University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Optimization of Soilless Substrates Composition in *Anthurium* Cut Flower Production

Naser Askari[1]✉, Mona Dashtyari[2], Abdullah Hatamzadeh[3], Mahmood Ghasem-Nezhad[4], Reza Ghahramani[5]

1. Corresponding Author, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran. E-mail: na.askari@yahoo.com
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: dashtyari.mona@gmail.com
3. Department of Horticultural Sciences, Agricultural and Natural Resources College, Guilan University, Rasht, Iran. E-mail: hatamzadeh@guilan.ac.ir
4. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: ghasemnezhad@guilan.ac.ir
5. Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: rghahremani@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 8 September 2022

Received in revised form: 17 March 2023

Accepted: 4 April 2023

Published online: 22 June 2023

Keywords:

Anthurium,

Substrate,

Cut flower,

Hydroponic.

ABSTRACT

Anthurium is commonly cultivated through soilless culture in greenhouses, owing to its specific thermal and nutritional requirements. However, the high costs associated with conventional substrates necessitate the use of available, domestic, and inexpensive alternatives. In this study, light expanded clay aggregates (LECA) and its mixture with locally available materials such as rice husk, tea waste, and charcoal were utilized as substrates. The experiment was conducted using a completely randomized design with three replications. After four months of cultivation, various morphological traits, including plant height, flower stem length and number, flowering time, flower stem fresh weight, leaf length and number, spadix length and diameter, spathe length and diameter, as well as physical traits such as bulk and particle density, humidity, water retention capacity, and porosity, were evaluated. Additionally, biochemical properties such as pH, EC, nitrogen, potassium, magnesium, and calcium of the substrates were assessed. The results indicated that the substrate containing a mixture of tea waste and LECA yielded the maximum plant height (35.5 cm), flower stem length (22 cm), number of flower stems (3.9), and number of leaves (15). Furthermore, this substrate exhibited the most appropriate physical properties, including the highest bulk (0.81 g/cm^3), particle density (1.54 g/cm^3), and humidity (66%). Conversely, the mixed substrate of LECA with rice husk demonstrated the maximum values of electrical conductivity (9.2 µS/cm), nitrogen (1.1%), and potassium (0.21%). Overall, the substrate composed of a mixture of tea waste and LECA not only reduces the costs associated with soilless systems but also enhances the quality and quantity of Anthurium cut flowers in greenhouses.

Cite this article: Askari, N., Dashtyari, M., Hatamzadeh, A., Gasem-Nezhad, M., & Ghahramani, R. (2023). Optimization of Soilless Substrates Composition in *Anthurium* Cut Flower Production. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (2), 235-248. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.348140.2062

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.348140.2062

Extended Abstract

Introduction

Due to its impressive long-lasting inflorescence and extended vase life, *Anthurium* is widely regarded as a fundamental ornamental plant across the globe. This plant is cultivated in a greenhouse using soilless culture methods, necessitated by its unique temperature and nutritional requirements. The substrate used plays a critical role in the growth, physiological, and biochemical responses of the plant. Given the high costs associated with imported substrates, it is imperative to utilize cost-effective and readily available domestic substrates.

Materials and methods

For the purpose of this study, the utilization of light expanded clay aggregates (LECA) in combination with organic materials such as rice husk, tea waste, and charcoal were employed as growing substrates for *Anthurium* 'Terra'. The experiment was conducted in a greenhouse with a completely randomized design and three replicates. After four months from the cultivation time, various morphological traits of the plants such as plant height, flower stem length and number, flowering time, flower stem fresh weight, leaf length and number, spadix length and diameter, and spathe length and diameter were evaluated. Additionally, physical properties such as bulk and particle density, humidity, water retention capacity, and porosity, as well as biochemical properties including pH, EC, nitrogen, potassium, magnesium, and calcium of the substrates were also analyzed.

Results and Discussion

The findings of the study indicate that a combination of tea waste and lightweight expanded clay aggregate (LECA) resulted in a significant increase in plant height (35.5 cm), length of flower stem (22 cm), number of flowers (3.9), and leaves (15) compared to other substrates. However, the earliest flowering time (117 days) was observed in plants grown in a mixture of LECA and charcoal substrate. The physical properties of the tea waste and LECA substrate were found to be superior to other substrates, with the highest bulk (0.81 g/cm^3) and particle density (1.54 g/cm^3), substrate humidity (66%), and water retention capacity (194%). The LECA substrate exhibited the highest percentage of porosity (70%), followed by the LECA and charcoal substrate (69%). In terms of chemical properties, the LECA and tea waste substrate had the highest magnesium (0.4%) and calcium (11.9%) content, while the LECA and rice husk substrate had the highest electrical conductivity (9.2 µS/cm), nitrogen (1.1%), and potassium (0.21%) content. The study also found a significant correlation between flower length and water retention capacity and calcium content of substrates. Furthermore, plant height was positively correlated with substrate characteristics such as bulk and particle density, humidity, and nitrogen content.

Conclusions

The findings of this study have revealed that the utilization of LECA+ tea waste substrate has a significant impact on enhancing the quality attributes of *Anthurium* cut flowers, as well as promoting growth parameters. As such, this substrate is deemed a viable and economical option for soilless cultivation of *Anthurium* in greenhouse settings.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۴، شماره ۲

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

بهینه‌سازی ترکیب بسترهای کشت بدون خاک در تولید گل شاخه بریده آنتوریوم

ناصر عسکری[۱]✉ | مونا دشتیاری[۲] | عبداله حاتم‌زاده[۳] | محمود قاسم‌نژاد[۴] | رضا قهرمانی[۵]

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. رایانامه: na.askari@yahoo.com

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: dashtyari.mona@gmail.com

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: hatamzadeh@guilan.ac.ir

۴. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: ghasemnezhad@guilan.ac.ir

۵. گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: rghahremani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:

آنتوریوم، بستر کشت، گل شاخه بریده، هیدروپونیک.

چکیده

گیاه آنتوریوم به‌دلیل نیاز دمایی و غذایی ویژه، به روش بدون خاک در گلخانه پرورش داده می‌شود. با توجه به هزینه‌های بالای بسترهای متداول، استفاده از بسترهای کشت بومی ارزان قیمت و در دسترس، امری ضروری می‌باشد. به همین منظور، در این پژوهش از بستر پوکه صنعتی (لیکا) و ترکیب آن با مواد آلی در دسترس (پوسته برنج، ضایعات چای و ذغال چوب) استفاده شد. طول ساقه گل، طول و عرض برگه گل، تعداد برگ، طول و عرض برگ، طول و قطر اسپادیکس و ارتفاع گیاه و همچنین برخی خصوصیات فیزیکی (وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، درصد رطوبت، ظرفیت حفظ آب و تخلخل) و بیوشیمیایی (pH، EC، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) بسترهای کشت پس از گذشت ۴ ماه از زمان کشت اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، بیش‌ترین ارتفاع گیاه (۳۵/۵ سانتی‌متر)، طول ساقه گل (۲۲ سانتی‌متر)، تعداد گل (۳/۹) و تعداد برگ (۱۵) متعلق به بستر حاوی مخلوط پوکه صنعتی و ضایعات چای بود. همچنین، این بستر دارای مناسب ترین خصوصیات فیزیکی بود به طوری‌که از نظر وزن مخصوص ظاهری (۰/۸۱ گرم بر سانتیمتر مکعب) و حقیقی (۱/۵۴ گرم بر سانتیمتر مکعب) و همچنین رطوبت (۶۶ درصد) بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داد. در حالیکه بیشترین مقادیر هدایت الکتریکی (۹/۲ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) و عناصر نیتروژن (۱/۱ درصد) و پتاسیم (۰/۲۱ درصد) در بستر مخلوط پوکه صنعتی و پوسته برنج بود. بطور کلی استفاده از ضایعات چای علاوه بر کاهش هزینه‌های کشت بدون خاک گلخانه‌ای، نقش مهمی در بهبود کیفیت گل بریده و همچنین شاخص‌های رشدی داشته باشد.

استناد: عسکری، ناصر؛ دشتیاری، مونا؛ حاتم‌زاده، عبداله؛ قاسم‌نژاد، محمود؛ و قهرمانی، رضا (۱۴۰۲). بهینه‌سازی ترکیب بسترهای کشت بدون خاک در تولید گل شاخه بریده آنتوریوم. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۲)، ۲۴۸-۲۳۵. DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.348140.2062

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJHS.2023.348140.2062

مقدمه

آنتوریوم (*Anthurium andraeanum* Lind.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی گرمسیری در جهان از تیره گل شیپوریان (Araceae) است که به دلیل گل‌آذین جذاب با ماندگاری بالا، دومین حجم فروش در بین گل‌های گرمسیری را به خود اختصاص داده است. این گیاه همیشه سبز بومی آمریکای مرکزی است. از نظر گیاهشناسی، آنتوریوم دارای گل‌آذین اسپادیس با برگه‌های رنگی می‌باشد و به‌دلیل نیاز دمایی ویژه در گلخانه پرورش داده می‌شود (Teixeira da Silva *et al*., 2015; Sun *et al*., 2021). در این گیاه اپی‌فیت به‌دلیل نیاز تغذیه‌ای بالا، نوع بستر کشت تاثیر بسزایی در رشد، عملکرد و کیفیت گل بریده دارد (Sumpathi *et al*., 2019). جهت پرورش گیاهان زینتی در گلخانه از دو روش کشت خاکی و بدون خاک (سیستم غرقابی و زهکشی، هیدروپونیک، آئروپونیک و آکواپونیک) استفاده می‌شود (Karagoz *et al*., 2022). کشت بدون خاک در مقایسه با کشت خاکی، با ایجاد تعادل در کوددهی و در اختیار قرار دادن تمامی عناصر به میزان مورد نیاز هر گیاه، شرایط مطلوب را برای رشد و نمو فراهم می‌کند و به نوبه خود علاوه بر افزایش عملکرد گیاه و بهبود کیفی محصول، سهم مهمی در مدیریت مصرف مواد غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز دارد (Nhut *et al*., 2006; Karagoz *et al*., 2022). بسترهای کشت در شرایط بدون خاک باید دارای خصوصیاتی همچون تهویه کافی، ظرفیت نگهداری آب بالا و ظرفیت بالای کاتیونی باشد (Patil *et al*., 2020). کارشناسان حوزه کشاورزی برای مناطقی که دارای اراضی گران قیمت و همچنین چالش‌های متعدد آبی دارند، استفاده از روش کشت هیدروپونیک را جهت تولید سبزیجات و گیاهان زینتی توصیه می‌کنند (Patil *et al*., 2020). با توجه به ضرورت معرفی بسترهای کشت ارزان قیمت، بومی و قابل دسترس در ایران، در این آزمایش خصوصیات کیفی و کمی آنتوریوم شاخه بریده در بستر کشت‌های بومی ایران در سیستم هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

پیشینهٔ پژوهش

نوع بستر کشت نقش مهمی در رشد اندام‌های گیاهی، بروز بیماری‌ها و در نهایت عملکرد محصول ایفا می‌کند (El-Kazzaz & El-Kazzaz, 2017). از انواع مختلف مواد آلی (پیت ماس، کوکوپیت و خاک اره) و غیر آلی (شن، پرلیت، ورمی کولیت، پومیس، پشم سنگ و پوکه معدنی) به عنوان بستر کشت جهت پرورش گیاهان در شرایط بدون خاک استفاده می‌شود (Patil *et al*., 2020). اگرچه پیت به‌دلیل ظرفیت نگهداری آب و هوا محبوب‌ترین گزینه جهت استفاده به‌عنوان بستر کشت است، اما مطالعات پیشین در این زمینه به وضوح نشان می‌دهد سایر بسترهای مختلف آلی همچون جلبک (Schwarz & Gross, 2004)، ذغال (Awad *et al*., 2017)، فیبر (Domeño *et al*., 2010)، کوکوپیت و ضایعات درخت خرما (Ahmad *et al*., 2011)، خاک اره (Christoulaki *et al*., 2014)، کمپوست (Moschou *et al*., 2022) و ضایعات سایر گیاهان (Turcios *et al*., 2016) نیز می‌توانند با ویژگی‌های قابل قبول فیزیکی و بهبود رشد گیاهان مورد مطالعه به عنوان جایگزینی مقرون به صرفه در کشت بدون خاک مورد استفاده قرار گیرند.

روش‌شناسی پژوهش

جهت انجام این پژوهش از بوته‌های یکساله کشت بافتی آنتوریوم رقم ترا (Terra) تولید شده در شرکت آنتورا (هلند) استفاده شد. گیاهان کشت بافتی خریداری شده جهت سازگاری با محیط جدید (گلخانه دانشگاه گیلان) تحت شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس روز ، ۲±۱۸ درجه سلسیوس شب و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند. به منظور تعیین بهترین بستر کشت هیدروپونیک برای پرورش گل بریده آنتوریوم از چهار نوع بستر کشت در گلدان‌های ۷ لیتری شامل پوکه صنعتی ۱۰۰ درصد، پوکه صنعتی ۵۰ درصد + پوسته برنج ۵۰ درصد ، پوکه صنعتی ۵۰ درصد + ذغال چوب ۵۰ درصد و پوکه صنعتی ۵۰ درصد + ضایعات چای ۵۰ درصد استفاده گردید.

شاخص‌های گل بریده

۴ ماه پس از کشت بوته‌های آنتوریوم، شاخص‌های مرتبط با گلدهی همچون شاخص زودرسی (زمان مورد نیاز از کاشت تا اولین گلدهی)، طول ساقه گل، طول و عرض برگه، تعداد برگ، طول و عرض برگ، طول و قطر اسپادیکس و شاخص‌های پس از برداشتی گل بریده (وزن تر ابتدایی) به مدت ۳ ماه به‌طور مرتب یادداشت شد. همچنین، ارتفاع گیاه (طول گیاه از طوقه سطح خاک تا انتهای ساقه) در تمامی کرت‌های آزمایشی ثبت گردید.

شاخص های فیزیکی بستر کشت

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی بستر کشت که نقش مهمی در توسعه و رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی دارد، مقداری از بستر کشت در قیف بوخنر ریخته شد و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در داخل تشت آب گرم ۶۰ درجه سلیسیوس قرار گرفت. بعد از خروج آب اضافی از قیف (بمدت ۱۵ دقیقه) بستر کشت به همراه قیف توزین شد (G1). سپس نمونه ها در مایکروویو به مدت ۱۵ دقیقه خشک و وزن خشک آنها (G2) اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت بر حسب ماده تر و ظرفیت نگهداری آب بستر های کشت طبق روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید (Gabriel *et al.*, 2009) :

رابطه ۱) $Bd = \frac{G2-GF}{V}$ = وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)

رابطه ۲) $Q = \frac{G1-G2}{G1-GF}$ = رطوبت بر حسب ماده تر (درصد)

رابطه ۳) $WC = \frac{Q}{1-Q}$ = ظرفیت نگهداری آب (درصد وزنی)

V: حجم قیف بوخنر، GF : وزن قیف، G1: وزن قیف با بستر مرطوب، G2: وزن قیف با محتوای خشک شده.

برای تعیین وزن مخصوص حقیقی، ۲ گرم از نمونه بستر کشت در کوره تبدیل به خاکستر شد و پس از آن توزین صورت گرفت. سپس، بر اساس روابط ۴ تا۷ وزن مخصوص حقیقی و در نهایت درصد خلل و فرج محاسبه گردید (Gabriel et al., 2009).

رابطه۴) $Pd = \frac{100}{\%OM/1.5+\%ASh/2.65}$ = وزن مخصوص حقیقی (g/cm^3)

رابطه ۵) $\%ASh = \frac{G3-(G4-GK)}{G3}$ = خاکستر (درصد)

رابطه ۶) ماده آلی (درصد) = 100 - %Ash

رابطه ۷) $1 - \frac{Bd}{Pd}$ = خلل و فرج (درصد)

G3: وزن بستر کشت با ظرف ،G4: وزن بستر بعد از کوره با ظرف، GK وزن ظرف.

شاخص‌های بیوشیمیایی

پس از آبیاری بسترهای کشت با آب مقطر، شاخص‌های pH و EC عصاره اشباع آبی خارج شده اندازه‌گیری شد. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری عناصر موجود در بسترهای کشت، ۱ گرم از بستر کشت بمدت ۶ ساعت در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس خاکستر شد. خاکستر تولید شده با ۵ میلی لیتر اسید نیتریک به کمک حرارت مخلوط و حل شد. در نهایت عصاره تهیه شده به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و از آن برای تعیین عناصر استفاده گردید (Carlson & Johnson, 1961).

این آزمایش بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار انجام شد که هر کرت آزمایشی شامل ۴ گیاه بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در دو سطح معنی‌داری ۵ و ۱ درصد و به‌وسیله نرم افزار SAS (version 9.0) انجام گردید.

یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ، تاثیر تیمار (بستر کشت) بر شاخص‌های طول ساقه گل، تعداد ساقه گل، وزن تر گل‌های بریده، زمان گلدهی، طول و قطر برگه و ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی داده‌های مرتبط با طول ساقه گل، تعداد ساقه گل و وزن تر گل‌های بریده نشان داد که بوته‌های رشد یافته در بسترهای حاوی پوکه صنعتی + ضایعات چای و پوکه صنعتی + ذغال چوب بیش‌ترین میزان را در این شاخص‌ها به خود اختصاص دادند. همچنین، بوته‌هایی که در دو بستر پوکه صنعتی و پوکه صنعتی + پوسته برنج قرار داشتند زودتر از دو بستر دیگر به گلدهی رسیدند. بیشترین طول و قطر اسپادیکس به ترتیب با ۴/۹ سانتیمتر و ۳/۸۴ میلی‌متر در بوته‌های حاصل از بستر پوکه صنعتی + ذغال چوب مشاهده گردید (جدول ۲). همچنین، تعداد برگ، طول و عرض برگ، طول و عرض برگه در سطح ۱ درصد تحت تأثیر تیمار (نوع بستر کشت) قرار گرفتند (جدول ۳). ارتفاع گیاهانی که در بستر پوکه صنعتی + ضایعات چای رشد کردند بطور معنی‌داری بیشتر از سایر بوته‌های مورد مطالعه بود. همچنین، در این بستر گیاهان با میانگین ۱۵ برگ در هر بوته بیش‌ترین تعداد برگ را داشتند (جدول 4). نتایج نشان داد استفاده از بستر حاوی پوکه صنعتی + ضایعات چای موجب افزایش طول و عرض برگ‌های آنتوریوم نسبت به سه بستر کشت دیگر شد. بررسی میانگین های داده‌های این آزمایش حاکی از افزایش معنی‌دار طول برگه گیاهان استقرار یافته در بستر کشت حاوی پوکه صنعتی + ذغال چوب بود. علاوه بر این، عرض برگه‌های بوته‌های رشد یافته در بستر پوکه صنعتی + ضایعات چای با ۸/۴ سانتی متر بیش‌ترین میزان را بین سایر تیمارها داشت (جدول 4). به عبارتی دیگر، گیاهان رشد یافته در بستر پوکه صنعتی و یا حاوی پوکه صنعتی + پوسته برنج دارای برگ‌ها و برگه‌های کشیده‌تری نسبت به گیاهان استقرار یافته در بسترهای پوکه صنعتی + ضایعات چای و پوکه صنعتی + ذغال چوب داشتند.

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر بسترهای مختلف کشت بر روی برخی از شاخص‌های گل بریده گیاه آنتوریوم در شرایط هیدروپونیک

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر اسپادیکس	طول اسپادیکس	زمان گلدهی	وزن تر ساقه گل	تعداد ساقه گل	طول ساقه گل
تیمار	۳	۱۷/۴۴ **	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۵ *	۱۱۹/۳۶ **	۱/۵۱*	۰/۷۹**	۶/۳۶**
خطا	۸	۱/۳۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۸	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۷۸	۱/۱۲
کل	۱۱	۳/۷	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۵	۱۰/۴۷	۹/۹۳	۵/۳۶

* و ** به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. (منبع یافته های تحقیق)

جدول ۲. مقایسه میانگین تاثیر بسترهای مختلف کشت بر روی برخی از شاخص‌های گل بریده گیاه آنتوریوم در شرایط هیدروپونیک

بستر کشت	قطر اسپادیکس (میلیمتر)	طول اسپادیکس (سانتی‌متر)	زمان گلدهی (روز)	وزن تر ساقه گل (گرم)	تعداد ساقه گل	طول ساقه گل (سانتی‌متر)
پوکه صنعتی (لیکا)	۳/۷۷ b	۴/۸ b	۱۳۷ a	۵/۱ b	۲ b	۱۷ b
پوکه صنعتی + پوسته برنج	۳/۷۵ b	۴/۸۲ b	۱۳۶ a	۵/۳ b	۲/۸ b	۱۹/۵ ab
پوکه صنعتی + ضایعات چای	۳/۸ ab	۴/۸۹ ab	۱۲۸ b	۶/۴ ab	۳/۹ a	۲۲ a
پوکه صنعتی + ذغال چوب	۳/۸۴ a	۴/۹۱ a	۱۱۷ c	۷/۵ a	۲/۵ b	۲۱ a

در هر ستون داشتن حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)

جدول ۳. تجزیه واریانس تاثیر بسترهای مختلف کشت بر روی برخی از شاخص‌های رشدی گیاه و خصوصیات بافت بسترکشت

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن مخصوص حقیقی	وزن مخصوص ظاهری	عرض برگه	طول برگه	عرض برگ	طول برگ	تعداد برگ
تیمار	۳	۵/۴۶ *	۴/۷۸ *	۱/۶۴ **	۴/۲۳ **	۱/۳۵ **	۷/۲۷ **	۲۰/۹۲ **
خطا	۸	۲/۱۴	۰/۶۹	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۲۷
کل	۱۱	۴/۸	۸/۷۳	۱/۷۴	۲/۴۴	۲/۹۷	۳/۶۵	۴/۴۲

در هر ستون داشتن حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)

جدول ۴. مقایسه میانگین تاثیر بستر های مختلف کشت بر روی برخی از شاخص‌های رشدی در گیاه آنتوریوم در شرایط هیدروپونیک

بستر کشت	عرض برگه (سانتی‌متر)	طول برگه (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	تعداد برگ	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
پوکه صنعتی (لیکا)	۶/۱ b	۸/۱ b	۹ a	۹/۲ c	۹ d	۳۱ b
پوکه صنعتی + پوسته برنج	۴/۸ c	۸/۱ c	۹/۵ b	۱۰ c	۱۱ c	۲۸ b
پوکه صنعتی + ضایعات چای	۸/۴ a	۸/۳ b	۱۱ a	۱۵/۶ a	۱۵ a	۳۵/۵ a
پوکه صنعتی + ذغال چوب	۶/۲ b	۹/۹ a	۹/۶ b	۱۲/۲ b	۱۳ b	۳۲/۵ ab

در هر ستون داشتن حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)

بر اساس نتایج به‌دست آمده تأثیر بستر کشت بر وزن مخصوص ظاهری و حقیقی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این، درصد رطوبت بستر، ظرفیت نگهداری آب، تخلخل، هدایت الکتریکی، ، درصد نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم بطور معنی‌داری تحت تأثیر این تیمار قرار گرفت (جدول ۵). بررسی شاخص‌های فیزیکی بسترهای کشت مورد مطالعه در این پژوهش نیز نشان داد که وزن مخصوص ظاهری (۰/۸۱ گرم بر سانتیمتر مکعب) ، وزن مخصوص حقیقی، درصد رطوبت (۶۶ درصد) و ظرفیت حفظ آب در بستر پوکه صنعتی + ضایعات چای بیشتر از سایر بسترهای مورد مطالعه بود. با این وجود، بیش‌ترین تخلخل مربوط به بسترهای پوکه صنعتی و پوکه صنعتی + ذغال چوب و کم‌ترین میزان آن در بستر پوکه صنعتی + ضایعات چای ثبت گردید (جدول ۶).

جدول ۵. تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی بسترهای کشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کلسیم	منیزیم	پتاسیم	نیتروژن	پی اچ	هدایت الکتریکی	تخلخل	ظرفیت حفظ آب	رطوبت
تیمار	۳	۱/۸۳ **	۰/۰۳ *	۱/۹ *	۱/۵۸ *	۳/۴۳ *	۳/۱۴ *	۱۹/۶۱ *	۳/۹۶ *	۹۸/۵۱ **
خطا	۸	۰/۵۳	۰/۰۰۴	۰/۳۱	۰/۹۸	۰/۱۷	۱/۰۸	۲/۱۳	۰/۷	۰/۴۸
کل	۱۱	۲/۱۵	۰/۸	۴/۴۱	۲/۴۲	۴/۸۷	۴/۹	۴/۱	۱/۳۳	۰/۳۷

* و ** به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. منبع: (یافته های تحقیق)

جدول ۶. مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی بسترهای کشت

بستر کشت	تخلخل (درصد)	ظرفیت حفظ آب (درصد وزنی)	رطوبت (درصد)	وزن مخصوص حقیقی (گرم/سانتی‌مترمکعب)	وزن مخصوص ظاهری (گرم/سانتی‌مترمکعب)
پوکه صنعتی (لیکا)	۷۰ a	۱۸ d	۲۸ c	۰/۹۶ b	۰/۵۱ b
پوکه صنعتی + پوسته برنج	۵۳ b	۷۲ b	۴۲ b	۱/۰۲ b	۰/۴۸ b
پوکه صنعتی + ضایعات چای	۴۸ b	۱۹۴ a	۶۶ a	۱/۵۴ a	۰/۸۱ a
پوکه صنعتی + ذغال چوب	۶۹ a	۳۳ c	۲۵ c	۱ b	۰/۳۱ c

در هر ستون داشتن حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)

نتایج بررسی بیوشیمیایی بسترهای کشت حاکی از اسیدی شدن محلول‌های غذایی در بسترهای پوکه صنعتی + ذغال چوب و پوکه صنعتی + ضایعات چای بود، در حالی‌که بیشترین میزان pH (۷/۲) در بستر پوکه صنعتی + پوسته برنج مشاهده گردید. با این وجود، حداکثر و حداقل EC به ترتیب ۹/۲ و ۵/۱ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر در بسترهای پوکه صنعتی + پوسته برنج و پوکه صنعتی + ذغال چوب یافت شد. مقایسه بسترهای کشت از نظر مقدار عناصر غذایی نشان می‌دهد که بسترهای حاوی ضایعات چای و پوسته برنج بیش‌ترین میزان نیتروژن را دارا بودند. همچنین، بیش‌ترین درصد پتاسیم در بسترهای کشت

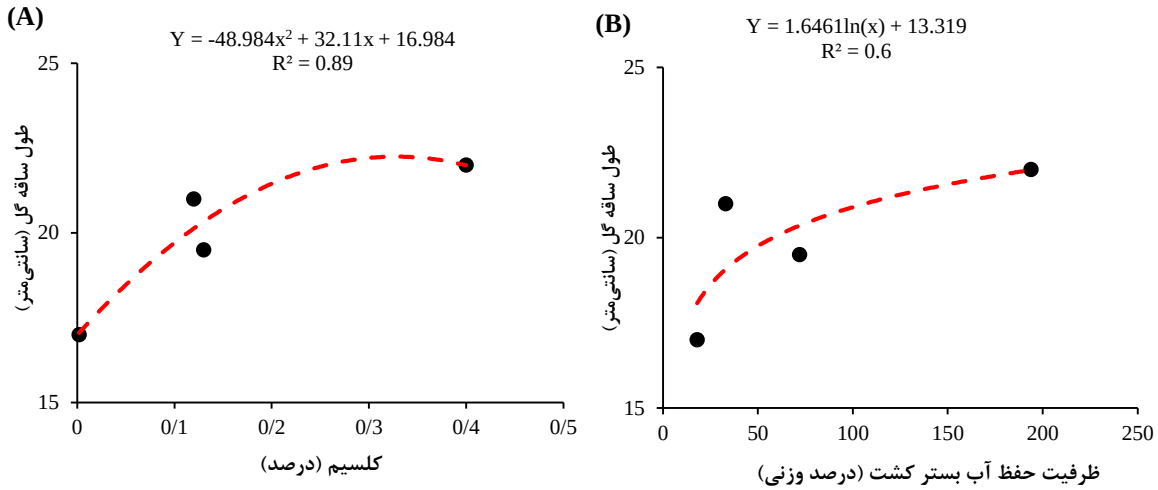
حاوی پوسته برنج و ذغال چوب مشاهده گردید. علاوه بر این، با بررسی میانگین داده‌های مربوط به درصد عناصر غذایی موجود در بسترهای کشت نشان داد که بیش‌ترین درصد منیزیم (۰/۴ درصد) و کلسیم (۱۱/۹ درصد) در بستر حاوی ضایعات چای بود (جدول ۷).

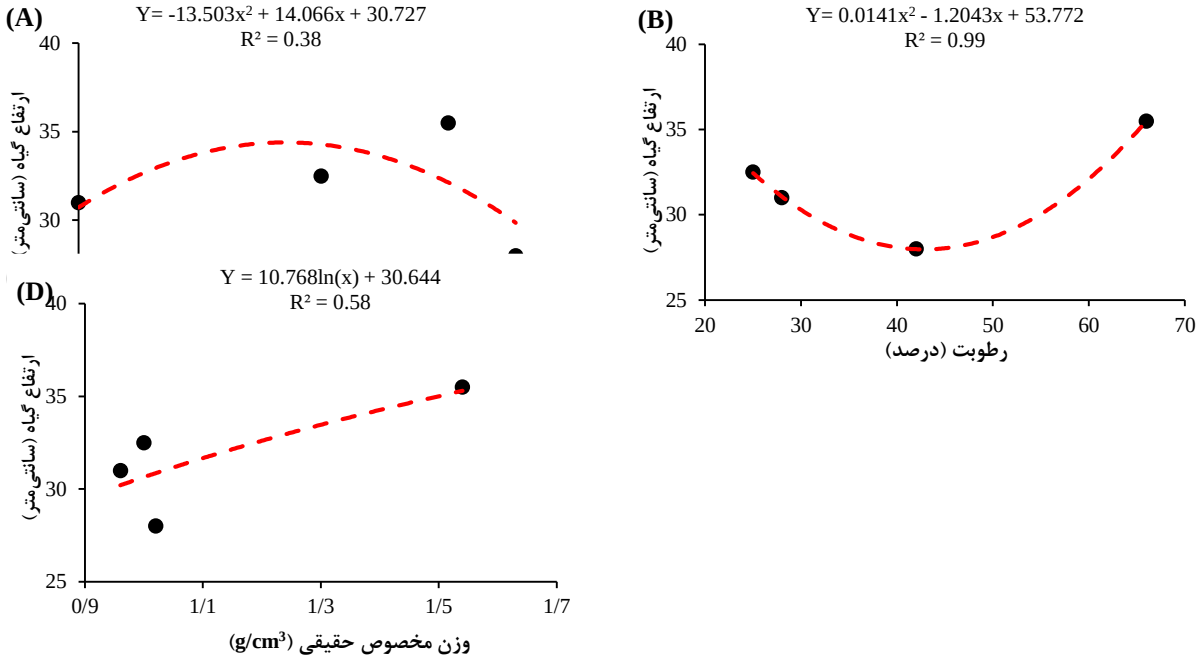
جدول ۷. مقایسه میانگین خصوصیات بیوشیمیایی بسترهای کشت

بستر کشت	کلسیم (درصد)	منیزیم (درصد)	پتاسیم (درصد)	نیتروژن (درصد)	هدایت الکتریکی (µS/cm)	پی اچ
پوکه صنعتی (لیکا)	۰/۲ c	۰/۰۰۲c	۰/۰۱ c	. d	۶ b	۷ ab
پوکه صنعتی + پوسته برنج	۰/۴۱ b	۰/۱۳ b	۰/۲۱ a	۱/۱ a	۹/۲ a	۷/۲ a
پوکه صنعتی + ضایعات چای	۱۱/۹ a	۰/۴ a	۰/۱۴ b	۰/۹۳a	۶/۳ b	۶/۴ b
پوکه صنعتی + ذغال چوب	۱/۱ b	۰/۱۲ b	۰/۲۱ a	۰/۶۱ c	۵/۱b	۶/۵ b

در هر ستون داشتن حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)

شکل ۱. رگرسیون بین طول ساقه گل بریده با درصد کلسیم بستر کشت (A) و ظرفیت حفظ آب بستر کشت (B) در گیاه آنتوریوم. (منبع: یافته های تحقیق).





شکل ۲. رگرسیون بین ارتفاع گیاه با درصد نیتروژن (A)، درصد رطوبت (B)، وزن مخصوص ظاهری (C) و وزن مخصوص حقیقی (D) در گیاه آنتوریوم (منبع: یافته های تحقیق).

با تجزیه داده‌های موجود در این پژوهش، یک ارتباط مستقیم و مثبت بین طول ساقه گل بریده با درصد کلسیم موجود در بستر کشت و ظرفیت نگهداری آب بستر کشت در گیاه آنتوریوم مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین، یک رابطه‌ی قوی بین ارتفاع گیاه با متغیرهایی همچون درصد نیتروژن، درصد رطوبت، وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص حقیقی یافت شد (شکل ۲).

بحث

عوامل متعددی همچون نوع بستر کشت، سیستم‌های هیدروپونیکی، عناصر غذایی در دسترس گیاه و روابط آبی در طول دوره رشد گیاهان، در افزایش رشد طولی ساقه گل‌های شاخه بریده و تعداد آن موثر هستند (Wahome *et al*., 2011; Shi *et al*., 2019). نتایج این پژوهش نشان داد (شکل ۲)، بسترهایی که کلسیم بیش‌تری در اختیار بوته قرار دهند به بهبود طول ساقه گل بریده کمک شایانی می‌کنند که در نتایج پژوهش‌های پیشین در پرورش گل بریده ژربرا و گل رز، به نقش مثبت تیمار کلسیمی در بهبود عملکرد روزنه‌ای، تبخیر، تعرق و فتوسنتز و در نتیجه افزایش طول ساقه گل بریده اشاره گردیده است (Albino-Garduño *et al*., 2007; Shams *et al*., 2012). افزون بر این، رابطه شدیدی بین رشد طولی شاخهٔ گل گیاه آنتوریوم با ظرفیت نگهداری آب بستر کشت وجود داشت (شکل ۲)، که ثابت می‌کند بسترهایی که بتوانند آب بیشتری را در طول دوره رشدی در اختیار گیاهان قرار دهند موجب افزایش قابل ملاحظه در طول ساقه گل که بعنوان یکی از شاخص‌های مهم در کیفیت و بازارپسندی گل‌های شاخه بریده مطرح است خواهد شد. در مطالعات پیشین نیز رابطه شدید مثبت بین طول شاخه گل و میزان آب در دسترس در گیاهان زینتی دیگر گزارش شده است (Bastug *et al*., 2006)، این رابطه را می‌توان به عملکرد مناسب روزنه‌ای و فتوسنتزی (Zhang *et al*., 2010)، عدم بروز صدمات ناشی از تنش خشکی (Bastug *et al*., 2006) و بیوسنتز کافی کلروفیل (Bolla *et al*., 2010) نسبت داد. البته با وجود آب در دسترس نسبتاً پایین برای گیاهان رشد یافته در بستر

حاوی ذغال چوب، این افزایش در طول ساقه گل احتمالاً به دلیل پتاسیم بسیار بالای در دسترس گیاه (Behzadi Rad *et al*., 2021) و pH و EC پایین‌تر (Eid *et al*., 2016) این بستر باشد. طبق داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش، بوته‌های رشد یافته در بسترهای حاوی ضایعات چای دارای بیش‌ترین طول و تعداد ساقه گل و اندازه گل بزرگ‌تری بودند و در نتیجه دارای بازارپسندی بیش‌تری هستند. بر اساس نتایج مطالعات پیشین، کاهش آب در دسترس در ریشه گیاهان موجب بروز تنش آبی و در نتیجه تجمع کربوهیدرات‌ها و تسریع در گلدهی گیاهان می‌شود (Pingping *et al*., 2017). در پژوهش حاضر، بستر حاوی ذغال چوب کمترین مقدار رطوبت (۲۴ درصد) را دارا بود و بوته‌های رشد یافته در این بستر سریع‌ترین زمان گلدهی (۱۱۷ روز) را داشتند، این نتایج نقش روابط آبی در زمان گلدهی را به خوبی تایید می‌کند. در این آزمایش یک رابطه معنی‌دار بین ارتفاع گیاه با درصد نیتروژن بستر کشت و همچنین رطوبت بستر کشت یافت شد که نشان می‌دهد استفاده از بسترهایی با قابلیت حفظ رطوبت نسبی و نیتروژن قابل دسترس بالا می‌تواند نقش مهمی در بهبود رشد گیاه آنتوریوم در شرایط بدون خاک داشته باشد (شکل ۱). در واقع افزایش نیتروژن در دسترس در گیاه موجب تحریک سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش ساخت آنزیم روبیسکو و در نتیجه افزایش عملکرد فتوسنتزی و زیست توده نهایی و در نهایت بهبود رشد گیاه می‌گردد (Wang *et al*., 2012; Alvarado-Camarillo *et al*., 2018). از سوی دیگر، نیتروژن با بهبود روابط آبی و تحریک سنتز اسمولیت‌ها و همچنین آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، در ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های آبی نقش حیاتی دارد (Agami *et al*., 2018). علاوه بر این، در تحقیقی به تاثیر مثبت تیمارهای نیتروژنی در افزایش تعداد گل و بهبود کیفی آن در گیاهان زینتی همچون رز و ژربرا اشاره گردیده است (Silberbush & Lieth, 2004; Mascarini *et al*., 2005). همچنین، در گیاه آنتوریوم نشان داده شد که بیشترین میزان نیتروژن در ریشه این گیاه ذخیره می‌گردد بنابراین، این عنصر کمک شایانی به مدیریت روابط آبی در این گیاه می‌کند (Chang *et al*., 2010). افزون بر این، یافته‌های این پژوهش حاکی از وجود یک همبستگی شدید بین ارتفاع گیاه به‌عنوان یک پارامتر مهم رشدی با وزن مخصوص ظاهری و حقیقی بستر کشت است که به تاثیر بالای بسترهای کشت با وزن مخصوص ظاهری و حقیقی بالا بر روی رشد گیاهان دلالت دارد (شکل ۱). از طرف دیگر از بین عناصر ضروری مورد نیاز گیاه، پتاسیم نقش حیاتی در برخی از فعالیت‌های مهم زیستی و فیزیولوژیکی در سلول‌ها دارد که می‌توان به فعالیت‌های روزنه‌ای، تنظیم فشار اسمزی سلول، رشد سلول، سنتز پروتئین‌ها، کاهش اکسیژن‌های فعال حاصل از تنش و توروژسانس سلولی اشاره کرد (Shabala & Cuin, 2008; Wang *et al*., 2013). افزون بر این، پتاسیم دارای ارتباط مسقیمی با پارامترهای رشدی همچون طول ساقه، سطح برگ و تعداد برگ دارد (Behzadi Rad *et al*., 2021; Askari & Ghahremani, 2023). از سوی دیگر، رشد سلولی گیاهان، تولید زیست توده، سیگنال سنتز تنظیم کننده‌های رشد، سنتز کلروفیل، فتوسنتز و تثبیت کربن به شدت به غلظت عنصر منیزیم در گیاه وابسته است (Verbruggen & Hermans, 2013). همچنین، این عنصر نقش حیاتی در مقابله با انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی و سمیت عناصر ایفا می‌نماید (Chen and Ma, 2013). از طرفی، منیزیم تاثیر بسزایی در تثبیت نیتروژن و افزایش عملکرد محصولات دارد (Yan and Hou, 2018; Tian *et al*., 2021). با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر صفات رشدی (ارتفاع گیاه، تعداد برگ، عرض برگ و عرض برگه) بوته‌ها در بستر کشت حاوی ضایعات چای بیشتر از سایر بسترها بود. از سوی دیگر، حداکثر درصد عناصر غذایی در این بستر مشاهده گردید که نشان می‌دهد گزینه مناسبی در بین سایر تیمارها می‌باشد. علاوه بر جذب و تثبیت عناصر غذایی از طریق ریشه، فعالیت آنزیم ها و موجودات خاک‌زی، رشد سلولی و عملکرد ریشه تحت تاثیر pH بستر کشت قرار می‌گیرد (Neina, 2019). بررسی منابع پیشین نشان می‌دهد تحرک و جذب عناصر کلیدی همچون فسفر و پتاسیم در بسترهای کشت اسیدی‌تر (بین ۵/۷ و ۷) بهتر انجام می‌پذیرد (Bagayoko *et al*., 2000). همچنین، رابطه منفی بین EC و پارامترهای رشدی در نتایج محققین پیشین مشهود است (Behzadi Rad *et al*., 2021; Askari et al., 2023). در پژوهش حاضر بستر حاوی ضایعات چای در مقایسه با سایر بستر های مورد مطالعه، با دارا بودن بیشترین اسیدیته و EC نسبتا کم، یک بستر موفق در میان سایر بسترهای در دسترس به شمار می‌رود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این آزمایش نشان داد بسترهایی که دارای توانایی حفظ آب بالا، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی بیشتر و حداکثر عناصر غذایی باشند، آنتوریوم پرورش داده شده در آن‌ها بیش‌ترین میزان شاخص‌های رشدی و از نظر کیفی بهترین حالت را خواهند داشت. همچنین، برای کاهش مدت زمان گلدهی نیز، استفاده از بسترهای با تخلخل بالا همچون پوکه صنعتی به تنهایی یا ترکیب آن با ذغال چوب موجب ایجاد نوعی تنش آبی و تسریع درگلدهی می‌شود. بطورکلی، بستر حاوی پوکه صنعتی + ضایعات چای بدلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بهتر نسبت به سایر بسترها موجب بهبود خصوصیات رشدی و در نتیجه منجر به تولید گل‌های شاخه بریده با کیفیت بالاتر شد. از آنجاکه بستر پوکه صنعتی + ضایعات چای در حدود ۵۰ تا ۲۰۰ درصد از بسترهای وارداتی مورد استفاده همچون کوکوپیت و پیت ماس (بسته به درجه کیفی محصول) ارزان‌تر می‌باشد و از سوی دیگر بدلیل در دسترس بودن به‌ویژه در منطقه شمال کشور، بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک گزینه جدید، مقرون به‌صرفه و بومی برای بهره‌برداری در گلخانه‌های هیدروپونیک تولید آنتوریوم درکشور مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌گردد بسترهای معرفی شده در این پژوهش و سایر بسترهای ارزان قیمت در دیگر گیاهان زینتی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

REFERNCES

Agami, R. A., Alamri, S. A., Abd El-Mageed, T. A., Abousekken, M. S. M., & Hashem, M. (2018). Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. *Agricultural Water Management*, 210, 261-270.

Ahmad, M. G., Hassan, B., & Mehrdad, J. (2011). Effect of some culture substrates (date-palm peat, cocopeat and perlite) on some growing indices and nutrient elements uptake in greenhouse tomato. *African Journal of Microbiology Research*, 5(12), 1437-1442.

Albino-Garduño, R., Zavaleta-Mancera, H. A., Ruiz-Posadas, L. M., Sandoval-Villa, M., & Castillo-Morales, A. (2007). Response of gerbera to calcium in hydroponics. *Journal of Plant Nutrition*, 31(1), 91-101.

Alvarado-Camarillo, D., Valdez-Aguilar, L. A., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., & Martínez-Amador, S. Y. (2018). Biomass, nitrogen and potassium dynamics in hydroponic rose production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(8), 719-726.

Askari, N., & Ghahremani, R. (2023). The role of phosphorus, potassium and calcium on in vitro culture of lily bulblet. *Agricultural Biotechnology Journal*, 15(1), 27-42. (In Persian)

Askari, N., Gilani, S., Meighani, H., Soleimani, A., & Ghahremani, R. (2023). Interaction of Light Quality and EC of Nutrition Solution on Seedling Quality, Growth, and Physiology of Cucumber Seedlings. *International Journal of Horticultural Science and Technology, 10(Special issue (Light in horticulture))*, 97-122.

Awad, Y. M., Lee, S. E., Ahmed, M. B. M., Vu, N. T., Farooq, M., Kim, I. S., Ok, Y. S. (2017). Biochar, a potential hydroponic growth substrate, enhances the nutritional status and growth of leafy vegetables. *Journal of Cleaner Production*, 156, 581-588.

Bagayoko, M., Alvey, S., Neumann, G., & Bürkert, A. (2000). Root-induced increases in soil pH and nutrient availability to field-grown cereals and legumes on acid sandy soils of *Sudano-Sahelian* West Africa. *Plant and Soil*, 225(1), 117-127.

Bastug, R., Karaguzel, O., Aydinsakir, K., & Buyuktas, D. (2006). The effects of drip irrigation on flowering and flower quality of glasshouse gladiolus plant. *Agricultural Water Management*, 81(1-2), 132-144.

Behzadi Rad, P., Roozban, M. R., Karimi, S., Ghahremani, R., & Vahdati, K. (2021). Osmolyte accumulation and sodium compartmentation has a key role in salinity tolerance of pistachios rootstocks. *Agriculture*, 11(8), 708.

Bolla, A., Voyiatzis, D., Koukourikou-Petridou, M., & Chimonidou, D. (2010). Photosynthetic parameters and cut-flower yield of rose 'Eurored'(HT) are adversely affected by mild water stress irrespective of substrate composition. *Scientia horticulturae*, 126(3), 390-394.

Carlson, R. M., & Johnson, C. M. (1961). Plant tissue analysis, chelometric titration of calcium and magnesium in plant tissue. Method for elimination of interfering ions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9(6), 460-463.

Chang, K. H., Wu, R. Y., Chuang, K. C., Hsieh, T. F., & Chung, R. S. (2010). Effects of chemical and organic fertilizers on the growth, flower quality and nutrient uptake of *Anthurium andreanum*, cultivated for cut flower production. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 434-441.

Chen, Z. C., & Ma, J. F. (2013). Magnesium transporters and their role in Al tolerance in plants. *Plant and*

Soil, 368(1), 51-56.
Christoulaki, M., Gouma, S., Manios, T., & Tzortzakis, N. (2014). Deployment of sawdust as substrate medium in hydroponically grown lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 37(8), 1304-1315.
Domeño, I., Irigoyen, I., & Muro, J. (2010). New wood fibre substrates characterization and evaluation in hydroponic tomato culture. *European Journal of Horticultural Science*, 75(2), 89.
Eid, G. M., Albatal, N., & Haddad, S. (2016). Effect of electrical conductivity (EC) on the growth and flower production of Anthurium (*Anthurium andreanum*). *International Journal of Horticulture*, 6 (15), 67-75.
El-Kazzaz, K. A., & El-Kazzaz, A. A. (2017). Soilless agriculture a new and advanced method for agriculture development: an introduction. *Agriculture Research & Technology*, 3, 63-72.
Gabriel, MZ., Altland, JE., &. Owen, JS (2009). The Effect of Physical and Hydraulic Properties of Peatmoss and Pumice on Douglas Fir Bark Based Soilless Substrates. *HortScience*, 44(3), 874-878.
Karagoz, F. P., Dursun, A., & Karaşal, M. (2022). A review: use of soilless culture techniques in ornamental plants. *Ornamental Horticulture*, 28(2), 172-180.
Mascarini, L., Lorenzo, G., & Vilella, F. (2005). Nitrogen concentration in nutrient solution, postharvest life and flowers commercial quality in hydroponic gerbera. *Acta Horticulturae*, 697, 371.
Moschou, C. E., Papadimitriou, D. M., Galliou, F., Markakis, N., Papastefanakis, N., Daskalakis, G. Manios, T. (2022). Grocery Waste Compost as an Alternative Hydroponic Growing Medium. *Agronomy*, 12(4), 789.
Neina, D. (2019). The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 19 (1), 1-9.
Nhut, D. T., Nguyen, N. H., & Thuy, D. T. T. (2006). A novel in vitro hydroponic culture system for potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuber production. *Scientia Horticulturae*, 110(3), 230-234.
Patil, S. T., Kadam, U. S., Mane, M. S., Mahale, D. M., & Dhekale, J. S. (2020). Hydroponic Growth Media (Substrate): A Review. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 21(23), 106-113.
Pingping, W. U., Chubin, W. U., & Biyan, Z. H. O. U. (2017). Drought stress induces flowering and enhances carbohydrate accumulation in *Averrhoa carambola*. *Horticultural Plant Journal*, 3(2), 60-66.
Schwarz, D., & Gross, W. (2004). Algae affecting lettuce growth in hydroponic systems. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4), 554-559.
Shabala, S., & Cuin, T. A. (2008). Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiologia plantarum*, 133(4), 651-669.
Shams, M., Etemadi, N., Baninasab, B., Ramin, A. A., & Khoshgoftarmanesh, A. H. (2012). Effect of boron and calcium on growth and quality of 'easy lover'cut rose. *Journal of Plant Nutrition*, 35(9), 1303-1313.
Shi, L., Wang, Z., & Kim, W. S. (2019). Effect of drought stress on shoot growth and physiological response in the cut rose 'charming black'at different developmental stages. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 60(1), 1-8.
Silberbush, M., & Lieth, J. H. (2004). Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. *Scientia Horticulturae*, 101(1-2), 127-141.
Sun, X., Yuan, Z., Wang, B., Zheng, L., & Tan, J. (2021). Exogenous putrescine activates the arginine-polyamine pathway and inhibits the decomposition of endogenous polyamine in *Anthurium andraeanum* under chilling stress. *Scientia Horticulturae*, *282*, 110047.
Teixeira da Silva, J. A., Dobránszki, J., Winarto, B., & Zeng, S. (2015). *Anthurium* in vitro: a review. *Scientia Horticulturae*, 186, 266-298.
Tian, X. Y., He, D. D., Bai, S., Zeng, W. Z., Wang, Z., Wang, M., Chen, Z. C. (2021). Physiological and molecular advances in magnesium nutrition of plants. *Plant and Soil*, 468(1), 1-17.
Turcios, A. E., Weichgrebe, D., & Papenbrock, J. (2016). Potential use of the facultative halophyte *Chenopodium quinoa* Willd. as substrate for biogas production cultivated with different concentrations of sodium chloride under hydroponic conditions. *Bioresource Technology*, 203, 272-279.
Verbruggen, N., & Hermans, C. (2013). Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant and soil*, 368(1), 87-99.
Wahome, P. K., Oseni, T. O., Masarirambi, M. T., & Shongwe, V. D. (2011). Effects of different hydroponics systems and growing media on the vegetative growth, yield and cut flower quality of gypsophila (*Gypsophila paniculata* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(6), 692-698.
Wang, M., Shi, S., Lin, F., Hao, Z., Jiang, P., & Dai, G. (2012). Effects of soil water and nitrogen on growth and photosynthetic response of Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica*) seedlings in northeastern China. *PloS one*, 7(2), e30754.
Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*, 14(4), 7370-7390.

Yan, B., & Hou, Y. (2018). Effect of soil magnesium on plants: a review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170 (2), 022168.

Zhang, Y. J., Xie, Z. K., Wang, Y. J., Su, P. X., An, L. P., & Gao, H. (2011). Effect of water stress on leaf photosynthesis, chlorophyll content, and growth of oriental lily. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(5), 844-850.