassium compared to the control. The number of leaves was the highest in plants grown in 15% compost and 1 and 2 grams per liter of potassium fertilizer. According to the results of the present study, the use of wood chip compost along with potassium sulfate fertilizer is recommended to improve the morphological and physiological characteristics of geranium.

References:

1- Nofal, E., Menesy, F., M. Abd El-Hady, W., G. Shehab, E., El-Ramady, H. and Prokisch, J. 2024. Effect of Nano-NPK and Nano-Chitosan fertilizers on the growth and chemical constituents of *Philodendron sellum* Plants. Egypt. J. Soil Sci. 64(3), 1193–1205. doi: 10.21608/ejss.2024.289119.1769.

2- Tabatabaei, S.J. 2018. Principles of plant mineral nutrition. First edition, autho's publications. Tabriz, Iran.

بررسی اثر کمپوست تراشه چوب و سولفات پتاسیم در بهبود خصوصیات مورفو- فیزیولوژیک گیاه شمعدانی

زینب نصیری[1]، مهناز کریمی* و حسین مرادی

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کمپوست تراشه چوب و سولفات پتاسیم بر برخی خصوصیات مورفو- فیزیولوژیک شمعدانی رقم Rocky Mountain Rock Red آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول درصدهای مختلف کمپوست تراشه چوب (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد جایگزین پیت ماس در بستر پایه) و فاکتور دوم سولفات پتاسیم (صفر، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. ترکیب بستر پایه (شاهد) شامل پیت ماس: پرلیت: خاک باغچه (به نسبت حجمی مساوی) انتخاب شد. ابتدا گیاهچه‌های شمعدانی در بستر حاوی درصدهای مختلف کمپوست تراشه چوب در گلدان کشت شدند. بعد از سازگاری گیاهان به بستر کشت، کوددهی با سولفات پتاسیم هر ۱۰ روز یکبار در بستر کشت اعمال شد. طبق نتایج به‌دست آمده برهمکنش کمپوست تراشه چوب و سولفات پتاسیم بر ارتفاع، تعداد گل‌آذی، تعداد غنچه و تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین ارتفاع گیاه در تیمار کمپوست تراشه چوب ۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم حاصل شد. بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد در ترکیب با یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم و کمپوست ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد. بیش‌ترین وزن تر ریشه در کمپوست ۱۰ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم ثبت شد. میزان کلروفیل در کمپوست ۱۵ درصد و یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم حداکثر بود. گیاهان پرورش یافته در کمپوست ۱۰ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم دارای بیش‌ترین میزان کاروتنوئید بودند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر تأثیر درصدهای مختلف کمپوست مورد استفاده در ترکیب با سولفات پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد در بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. کمپوست ۱۵ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم روی ارتفاع ساقه، تعداد گل‌آذین و غنچه بهتر عمل کرد.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، رنگیزه‌های گیاهی، گیاه زینتی، کوددهی.

مقدمه

شمعدانی گیاهی چند ساله با ساقه‌های نیمه چوبی است. *Pelargonium × hortorum* گونه دورگ شمعدانی با رقم‌های مختلف با تنوع در رنگ، اندازه گل و برگ است. شمعدانی‌ها

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karimi@sanru.ac.ir

جایگاه دوم را در صنعت بین‌المللی گل‌های گلدانی به خود اختصاص داده‌لند (Tzortzakis et al., 2020). یکی از عوامل مهم در تولید و پرورش گیاهان زینتی استفاده از بستر کشت مناسب می‌باشد. بستر کشت علاوه بر داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسب، باید ارزان و در دسترس باشد. صنایع چوب و کاغذ استان مازندران شهرستان ساری، هر ساله حدود ۱۷۵۰۰۰ تن کاغذ تولید می‌کند، از ضایعات این کارخانه چندین تن کمپوست و کود آلی گرانوله به‌دست می‌آید. در دسترس و ارزان بودن این ماده آلی موجب استفاده آن در تولید محصولات کشاورزی و زراعی شده است (Shamsi and Watani, 2018). با توجه به هزینه‌های بالای واردات کوکوپیت، پیت ماس و ... می‌توان با استفاده از ضایعات کشاورزی موجود در کشور باعث کاهش واردات و هزینه تولید شد. مطالعات نشان می‌دهد که بقایای آلی بعد از فرایند صحیح کمپوست شدن می‌توانند به‌عنوان بستر کشت جایگزین پیت به‌کار روند. کمپوست نوعی کود آلی است که در تغذیه و بهبود شرایط خاک نقش دارد و از دیرباز به‌دلیل اثرات اصلاح‌کنندگی که روی خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک و بهبود رشد گیاه دارد مورد توجه کشاورزان بوده است (Mirakalaei et al., 2013). در پژوهشی تأثیر درصدهای مختلف کمپوست ضایعات چوب (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) بر برخی خصوصیات رشدی و گلدهی گیاه لیلیوم مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین تعداد غنچه در ۲۵ و ۷۵ درصد کمپوست به‌دست آمد. گیاهان در بستر کشت ۱۰۰ درصد کمپوست دارای کم‌ترین ارتفاع ساقه بودند (Rahmani et al., 2018). در پژوهشی روی گل آهار بیش‌ترین تعداد گل و محتوای نیتروژن برگ در بستر حاوی ۱۰۰ درصد کمپوست تراشه چوب حاصل شد (Akbarzadeh et al., 2023). کاربرد کمپوست ضایعات پسته، میزان غلظت عناصر روی، نیتروژن، منگنز و آهن را در برگ دانهال‌های پسته در مقایسه با شاهد افزایش داد (Sherafati et al., 2023). در پژوهشی بیش‌ترین ارتفاع ساقه در گیاه لیلیوم رقم نشویل، در بستر ۲۵ درصد کمپوست حاصل شد. همچنین غلظت عنصر نیتروژن در بستری حاوی ۷۵ درصد کمپوست در حداکثر بود (Alami et al., 2021)

عناصر غذایی، نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاهان دارند. پتاسیم در تسریع رشد و نمو، ساخت هیدروکربن‌ها، پروتئین، فتوسنتز و باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی دارد (Tabatabaei, 2018; Nofa et al., 2024). در پژوهشی تأثیر سولفات پتاسیم بر روی صفات رویشی و زایشی گل شب بو مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده سولفات پتاسیم طول و قطر ساقه را بهبود بخشید (Salehi et al., 2018). مطالعات اثر مثبت کوددهی پتاسیم بر رشد، گلدهی و کیفیت گیاهان زینتی مختلف از جمله آهار، کوکب، گلایل، ژربرا لیلیوم، میخک و داودی را تأیید می‌کنند (Gulser Cig., 2021).

از آنجایی‌که امروزه صنعت تولید گل در دنیا به یک کار تجاری بزرگ تبدیل شده و در کشور ما نیز گام‌های اساسی در جهت گسترش این صنعت برداشته شده است، استفاده از منابع غیر آلاینده و سازگار با طبیعت برای تأمین بستر رشد گیاهان توجه بیشتر محققین را به خود جلب کرده است. استفاده از مواد آلی ارزان و در دسترس علاوه بر بهبود صفات رویشی و زایشی گیاه می‌تواند در کاهش هزینه تولید گل و گیاه زینتی نقش مهمی ایفا کند. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش کمپوست تراشه چوب و کود سولفات پتاسیم بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک گیاه شمعدانی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. فاکتور اول کمپوست تراشه چوب (با نسبت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد حجمی) و فاکتور دوم سولفات پتاسیم (صفر، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. ترکیب بستر پایه (شاهد) شامل پیت ماس: پرلیت: خاک باغچه به نسبت ۱:۱:۱ بود. کمپوست تراشه چوب از صنایع چوب و کاغذ ساری خریداری شد. برای همه تیمارها ابتدا بستر پایه تهیه

نسخه پیش از انتشار

جدول ۱. برخی از خصوصیات کمپوست و خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Some characteristics of compost and soil used in the experiment

بستر کشت Medium	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (ds/m)	کربن آلی (٪) Organic carbon(%)	مواد آلی (٪) Organic matter (%)	ازت کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر) Total phosphorus (mg/l),	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در لیتر) Total potassium (mg/l)
خاک Soil	7.4	1.8	1.93	3.32	0.20	21.22	249
کمپوست Compost	8.1	2.5	10.53	18.15	0.34	76.2	670

شد و سپس کمپوست با نسبت‌های ذکر شده جایگزین پیت ماس گردید. نسبت پرلیت و خاک باغچه در همه بسترهای کشت ثابت بود. در جدول (۱)، برخی از خصوصیات کمپوست تراشه چوب و خاک مورد استفاده در آزمایش ذکر شده است. غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، نیتروژن با کجلدال و فسفر قابل جذب با اسپکتروفتومتر بررسی شد (Wahing et al., 198; Olsen & Sommers., 1982). کربن آلی با روش Nelson & Sommers (1982) بررسی شد. برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک و کمپوست، مقدار ۵ گرم نمونه را وزن و داخل ارلن ریخته و مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول بی‌کربنات سدیم به آن اضافه و به مدت نیم ساعت شیکر شد. ۱۰ میلی‌لیتر از محلول جدا کرده و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسید اضافه گردید. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه شیکر شد سپس عصاره با دستگاه اسپکتروفتومتر با اضافه کردن استاندارد قرائت شد (Olsen & Sommers., 1982). برای اندازه‌گیری ازت کل یک گرم نمونه خاک و کمپوست هر کدام به‌طور جداگانه کوبیده و بعد از الک در بالن ژوژه ریخته شد. سپس ۱/۱ گرم مخلوط کاتالیست، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. نمونه‌ها روی اجاق برقی قرار گرفت و حرارت تا ۳۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت تدریجی افزایش یافت. سپس مقدار ۲۵ میلی‌لیتر اسید بوریک و اندیکاتور در ارلن مایر ریخته شد. بعد از شستشوی بالن مقدار ۲۰ میلی‌لیتر سود ۱۰ نرمال اضافه شد. بعد از ۷ دقیقه محتویات با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید.

گیاهچه‌های سالم و یکنواخت شمعدانی رقم Rocky Mountain Rock Red که از طریق قلمه ریشه‌دار شده و دو ماه از انتقال آن‌ها به گلدان با سایز دهانه ۱۰ سانتی‌متر گذشته بود از گلخانه‌ای در پاکدشت ورامین خریداری شدند. گیاهان به‌مدت دوهفته در گلخانه (داخل گلخانه با میانگین دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد) قرار گرفتند تا با شرایط محیطی محل آزمایش سازگار شوند. بعد از دو هفته گیاهچه‌ها به داخل گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر حاوی بسترهای کشت مورد نظر منتقل شدند. دو هفته بعد از سازگاری گیاهان، سولفات پتاسیم در غلظت‌های مورد نظر در آب مقطر حل شد و به میزان ۴۰۰ میلی‌لیتر هر ۱۰ روز یکبار در بستر کشت اعمال گردید. گیاهان هر پنج روز با آب مقطر در فواصل کوددهی آبیاری شدند.

شش ماه بعد از شروع تیمار، صفاتی چون ارتفاع، تعداد برگ، تعداد جوانه جانبی، تعداد غنچه، تعداد گل آذین، طول ریشه، حجم ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، محتوای کلروفیل، آنتوسیانین، عنصر پتاسیم برگ مورد بررسی قرار گرفت. تعداد برگ، تعداد جوانه جانبی و تعداد غنچه در هر بوته شمارش شد. ارتفاع و طول ریشه بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن‌تر شاخساره‌ها به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری وزن‌تر ریشه، ریشه را با آب شستشو داده تا باقیمانده

نسخه پیش از انتشار

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر کمپوست و پتاسیم بر ارتفاع، تعداد گل آذین، غنچه و برگ شمعدانی

Table 2. Variance analysis of the effect of compost and potassium on height, number of inflorescence, buds and leaves of geranium.

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد گل آذین Number of Inflorescence	تعداد غنچه Number of Buds	تعداد برگ Number of Leaves
کمپوست (A) Compost	3	7.99**	20.74**	16.74**	130.38**
پتاسیم (B) Potassium	2	0.75 ns	9.77**	3.14*	3.06 ns
A*B	6	3.81**	4.99**	8.86**	105.11**
خطا (Error)	36	0.99	0.38	0.75	20.75
ضریب تغییرات CV (%)		6.27	17.14	8.40	15.84

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

خاک جدا شده و تمیز گردد و پس از آن‌که آب اضافی خارج شد به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای محاسبه وزن خشک شاخساره و ریشه بعد از توزین وزن تر، شاخساره و ریشه را به‌طور جداگانه در داخل پاکت کاغذی گذاشته و در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

جهت اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید، نیم‌گرم بافت تازه در ۱۰ میلی‌لیتر استون۸۰ درصد ساییده و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ ۶۰۰۰ دور در دقیقه، عصاره به‌وسیله اسپکتروفتومتر (UV-1800 pc) در طول موج۴۷۰، ۶۵۲ و ۶۶۵ نانومتر قرائت گردید (Carter and Knapp, 2001).

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین ابتدا ۰/۱ گرم از بافت گلبرگ با ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و اسید کلریدریک به نسبت حجمی ۱:۹۹) در هاون کوبیده شد. عصاره به‌دست آمده در فالکون‌های ۱۰ میلی‌لیتری به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس در دستگاه سانترفیوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه و دور ۴۰۰۰ قرار گرفتند. عصاره به‌دست آمده با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد (Wanger, 1979). با رابطه A=Ɛbc (A= مقدار عددی جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر، Ɛ= ۳۳۰۰۰، b= ۱، c= آنتوسیانین) مقدار عددی آنتوسیانین به‌دست آمد.

برای اندازه‌گیری درصد پتاسیم، نمونه‌های برگ در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و پودر شد. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی و عصاره‌گیری، غلظت یون پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتری اندازه‌گیری شد (Wahing et al., 1989).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

طبق جدول تجزیه واریانس (۲) برهمکنش کمپوست تراشه چوب و سولفات پتاسیم بر ارتفاع، تعداد گل‌آذین، تعداد غنچه و تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین ارتفاع گیاه در تیمار کمپوست تراشه چوب ۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد. تیمار برتر نسبت به شاهد ۲۰/۰۹ درصد افزایش نشان داد که با تیمارهای کمپوست تراشه چوب ۵ درصد به همراه یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم و کمپوست تراشه چوب ۱۵

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر کمپوست و کود پتاسیم بر ارتفاع، تعداد گل آذین، غنچه و برگ شمعدانی

Table 3. Mean comparisons of the effect of compost and potassium on height, number of inflorescence, buds and leaves of geranium.

کمپوست (درصد) Compost (%)	پتاسیم (میلی‌گرم) Potassium (mg)	ارتفاع Height	تعداد گل آذین Number of Inflorescence	تعداد غنچه Number of Buds	تعداد برگ Number of Leaves
0	0	14.93^{ef}	1.00^{f}	9.00^{de}	21.00^{f}
	1	15.81^{b-e}	1.75^{ef}	8.00^{e}	22.25^{ef}
	2	16.37^{bcd}	2.25^{e}	9.00^{de}	28.75^{b-d}
5	0	14.25^{f}	3.25^{cd}	10.75^{bc}	24.50^{def}
	1	17.06^{ab}	4.75^{b}	9.50^{d}	26.25^{c-f}
	2	17.93^{a}	3.75^{c}	9.50^{d}	29.75^{b-d}
10	0	15.81^{b-e}	3.25^{cd}	11.00^{b}	28.50^{b-e}
	1	16.43^{bc}	6.25^{a}	11.50^{b}	33.25^{ab}
	2	15.00^{def}	4.00^{bc}	9.75^{cd}	38.50^{a}
15	0	15.00^{def}	2.50^{de}	11.00^{b}	30.75^{bcd}
	1	15.62^{c-f}	4.75^{b}	11.25^{b}	29.75^{bcd}
	2	16.75^{abc}	5.75^{a}	14.00^{a}	31.75^{bc}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

Each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد در ترکیب با یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد که با تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت.

بیش‌ترین تعداد غنچه در هر گل‌آذین با افزایش ۵۵/۵۵ درصدی نسبت به شاهد در کمپوست ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم به وجود آمد. در تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد و دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم بیش‌ترین تعداد برگ ایجاد شد که با تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد در ترکیب با یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) برهمکنش غلظت‌های مختلف کمپوست و سولفات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه معنی‌دار بود.

بیش‌ترین طول ریشه در تیمار کمپوست تراشه چوب ۵ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم ثبت شد که با تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بیش‌ترین وزن تر ریشه در تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین وزن خشک ریشه مربوط به کمپوست تراشه چوب ۱۰ درصد به همراه یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم بود که با تیمارهای کمپوست ۱۰ درصد و دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم، کمپوست ۱۵ درصد به همراه یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم، کمپوست ۵ درصد در ترکیب با ۰، یک و دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین وزن تر ساقه در کمپوست ۱۰ درصد به همراه یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم ثبت شد. بیش‌ترین وزن خشک ریشه در کمپوست ۱۰ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد (جدول ۵).

بر طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) برهمکنش اثر غلظت‌های مختلف کمپوست و کود سولفات پتاسیم بر میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید و درصد عنصر پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر مستقل کمپوست و سولفات

نسخه پیش از انتشار

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر کمپوست و پتاسیم بر زیست توده در شمعدانی

Table 4. Variance analysis of the effect of compost and potassium on biomass in geranium

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	وزن تر ساقه Stem Fresh Weight	وزن خشک ساقه Stem Dry Weight	طول ریشه Root Length	وزن تر ریشه Root Fresh Weight	وزن خشک ریشه Root Dry Weight
کمپوست (A) Compost	3	1440.94**	557.55**	412.52**	79.92**	3.93**
پتاسیم (B) Potassium	2	168.30*	72.96**	122.06**	1.01^{ns}	1.08**
A*B	6	386.21**	115.44**	119.64**	81.26**	1.50 **
خطا (Error)	36	55.81	4.58	3.27	1.36	0.09
ضریب تغییرات CV (%)		21.18	18.13	5.79	10.49	10.43

^{ns} ، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کمپوست و پتاسیم بر زیست توده در گیاه شمعدانی

Table 5. Mean comparisons of the effect of compost and potassium on biomass in geranium

کمپوست (درصد) Compost (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر) Potassium (mg)	وزن تر ساقه (گرم) Stem Fresh Weight (gr)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem Dry Weight (gr)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root Length (cm)	وزن تر ریشه (گرم) Root Fresh Weight (gr)	وزن خشک ریشه (گرم) Root Dry Weight (gr)
0	0	20.90^{g}	4.40^{f}	20.25^{f}	6.79^{e}	1.45^{d}
	1	32.46^{cde}	5.20^{ef}	20.75^{f}	10.45^{d}	2.42^{c}
	2	23.87^{efg}	8.12^{de}	27.75^{d}	10.68^{d}	1.82^{d}
5	0	31.71^{def}	5.10^{ef}	25.00^{e}	10.06^{d}	3.35^{ab}
	1	21.65^{fg}	5.20^{ef}	26.50^{de}	9.88^{d}	3.25^{ab}
	2	34.30^{b-e}	9.75^{cd}	42.00^{a}	14.05^{bc}	3.20^{ab}
10	0	36.34^{bcd}	12.26^{c}	39.50^{a}	13.33^{c}	3.50^{ab}
	1	47.75^{a}	18.15^{b}	34.75^{bc}	15.34^{b}	3.60^{a}
	2	43.98^{b}	30.42^{a}	33.00^{c}	20.25^{a}	3.55^{a}
15	0	32.90^{cde}	11.10^{cd}	35.75^{b}	7.01^{e}	2.42^{c}
	1	34.18^{b-e}	16.27^{b}	36.00^{b}	9.96^{d}	3.50^{ab}
	2	43.16^{bc}	15.72^{b}	33.00^{c}	5.87^{e}	3.07^{b}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

Each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

پتاسیم بر میزان رنگیزه آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

بیش‌ترین میزان کلروفیل کل تحت تیمار کمپوست تراشه چوب ۱۵ درصد به همراه یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد. گیاهان پرورش یافته در کمپوست ۱۰ درصد و دو میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم دارای بیش‌ترین میزان کاروتنوئید بودند.

نسخه پیش از انتشار

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر کمپوست و کود سولفات پتاسیم بر محتوای کلروفیل، کارتنوئید، آنتوسیانین و عنصر پتاسیم در گیاه شمعدانی

Table 6. Variance analysis of the effect of compost and potassium sulfate on the content of chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and potassium in geranium

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	پتاسیم Potassium
کمپوست (A) Compost	3	0.0021**	1.07**	27.42**	0.0183**
پتاسیم (B) Potassium	2	0.026**	0.54**	15.66**	0.0023**
A*B	6	0.010*	0.01*	0.19^{ns}	0.0052**
خطا (Error)	36	0.005	0.004	0.12	0.00001
ضریب تغییرات CV (%)		17.05	4.03	3.10	0.28

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر کمپوست و سولفات پتاسیم بر محتوای کلروفیل، کارتنوئید، آنتوسیانین و عنصر پتاسیم در گیاه شمعدانی

Table 7. Mean comparisons of the effect of compost and potassium sulfate on the content of chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and potassium in geranium

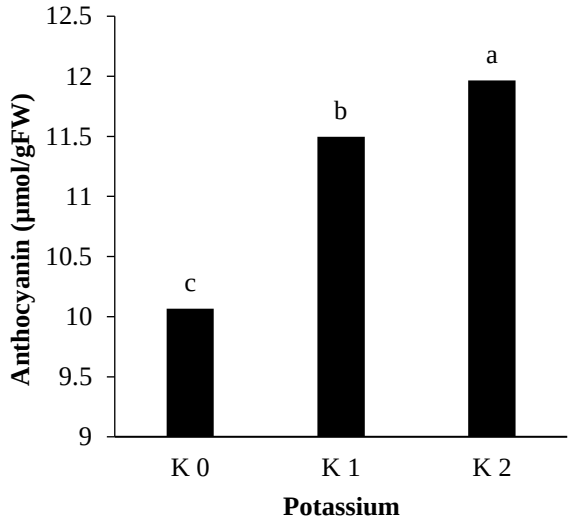
کمپوست (درصد) Compost (%)	کود پتاسیم (میلی‌گرم) Potassium (mg)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Total chlorophyll (mg/g FW)	کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg/g FW)	پتاسیم (درصد) Potassium (٪)
0	0	0.18^{e}	0.92^{k}	1.201^{g}
	1	0.22^{de}	1.19^{j}	1.202^{g}
	2	0.23^{cde}	1.34^{i}	1.218^{f}
5	0	0.24^{b-e}	1.47^{h}	1.217^{f}
	1	0.25^{bcd}	1.66^{ef}	1.219^{f}
	2	0.28^{bcd}	1.71^{de}	1.237^{e}
10	0	0.27^{bcd}	1.53^{gh}	1.245^{d}
	1	0.29^{bc}	1.78^{cd}	1.323^{a}
	2	0.31^{b}	2.01^{a}	1.326^{a}
15	0	0.26^{bcd}	1.60^{gf}	1.247^{d}
	1	0.41^{a}	1.86^{bc}	1.272^{c}
	2	0.29^{bc}	1.90^{b}	1.283^{b}

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

Each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

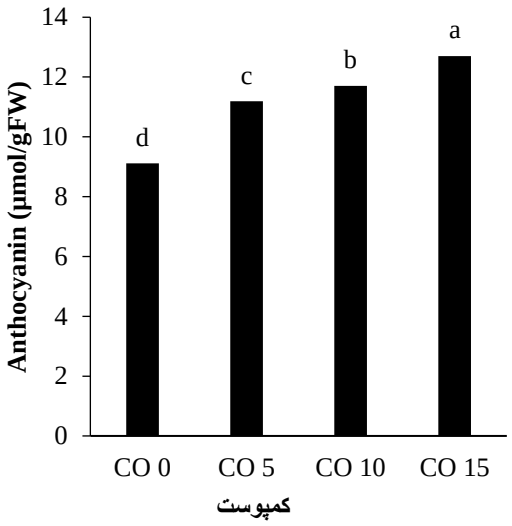
در کمپوست ۱۰ درصد به همراه یک و دو میلی‌گرم بر لیتر کود پتاسیم بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در برگ ثبت شد (جدول ۷). بیش‌ترین میزان آنتوسیانین در سولفات پتاسیم دو میلی‌گرم بر لیتر بود (شکل ۱). همچنین این رنگدانه در کمپوست ۱۵ درصد در حداکثر بود (شکل ۲).

نسخه پیش از انتشار



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف کود سولفات پتاسیم (۰، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) بر محتوای آنتوسیانین گلبرگ شمعدانی

Fig. 1. The effect of different concentrations of potassium sulfate (0, 1 and 2 mg) on the anthocyanin content of geranium petals



شکل ۲. تأثیر درصدهای مختلف کمپوست (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بر محتوای آنتوسیانین گلبرگ شمعدانی

Fig. 2. The effect of different percentages of compost (0, 5, 10 and 15%) on anthocyanin content of geranium petals

بحث

نتایج پژوهش حاضر حاکی از تأثیر مثبت کمپوست تراشه چوب و سولفات پتاسیم بر بهبود برخی خصوصیات گلدهی و فیزیولوژیکی شمعدانی بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در تیمار کمپوست ۱۰ درصد در ترکیب با یک میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم و کمپوست ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم ثبت شد. همچنین تعداد غنچه در هر گل‌آذین با افزایش ۵۵/۵۵ درصدی نسبت به شاهد در کمپوست ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد. مواد آلی موجود در بستر کشت نقش مهمی در بهبود خصوصیات رویشی و زایشی گیاه دارد. در پژوهش حاضر کمپوست تراشه چوب دارای مواد آلی بیش‌تری در مقایسه با خاک داشت (جدول ۱). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر کاربرد کمپوست تراشه چوب در بستر کشت گیاه لیلیوم سبب افزایش تعداد غنچه شد (Rahmani et al., 2018). میزان دسترسی به مواد غذایی نقش اساسی در تشکیل گل دارد. گزارش شده است کمپوست علاوه بر عناصر غذایی دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شوند (Chen et al., 2004). عنصر پتاسیم در شروع گل آغازی و تشکیل گل مؤثر است. کمبود پتاسیم می‌تواند منجر به انتقال ضعیف مواد مغذی و آب گردد که بر سلامت کلی گیاه و تولید اندام‌های زایشی اثر دارد (Taiz & Zeiger, 2006; Shilpa et al., 2022). با توجه به اینکه در گونه‌های مختلف گیاهان زینتی، نیاز آبی و نیاز تغذیه‌ای (به‌ویژه اسیدیته) برای رشد و گلدهی متفاوت است بنابراین گونه‌های مختلف در پاسخ به درصدهای مختلف کمپوست و غلظت‌های متفاوت کودی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Kumar & Singh, 2018). در پژوهش حاضر شمعدانی‌های کشت شده در کمپوست ۵ درصد که با غلظت دو میلی‌گرم در لیتر سولفات پتاسیم تیمار شده بودند دارای بیش‌ترین ارتفاع ساقه بودند. همچنین در همه تیمارهایی که سولفات پتاسیم استفاده شد در مقایسه با تیمارهای بدون کاربرد کود، افزایش ارتفاع ساقه معنی‌دار بود. احتمالاً با توجه به اینکه پتاسیم در افزایش فتوسنتز، انتقال نشاسته و

کربوهیدرات‌ها مؤثر می‌باشد بنابراین سبب افزایش ارتفاع گیاهان شمعدانی گردید (Taiz & Zeiger, 2006). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر کاربرد سولفات پتاسیم در گیاه کوکب سبب افزایش ارتفاع ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شد (Hamayl et al., 2016). گزارش شده است کودهای پتاسیمی در افزایش فعالیت مریستمی و تولید آنزیم‌های کربن‌ساز و هورمون‌های گیاهی مؤثر بوده و باعث افزایش ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، سطح برگ و ساخت کلروفیل و در نهایت افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند (Al-Tamimi et al., 2023).

کمپوست باعث افزایش میزان عنصر روی در گیاه می‌شود، این عنصر با تأثیرگذاری بر سنتز هورمون‌ها ازجمله اکسین سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (Calvo et al., 2014). گزارش‌ها نشان می‌دهد رشد رویشی گونه‌های مختلف در درصدهای مختلف کمپوست تراشه چوب، متفاوت خواهد بود، به‌طوری‌که در پژوهشی روی گیاهان آهار و لیلیوم بیش‌ترین طول ساقه به‌ترتیب در گیاهان پرورش یافته در بستر حاوی کمپوست تراشه چوب ۷۵ درصد و ۲۵ درصد به‌دست آمد (Rahmani et al., 2018; Akbarzadeh et al., 2023).

در پژوهش حاضر بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب در کمپوست ۱۰ درصد به همراه دو میلی‌گرم در لیتر پتاسیم و کمپوست ۱۰ درصد به همراه یک و دو میلی‌گرم در لیتر پتاسیم به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن تر و خشک ساقه نیز به‌ترتیب در کمپوست ۱۰ درصد به همراه یک میلی‌گرم در لیتر پتاسیم و کمپوست ۱۰ درصد در ترکیب با دو میلی‌گرم در لیتر پتاسیم مشاهده شد. گزارش شده است عنصر پتاسیم در افزایش رشد ریشه مؤثر است. در پژوهشی روی گیاه کوکب کاربرد ۲۰ گرم سولفات پتاسیم سبب افزایش معنی‌دار رشد ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد. یکی از مزایای استفاده از کمپوست افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های بستر کشت است. میکروارگانیسم‌ها سبب تبدیل نیتروژن آمونیومی به نیتراتی می‌شوند که در گسترش ریشه‌ها موثر می‌باشد (Huerta et al., 2010). رشد ریشه در گونه‌های مختلف گیاهی در درصدهای مختلف کمپوست تراشه چوب، متفاوت بوده است. به‌طوری‌که در گیاه آهار بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب در ۵۰ و ۱۰۰ درصد کمپوست تراشه چوب حاصل شد Akbarzadeh et al., (2023). در پژوهشی بیش‌ترین وزن تر ریشه در گیاه لیلیوم در ۲۵ درصد کمپوست حاصل شد (Alami et al., 2021). نتایج پژوهشی نشان داد کاربرد کود پتاسیم اثر معنی‌داری بر افزایش زیست توده گل رز داشته است (Moussa and Khalil, 2024).

کمپوست به واسطه فراهمی عناصر مغذی از جمله نیتروژن و تأمین آب در دسترس گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شود (Zaghloul et al., 2016; Sonter et al., 2018) که می‌تواند دلیلی بر افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان شمعدانی در بستر کمپوست تراشه چوب در پژوهش حاضر باشد. در آزمایشی محتوای کلروفیل گیاه آهار کاشته شده در بستر کمپوست چوب نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد (Akbarzadeh et al., 2023). بیان شده است غلظت نیتروژن ممکن است ارتباط نزدیکی با سنتز آنتوسیانین داشته باشد، که با تنظیم سنتز پروتئین‌های مربوطه از جمله گلوتامین سنتتاز، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات- آلدئید دهیدروژناز در سنتز آنتوسیانین نقش دارد (Chen Fongfon et al., 2021 et al., 2016;). کمپوست در هنگام تجزیه شدن بر میزان عناصر خاکی می‌افزاید بدین ترتیب در پژوهش حاضر عنصر پتاسیم برگ گیاهان شمعدانی کشت شده در کمپوست نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. در پژوهشی کود پتاسیم باعث بهبود پارامترهای رشدی، غلظت کلروفیل و غلظت پتاسیم اندام هوایی در آفتابگردان زینتی گردید (Upadhyay et al., 2023). در پژوهشی محلول‌پاشی پتاسیم روی گیاهان فیلودندرون منجر به افزایش قابل توجه در تمام خصوصیات رشدی و افزایش درصد عنصر پتاسیم در گیاه شد (Nofal et al., 2024).

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد بیشتر بسترهای حاوی

کمپوست و کود سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری در بهبود بیشتر صفات رویشی و گلدهی گیاه شمعدانی در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. تعداد غنچه در هر گل‌آذین، در کمپوست ۱۵ درصد به همراه دو میلی‌گرم بر لیتر سولفات پتاسیم مشاهده شد. در کمپوست ۱۰ و ۱۵ درصد در ترکیب با کود سولفات پتاسیم افزایش در تعداد گل آذین مشاهده شد. رنگدانه آنتوسیانین گلبرگ در کمپوست ۱۵ درصد و دو میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد افزایش نشان داد. تعداد برگ در گیاهان پرورش یافته در کمپوست ۱۵ درصد و کود پتاسیم یک و دو میلی‌گرم بر لیتر بیش‌ترین بود.

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان "بررسی اثر کمپوست و کود سولفات پتاسیم بر رشد و گلدهی شمعدانی" است که با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا انجام شده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

1. Akbarzadeh, S., Karimi, M., Chalavi, V., 2023. Investigating the effect of wood waste compost and humic acid on the morphological and physiological characteristics of *Zinnia elegans*. Plant process and function. 12(56): 379–392.
2. Alami, E., Karimi, M Chalavi, V. 2021. Investigation of compost and vermicompost of water hyacinth as growing media for Lily (*Longiflorum×Asiatic)*. Int. J. Hort.Sci. Tech. 8(3): 271–280.
3. Al-Tamimi, H., Lateef, S., Ahmood, O., 2023. Effect of foliar spraying with Nano-NPK fertilizer in some growth characteristics and chemical content of some citrus rootstocks. Revista Bionatura, 8 (3):116. DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.116.
4. Calvo, P., Nalson, L., Klopper, J.W., 2014. Agricultural uses of plant bio stimulants. Plant and Soil 1(2): 383–391. Doi: 10.1007/s11104-014-2131-8.
5. Carter, G.A., Knapp A.K., 2001. Leaf optical properties in highest plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. Am. J. Bot. 88(4):677–684.
6. Chen Y., De-Nobili M., Aviad, M., 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp: 103–29.
7. Chen, L.H., Huang, Y.N., Cheng, Z.X., Zhang, D.S., Zheng, J. G., 2016. Itraq-based quantitative proteomics analysis of black rice grain development reveals metabolic pathways associated with anthocyanin biosynthesis. PLOS One, 11(7), 1–25. doi.org/10.1371/journal.pone.0159238.
8. Fongfon, S., Promuthai, C., Pusadee, T., Jamjod, S., 2021. Responses of purple rice genotypes to nitrogen and zinc fertilizer application on grain yield, nitrogen, zinc, and anthocyanin concentration. Plants. 10(8), 1717. https://doi.org/10.3390/ PLANTS10081717
9. Hamayl, A.F.; EL-Saka, M.; El-Boraie1, E.A.H. Gad, A.E.A. 2016. Effect of potassium sulfate and calcium borate on improving quality and production of dahlia flowers. J. Plant Product. 7(12):1281–1286
10. Haydar, M.S., Ghosh, D., Roy, S., 2024. Slow and controlled release nanofertilizers as an efficient tool for sustainable agriculture: Recent understanding and concerns. Plant Nano Bio. 7, 100058. doi:org/10.1016/j.plana.2024.100058.
11. Huerta, E., Vidal, O., Jarquin, A., Geissen, V., Gomez, R., 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of *Amashito Pepper*, Interactions with earthworms and rhizobacteria. Compost Sci. Util. 18(4), 282–288. https://doi.org//10.1080/1065657X.2010.10736967
12. Gallaher, R. N., Weldon, C. O., Boswell, F. C., 1976. A semiautomated procedure for total nitrogen in plant and soil samples. Soil Sci. Soc. Am. J. 40(6), 887–889.
13. Gulser, F., Çig, A., 2021. Relationships between potassium nutrition and flower quality in ornamental plants. 3rd International Conference on Food, Agriculture and Veterinary 19-20 June, Izmir-TURKEY.
14. Mirakalaei, S,M., Ardebill, Z.O., Mostafavi, M. 2013. The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lillium longiflorum*). Int. Res.J. App. Basic Sci. 4(1): 181–186.
15. Moussa Jawad R, H., Khalil, N. 2024. Role of magnesium spray and soil NPK and potassium silicates application in growth and flowering characteristics in Rose plants. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci, 1371. doi:10.1088/1755-1315/1371/4/042023.
16. Nelson D.W., Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, AL, editor. Methods of soil analyses. Chemical and microbiological properties. Madison (WI): ASA Monograph, P: 539–579.

نسخه پیش از انتشار

17. Nofal, E., Menesy, F., M. Abd El-Hady, W., G. Shehab, E., El-Ramady, H., Prokisch, J. 2024. Effect of Nano-NPK and Nano-Chitosan fertilizers on the growth and chemical constituents of Philodendron sellum Plants. Egypt. J. Soil Sci. 64(3), 1193–1205. doi: 10.21608/ejss.2024.289119.1769.
18. Olsen, S.R., Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 403–430.
19. Rahmani, F., Karimi, M., Moradi, H. 2018. Investigating the effect of wood chips compost and humic acid on the growth, flowering and seedling life of Lilium (*Longiflorum* × *Asiatic*) cultivar Nashville. Agri. Sci. Sustain. Product. 30(3): 185–202. 20.1001.1.24764310.1399.30.3.11.6
20. Salehi, L., chehrazi, M., sedighi dehkordi, F., Moezzi, A. 2018. The Effect of Organic (Humi potas) and Chemical Potassium Fertilizer (Potassium sulfate) on Growth Indices of Stockflower (Matthiola incana var. annua). Iran. J. Hort. Sci. Tech. 19 (2): 201–212. 20.1001.1.16807154.1397.19.2.1.3
21. Sherafati, A.H., Eskandari Torbaghan, M., Heidari Salehabadi, M. 2023. Effect of pistachio waste compost and mycorrhizal fungi on vegetative growth and nutritional status of Pistachio seedlings in a saline-sodic soil. J. Soil and Plant Interactions. 13(4): 41–70. DOI: 10.47176/jspi.13.4.20621
22. Shilpa, A., Singh, R., Kant, C., Prashar, N. 2022. Role of nanofertilizers in horticulture: A review . J. Pharm. Innov. 11(6): 831–836. doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i1i.481
23. Sonter, S.H., Pattar, R.V., Ramalingappa, A. 2018. Effect of Eichornia crasipes (Mart) sloms compost on morphological parameters of black gram (*Vinga mungo* Hepper). Int. J. Health Sci. and Res, 3(4): 20–26.
24. Shamsi, S., Watani, L. 2018. Production of compost fertilizer using wood waste is a step towards sustainable development. The second national conference on natural resources and sustainable development in Zagros, Shahrekord, Iran.
25. Tabatabaei, S.J. 2018. Principles of plant mineral nutrition. First edition, autho's publications. Tabriz, Iran.
26. Taiz, L., Zeiger. E. 2006. Plant Physiology (4th ed.), Sinauer Associates, Sunderland (Massachusetts)
27. Tzortzakis,N., Nicola, S., Savvas, D., Voogt, W. 2020. Editorial: Soilless cultivation through an intensive crop production scheme. Management strategies, challenges and future directions. Fron. Plant Sci. 11: 1–3. Doi: 10.3389/fpls. 2020. 00363.
28. Upadhyay, P.K., Dey, A., Singh, V.K., Dwivedi, B.S., Singh, T., Babu, S., Rathore, S.S., Singh, R.K., Shekhawat, K. 2023. Conjoint application of nano-urea with conventional fertilizers: An energy efficient and environmentally robust approach for sustainable crop production. Plos one. 1–21. doi.org/10.1371/journal.pone.0284009
29. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Plant Phys. 64: 88–93.
30. Wahing, I.W., Van, V.J.G., Houba, J.J., Van der, L. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi.part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.
31. Zaghloul, R.A., Mohamed Y.F.Y., Rasha M., El-Meihy. 2016. Influential cooperation between zeolite and PGPR on yield and antimicrobial activity of thyme essential oil. Int. J. of Plant Soil Sci. 13(1): 1–18. DOI: 10.9734/IJPSS/2016/28688