

# Effect of Substrates on Some Morphological and Physiological Traits of Two Basil Cultivars in Aquaponic System

Somayeh yonesi<sup>1</sup>, khodayar hemmati\*<sup>2</sup>, pejman moradi<sup>3</sup>,  
sara khorasani nejad<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD student of medicinal plants, Department of Horticulture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Horticulture and landscape Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Horticulture Sciences, Agricultur Faculty, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran.

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Horticulture and landscape Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

\* [khodayarhemmati@yahoo.com](mailto:khodayarhemmati@yahoo.com) ; [kh\\_hemmati@gau.ac.ir](mailto:kh_hemmati@gau.ac.ir)

## Introduction

The aquaponic cultivation system, which is a combination of aquaculture and hydroponic systems, is among the novel cultivation systems. In an aquaponics system, it is possible to simultaneously produce aquatic animals and vegetables. One of the most important components of each soil-free system is the selection of a suitable substrate. This substrate makes water and nutrients available for the root system and also contributes to the proper establishment of the plant. It must also be non-toxic and should not impair plant growth. Another point to consider in the selection of the substrate is its cost and availability, as the transport process will increase the costs of initial establishments in such systems. Among vegetables, basil is a special crop with a short growing season and high economic value, which is also highly suitable for an aquaponic system. The present study was carried out with the aim of comparing some morphological and physiological traits of purple and green basil cultivars in different substrates in the aquaponics system.

## Materials and Methods

The present study was conducted as a factorial based on a completely randomized design with three replicates in a research greenhouse located in Zanjan city. The experimental treatments included 10 substrates (cocopeat, perlite, sand, pumice, cocopeat + perlite (50:50), cocopeat + pumice (50:50), cocopeat + sand (50:50), pumice + sand (50:50), pumice + perlite (50:50) and sand + perlite (50:50)) and two basil cultivars (green and pueple). The aquaponic system in this study comprised of a 300 L fish tank containing 100 common carps. The fish were nurtured twice a day with powdered fish feed containing protein, carbohydrates, lipids, vitamins, etc. The water in the fish tank was filtered and fish wastes were removed in a filtration tank before entering the aquaponics medium to be used by the plant root system. Chemical properties of the fish water

including pH, and nitrite (NO<sub>2</sub>), nitrate (NO<sub>3</sub>), and ammonium (NH<sub>4</sub>) concentrations were controlled using diagnostic kits on a weekly basis. At the flowering stage, various traits including plant height, dry and fresh weights of roots and shoots, number of nodes, number of leaves, and leaf area were measured to investigate the growth of basil plants. Also, physio-phytochemical traits including the contents of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and anthocyanin were measured. Analysis of variance of the data was carried out using the SAS software. Also, the least significant difference method (LSD) was used for the comparison of means.

## **Results and Discussion**

According to the results, the greatest plant height (60.57 cm), shoot fresh weight (90.57 g), root fresh weight (22.33 g), and leaf number (133.99) belonged to purple basil and the lowest value for these traits were observed in green basil cultivar. The results of the mean comparison for the morphological traits indicate the superiority of perlite + cocopeat compared with the other substrates. Also, basil plants grown in the sand substrate had the lowest values of growth traits compared with other treatments. The results related to the interaction effect of substrate and cultivar showed that the highest number of nodes (10.5), dry weight of shoots (25.17 g), dry weight of roots (4.67 g), and leaf area (17.13 cm<sup>2</sup>) were obtained in the perlite + cocopeat substrate and purple basil, whereas the lowest values for these traits (5.23, 12.93 g, 1.46 g, and 11.03 cm<sup>2</sup>, respectively) were related to the silt substrate and green basil cultivar. The results related to physio-phytochemical traits showed that the highest content of chlorophyll a (1.57 mg g<sup>-1</sup> FW) and total chlorophyll (2.1 mg g<sup>-1</sup> FW) were observed in the perlite + cocopeat substrate and green basil. Also, anthocyanin content was the highest (0.17 mg g<sup>-1</sup> FW) when the purple cultivar was grown in the perlite + cocopeat substrate. The lowest content of chlorophyll a and total chlorophyll were recorded in the sand substrate and purple cultivar with 0.96 and 1.17 mg g<sup>-1</sup> FW, respectively. Also, the lowest content of anthocyanin was related to the green basil cultivar with 0.058 mg g<sup>-1</sup> FW.

## **Conclusions**

Overall, the purple cultivar of basil was superior to the green cultivar regarding most traits in the aquaponic system. Also, substrates containing perlite and cocopeat led to better results compared with the other substrates, whereas the basil plants grown in sand and pumice had lower growth, relatively.

**Keywords:** chlorophyll, cocopeat, dry weight, perlite

## اثر بسترهای کشت بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو رقم ریحان در سیستم آکواپونیک

سمیه یونسی<sup>۱</sup>، خدایار همتی\*<sup>۲</sup>، پژمان مرادی<sup>۳</sup>، سارا خراسانی نژاد<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد ساوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ساوه، ایران

۴- استادیار گروه مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

\* [khodayarhemmati@yahoo.com](mailto:khodayarhemmati@yahoo.com) ; [kh\\_hemmati@gau.ac.ir](mailto:kh_hemmati@gau.ac.ir)

### چکیده

انواع مختلفی از تکنیک‌های کشت بدون خاک در تولید محصولات کشاورزی توسعه یافته‌اند از جمله سیستم‌های کشت هیدروپونیک و آکواپونیک. سیستم کشت آکواپونیک تلفیقی است از تولید آبزیان و هیدروپونیک که در آن از فضولات ماهی در تغذیه گیاهان استفاده می‌شود. هدف از انجام این تحقیق مقایسه‌ی برخی صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد دو رقم ریحان سبز و بنفش تحت تاثیر بسترهای مختلف در سیستم کشت آکواپونیک بود. این تحقیق بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در یک گلخانه‌ی تحقیقاتی در زنجان انجام شد. تیمارها شامل: ده بستر کشت کوکوپیت، پرلیت، ماسه، پوکه معدنی، و مخلوط ۵۰ درصد (کوکوپیت و پرلیت، کوکوپیت و پوکه معدنی، کوکوپیت و ماسه، پوکه معدنی و ماسه، پوکه معدنی و پرلیت، ماسه و پرلیت)، و دو رقم ریحان (سبز و بنفش) بود. پس از گذشت ۴ ماه برخی صفات رشدی ریحان مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش متقابل رقم و بستر کشت بر صفات تعداد گره، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سطح برگ تعداد برگ، وزن تر ریشه و ارتفاع گیاه معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم و بستر بر صفات فیزیو فیتوشیمیایی شامل کلروفیل a، کلروفیل کل و آنتوسیانین دارای اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بود اما بر صفات کلروفیل b و کاروتنوئید اثر معنی‌داری را نشان نداد. در این تحقیق بیشترین مقدار صفات رشدی ارقام ریحان در بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت به دست آمد. رقم ریحان بنفش در بسیاری از صفات از رشد بیشتری نسبت به رقم ریحان سبز در سیستم کشت آکواپونیک برخوردار بود. به‌طور کلی بسترهای کشت حاوی پرلیت و کوکوپیت از رشد مطلوب‌تری نسبت به سایر بسترهای کشت برخوردار بودند و در بسترهای ماسه و پوکه معدنی ارقام ریحان رشد کمتری را نشان دادند.

**کلمات کلیدی:** پرلیت، کلروفیل، کوکوپیت، وزن خشک

مقدمه

افزایش نرخ رشد جمعیت در دنیا با توجه به کمبود زمین‌های کشاورزی، نیاز جامعه بشری به غذا را بیشتر از همیشه با چالش مواجه کرده است (de Carvalho et al., 2015). پیش بینی می‌شود تا پایان سال ۲۰۳۰ میلادی جمعیت جهان به بیش از ۸/۵ میلیارد نفر رسیده و تا پایان ۲۰۵۰ میلادی به ۹/۷ میلیارد نفر برسد (UN, 2016). علاوه بر چالش افزایش جمعیت، مشکلات زیست محیطی مانند تخریب و فرسایش خاک‌ها و کمبود منابع آبی نگرانی عظیمی را در مسئله‌ی تأمین غذای جوامع بشری به وجود آورده است (Lal, 2013). در بین روش‌های نوین کشت که به این منظور توسعه یافته‌اند می‌توان به سیستم کشت آکوپونیک که تلفیقی از سیستم‌های کشت آکواکالچر و هیدروپونیک است اشاره کرد که در آن می‌توان به صورت هم‌زمان اقدام به تولید آبزیان و سبزیجات مختلف کرد (Rakocy et al., 2004). در این رابطه‌ی هم‌زیستی، فضولات تولید شده توسط ماهی بوسیله‌ی فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در آب شکسته شده و متابولیت‌های حاصل به مصرف تغذیه‌ای گیاه می‌رسند و به این شکل ضمن پاکسازی آب از وجود آلوده‌کننده‌ها و کاهش نیاز مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز در پرورش گیاهان، می‌توان بصورت مجدد آب تصفیه‌شده را به منظور پرورش ماهی مورد استفاده قرار داد (Latha and Nagesh, 2021). در بین جنس‌های مختلف که در تیره‌ی نعناعیان وجود دارد جنس ریحان *Ocimum basilicum* L. دارای بالاترین سطح از تنوع ژنتیکی بوده و بیش از ۱۵۰ گونه از آن گزارش شده است (Bharathi et al., 2012). در بین سبزیجات مختلف، ریحان به عنوان یک محصول ویژه، فصل کوتاه و با ارزش اقتصادی بالا، بسیار مناسب کشت در سیستم آکوپونیک می‌باشد (Ferrarezi and Bailey, 2019). ارقام سبز و بنفش ریحان کاربردهای یکسانی در صنایع غذایی، عطرسازی و دارویی دارند اگرچه ترکیبات تشکیل دهنده بیوشیمیایی آنها تفاوت‌های زیادی از نظر نوع و مقدار دارند (Makri et al., 2008). برخی ارقام ریحان مانند دارک اوپال<sup>۱</sup> به دلیل رنگ خاص برگ‌ها به عنوان یک گیاه زینتی نیز مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Prinsi et al., 2020). در یک مطالعه نتایجی از مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ریحان منتشر شد. در این تحقیق از بین ۵ رقم ریحان کشت شده در سیستم آکوپونیک در فصل تابستان و ۷ رقم کشت شده در فصل پاییز، تنها ۲ رقم به عنوان ارقامی با عملکرد اقتصادی که قابلیت تولید در سیستم کشت آکوپونیک را داشته باشند معرفی شدند (Ferrarezi and Baily, 2019).

یکی از مهم‌ترین اجزای هر سیستم کشت بدون خاک، انتخاب بستر کشت مناسب است تا ضمن فراهم کردن آب و عناصر غذایی برای ریشه و استقرار مناسب گیاه، فاقد اثرات سمی بوده و اختلالی را در رشد گیاه ایجاد نکند (Gruda et al., 2013)، همچنین یکی از نکات پر اهمیت در انتخاب بستر کشت، ارزان و در دسترس بودن آن می‌باشد چرا که هزینه‌ی حمل و نقل بستر کشت باعث افزایش هزینه‌ی اولیه استقرار چنین سیستم‌هایی می‌شود (Doague and Ghazanfari, 2015). هدف از این تحقیق مقایسه‌ی برخی صفات مورفوفیزیولوژیک دو رقم ریحان در بسترهای مختلف تحت سیستم‌های کشت آکوپونیک می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در یک گلخانه‌ی تحقیقاتی در شهر زنجان انجام شد. تیمارها شامل ده بستر کشت کوکوپیت، پرلیت، ماسه، پوکه معدنی و مخلوط ۵۰ درصد (کوکوپیت و پرلیت، کوکوپیت و پوکه معدنی، کوکوپیت و ماسه، پوکه معدنی و ماسه، پوکه معدنی و پرلیت، ماسه و پرلیت) و دو رقم ریحان (سبز و بنفش)

<sup>1</sup> - Dark Opal

بود. بذره‌های خریداری شده از شرکت پاکان بذر در گلدان سایز ۱۰ کشت شد و تا زمان ظهور گیاهچه آبیاری به صورت منظم انجام شد و در نهایت پس از تک، تعداد ۱۰ گیاهچه با فاصله‌ی مناسب درون گلدان حفظ شدند. سیستم آکوپونیک در این آزمایش شامل یک مخزن ۳۰۰ لیتری پرورش ماهی بود که تعداد ۱۰۰ ماهی گرمابی از نوع کپور در سایز بند انگشتی به آن اضافه شدند. ماهی‌ها روزانه دو بار به وسیله‌ی پودر کامل غذایی حاوی پروتئین، کربوهیدرات، چربی، املاح و ویتامین‌ها تغذیه شدند. به‌طور کلی تجهیزات سیستم آکوپونیک در این پژوهش شامل مخزن نگهداری ماهی‌ها (وان)، اتصالات، لوله‌ها و پمپ آب بود. آب مخزن ماهی قبل از رسیدن به بستر گیاه در یک مخزن فیلتراسیون، پمپاژ و پس از ته‌نشست زائدات و فضولات ماهی، وارد مخزن آکوپونیک شده تا مورد استفاده‌ی گیاهان قرار بگیرند. آبیاری گیاهان بصورت روزانه و در ۳ نوبت انجام گرفت. دبی آب ورودی برای تمامی تیمارها برابر ۳۰۰ میلی‌لیتر در ساعت و برای همه‌ی تیمارها بصورت یکسان اعمال شد. آب‌های وارد شده پس از عبور از بستر به‌عنوان آب خروجی از زیر گلدان‌ها، توسط سطح شیب دار جمع‌آوری و مجدداً به مخزن ماهی‌ها باز می‌گشت. خصوصیات شیمیایی آب ماهی‌ها (جدول ۱)، اعم از pH، غلظت نیتريت ( $\text{NO}_2$ )، نترات ( $\text{NO}_3$ ) و آمونیوم ( $\text{NH}_4$ ) توسط کیت‌های تشخیصی به‌طور هفتگی کنترل شدند. همچنین از یک دستگاه اکسیژن‌متر پرتابل جهت پایش سطح اکسیژن آب استفاده شد. لازم به ذکر است که هیچ کودی در سیستم آکوپونیک استفاده نشده بود و گیاهان با فضولات ماهیها و بقایای غذای ماهی تغذیه شدند.

جدول ۱- پارامترهای کیفی آب مخزن ماهی

Table 1- The water quality parameters in the fish tank.

پارامتر Parameter	مقدار Value
pH	7.5
نیتريت (میلی‌گرم در لیتر) Nitrite (mg/L)	0.5
نترات (میلی‌گرم در لیتر) Nitrate (mg/L)	175
آمونیم (میلی‌گرم در لیتر) Ammonium (mg/L)	1.7
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) Soluble Oxygen (mg/L)	7
درجه حرارت (سانتیگراد) Temperature °C	26.3

در مرحله گلدهی اندازه‌گیری صفات مختلف به منظور بررسی رشد و عملکرد گیاه ریحان انجام شد. ویژگی‌های مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد گره، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ از هر بوته ده برگ توسعه یافته انتخاب و توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (Delta-T, Cambridge, UK) اندازه‌گیری و میانگین برای یک برگ محاسبه شد. همچنین قبل از برداشت، شمارش برگ‌ها و گره‌های گیاه انجام پذیرفت. به‌منظور تعیین وزن تازه‌ی اندام هوایی و ریشه، پس از برداشت ریحان، گیاه را از محل طوقه با چاقوی تیز به دو بخش هوایی و ریشه تقسیم و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن تازه بخش هوایی و ریشه ثبت شد. پس از خشک نمودن اندام‌های هوایی و ریشه گیاه که به مدت ۷۲ ساعت در آون و در دمای ۴۵ درجه‌ی سانتیگراد انجام گرفت، وزن خشک توسط ترازوی دیجیتال ثبت گردید. به منظور اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید، ۰/۱ گرم از بافت تر برگ گیاه در داخل هاون چینی با ده میلی‌لیتر استون کوبیده و یک مخلوط هموزن تهیه شد. یک میلی‌لیتر از مخلوط را با ۹ میلی‌لیتر

استون ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۸۰۰۰ rpm سانتریفیوژ انجام شد، سپس فازهای رویی برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید تام جدا گردید. آزمایش‌ها به روش اسپکتروفوتومتری و با دستگاه اسپکتروفوتومتر (VIS/UV) انجام شدند. فاز رویی جدا شده را در کووت ریخته و مقادیر جذب کلروفیل a، b و کاروتنوئید تام، به ترتیب در طول موج ۶۴۳، ۶۴۵ و ۴۸۰ نانومتر خوانده شدند، در نهایت با استفاده از معادله ۱ تا ۳ مقادیر کلروفیل a (رابطه ۱) و کلروفیل b (رابطه ۲) و کلروفیل کل (رابطه ۳) برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه گردید. ([Arnon, 1949](#)).

$$\text{Chl a (mg g}^{-1}\text{FW)} = 12.7 \times A_{663} - 2.69 \times A_{645} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Chl b (mg} \times \text{g}^{-1}\text{FW)} = 22.9 \times A_{645} - 4.68 \times A_{663} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Chl T (mg} \times \text{ml}^{-1}\text{FW)} = 20.2 \times A_{645} + 8.02 \times A_{663} \quad \text{رابطه (۳)}$$

مقادیر کاروتنوئید تام نیز بر اساس ([Lichtenthaler and Buschmann, 2001](#)) اندازه‌گیری شد و با رابطه‌ی شماره ۴ محاسبه گردید.

$$\text{Carotenoid T (}\mu\text{g} \times \text{ml}^{-1}\text{FW)} = \frac{(1000 \times A_{470}) - (1.82 \times \text{Chl a}) - (85.02 \times \text{Chl b})}{198} \quad \text{رابطه (۴)}$$

برای سنجش آنتوسیانین ۰/۰۵ گرم نمونه‌ی برگ‌ی در ۱۰ سی‌سی متانول اسیدی حل شد، مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و سپس عصاره‌ی حاصل به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. جذب عصاره در طول موج ۵۵۰ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفوتومتر خوانده و بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تازه و با استفاده از رابطه‌ی (۵) محاسبه شد ([Wagner, 1979](#)). در این رابطه A، b و c به ترتیب نشان دهنده‌ی جذب نوری محلول، عرض کوت (سانتیمتر) و غلظت محلول بر حسب میلی‌گرم بر گرم می‌باشند.

$$A = \varepsilon bc \quad \text{رابطه (۵)}$$

به منظور تجزیه واریانس و تحلیل آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رقم بر صفات ارتفاع، تعداد گره، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد و بر صفات تعداد برگ و وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. بستر کشت دارای اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بر کلیه صفات مورفولوژیکی بود. همچنین اثر متقابل بستر و رقم به استثنای تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه و ارتفاع گیاه بر بقیه صفات رویشی دارای اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بود. نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی (جدول ۳) نشان داد اثر ساده‌ی بستر کشت بر تمامی صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. اثر رقم بر صفت آنتوسیانین، کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد اما اثر معنی داری بر صفات کاروتنوئید و کلروفیل b نداشت. اثرات متقابل بستر و رقم دارای اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بر صفات آنتوسیانین، کلروفیل a و کلروفیل کل بودند اما اثر معنی داری بر کاروتنوئید و کلروفیل b نشان ندادند.

### مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات مورفولوژیکی

بر اساس نتایج جدول ۴ بیشترین ارتفاع (۶۰/۵۷ سانتیمتر)، بیشترین وزن تر اندام هوایی (۹۰/۵۷ گرم)، بیشترین وزن تر ریشه (۲۳/۳۳ گرم) و بیشترین تعداد برگ (۱۳۳/۹۹) به رقم ریحان بنفش اختصاص یافت و کمترین مقادیر میانگین صفات مورفولوژیکی در رقم ریحان سبز دیده شد. نتایج مقایسه میانگین اثر بستر بر صفات مورفولوژیکی نشان دهنده‌ی برتری بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت نسبت به سایر بسترهای کشت بود. به نحوی که بالاترین میانگین صفات مذکور در این بستر کشت حاصل شد، همچنین گیاه ریحان در بستر کشت ماسه دارای کمترین رشد نسبت به سایر بسترهای آزمایشی بود (جدول ۵). نتایج مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل بستر کشت و رقم نشان داد که بیشترین رشد گیاه ریحان در بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت در رقم ریحان بنفش و کمترین رشد در رقم ریحان سبز و بستر کشت ماسه حاصل شد. بیشترین تعداد گره (۱۰/۵)، وزن خشک اندام هوایی (۲۵/۱۷ گرم)، وزن خشک ریشه (۴/۶۷ گرم) و سطح برگ (۱۷/۱۳ سانتی‌متر مربع) در رقم ریحان بنفش و بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت حاصل شد. کمترین میانگین پارامترهای تعداد گره (۵/۲۳)، در بسترهای خالص ماسه و کوکوپیت حاصل شد اما اختلاف معنی داری با بستر پوک‌معدنی در این صفت نشان ندادند. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۱۲/۹۳ گرم) در بستر ماسه به‌دست آمد اما اختلاف معنی داری با بستر پوک‌معدنی نداشت، همچنین کمترین میزان سطح برگ (۱۱/۰۳ سانتی‌متر مربع) در بستر ماسه مشاهده شده ولی اختلاف معنی داری با بستر کوکوپیت نشان نداد. کمترین میزان وزن خشک ریشه (۱/۴۶ گرم) نیز در رقم ریحان سبزی که در بستر ماسه کاشته شده بودند به‌دست آمد (جدول ۶).

با توجه به نتایج گرفته شده تمامی صفات رویشی ریحان در بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت، از نظر کمیت مقادیر بالاتری را به خود اختصاص دادند. در واقع تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترها موجب شد رشد گیاهان به‌طور مستقیم و غیر مستقیم تحت تاثیر قرار گرفته و بنابراین فاکتورهای رشدی مانند ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد برگ و سطح برگ تغییرات مشخصی را در بسترهای کشت متنوع نشان دهند. بطور کلی می‌توان گفت که در یک بستر کشت ایده‌آل،

فراهمی و دسترسی به عناصر غذایی نقش عمده‌ای در بهبود رشد خواهد داشت. گیاه ریحان به دلیل کشت بسیار زیاد در سراسر دنیا از تنوع ژنتیکی فوق‌العاده‌ای بهره‌می‌برد و ارقام و جمعیت‌های گوناگون آن به لحاظ صفات مورفولوژیکی، بسیار متنوع هستند. همچنین شرایط مختلفی که اجزای سازنده‌ی یک محیط کشت را ایجاد می‌نماید با کوچکترین تغییری بطور مستقیم بر رشد و نمو گیاهان تاثیر می‌گذارند. از جمله‌ی این اجزا می‌توان به بستر کشت، دمای محیط و دمای آب اشاره کرد، به‌طور معمول سیستم‌های آکوپونیک ثابت بالایی در تعادل عناصر غذایی دارند و انتخاب بسترهای کشت مناسب می‌تواند عناصر غذایی را به نحو مطلوب‌تری در اختیار ریشه‌های گیاه قرار دهد. مطالعاتی که پیرامون اثر بستر بر صفات رشدی گیاهان مختلف در سیستم‌های کشت بدون خاک صورت گرفته است نتایج متفاوت و گاهاً متضادی با یکدیگر ارائه داده‌اند. دلایل مختلفی را در این مورد می‌توان ذکر کرد. در کشت توت فرنگی کاربرد بستر ترکیبی با درصد بالای پرلیت نسبت به زئولیت در بستر کشت با افزایش عملکرد همراه بوده است (Fotouhi Ghazvini et al., 2007)، در صورتیکه در تحقیقی دیگر (Roosta and Afsharipoor, 2012) در واقع ترکیب نمودن بسترهای کشت با یکدیگر منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب و یا هوا در محیط اطراف ریشه می‌شود. در یک مطالعه اثر بسترهای مختلف بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل ژربرا در کشت بدون خاک مورد بررسی قرار گرفت، در بین ۱۴ بستر کشت مختلف، بستر ترکیبی پرلیت ۲۵٪ + پیت ۷۵٪ + پوکه ۵٪ تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در صفاتی مانند تعداد گل، قطر دیسک گل، ارتفاع و ماندگاری پس از برداشت گل نسبت به سایر بسترها نشان دادند. آنها چنین نتیجه‌گیری کردند که اختلاف بسترها از لحاظ ایجاد شرایط مناسب شامل رطوبت، تهویه و سایر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی از دلایل تفاوت کمی و کیفی گل‌های ژربرا در بسترهای مختلف هستند (Khalaj et al., 2014). اثرات بسترهای مختلف کاشت بر عملکرد و کیفیت گل داوودی در دو سیستم آکوپونیک و هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه‌ی کلی گزارش شد که بستر کشت ترکیبی کوکوپیت ۷۵٪ + پرلیت ۲۵٪ موجب رشد بهتر ارقام داوودی شد که دلیل آن مربوط به خصوصیات فیزیکی خوب پرلیت و خصوصیات مناسب فیزیکی‌شیمیایی کوکوپیت بویژه توانایی بالا در حفظ آب و مواد غذایی است (Alaei et al., 2014). در پژوهش حاضر عملکرد ریحان در بسترهای خالص به‌ویژه ماسه از سایر بسترهای کشت کمتر بود، ماسه به‌عنوان یک بستر ارزان قیمت و در دسترس کاربرد فراوانی در کشت گیاهان مختلف دارد اما ظرفیت نگهداری آب در آن بسیار اندک بوده و از ظرفیت تبادل کاتیونی بسیار کمی برخوردار است، به‌همین دلیل افزودن سایر ترکیبات مانند پرلیت یا کوکوپیت به آن با افزایش صفات رشدی و عملکرد همراه بوده است، در واقع ضعف‌های محتمل در بسترهای خالص به‌عنوان بستری برای استقرار گیاه ریحان در ترکیب با سایر بسترها کمتر شده و موجب بهبود رشد گیاه شده است. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصل از مطالعات مختلف می‌توان این‌طور استنباط کرد که واکنش رشدی گیاه نسبت به بستر کشت در گونه‌های گیاهی متنوع، کاملاً متفاوت است و صرف‌نظر از نوع گیاه، شرایط محیط رشد مانند دما، میزان آب و فراهمی اکسیژن برای ریشه در واکنش گیاه نسبت به بستر کاملاً موثر است.

#### جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 2- Analysis of variance for the morphological traits of basil (*Ocimum basilicum* L)

منبع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گره Node number	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد برگ Leaf number



						Shoot dry weight	Root dry weight		
رقم	1	257.7 **	72.16 **	437.4 **	30.84 **	20.4 **	0.39 *	861.6 *	12.51 **
Cultivar									
بستر	9	418.5 **	8.21 **	1215.7 **	72.54 **	72.6 **	5.04 **	3548.2 **	10.54 **
Medium									
رقم × بستر	9	1.2 ns	0.81 **	3.4 ns	0.07 ns	0.8 **	0.22 **	195.4 ns	0.69 **
Cultivar × Medium									
خطا	40	2.4	0.08	4.9	0.22	0.2	0.07	175.8	0.08
Error									
کل	59	----	----	----	----	----	----	----	----
Total									
ضریب تغییرات (%)	----	2.63	3.80	2.40	2.10	2.43	7.19	10.18	2.21
CV (%)									

ns, \*\*, \* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

ns and \*, \*\* : are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.

### مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات فیزیولوژیکی

مقایسه میانگین اثر ساده بستر بر صفات فیزیولوژیکی نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b ( $0.52 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) و کاروتنوئید ( $0.30 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) در تیمار کوکوپیت+ پوکمه‌معدنی به دست آمد (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین که در جدول ۸ آورده شده است، بیشترین مقادیر کلروفیل a ( $1.57 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) و کلروفیل کل ( $2.1 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) در رقم ریحان سبز و بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت مشاهده شد، همچنین بالاترین مقدار آنتوسیانین ( $0.17 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) در رقم ریحان بنفش و بستر کشت ترکیبی پرلیت و کوکوپیت به دست آمد. کمترین مقادیر میانگین صفات کلروفیل a ( $0.96 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) و کلروفیل کل ( $1.17 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) در رقم ریحان بنفش و بستر کشت ماسه حاصل شد. کمترین مقدار آنتوسیانین نیز به رقم ریحان سبز ( $0.058 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) اختصاص یافت. در مطالعات مختلفی که صورت گرفته است میزان رنگدانه‌های گیاه تحت تاثیر بسترهای مختلف کشت قرار گرفته است. در یک تحقیق اثر بسترهای مختلف پرلیت، کوکوپیت و نسبت‌های مختلف آنها به همراه بستر خالص ماسه بر صفات رویشی و فیزیولوژیکی یکی از ارقام تجاری رز در سیستم هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق کلیه صفات مورد مطالعه تحت تاثیر بسترهای رشد قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصله بیشترین سبزی‌نگی برگ در تیمار ۲۵ درصد پرلیت + ۷۵ درصد کوکوپیت حاصل شد. پژوهشگران دلیل این امر را اسیدی بودن محیط کوکوپیت و افزایش جذب آهن نسبت به سایر محیط‌های کشت عنوان کردند ([Roosta et al., 2017](#)). در تحقیقی دیگر از ترکیب‌های مختلفی مانند پیت خزه، پرلیت، کوکوپیت و پسماند شیرین بیان بر ویژگی‌های رشدی شمعدانی، بالاتری میزان کلروفیل کل در تیمار ترکیبی پیت و پسماند شیرین بیان حاصل شد. محققان دلیل این امر را افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر در بستر کشت دانستند که با افزایش در ساخت کلروفیل همراه بوده است ([Ghasemi Ghehsareh et al., 2021](#)). به‌طور کلی کاهش میزان رطوبت در بستر کشت با کاهش جذب عناصر موجود در محلول غذایی همراه است که در نهایت به کاهش رشد و محتوای رنگدانه‌ها منجر می‌شود ([Pivot et al., 1993](#)). آنتوسیانین به‌عنوان یک متابولیت ثانویه نقش‌های فیزیولوژیکی مختلفی را در گیاه ایفا می‌کند. نقش آنتوسیانین به‌عنوان رنگدانه ([Mol et al., 1998](#)) و حفاظت اندام‌های رویشی در مقابل تنش‌های غیر زیستی مانند سمیت عناصر قابل توجه است

(Landi et al., 2014). همچنین در ارقام بنفش، آنتوسیانین نقش کلیدی را در برابر حفاظت نوری دستگاه فتوسنتزی در برابر تابش‌های نوری شدید انجام می‌دهد (Tattini et al., 2014). مطالعات صورت گرفته پیرامون مقدار آنتوسیانین در ارقام سبز و بنفش تفاوت چشمگیر بین میزان این ترکیب متابولیتی را در این ارقام نشان داده است (Ferrarezi and Bailey, 2019; Prinsi et al., 2020).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس صفات فیزیوفیتوشیمیایی ریحان

Table 3- Analysis of variance for the physio phytochemical traits of basil (*Ocimum basilicum* L)

منبع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin	کاروتنوئید Carotenoid
رقم Cultivar	1	0.0206 **	0.000002 ns	0.0206 **	0.14497 **	0.00049 ns
بستر Medium	9	0.1067 **	0.060816 **	0.3139 **	0.00102 **	0.01718 **
رقم × بستر ×Cultivar Medium	9	0.159 **	0.000001 ns	0.0159 **	0.00016 **	0.00049 ns
خطا Error	40	0.0007	0.000149	0.0011	0.00001	0.00053
کل Total	59	----	----	----	----	----
ضریب تغییرات (%) CV (%)	----	2.28	3.53	2.20	3.35	12.28

ns, \*\*, \* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

ns and \*, \*\*: are non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 4- Comparison of means for the effect of cultivar on the morphological traits of basil

رقم Cultivar	صفت Attribute	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (gr)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	تعداد برگ (در هر گیاه) Leaf number (Per plant)
سبز Green		56.42 <sup>b</sup>	90.17 <sup>b</sup>	21.90 <sup>b</sup>	126.41 <sup>b</sup>
بنفش Purple		60.57 <sup>a</sup>	90.57 <sup>a</sup>	23.33 <sup>a</sup>	133.99 <sup>a</sup>

\* حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح  $p < 0.05$  می‌باشند.

Similar letter in each column denote non-significance at  $p < 0.05$

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر بستر بر صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 3- Comparison of means for the effect of medium on the morphological traits of basil

رقم Cultivar	صفت Attribute	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight (gr)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	تعداد برگ (در هر گیاه) Leaf number (Per plant)
	کوکوپیت Cocopit	68.4183 <sup>b</sup>	104.607 <sup>b</sup>	24.205 <sup>b</sup>	155.7 <sup>ab</sup>
	پرلیت Perlite	50.0467 <sup>g</sup>	77.232 <sup>gh</sup>	18.9167 <sup>g</sup>	103.917 <sup>fg</sup>
	پوکه معدنی Pumic	64.205 <sup>c</sup>	100.865 <sup>c</sup>	24.3033 <sup>b</sup>	149.717 <sup>bc</sup>
	ماسه Silt	50.135 <sup>g</sup>	76.11 <sup>h</sup>	18.2883 <sup>h</sup>	89.317 <sup>g</sup>
	کوکوپیت+پوکه معدنی Cocopit+ Pumice	74.5117 <sup>a</sup>	122.082 <sup>a</sup>	30.105 <sup>a</sup>	167.383 <sup>a</sup>
	کوکوپیت + پرلیت Cocopit+ Perlite	60.555 <sup>d</sup>	96.812 <sup>d</sup>	24.415 <sup>b</sup>	142.067 <sup>bc</sup>
	کوکوپیت+ماسه Cocopit+Silt	55.265 <sup>f</sup>	89.798 <sup>f</sup>	21.505 <sup>d</sup>	126.3 <sup>de</sup>
	پرلیت+ پوکه معدنی Perlite+ Pumice	57.3867 <sup>e</sup>	93.978 <sup>e</sup>	23.565 <sup>c</sup>	134.283 <sup>cd</sup>
	ماسه+ پرلیت Perlite+Silt	50.745 <sup>g</sup>	78.802 <sup>g</sup>	20.145 <sup>f</sup>	114.6 <sup>ef</sup>
	ماسه+پوکه معدنی Silt+Pumice	53.6967 <sup>f</sup>	88.5 <sup>f</sup>	20.7517 <sup>e</sup>	118.783 <sup>ef</sup>

\* حروف مشابه در هر ستون بیان گر عدم اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشند.

Similar letter in each column denote non-significance at  $p < 0.05$

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل بستر و رقم بر صفات مورفولوژیکی ریحان

Table 6- Comparison of means for the interaction of medium and cultivar on the morphological attributes of basil

رقم Cultivar	صفت Attribute	بستر Medium	گروه در بوته Nods per plant	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (gr)	وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	سطح برگ Leaf area (cm <sup>2</sup> )
	کوکوپیت + پوکه معدنی Cocopeat+ Pumice		6.77 <sup>c</sup>	21.65 <sup>b</sup>	4.09 <sup>bc</sup>	13.27 <sup>b</sup>
	پوکه معدنی Pumice		5.40 <sup>e</sup>	13.54 <sup>g</sup>	2.94 <sup>e</sup>	12.03 <sup>de</sup>
سبز Green	پرلیت + پوکه معدنی Pumic + Perlite		7.30 <sup>b</sup>	20.98 <sup>b</sup>	3.54 <sup>d</sup>	13.23 <sup>b</sup>
	ماسه Sand		5.23 <sup>e</sup>	12.93 <sup>g</sup>	1.46 <sup>f</sup>	11.03 <sup>f</sup>

	پرلیت+کوکوپیت Perlite+ Cocopeat	8.40 <sup>a</sup>	23.58 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	14.53 <sup>a</sup>
	ماسه + پرلیت Sand+ Perlite	6.30 <sup>d</sup>	20.04 <sup>c</sup>	4.33 <sup>b</sup>	12.63 <sup>c</sup>
	پوکه معدنی + ماسه Pumice + Sand	6.27 <sup>d</sup>	18.60 <sup>d</sup>	3.71 <sup>cd</sup>	12.43 <sup>cd</sup>
	کوکوپیت+ ماسه Cocopeat+ Sand	6.27 <sup>d</sup>	19.60 <sup>c</sup>	4.12 <sup>bc</sup>	11.73 <sup>e</sup>
	کوکوپیت Cocopeat	5.23 <sup>e</sup>	16.31 <sup>f</sup>	3.80 <sup>cd</sup>	11.07 <sup>f</sup>
	پرلیت Perlite	5.97 <sup>f</sup>	17.12 <sup>e</sup>	3.63 <sup>d</sup>	12.30 <sup>cd</sup>
	کوکوپیت + پوکه معدنی Cocopeat+ Pumice	10.23 <sup>a</sup>	23.31 <sup>b</sup>	4.43 <sup>ab</sup>	14.27 <sup>b</sup>
	پوکه معدنی Pumice	7.10 <sup>d</sup>	15.08 <sup>h</sup>	2.92 <sup>d</sup>	12.17 <sup>d</sup>
	پرلیت + پوکه معدنی Pumic + Perlite	10.37 <sup>a</sup>	22.42 <sup>c</sup>	3.88 <sup>c</sup>	14.10 <sup>b</sup>
	ماسه Sand	7.17 <sup>d</sup>	14.10 <sup>i</sup>	1.57 <sup>e</sup>	11.27 <sup>e</sup>
	پرلیت+کوکوپیت Perlite+ Cocopeat	10.50 <sup>a</sup>	25.17 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>	17.13 <sup>a</sup>
بنفش Purple	ماسه + پرلیت Sand+ Perlite	9.20 <sup>b</sup>	21.46 <sup>d</sup>	4.14 <sup>bc</sup>	13.23 <sup>c</sup>
	پوکه معدنی+ ماسه Pumice + Sand	8.13 <sup>b</sup>	19.61 <sup>e</sup>	4.08 <sup>bc</sup>	13.17 <sup>c</sup>
	کوکوپیت+ ماسه Cocopeat+ Sand	7.70 <sup>bc</sup>	18.73 <sup>f</sup>	4.48 <sup>ab</sup>	12.90 <sup>c</sup>
	کوکوپیت Cocopeat	7.50 <sup>cd</sup>	17.52 <sup>g</sup>	4.24 <sup>abc</sup>	12.07 <sup>d</sup>
	پرلیت Perlite	7.17 <sup>d</sup>	18.64 <sup>f</sup>	3.84 <sup>c</sup>	13.10 <sup>c</sup>

\* حروف مشابه در هر ستون بیان گر عدم اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشند.

Similar letter in each column denote non-significance at  $p < 0.05$

جدول ۷ مقایسه میانگین اثر بستر بر صفات فیزیوشیمیایی ریحان

Table 7- Comparison of means for the effect of medium on the physio phytochemical traits of basil

رقم Cultivar	صفت Attribute	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> FW)
	کوکوپیت Cocopit	0.466862 <sup>b</sup>	0.22997 <sup>b</sup>
	پرلیت Perlite	0.258625 <sup>h</sup>	0.17629 <sup>cd</sup>
	پوکه معدنی Pumic	0.411796 <sup>c</sup>	0.22893 <sup>b</sup>
	ماسه Silt	0.199237 <sup>i</sup>	0.12329 <sup>f</sup>
	کوکوپیت+پوکه معدنی	0.524021 <sup>a</sup>	0.30152 <sup>aa</sup>

Cocopit+ Pumice کوکوپیت + پرلیت	0.380341 <sup>d</sup>	0.19865 <sup>c</sup>
Cocopit+ Perlite کوکوپیت+ ماسه	0.314349 <sup>f</sup>	0.15973 <sup>de</sup>
Cocopit+Silt پرلیت+ پوکه معدنی	0.349348 <sup>e</sup>	0.17874 <sup>cd</sup>
Perlite+ Pumice ماسه+ پرلیت	0.270853 <sup>h</sup>	0.13462 <sup>ef</sup>
Perlite+Silt ماسه+پوکه معدنی	0.28613 <sup>g</sup>	0.1521 <sup>de</sup>
Silt+Pumice		

\* حروف مشابه در هر ستون بیان گر عدم اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشند.

Similar letter in each column denote non-significance at  $p < 0.05$

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل بستر و رقم بر صفات فیزیوفیتوشیمیایی ریحان

Table 8- Comparison of means for the interaction of medium and cultivar on the physio phytochemical attributes of basil

رقم Cultivar	بستر Medium	صفت Attribute	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g <sup>-1</sup> FW)	آنتوسیانین Anthocyanin (mg g <sup>-1</sup> FW)
سبز Green		کوکوپیت + پوکه معدنی Cocopeat+ Pumice	1.275 <sup>b</sup>	1.74 <sup>b</sup>	0.081 <sup>ab</sup>
		پوکه معدنی Pumice	0.963 <sup>d</sup>	1.22 <sup>e</sup>	0.061 <sup>de</sup>
		پرلیت + پوکه معدنی Pumic + Perlite	1.282 <sup>b</sup>	1.69 <sup>b</sup>	0.077 <sup>bc</sup>
		ماسه Sand	0.987 <sup>d</sup>	1.2 <sup>f</sup>	0.058 <sup>e</sup>
		پرلیت+کوکوپیت Perlite+ Cocopeat	1.579 <sup>a</sup>	2.10 <sup>a</sup>	0.085 <sup>a</sup>
		ماسه + پرلیت Sand+ Perlite	1.165 <sup>c</sup>	1.55 <sup>c</sup>	0.075 <sup>bc</sup>
		پوکه معدنی + ماسه Pumice + Sand	1.160 <sup>c</sup>	1.47 <sup>d</sup>	0.072 <sup>c</sup>
		کوکوپیت+ ماسه Cocopeat+ Sand	1.168 <sup>c</sup>	1.52 <sup>cd</sup>	0.077 <sup>bc</sup>
		کوکوپیت Cocopeat	1.149 <sup>c</sup>	1.42 <sup>d</sup>	0.064 <sup>de</sup>
		پرلیت Perlite	1.141 <sup>c</sup>	1.43 <sup>d</sup>	0.067 <sup>d</sup>
بنفش Purple		کوکوپیت + پوکه معدنی Cocopeat+ Pumice	1.212 <sup>b</sup>	1.68 <sup>b</sup>	0.18 <sup>b</sup>
		پوکه معدنی Pumice	0.963 <sup>d</sup>	1.22 <sup>g</sup>	0.148 <sup>e</sup>
		پرلیت + پوکه معدنی Pumic + Perlite	1.222 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>
		ماسه Sand	0.967 <sup>d</sup>	1.17 <sup>h</sup>	0.138 <sup>f</sup>

پرلیت+کوکوپیت Perlite+ Cocopeat	1.263 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>	0.194 <sup>a</sup>
ماسه + پرلیت Sand+ Perlite	1.189 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>c</sup>	0.180 <sup>b</sup>
پوکه معدنی + ماسه Pumice + Sand	1.187 <sup>bc</sup>	1.50 <sup>de</sup>	0.170 <sup>c</sup>
کوکوپیت+ ماسه Cocopeat+ Sand	1.168 <sup>bc</sup>	1.52 <sup>cd</sup>	0.180 <sup>b</sup>
کوکوپیت Cocopeat	1.149 <sup>c</sup>	1.42 <sup>f</sup>	0.159 <sup>d</sup>
پرلیت Perlite	1.160 <sup>c</sup>	1.45 <sup>ef</sup>	0.164 <sup>c</sup>

\* حروف مشابه در هر ستون بیان گر عدم اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشند.  
Similar letter in each column denote non-significance at  $p < 0.05$

## نتیجه گیری

یکی از دلایل برتری سیستم آکوپونیک در تولید سبزیجات عدم نیاز به استفاده از کود شیمیایی است. علاوه بر تولید محصول سالم، کاهش هزینه های تولید از فواید دیگر سیستم های آکوپونیک است. نتایج حاصل از یک پژوهش نشان داد که استفاده از پساب ماهی، نیاز غذایی گیاه در سیستم های کشت بدون خاک را به طور کامل برطرف می کند. اهمیت این موضوع در این است که کاربرد پساب، نیاز به مصرف کود شیمیایی را بسیار کاهش داده و یا حذف نموده است که این مسئله در تولید محصول ارگانیک از اهمیت فراوانی برخوردار است (Filep et al., 2016).

ویژگی های مختلفی مانند مقدار دسترسی ریشه به اکسیژن، هدایت الکتریکی، پتانسیل ماتریک، میزان آب سهل الوصول و البته ویژگی های متفاوت شیمیایی بسترهای کشت و حتی نوع گیاه در نتیجه ی نهایی تاثیر بستر بر میزان رشد و عملکرد تاثیر می گذارد (Mazari et al., 2019). یکی از دلایل کاهش رشد در بستر کشت ماسه در سیستم های کشت بدون خاک علی رغم تأمین ترکیبات غذایی، به ویژگی های فیزیکی ماسه مربوط است، کم بودن ظرفیت نگهداری آب در بستر خالص ماسه و کم بودن قابلیت هدایت الکتریکی سبب کاهش جذب عناصر غذایی و آب توسط ریشه در این بسترها شده است و به همین علت عملکرد و اجزای عملکرد ریحان در این بستر کشت از سایر بسترهای مورد استفاده بسیار کمتر بوده است. تغییر شاخص های رشد در محیط کشت های متفاوت معمولاً ناشی از تغییراتی است که در قابلیت هدایت الکتریکی و تغییر نسبت عناصر غذایی در محیط کشت پیش می آید. در تحقیق حاضر ترکیب کوکوپیت و پرلیت با افزایش در ترکیب رنگدانه ها، کاروتنوئید و آنتوسیانین همراه بوده است. افزایش در میزان رنگدانه ها به کارایی بالاتر دستگاه فتوسنتزی و در نتیجه تولید بیشتر ماده خشک و افزایش عملکرد و اجزای آن منجر شده است. به طور کلی ترکیب نمودن بسترهای کشت اثرات هم افزایی زیادی بر وضعیت رشد گیاه داشته است. هر یک از بسترهای کشت دارای ویژگی های فیزیکی شیمیایی و زیستی می باشند که موجب بروز اختصا صات مثبت و منفی در آنها شده است. ایجاد تعادل بیشتر در جهت بهبود ظرفیت نگهداری آب و هوا، رشد بیشتر ریشه در محیط مطلوب و افزایش سطح جذب عناصر غذایی توسط ریشه از جمله تغییراتی است که در نتیجه ترکیب نمودن بسترها در این آزمایش محقق شده است. ارقام سبز و بنفش ریحان نیز واکنش های متفاوتی را نسبت به شرایط کشت بدون خاک نشان دادند که این امر در تا حدود زیادی به ویژگی های ژنتیکی ارقام مورد بررسی ارتباط دارد، هر چند در بسیاری از صفات مورد بررسی رقم ریحان بنفش نتایج بهتری را نشان داد. به همین دلیل با توجه به هزینه ی اولیه ی بالاتر در استقرار سیستم های کشت بدون خاک، انتخاب ارقام مناسب جهت کشت تجاری محصولات مختلف ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

## References

1. Alaei, M., Roosta, H.R., Mortazavi, N., & Alaei, H. (2014). A comparison of various substrates impact on yield and quality of *Chrysanthemum ×morifolium* cv. Puma in hydroponic and aquaponic systems, *Plant Production*, 37(3), 115-127. (In Persian).
2. AlShrouf, A. (2017). Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. *American Academic Scientific Research Journal for Engineering technology* 27, 247–255.
3. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
4. Bharathi, V., Priya, A. S., & Firdous, S.J. (2012). Antibacterial activity of stem extracts of *Ocimum basilicum*. *Journal of Chemical, Biological and Physical Science*, 2, 298–301.
5. de Carvalho, R. O., Machado, M. B., Scherer, V. S., Fuentes, G. C., da Luz, C. A. S., & da Luz, M. L. G. S. (2015). Hydroponic lettuce production and minimally processed lettuce. *Agricultural Engineering International CIGR Journal*, 17, 290–294.
6. Doague, A., & Ghazanfari Moghadam, A. (2015). The Application of date palm fibers as growth medium and optimization of moisture content and holding capacity by response surface methodology. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 5(4), 1–14.
7. Ferrarezi, R., & Bailey, D. (2019). Basil performance evaluation in aquaponics. *Horticultural Technology*, 29, 1-9. 10.21273/HORTTECH03797-17.
8. Filep, R.M., Diaconescu, S., Costache, M., Stavrescu-Bedivan, M. M., Badulescu, L., & Nicolae, C. G. (2016). Pilot aquaponic growing system of carp (*Cyprinus carpio*) and basil (*Ocimum basilicum*). *Agriculture and Agriculture Science Procedia*, 10, 255-260.
9. Fotouhi Ghazvini, R., Payvast, G., & Azarian, H. (2007). Effect of clinoptilolitic-zeolite and perlite mixtures on the yield and quality of strawberry in soil-less culture. *Journal of Horticultural Science*, 9(6), 885-888.
10. Ghasemi Ghehsareh, M., Ghanbari Soleimanabadi, M., & Reezi, S. (2021). Effects of peat moss, cocopeat and licorice residues on geranium growth characteristics (*Pelargonium × hortorum* ‘Ringo 2000 Deep Red’). *Flower and Ornamental Plants*, 6 (1), 71 -84.
11. Gruda, N., Qaryouti, M. M., & Leonardi, C. (2013). Growing media. In Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops—principles for Mediterranean climate areas (Baudoin W. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, Rome, Italy. 271–302.
12. Khalaj, M., Amiri, M., & Azimi, M. H. (2014). Effect of different growth media on nutrients uptake, growth characteristics and yield of Gerbera (*Gerbera jamesonii*) in a soil-less culture system. *Journal of Horticultural Science*, 27(4), 470-479. doi: 10.22067/jhorts4.v0i0.30664 (In Persian)
13. Lal, R. (2013). Beyond Intensification. Paper Presentation at the ASA, CSSA, & SSSA International Annual Meetings, Tampa, Florida, USA.
14. Landi, M., Guidi, L., Pardossi, A., Tattini, M., & Gould, K. S. (2014). Photoprotection by Foliar Anthocyanins Mitigates Effects of Boron Toxicity in Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Planta*, 240, 941–953.
15. Latha, G. K., & Nagesh. (2022). Aquaponics-a new approach for vegetable production. *Vigyan Varta*, 3(11): 51-54.

16. Lichtenthaler, H. K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1(1), F4-3.
17. Makri, O., Kintzios, S., & Ocimum S. P. (2008). Botany, Cultivation, Pharmaceutical Properties, and Biotechnology. *Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants*, 13, 123–150.
18. Mazari, H., Delshad, M., & Kashi, A. (2019). The effects of substrate physical properties on growth and irrigation water use efficiency of greenhouse tomato transplant. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 49 (4): 869-880. (In Persian)
19. Mol, J., Grotewold, E., & Koes, R. (1998). How genes paint flowers and seeds. *Trends in Plant Science*, 3, 212–217.
20. Pivot, D., Reist, A., Gillioz, J.M., & Ryser, J.P. (1993). Water quality, climatic environment and mineral nutrition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in closed soilless cropping system. *International Symposium on Water Quality & Quantity -Greenhouse*, 207–214.
21. Prinsi, B., Morgutti, S., Negrini N., Faoro, F., & Espen, L. (2020). Insight into Composition of Bioactive Phenolic Compounds in Leaves and Flowers of Green and Purple Basil. *Plants*, 9, 22; doi: 10.3390/plants9010022.
22. Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey, D.S., & Thoman, E.S. (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae*, 648, 63–69.
23. Roosta, H. R., & Afsharipour, S. (2012). Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. *Advances in Environmental Biology*, 6, 543-555.
24. Roosta, H. R., Bagheri, V., & Kian H. (2017). Effect of different planting substrates on vegetative and physiologic characteristics and nutrients content of rose (*rosa hybrida* var. grandgala) in hydroponic system. *Soil and Plant Interactions (Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture)*, 28(7), 27-39. (In Persian with English Abstract).
25. Tattini, M., Landi, M., Brunetti, C., Giordano, C., Remorini, D., Gould, K. S., & Guidi, L. (2014). Epidermal coumaroyl anthocyanins protect sweet basil against excess light stress: multiple consequences of light attenuation. *Physiologia Plantarum*, 152, 585–598.
26. United Nations (UN), 2016. UN news: World population. Available from: <https://news.un.org/en/tags/world-population-report-2016> (Last viewed Jan 2023).
27. Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant physiology*, 64(1), 88-93.