

Application of Superabsorbent Nanopolymer in Several Iranian Mineral Substrates on Quantitative and Qualitative Characteristics of Greenhouse Cucumber

Zahra Maghsoudi ¹, Edris Shabani ^{2*} , Naser Alemzadeh Ansari ³

Received: 29 January 2025

Accepted: 22 April 2025

1-MSc. Graduated of Horticultural Science, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

3- Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

*Corresponding Author Email: edris.shabani@scu.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: In many regions of the world, finding suitable alternatives has received attention due to the high cost of substrates such as peat and cocopeat. Materials such as rice husk, pine bark, sawdust, and leaf compost have been used for the production of growing media for vegetables and ornamental plants. Other organic and mineral materials also exist as substitutes for growing media. Therefore, the necessity of paying attention to and utilizing new mineral or organic substrates in order to reduce costs in greenhouse crop production seems absolutely essential. This experiment was conducted with the aim of investigating the possibility of replacing cocopeat substrate with a combination of Iranian mineral substrates and superabsorbent nanopolymer in cucumber production by hydroponic method.

Materials and Methods: This experiment was conducted in the fall and winter of 2022 in the greenhouse of Shahid Chamran University of Ahvaz as a factorial design in a randomized complete block design with 3 replications. The experimental treatments included three cultivation substrates: cocopeat + perlite, pumice and Pumedia and three superabsorbent levels of 0, 3 and 6 g/L of substrate. The superabsorbent nanopolymer Tarava-200 was mixed into the middle section of each pot at amounts of 0, 3, and 6 grams per liter of growing medium, depending on the experimental treatment, and then covered with the respective substrate. In this study, 54 cylindrical plastic pots were used. Then, according to the treatment, the pots were filled halfway with the respective substrate, such that at 15 cm from the top of the pot, the superabsorbent amounts per liter of substrate (each pot contained 7 liters, so the superabsorbent amounts were 0, 21, and 42 g, respectively) were added and the pots were filled with their specific substrate. Cucumber seedlings of the Strong Sun cultivar at the 3-4 true leaf stage were transferred to 7-liter plastic pots specific to each treatment, containing substrates of 50:50 cocopeat to perlite, pumice, and Pumedia, and were arranged in the greenhouse at a density of approximately 3.5 plants per square meter.

Results: The results of the interaction effect of substrate and superabsorbent showed that no significant difference was observed in the yield of the Pumedia substrate without superabsorbent and pumice with 3 and 6 g/L superabsorbent with the control substrate (cocopeat + perlite), which is one of the interesting results of this study. Also, the firmness of cucumber fruits in the Pumedia substrate with zero superabsorbent level and pumice with 6 g/L superabsorbent level was significantly higher than the control substrate.

Conclusion: In general, the best growth and yield indices were observed in the cocopeat + perlite and Pumedia substrates without superabsorbent and pumice with 6 g/L superabsorbent. Therefore, it is recommended to use Pumedia substrate without superabsorbent or Pumice substrate with superabsorbent in greenhouse cucumber cultivation instead of the expensive cocopeat substrate that causes foreign exchange to leave the country.

Keywords: Cucumber, Cultivation Substrate, Pumedia, Pumice, Superabsorbent



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2026 Edris Shabani Email: edris.shabani@scu.ac.ir



<https://doi.org/10.22034/saps.2025.65691.3336>

کاربرد نانو پلیمر سوپر جاذب در چند بستر معدنی ایرانی بر خصوصیات کمی و کیفی خیار گلخانه‌ای

زهرا مقصودی^۱، ادریس شعبانی^{۲*}، ناصر عالم زاده انصاری^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: در بسیاری از مناطق جهان، به دلیل هزینه بالای بسترهایی مانند پیت و کوکوپیت، پیدا کردن جایگزین مناسب مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که برای تولید بستر کشت سبزی‌ها و گیاهان زینتی از موادی مانند پوسته برنج، پوست درخت کاج، خاک اره و کمپوست برگ استفاده شده است. مواد آلی و معدنی دیگری نیز برای جایگزینی به عنوان بستر کشت وجود دارد. بنابراین لزوم توجه و بهره‌گیری از بسترهای جدید معدنی یا آلی به منظور کاهش هزینه‌ها در تولید محصولات گلخانه‌ای امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. این آزمایش با هدف بررسی امکان جایگزینی بستر کوکوپیت با ترکیب بسترهای معدنی ایرانی و نانوپلیمر سوپر جاذب در تولید خیار به روش هیدروپونیک اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در پاییز و زمستان ۱۴۰۱ در گلخانه دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه بستر کشت کوکوپیت+پرلیت، پومیس و پومدیا و سه سطح سوپر جاذب ۰، ۳ و ۶ گرم بر لیتر بستر بود. نانوپلیمر سوپر جاذب Tarava-200 بسته به هر تیمار آزمایشی مقدار ۰، ۳ و ۶ گرم نانو سوپر جاذب در هر لیتر بستر کاشت در قسمت میانی گلدان مخلوط شد و سپس با بسترهای مورد نظر پوشانده شد. در این پژوهش از ۵۴ گلدان استوانه‌ای پلاستیکی استفاده شد. سپس با توجه به تیمار، گلدان‌ها توسط بستر مورد نظر تا نیمه پر گردیدند، به طوریکه در ۱۵ سانتی‌متری از بالای گلدان، مقادیر سوپر جاذب به ازای هر لیتر بستر (هر گلدان ۷ لیتر بود بنابراین مقادیر سوپر جاذب به ترتیب ۰ گرم، ۲۱ گرم و ۴۲ گرم بود) اضافه و با بستر خاص خود پر گردید. نشاهای خیار رقم Strong sun در مرحله ۳-۴ برگ حقیقی به گلدان‌های پلاستیکی ۷ لیتری مختص هر تیمار و حاوی بسترهای ۵۰:۵۰ کوکوپیت به پرلیت، پومیس و پومدیا انتقال یافتند و با تراکم حدود ۳/۵ بوته در مترمربع در فضای گلخانه چیده شد.

یافته‌ها: نتایج اثر متقابل بستر و سوپر جاذب نشان داد که اختلاف معنی‌داری در عملکرد بستر پومدیا بدون سوپر جاذب و پومیس با سطح ۳ و ۶ گرم بر لیتر سوپر جاذب با بستر شاهد (کوکوپیت+پرلیت) مشاهده نگردید که از نتایج جالب توجه این پژوهش می‌باشد. همچنین سفتی میوه‌های خیار در بستر پومدیا با سطح صفر سوپر جاذب و پومیس با سطح ۶ گرم بر لیتر سوپر جاذب به طور معنی‌داری بیشتر از بستر شاهد بوده است.

نتیجه‌گیری: به طور کلی بهترین شاخص‌های رشدی و عملکردی در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون سوپر جاذب و پومیس همراه با سوپر جاذب ۶ گرم مشاهده گردید. بنابراین توصیه می‌گردد به جای بستر گران قیمت کوکوپیت که سبب خروج ارز از کشور می‌شود از بستر پومدیا بدون سوپر جاذب و یا بستر پومیس همراه با سوپر جاذب در پرورش خیار گلخانه‌ای استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، پومدیا، پومیس، خیار، سوپر جاذب

مقدمه

تولید سبزی‌ها به ویژه گلخانه‌های خیار به دلیل محدود بودن زمین‌های زیر کشت و افزایش مصرف سبزی‌ها به یک الگوی کشاورزی مهم در سراسر جهان تبدیل شده است (لی و همکاران ۲۰۲۰). کشت خیار در گلخانه‌ها، در بسیاری از کشورها یک تجارت مهم کشاورزی هم برای مصارف داخلی و هم برای صادرات است. با توجه به مزایای کشت بدون خاک، بسیاری از کشاورزان به فکر کشت خیار با استفاده از روش‌های هیدروپونیک و آئروپونیک هستند. عوامل زیادی وجود دارد که بر عملکرد خیار در محیط رشد بدون خاک تأثیر می‌گذارد (سینگ و همکاران ۲۰۱۷).

سوپرجاذب‌ها قابلیت جذب و نگهداری آب بالایی دارند. با توجه به این ویژگی، پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند برای بهبود استفاده از آب در کشاورزی، مانند نگهداری رطوبت در خاک و کاهش مصرف آب آبیاری به طور موثر مورد استفاده قرار گیرند (سوزا و همکاران ۲۰۱۶ و تومبار و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به افزایش جمعیت در سراسر جهان و تغییرات آب و هوایی جهانی، تقاضا برای مواد غذایی افزایش یافته است و فشار بر منابع آب در حال افزایش است (گلیک و پالانیپان ۲۰۱۰ و یو و همکاران ۲۰۲۰). آب نقش مهمی در تولیدات کشاورزی دارد. با این حال، کمبود آب و خشکسالی باعث بیابان‌زایی و شور شدن خاک شده است که توسعه پایدار کشاورزی و همچنین امنیت غذایی را به چالش می‌کشد. بنابراین ارتقای راندمان مصرف آب در کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است (ون و همکاران ۲۰۱۲). برای حل این مشکل، سوپرجاذب‌های هیدروژلی به عنوان یک جایگزین جذاب تبدیل شده‌اند. این هیدروژل‌ها هزینه‌ها را کاهش می‌دهند و ویژگی آبیاری مداوم این فرآیند را دارا می‌باشند. ظرفیت بالای جذب و حفظ محلول‌های آبی توسط هیدروژل‌های سوپرجاذب به حفظ رطوبت بستر کمک می‌کند (میلانی و همکاران ۲۰۱۷). پژوهش‌های متعددی نشان داد که سوپرجاذب‌ها نه تنها با افزایش آب قابل دسترس گیاه در خاک، بر تقویت رشد گیاه تأثیر می‌گذارند، بلکه طول عمر گیاهان را در شرایط کمبود آب نیز طولانی‌تر می‌کنند (دمیتری و همکاران ۲۰۱۳). همچنین، سوپرجاذب‌ها می‌توانند عملکرد

محصول و راندمان مصرف آب را افزایش دهند (اسلام و همکاران ۲۰۱۱). نجفی علیشاه و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی سه طیف زمانی آبیاری (۳، ۶ و ۹ روز) و تأثیر ۴ سطح پلیمر هیدروژل آکوسورب (۰، ۲، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک) بر بازده استفاده از آب و شاخص‌های رشد و نموی خیار گلخانه‌ای رقم نگار را مورد ارزیابی قرار داد. نتیجه این آزمایش نشان داد که شاخص‌های رشدی خیار تحت تأثیر مصرف سوپرجاذب قرار گرفت و به حالت معناداری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. با افزایش زمان بازه آبیاری سطح استفاده از آب به حالت معناداری در همه تیمارها کاهش یافت. زینی‌وند و همکاران (۲۰۱۹) طی پژوهشی گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی، کاربرد سوپرجاذب منجر به افزایش وزن میوه و عملکرد خیار نسبت به عدم وجود سوپرجاذب شد. همچنین تأثیر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب در سطح ۱ درصد بر راندمان مصرف آب تولید خیار معنی دار بود.

در بسیاری از مناطق جهان، به دلیل هزینه بالای بسترهایی مانند پیت و کوکوپیت، پیدا کردن جایگزین مناسب مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که برای تولید بستر کشت سبزی‌ها و گیاهان زینتی از موادی مانند پوسته برنج کربونیزه، پوست درخت کاج، خاک اره و کمپوست برگ استفاده شده است (شهپازی و همکاران ۲۰۰۹)، مواد آلی و معدنی دیگری نیز برای جایگزینی به عنوان بستر کشت وجود دارد. بنابراین لزوم توجه و بهره‌گیری از بسترهای جدید معدنی یا آلی به منظور کاهش هزینه‌ها در تولید محصولات گلخانه‌ای امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که برای انتخاب یک بستر رشد مناسب، باید به ویژگی‌های دیگری مانند منشاء آلی، قیمت مناسب، دسترسی و قابلیت بازیافت آن‌ها به طبیعت و کمک به محیط زیست توجه کرد (عقدک ۲۰۰۸). یکی از بسترهای آلی کشت‌های بدون خاک و مورد استفاده در محصولات باغبانی کوکوپیت می‌باشد. کوکوپیت از لحاظ فیزیکی ماده‌ای اسفنجی و حاصل فرآیندسازی از پوسته میوه نارگیل است و به پیت ماس شباهت دارد (نوگنورا و همکاران ۱۹۹۸). پومدیا یک بستر معدنی و ترکیبی از نسبت‌های مشخص پومیس، پرلایت و سیلت و مواد دیگر

کشاورزی، از جمله کشت گلخانه‌ای، می‌تواند به عنوان یک راهکار موثر برای تأمین غذایی و کاهش وابستگی به آب باشد. با این حال، هزینه‌های بالای مواد مورد استفاده در بسترهای رشد، می‌تواند مانع از استفاده گسترده این تکنولوژی شود. بنابراین، توسعه موادی جایگزین و ارزان‌تر برای بسترهای رشد، می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی در کشت گلخانه‌ای کمک کند. در این راستا، پژوهش حاضر امکان استفاده از بسترهای ارزان قیمت ایرانی مانند پومیس و پومدیا را در قیاس با بسترهای وارداتی و گران قیمت مانند کوکوپیت مورد بررسی قرار خواهد داد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پاییز و زمستان سال ۱۴۰۱ در مجموعه گلخانه‌ای گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز با محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا برای بررسی کاربرد نانوپلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشدی و عملکردی خیار گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و دو بوته مشاهده در هر تکرار انجام شد. در این پژوهش از خیار رقم استرانگ سان به عنوان ماده گیاهی، سه سطح نانوپلیمر سوپرجاذب شامل S_1 (صفر گرم بر لیتر بستر)، S_2 (۳ گرم بر لیتر بستر) و S_3 (۶ گرم بر لیتر بستر) و بسترهای B_1 (کوکوپیت+پرلیت ۵۰:۵۰ حجمی/ حجمی)، B_2 (پومیس) و B_3 (پومدیا) به عنوان بسترهای مورد آزمایش استفاده شد. به منظور تغذیه بوته‌های خیار در طول فصل رشد از محلول غذایی رش (2013) (Ca: 350, P: 50, N: 140) (Cu: 200, Zn: 0.1, B: 0.3, Mn: 0.8, Fe: 3, S: 150, Mg: 50, ppm Mo: 0.03 و 0.07) استفاده گردید. بدین منظور ابتدا کودها به صورت جداگانه توزین و در ظرفی حل و سپس در مخزن اصلی ۲۰۰ لیتری مخلوط گردید. محلول غذایی با استفاده از سامانه تحت فشار توسط لوله‌های رابط و قطره چکان به میزان مساوی پای بوته‌ها منتقل شد. جهت زمانبندی پمپاژ محلول از تایمر استفاده شد. تغذیه بوته‌ها توسط این سامانه زمان بندی شده به صورت روزانه بین ساعت ۱۷-۸ و ۵ نوبت در روز و هر بار برحسب مرحله رشدی در محدوده ۳۰۰-۱۰۰ میلی

می‌باشد. بافت پومدیا به نحوی تشکیل شده که ویژگی‌های یک بستر ایده‌آل را دارا باشد. از مزایای پومدیا می‌توان قیمت ارزان و عدم آسیب به محیط زیست را نام برد که تاثیر بسزایی بر عملکرد و کیفیت محصولات گلخانه‌ای دارد. این بستر توسط متخصصان ایرانی طراحی و تولید شده است و در دو سال گذشته در گلخانه‌های تولید رز، فلفل دلمه‌ای و گوجه‌فرنگی به کار گرفته شده است (نورعلی زاده و طباطبایی ۲۰۲۱). یکی از ترکیبات سنگ‌های آتشفشانی که ترکیبات سیلیسی (۶۹ درصد) به همراه مواد معدنی دارد، پومیس است. به دام افتادن لایه نازکی از هوا درون گرانیات بر اثر فعالیت آتشفشانی و حرارت شدید گرانیات و سریع سرد شدن آن، سبب تشکیل شبکه‌ای از حفرات نامنظم می‌شود، که پومیس نام دارد. بارهای منفی که بر سطح آن ایجاد می‌شوند اثر مکان‌های آزاد سیلیکا است. همچنین ذرات پومیس با ساختار اسکلتي خود اجازه سکون و حرکت ملکول‌ها و یون‌های مختلف را می‌دهند (ملکوتیان و همکاران ۲۰۰۹). در آزمایش نورعلی زاده و طباطبایی (۲۰۲۱) چای ترش در بستر پومدیا و گلدان کشت شدند و در مرحله دو برگی غلظت‌های مختلف شوری اعمال شد. نتایج نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف شوری بر مقدار ماده‌های جامد محلول، ویتامین C، آنتی اکسیدان کل و آنتوسیانین معنی‌دار شد. گیاهان کشت شده در این بستر از نظر شاخص‌های رشدی و رویشی در وضعیت مطلوبی قرار داشتند. عالی فر و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر بستر کشت بر جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم و منیزیم توسط خیار گلخانه‌ای در کشت بدون خاک را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که در کشت کوکوپیت تنها، بالاترین عملکرد به دست آمد و در گیاهان پرورش یافته در این بستر، بیشترین میزان غلظت این عناصر مشاهده شد. حسن‌زاده مبینی و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های فیزیکی و نقش خلل و فرج در بسترهای کشت هیدروپونیک پرلایت و کوکوپیت را بررسی نمودند. آن‌ها دریافتند که در بسترهایی که با کوکوپیت و یا نسبتی از آن تهیه شوند و دارای عمق بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر باشند، عدم تهویه مطلوب محیط ریشه و کمبود اکسیژن احتمال دارد.

با توجه به بحران آب و شرایط اقلیمی نامناسب در ایران و جهان، استفاده از تکنولوژی‌های مدرن

مستقر در مرکز رشد دانشگاه شاهد می‌باشد. این بستر متشکل از پومیس، پرلیت و سیلت با نسبت‌های مشخص می‌باشد. در جدول زیر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این بستر ذکر شده است (جدول ۱).

لیتر به ازای هر بوته انجام گردید. همچنین pH محلول غذایی توسط اسید سولفوریک ۹۸ درصد در محدود ۶ تنظیم گردید. EC و pH محلول غذایی در طول فصل کشت توسط دستگاه EC متر و pH متر کنترل گردید.

بستر پومدیا مورد استفاده در این پژوهش یک بستر معدنی طراحی شده توسط شرکت یارا گلخانه حنان

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی بستر کشت پومدیا

اندازه دانه‌ها (mm)	درصد منافذ هوا (V/V)	درصد منافذ آب (V/V)	درصد منافذ کل (V/V)	وزن حجمی ظاهری (Kg/L)	CEC (meq/100ml)	EC (dS/m)	pH
۰/۱-۸	۲۰-۲۵	۴۳-۴۴/۵	۶۵-۷۰/۵	۰/۵-۰/۷	<۲	۰/۹-۱	۶/۹-۷/۱

کوکوپیت- پرلیت (۷۵:۲۵) حجمی / حجمی به منظور تولید نشاء قرار گرفتند. نشاءها در مرحله ۳-۴ برگ حقیقی به گلدان‌های پلاستیکی ۷ لیتری مختص هر تیمار و حاوی بسترهای ۵۰:۵۰ کوکوپیت به پرلیت، پومیس و پومدیا انتقال یافتند. سیستم آبیاری، سیستم موضعی بوده و برای هر گلدان یک قطره چکان ۲ لیتر بر ساعت قرارداده شد. سیستم به صورت باز طراحی شده بود و محلول زهکش در نهایت از سیستم خارج می‌گشت. به منظور جلوگیری از تجمع نمک در بسترها، آبشویی گلدان‌ها با استفاده از آب تصفیه به صورت هفتگی انجام گردید. در پایان آزمایش، به منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک ساقه و برگ، بوته‌ها از بستر جدا و وزن تر ساقه و برگ هر یک به صورت جداگانه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. به منظور اندازه‌گیری وزن تر ریشه و به منظور جداسازی ریشه‌ها از بسترهای کشت، گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در تشت پر از آب غوطه ور شدند و پس از شستشو به مدت ۱۲ ساعت در محیط گلخانه هواخشک و سپس توزین گردیدند. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، ساقه و برگ ابتدا تمام نمونه‌ها به طور مجزا در پاکت کاغذی و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند، سپس وزن خشک هر یک از آن‌ها توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. درصد ماده خشک نمونه‌ها نیز از تقسیم وزن خشک نمونه بر وزن تر آن ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید (طباطبایی ۲۰۱۳). با استفاده از

نانوپلیمر سوپرجاذب تراوا از شرکت دانش بنیان کیمیا تراوا تک تامین شد. مطابق دستورالعمل شرکت بسته به هر تیمار آزمایشی مقدار ۰، ۳ و ۶ گرم نانو سوپرجاذب در هر لیتر بستر کاشت در قسمت میانی گلدان مخلوط شد و سپس با بسترهای مورد نظر پوشانده شد. سوپرجاذب Tarava-200 تحت فشار و دمای خاص از پلیمریزاسیون مونومرهای اکریلات به همراه نانوزئولیت و هیدروکسید پتاسیم تهیه شد. در این پژوهش از ۵۴ گلدان استوانه‌ای پلاستیکی استفاده شد. سپس با توجه به تیمار، گلدان‌ها توسط بستر مورد نظر تا نیمه پر گردیدند. به طوریکه در ۱۵ سانتی‌متری از بالای گلدان، مقادیر سوپرجاذب به ازای هر لیتر بستر (هر گلدان ۷ لیتر بود بنابراین مقادیر سوپرجاذب به ترتیب ۰ گرم، ۲۱ گرم و ۴۲ گرم بود) اضافه و با بستر خاص خود پر گردید. کلیه بسترهای مورد استفاده در این پژوهش چندین نوبت توسط آب شهری شستشو گردید. عملیات شستشو برای بستر کوکوپیت با آب تصفیه شهری تا رسیدن EC بستر به سطح ۰/۵ dS/m ادامه یافت. گلدان‌ها در ادامه توسط بسترهای کوکوپیت- پرلیت، پومیس و پومدیا پر گردید و به ترتیب با فاصله بوته و ردیف ۴۰ و ۷۰ سانتی‌متر و با تراکم حدود ۳/۵ بوته در مترمربع در فضای گلخانه چیده شد.

جوانه‌زنی بذور خیار رقم Strong sun در شرایط اتاق و در داخل پتری‌دیش انجام پذیرفت. در مرحله بعد بذورهای جوانه زده در لیوان‌های یکبار مصرف حاوی

روش آرنون (۱۹۶۷) میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ توسعه یافته و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد. بدین صورت که مقدار ۰/۱ گرم از نمونه برگ بالغ و تازه در هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا به صورت محلول یکنواختی در آمد. در نهایت با استفاده از استون ۸۰٪ به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و در مرحله بعد

فالکون‌های حاوی نمونه برگ و استون در سانتریفیوژ با سرعت ۵۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۳، ۶۴۵ و ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1201, Shimadzu, Japan) قرائت گردید. محاسبه میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید به ترتیب از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ بدست آمد (آرنون، ۱۹۶۷):

$$\text{Chlorophyll a (mg/g fresh tissue)} = \frac{((12.7 \times A663) - (2.69 \times A645)) \times V}{1000 \times W} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g fresh tissue)} = \frac{((22.9 \times A645) - (4.68 \times A663)) \times V}{1000 \times W} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g fresh tissue)} = \frac{((20.2 A645) + (8.02 A663)) \times V}{1000 \times W} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Cartenoids (mg/g)} = \frac{(A480 + (0.114 A663) - (0.638 A645)) \times V}{1000 \times W} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن V حجم عصاره و W وزن بافت عصاره گیری شده می‌باشد. برداشت میوه در طول دوره رشد به طور منظم انجام پذیرفت و تعداد میوه برداشت شده به ازای هر بوته نیز ثبت گردید. وزن میوه‌های برداشت شده در هر مرحله توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد و مجموع وزن میوه‌های برداشت شده از هر بوته در تمامی برداشت‌ها به عنوان وزن کل محصول برای آن بوته یا عملکرد همان بوته در نظر گرفته شد. طول و قطر میوه‌ها پس از هر بار برداشت توسط کولیس اندازه‌گیری و به سانتی‌متر ثبت شد. میزان سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (Santam, STM-1, Iran) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بر روی قسمت میانی میوه انجام شد و با پروب آلومینیومی ۸ میلی‌متری و سرعت ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه به میوه‌ای که روی یک سطح سخت قرار گرفته بود فشار داده شد. برای هر میوه، سه بار اندازه‌گیری انجام شد. میانگین اعداد برداشت‌شده برای هر نمونه بر حسب نیوتون به عنوان سفتی میوه گزارش شد. به منظور اندازه‌گیری EC و pH عصاره میوه حدود ۱۰ گرم از گوشت میوه در هاون کوبیده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده سپس در سانتریفیوژ با دور ۶۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد و قسمت زیری نمونه را دور ریخته و روشناور نمونه را جدا کرده و به عنوان عصاره میوه مورد استفاده قرار گرفت. EC و

pH عصاره میوه توسط دستگاه EC متر و pH متر قرائت و گزارش شد (طباطبایی ۲۰۱۳). در پایان تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت و در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه میانگین قرار گرفت.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک خشک ساقه

اثر ساده بستر بر وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و درصد ماده خشک ساقه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. اثر ساده سوپرجاذب و اثر متقابل بستر و سوپرجاذب بر وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و درصد ماده خشک ساقه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیشترین وزن تر ساقه در بستر پومدیا با مقدار (۱۰۸/۹۳ گرم) و کمترین وزن تر ساقه در بستر کوکوپیت+پرلیت با مقدار (۸۰/۴۰ گرم) بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ساقه در بستر پومدیا با مقدار (۹/۷۲ گرم) و کمترین مقدار وزن خشک ساقه در بستر کوکوپیت+پرلیت با مقدار (۵/۹۲ گرم) حاصل شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک برگ

اثر ساده بستر و سوپرجاذب و اثر متقابل بستر و سوپرجاذب بر وزن تر و وزن خشک برگ در سطح

گرم (۴۸/۵۶ گرم) و کمترین وزن خشک برگ مربوط به بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرجاذب ۶ گرم (۹/۸۷ گرم) بود (جدول ۲).

وزن تر و خشک ریشه

اثر ساده بستر بر وزن خشک ریشه و درصد ماده خشک ریشه به ترتیب اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان داد. ولی اثر ساده بستر بر وزن تر ریشه اختلاف معنی داری را نشان نداد. همچنین اثر اصلی سوپرجاذب و اثر متقابل بستر و سوپرجاذب بر وزن تر و خشک ریشه تاثیر معنی داری نداشت (جدول ۲). مقایسات میانگین اثر اصلی بستر نشان داد که استفاده از بستر پومدیا در مقایسه با بستر کوکوپیت+پرلیت سبب افزایش ۴۰/۳۹٪ وزن خشک ریشه گردید (جدول ۲).

احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری را نشان داد و اثر ساده بستر اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد ماده خشک برگ نشان داد. اما اثر ساده سوپرجاذب و اثر متقابل بستر و سوپرجاذب بر درصد ماده خشک برگ تاثیر معنی داری ایجاد نکرد (جدول ۲). مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرجاذب نشان داد که بیشترین وزن تر برگ در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرجاذب با مقدار (۴۱۴/۴۳ گرم) و کمترین وزن تر برگ در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرجاذب ۶ گرم با مقدار (۱۰۳/۷۴ گرم) مشاهده گردید (جدول ۲). همچنین در بستر پومیس در هر سه سطح سوپرجاذب آن اختلاف معنی داری از نظر وزن تر برگ بوته‌های خیار با بستر پومدیا و کوکوپیت+پرلیت (سطح ۰ و ۳ گرم سوپرجاذب) مشاهده نگردید (جدول ۲). بیشترین مقدار وزن خشک برگ مربوط به بستر پومدیا و سوپرجاذب ۶

جدول ۲- اثر بسترهای مختلف کشت و نانو پلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشدی خیار گلخانه‌ای

تیمار	وزن تر ساقه (g)	وزن خشک ساقه (g)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
بستر						
کوکوپیت+پرلیت	۸۰/۴۰ ^c	۵/۹۲ ^c	۲۹۴/۷۴ ^b	۲۹/۰۷ ^c	۶۴/۵۰	۷/۰۸ ^b
پومیس	۹۵/۳۹ ^b	۸/۲۳ ^b	۳۵۴/۱۰ ^a	۳۶/۶۴ ^b	۷۸/۳۷	۸/۹۰ ^{ab}
پومدیا	۱۰۸/۹۳ ^a	۹/۷۲ ^a	۳۹۳/۴۵ ^a	۴۴/۷۷ ^a	۷۴/۸۹	۹/۹۴ ^a
معنی داری	**	**	**	**	NS	*
سوپرجاذب (g/L)						
۰	۹۹/۴۹	۸/۵۵	۳۸۸/۰۷ ^a	۴۱/۷۴ ^a	۷۳/۷۲	۸/۵۲
۳	۹۳/۷۵	۷/۷۶	۳۶۹/۰۵ ^a	۳۶/۹۴ ^{ab}	۷۳/۳۷	۸/۹۵
۶	۹۱/۴۷	۷/۵۶	۲۸۵/۱۷ ^b	۳۱/۸۰ ^b	۷۰/۶۷	۸/۴۵
معنی داری	NS	NS	**	**	NS	NS
بستر×سوپرجاذب						
کوکوپیت+پرلیت×۰	۹۶/۰۳	۷/۶۷	۴۱۴/۴۳ ^a	۴۲/۰۳ ^{ab}	۷۳/۸۹	۸/۲۸
کوکوپیت+پرلیت×۳	۸۰/۲۸	۵/۶۰	۳۶۶/۰۶ ^a	۳۵/۳۴ ^b	۶۴/۷۲	۷/۱۸
کوکوپیت+پرلیت×۶	۶۴/۸۹	۴/۵۰	۱۰۳/۷۴ ^b	۹/۸۷ ^c	۵۴/۸۹	۵/۷۷
پومیس×۰	۹۵/۴۸	۸/۱۳	۳۵۴/۶۴ ^a	۳۷/۹۱ ^{ab}	۷۴/۹۰	۷/۶۲
پومیس×۳	۹۰/۸۰	۷/۷۲	۳۳۵/۹۲ ^a	۳۵/۰۴ ^b	۷۷/۲۱	۹/۳۱
پومیس×۶	۹۹/۸۸	۸/۸۳	۳۷۱/۷۳ ^a	۳۶/۹۶ ^b	۸۳/۰۲	۹/۷۸
پومدیا×۰	۱۰۶/۹۷	۹/۸۴	۳۹۵/۱۴ ^a	۴۵/۳۱ ^{ab}	۷۲/۳۸	۹/۶۶
پومدیا×۳	۱۱۰/۱۶	۹/۹۷	۴۰۵/۱۷ ^a	۴۰/۴۳ ^{ab}	۷۸/۱۹	۱۰/۳۶
پومدیا×۶	۱۰۹/۶۵	۹/۳۵	۲۸۰/۰۵ ^a	۴۸/۵۶ ^a	۷۴/۱۲	۹/۸۱
معنی داری	NS	NS	**	**	NS	NS

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)

کلروفیل a

بر اساس نتایج، اثر ساده بستر و اثر متقابل بستر و سوپرچاذب بر کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرچاذب نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در بستر پومدیا بدون سوپرچاذب با مقدار (۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین مقدار کلروفیل a در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرچاذب ۶ گرم با مقدار (۰/۹۷ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین اختلاف معنی‌داری در مقدار کلروفیل a در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرچاذب با بستر پومدیا بدون سوپرچاذب مشاهده نشد (جدول ۳).

کلروفیل b

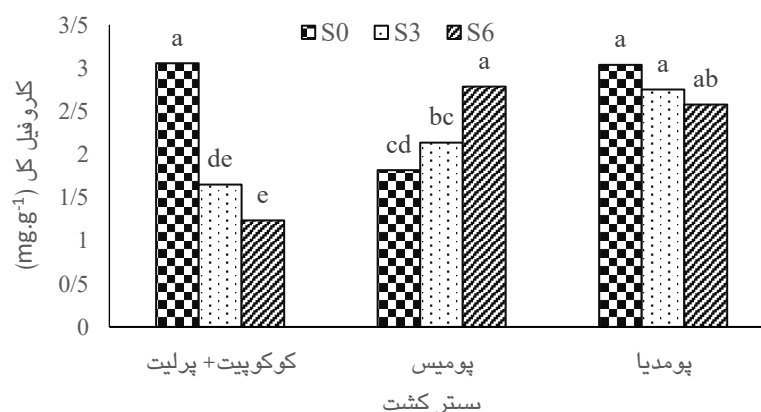
اثر ساده بستر و سوپرچاذب و اثر متقابل بستر و سوپرچاذب بر کلروفیل b اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳). مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرچاذب نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرچاذب با مقدار (۱/۱۷ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین مقدار کلروفیل b در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرچاذب ۶ گرم با مقدار (۰/۲۶ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید (جدول ۳).

کلروفیل کل

نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرچاذب نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرچاذب با مقدار (۳/۰۵ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین مقدار کلروفیل کل در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرچاذب ۶ گرم با مقدار (۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم) بود (شکل ۱). همچنین اختلاف معنی‌داری در مقدار کلروفیل کل بسترهای پومیس با سوپرچاذب ۶ گرم و پومدیا بدون سوپرچاذب با بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرچاذب مشاهده نشد (شکل ۱).

کارتونوئید

اثر ساده سوپرچاذب بر کارتونوئید اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. اما اثر ساده بستر و اثر متقابل بستر و سوپرچاذب اختلاف معنی‌داری بر غلظت کارتونوئید برگ‌های خیار نشان نداد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثر ساده سوپرچاذب نشان داد که بیشترین مقدار کارتونوئید در سوپرچاذب صفر گرم با مقدار (۱/۵۶ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین مقدار کارتونوئید در سوپرچاذب ۶ گرم با مقدار (۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم) بود (جدول ۳).



شکل ۱- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرچاذب (S) بر کلروفیل کل برگ خیار گلخانه‌ای

جدول ۳- اثر بسترهای مختلف کشت و نانو پلیمر سوپر جاذب بر شاخص‌های فیزیولوژیکی خیار گلخانه ای

تیمار	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کارتنوئید
بستر			
کوکوپیت+پرلیت	۱/۳۶ ^b	۰/۶۱ ^b	۱/۲۸
پومیس	۱/۵۷ ^{ab}	۰/۶۷ ^b	۱/۴۲
پومدیا	۱/۷۵ ^a	۱/۰۳ ^a	۱/۴۲
معنی داری	**	**	NS
سوپر جاذب (g/L)			
.	۱/۷۰	۰/۹۳ ^a	۱/۵۶ ^a
۳	۱/۵۴	۰/۶۳ ^b	۱/۳۲ ^b
۶	۱/۴۴	۰/۷۴ ^b	۱/۲۴ ^b
معنی داری	NS	**	*
بستر×سوپر جاذب			
کوکوپیت+پرلیت×۰	۱/۸۷ ^a	۱/۱۷ ^a	۱/۶۶
کوکوپیت+پرلیت×۳	۱/۲۶ ^{cd}	۰/۳۹ ^b	۱/۲۳
کوکوپیت+پرلیت×۶	۰/۹۷ ^d	۰/۲۶ ^b	۰/۹۵
پومیس×۰	۱/۳۴ ^{bc}	۰/۴۷ ^b	۱/۴۷
پومیس×۳	۱/۶۵ ^{ab}	۰/۴۸ ^b	۱/۴۰
پومیس×۶	۱/۷۲ ^{ab}	۱/۰۶ ^a	۱/۳۹
پومدیا×۰	۱/۸۸ ^a	۱/۱۵ ^a	۱/۵۴
پومدیا×۳	۱/۷۲ ^{ab}	۱/۰۳ ^a	۱/۳۲
پومدیا×۶	۱/۶۵ ^{ab}	۰/۹۲ ^a	۱/۴۰
معنی داری	**	**	NS

میانگین با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)

وزن تک میوه

اثر ساده بستر بر وزن تک میوه در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری بود. اما اثر ساده سوپر جاذب و اثر متقابل بستر و سوپر جاذب بر وزن تک میوه معنی دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر ساده بستر نشان داد که بیشترین وزن تک میوه در بستر پومیس با مقدار (۹۳/۱۶ گرم) و کمترین وزن تک میوه در بستر کوکوپیت+پرلیت با مقدار (۷۶/۲۶ گرم) مشاهده گردید (جدول ۴). همچنین اختلاف معنی داری بین وزن تک میوه خیار در دو بستر پومیس و پومدیا مشاهده نگردید (جدول ۴).

تعداد میوه

اثر ساده سوپر جاذب اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد میوه‌های خیار نشان داد (جدول ۴). همچنین اثر متقابل بستر و سوپر جاذب اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد،

اما اثر ساده بستر بر تعداد میوه تاثیر معنی داری نداشت (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپر جاذب نشان داد که بیشترین تعداد میوه در بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپر جاذب با مقدار (۴۶ عدد) و کمترین تعداد میوه در بستر کوکوپیت+پرلیت با سوپر جاذب ۶ گرم با مقدار (۲۲/۶۶ عدد) مشاهده گردید (جدول ۴). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که اختلاف معنی داری در تعداد میوه خیار بین سطوح ۳ و ۶ گرم سوپر جاذب در بسترهای پومیس و پومدیا مشاهده نگردید. علاوه بر این اختلاف معنی داری در تعداد میوه سطح صفر گرم سوپر جاذب در کوکوپیت+پرلیت و پومدیا مشاهده نگردید که می‌تواند از نتایج جالب توجه این پژوهش باشد (جدول ۴).

عملکرد

اثر متقابل بستر و سوپر جاذب در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص عملکرد معنی دار بود (شکل ۲). نتایج

شد (جدول ۴). همچنین اختلاف معنی‌داری در قطر میوه بسترهای پومیس و پومدیا مشاهده نگردید (جدول ۴).

سفتی میوه

نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرژاذب نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار سفتی میوه به ترتیب در بستر پومدیا بدون سوپرژاذب با مقدار (۸۲/۶۵ نیوتن) و در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرژاذب ۶ گرم با مقدار (۵۸/۲۵ نیوتن) بدست آمد (شکل ۳). همچنین اختلاف معنی‌داری در سفتی میوه‌های خیار بستر پومدیا با سطح صفر سوپرژاذب و پومیس با سطح ۶ گرم سوپرژاذب مشاهده نگردید که از نتایج جالب توجه این پژوهش می‌باشد (شکل ۳).

EC عصاره میوه

اثر ساده بستر و سوپرژاذب و اثر متقابل بستر و سوپرژاذب بر EC عصاره میوه تاثیر معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۴).

pH عصاره میوه

اثر ساده بستر و اثر متقابل بستر و سوپرژاذب بر pH عصاره میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر ساده سوپرژاذب بر pH عصاره میوه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ایجاد کرد (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرژاذب نشان داد که بیشترین pH عصاره میوه در بستر پومدیا با سوپرژاذب ۶ گرم با مقدار (۶/۷۶) و کمترین pH عصاره میوه در بستر پومیس با سوپرژاذب ۳ گرم با مقدار (۶/۱۳) مشاهده گردید (جدول ۴).

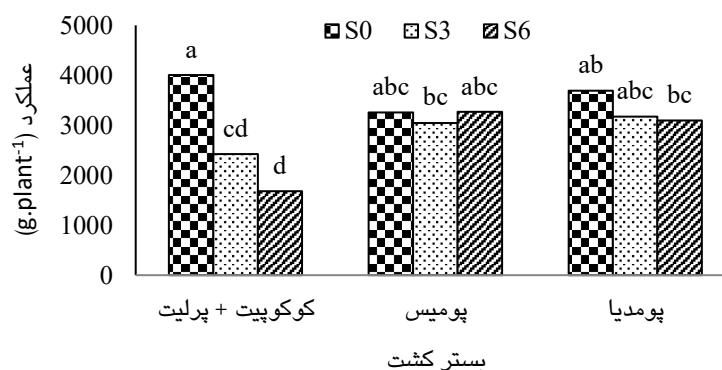
مقایسات میانگین اثر متقابل بستر و سوپرژاذب نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب مربوط به بستر کوکوپیت+پرلیت بدون سوپرژاذب با مقدار (۴۰۰۵/۵۰ گرم) و در بستر کوکوپیت+پرلیت و سوپرژاذب ۶ گرم با مقدار (۱۶۸۱/۷۰ گرم) بود (شکل ۲). بعد از بستر کوکوپیت+پرلیت با سطح صفر سوپرژاذب، بیشترین میزان عملکرد به ترتیب در تیمارهای پومدیا با سطح صفر سوپرژاذب و پومیس با سطح ۶ گرم سوپرژاذب مشاهده گردید. همچنین سطح ۳ گرم سوپرژاذب در بستر پومدیا و سطوح ۳ و ۶ گرم سوپرژاذب در بستر پومیس اختلاف معنی‌داری را از نظر عملکرد بوته با سطح صفر سوپرژاذب در کوکوپیت+پرلیت و پومدیا نشان ندادند (شکل ۲).

طول میوه

اثر ساده بستر و سوپرژاذب و اثر متقابل بستر و سوپرژاذب بر طول میوه تاثیر معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

قطر میوه

اثر ساده بستر بر قطر میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اما اثر ساده سوپرژاذب و اثر متقابل بستر و سوپرژاذب تاثیر معنی‌داری بر قطر میوه‌های خیار نداشت (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین اثر ساده بستر نشان داد که بیشترین و کمترین قطر میوه به ترتیب در بستر پومیس با مقدار (۳/۰۷ سانتی‌متر) و در بستر کوکوپیت+پرلیت با مقدار (۲/۷۸ سانتی‌متر) حاصل

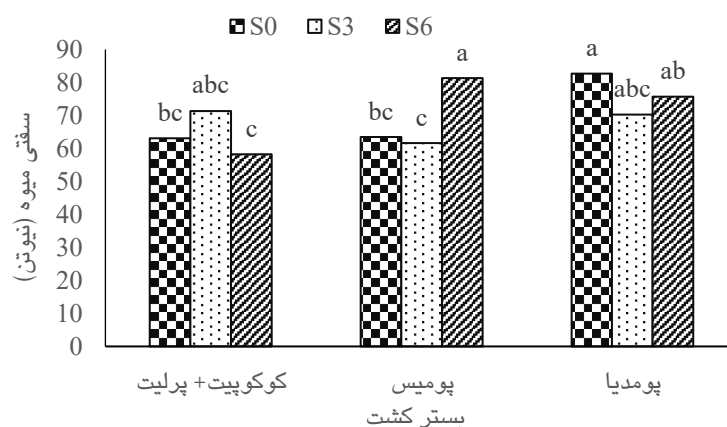


شکل ۲- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپرژاذب (S) بر عملکرد خیار گلخانه‌ای

جدول ۴- اثر بسترهای مختلف کشت و نانو پلیمر سوپر جاذب بر صفات کمی، کیفی و عملکردی میوه خیار گلخانه‌ای

تیمار	وزن تک میوه (g)	تعداد میوه	طول میوه (cm)	قطر میوه (cm)	EC عصاره میوه (dS/m)	pH عصاره میوه
بستر						
کوکوپیت+پرلیت	۷۶/۲۶ ^b	۳۳/۸۸	۱۳/۸۴	۲/۷۸ ^b	۰/۴۷	۶/۴۵ ^a
پومیس	۹۳/۱۶ ^a	۳۴/۲۲	۱۴/۶۰	۳/۰۷ ^a	۰/۴۹	۶/۲۰ ^b
پومدیا	۹۱/۴۴ ^a	۳۷/۴۴	۱۴/۴۳	۳/۰۶ ^a	۰/۴۶	۶/۳۶ ^a
معنی داری	**	NS	NS	*	NS	**
سوپر جاذب (g/L)						
۰	۸۹/۴۷	۴۱/۱۱ ^a	۱۴/۳۲	۲/۹۸	۰/۴۷	۶/۳۵ ^{ab}
۳	۸۵/۳۲	۳۳/۷۷ ^b	۱۴/۱۵	۳/۰۳	۰/۴۹	۶/۲۲ ^b
۶	۸۶/۰۷	۳۰/۶۶ ^b	۱۴/۴۰	۲/۹۱	۰/۴۷	۶/۴۵ ^a
معنی داری	NS	**	NS	NS	NS	*
بستر×سوپر جاذب						
کوکوپیت+پرلیت×۰	۹۳/۲۴	۴۳/۰۰ ^{ab}	۱۳/۹۲	۲/۸۰	۰/۴۸	۶/۵۳ ^{ab}
کوکوپیت+پرلیت×۳	۷۳/۴۸	۳۳/۰۰ ^b	۱۳/۹۵	۲/۹۸	۰/۴۷	۶/۳۹ ^{bc}
کوکوپیت+پرلیت×۶	۷۵/۰۳	۲۲/۶۶ ^c	۱۳/۶۶	۲/۵۷	۰/۴۵	۶/۴۴ ^b
پومیس×۰	۹۴/۸۸	۳۴/۳۳ ^b	۱۴/۵۶	۳/۱۲	۰/۵۱	۶/۳۴ ^{bc}
پومیس×۳	۹۰/۵۰	۳۳/۶۶ ^b	۱۳/۹۲	۳/۰۲	۰/۵۰	۶/۱۳ ^c
پومیس×۶	۹۴/۰۹	۳۴/۶۶ ^b	۱۵/۳۲	۳/۰۷	۰/۴۷	۶/۱۴ ^c
پومدیا×۰	۸۰/۲۸	۴۶/۰۰ ^a	۱۴/۴۹	۳/۰۱	۰/۴۲	۶/۱۸ ^c
پومدیا×۳	۹۱/۹۸	۳۴/۶۶ ^b	۱۴/۵۷	۳/۰۸	۰/۴۹	۶/۱۴ ^c
پومدیا×۶	۸۹/۱۰	۳۴/۶۶ ^b	۱۴/۲۳	۳/۰۹	۰/۴۸	۶/۷۶ ^a
معنی داری	NS	*	NS	NS	NS	**

میانگین با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (آزمون دانکن)



شکل ۳- اثر بسترهای مختلف کشت و نانوپلیمر سوپر جاذب (S) بر سفتی میوه خیار گلخانه‌ای

بحث

بهترین رشد و عملکرد را داشتند. یکی از عناصر اساسی و حیاتی برای تمام موجودات زنده، از جمله گیاهان، اکسیژن می‌باشد. بدون اکسیژن، حیات ادامه نخواهد داشت. نقش اصلی اکسیژن در ساختار موجودات زنده،

نتایج این پژوهش نشان داد که از بین بسترهای مورد بررسی کوکوپیت+پرلیت بدون سوپر جاذب، پومدیا بدون سوپر جاذب و پومیس آمیخته با سوپر جاذب ۶ گرم

تنفس می‌باشد که به عنوان فرآیندی که از طریق آن اکسیداسیون اتفاق می‌افتد، از اهمیت بسزایی برخوردار است. کاهش تنفس و تهویه پایین ریشه، اول بر رشد ریشه‌ها تاثیر می‌گذارد و سپس رشد شاخساره و اندام‌های دیگر گیاه کاهش می‌یابد. تنفس ریشه در شرایط هوایی به عرضه مداوم اکسیژن به ریزوسفر وابسته است. در شرایط مختلف ریزوسفر، میزان اکسیژن موجود در بستر متفاوت است و این باعث تأثیر مستقیم بر تنفس و فعالیت ریشه‌ها می‌شود. عوامل مختلفی مانند دما، شوری، فلزات سنگین، کمبود آب و وضعیت اشباع محیط نیز می‌توانند بر تنفس و فعالیت ریشه‌ها تأثیر بگذارند. با این حال، بیشترین عامل محدود کننده تنفس ریشه، در دسترس بودن اکسیژن است که می‌تواند در بستر ریشه‌ها محدود شود. به همین دلیل، تهویه محیط ریشه و تأمین اکسیژن به ریشه‌ها از اهمیت بسیار بالایی برای رشد و توسعه گیاهان برخوردار است (اورسترازو و مازولا ۲۰۰۵). اضافه کردن سوپرجاذب به بسترهای کوکوپیت و پومدیا که دارای ظرفیت نگهداری مناسب آب بودند موجب افزایش بیش از حد آب در بستر و کاهش زهکشی و تهویه نامناسب شد در نتیجه بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون سوپرجاذب عملکرد بهتری نشان دادند. بر اساس یافته‌های گول و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه اثر چند بستر معدنی (نسبت‌های مختلفی از پرلیت، پوکه معدنی (Tuff) و کلینوپتیلولیت)، نوع کود (آلی و معدنی) بر دو رقم خیار نشان داده شد که گیاهان ترجیحاً مواد مغذی معدنی حل شده را جذب می‌کنند که به راحتی برای ریشه‌ها قابل دسترسی است. گیاهانی که با کودهای آلی تغذیه می‌شوند در ابتدا بخش‌های معدنی این مواد آلی را می‌گیرند، بنابراین محلولی که مستقیماً در دسترس ریشه‌های گیاه است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طور مشابه، مطابق گزارش منگل و کرکبای (۲۰۰۱) در شرایط استفاده کود آلی، مقدار مواد مغذی که مستقیماً با ریشه‌های گیاه در تماس است، نسبت به تقاضای کلی مواد مغذی بسیار کم است. بنابراین، انتقال مواد مغذی به سمت ریزوسفر و سطح ریشه از طریق جریان توده‌ای و انتشار مهم‌تر از تلاقی ریشه‌ای است. در مطالعه حاضر با توجه به ماهیت

معدنی دو بستر پومیس و پومدیا به نظر می‌رسد که دو پدیده جریان توده‌ای و انتشار سهم بسزایی در حرکت عناصر غذایی از ریشه به قسمت‌های بالایی بوته خیار به‌ویژه در سطوح پایین سوپرجاذب داشته‌اند. شبانی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که بسترهای مختلف کشت بر وزن تر و خشک برگ تأثیر معنی‌داری دارد. به نظر می‌رسد بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون سوپرجاذب محیط مناسبی برای تأمین آب، اکسیژن و عناصر غذایی گیاه فراهم کرده است. به بیانی دیگر این بستر با نگهداشت بهتر آب و مواد غذایی و تهویه بهتر محیط رشد گیاه، سبب افزایش رشد رویشی و در نهایت عملکرد بهتر شده است. یافته‌های محمدی قهساره و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر ۳ بستر پرلیت، پالم پیت و خاک بر خصوصیات رشدی، عملکردی و کیفی میوه خیار نشان داد که خواص فیزیکی‌شیمیایی بستر در محیط کشت پالم‌پیت بهتر از بستر پرلیت و خاک بود که سبب افزایش شاخص‌های رشدی گردید. مقدار کم جرم ظاهری و میزان تخلخل زیاد مربوط به محیط کشت پالم پیت سبب می‌شود تا ریشه گیاه به راحتی در بستر نفوذ کند و بتواند از حجم و فضای بیشتری از محیط کشت استفاده نماید، بنابراین سبب شد تا آب و عناصر غذایی در این بستر برای رشد گیاهان کافی باشد. در مطالعه حاضر نیز اگرچه اختلاف معنی‌داری در مقادیر وزن تر ریشه گیاهان خیار رشد یافته در بستر پومدیا، پومیس و کوکوپیت+پرلیت مشاهده نگردید، اما معنی‌داری وزن خشک ریشه‌های رشد یافته در بسترهای مختلف کشت موید این موضوع است که این بسترها احتمالاً با توجه به تهویه متفاوت و مقادیر متفاوت اکسیژن بستر بر میزان انحلال و جذب عناصر غذایی تأثیر گذاشتند. چنانچه مطابق یافته‌های این آزمایش، اثرات این بسترها بر مقادیر عناصر غذایی برگ خیار از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم معنی‌دار بوده است (داده نشان داده نشده است). اما زمانی که آب یا محلول غذایی اطراف ریشه را پر می‌کند، می‌تواند باعث اختلال در تنفس ریشه شود و به دلیل کمبود اکسیژن، گیاه نمی‌تواند به طور کامل از فرایند تنفس استفاده کند. این باعث تولید اتیلن و سایر بازدارنده‌های رشد می‌شود که می‌توانند رشد گیاه را

محدود کنند. در بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا با افزایش غلظت سوپر جاذب کاهش صفات اندازه گیری شده مشاهده گردید. دلیل این مسئله می تواند فشردگی بالای بستر، عدم رشد و فعالیت مناسب ریشه ها در بسترهای همراه با سوپر جاذب باشد که احتمالاً ریشه ها فضای کافی برای رشد و توسعه پیدا نکردند و با کاهش اکسیژن قادر به فعالیت کافی نبوده اند. بنابراین جذب و انتقال مواد غذایی در بسترهای حاوی سوپر جاذب (سطوح بالای سوپر جاذب در کوکوپیت+پرلیت و پومدیا) با مشکل مواجه شده است و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است. احتمالاً مهمترین عامل محدود کننده رشد و گسترش ریشه در کوکوپیت+پرلیت و پومدیا همراه با سوپر جاذب تهویه بسیار پایین بوده است. زیرا قسمت عمده ریشه در سطح گلدان که تهویه بیشتر است، گسترش بیشتری داشت که احتمالاً به دلیل ویژگی بستر کوکوپیت+پرلیت همراه با سوپر جاذب سبب گردیده بود که کلیه خلل و فرج آن با محلول غذایی اشغال شود و مانع از تهویه و تنفس ریشه گردد. برای تبادل گاز کافی، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب، نسبت مناسب منافذ ماکرو ضروری است. مطالعات متعدد نشان داد که اندازه ذرات و خواص هیدرولیکی پوک به بر رشد و عملکرد محصولات گلخانه ای در کشت بدون خاک تأثیر می گذارد (گیزاس و ساواس ۲۰۰۷). بانث و همکاران (۱۹۸۳) تأثیر خصوصیات فیزیکی ترکیبات مختلفی از پیت و بسترهای معدنی با اندازه ذرات و جرم مخصوص ظاهری متفاوت را بر فضای منافذ کل و آب در دسترس آسان در بسترهای ترکیبی بررسی کردند. نتایج آن ها نشان داد که فضای منافذ کل در بسترهای ترکیبی با جرم مخصوص ظاهری رابطه معکوسی دارد و آب در دسترس آسان افزایش اندازه ذرات معدنی کاهش یافت. همچنین این مطالعه نشان داد که ذرات درشت معدنی در بسترهای ترکیبی می توانند منجر به کاهش آب با دسترسی آسان در بستر شوند، به ویژه در صورتی که حجم آن ها بیش از حجم بستر باشد. در بسترهای ترکیبی، با کاهش جرم مخصوص ظاهری حجم آب باقی مانده در بستر پس از زهکش شدن آن کاهش می یابد. همچنین، بسترهای

ترکیبی حاوی ذرات درشت معدنی نسبت به بسترهای حاوی ذرات ریز معدنی کمتر آب را نگه می دارند. علت تفاوت در گنجایش نگهداری آب در بسترهای رشد، به دلیل تفاوت در تخلخل کل و توزیع اندازه منافذ آن ها است. بسترهای رشد که دارای نسبت زیادی از کوکوپیت و پوسته برنج سوخته هستند، به دلیل فراوانی منافذ ریز، دارای آب قابل دسترس زیادی هستند. در مقابل، بسترهای رشدی مانند فیبر رشته ای کفنی، به علت داشتن نسبت زیاد منافذ درشت، گنجایش نگهداری آب کمتری دارند و بیشتر آب آن ها در اثر نیروی ثقل خارج می شود. با این حال، اگر از انواع فیبر رشته ای کفنی با ذرات ریز استفاده شود، می توان مقدار هدررفت آب از این بستر را در اثر نیروی ثقل کاهش داد (آوانگ و همکاران ۲۰۰۹).

در بستر پومیس به دلیل تخلخل خوب، هوا توزیع مناسبی داشت. اما با توجه به بافت درشت پومیس، نسبت به بستر کوکوپیت+پرلیت و پومدیا، نمی تواند آب و مواد غذایی را به مدت طولانی در خود نگهداری کند و عناصر غذایی در معرض آبشویی قرار می گیرند. بنابراین حضور سوپر جاذب در بستر پومیس توانسته است ذخیره سازی موثری از آب و مواد غذایی داشته باشد و مانع از هدررفت آب و عناصر غذایی شود و عناصر غذایی کافی را برای گیاه فراهم نموده و آن ها را در اختیار گیاه قرار دهد و عملکرد و کارایی مصرف آب را افزایش دهد و از کاهش معنی دار عملکرد جلوگیری نماید. نتایج محمدی قهساره و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر ۳ بستر پرلیت، پالم پیت و خاک بر خصوصیات رشدی و عملکردی خیار نشان داد که شرایط کافی با توجه به جرم ظاهری و تخلخل مناسب در محیط کشت پالم پیت باعث حمایت خوب آب و عناصر غذایی برای گیاه شده و منجر به رشد خوب می شود. نتایج علیفر و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که بهترین عملکرد میوه خیار، قطر ساقه گیاه، زیست توده، تعداد میوه، اندازه و قطر میوه از محیط کشت کوکوپیت به دست آمد. آن ها این نتایج را به خواص فیزیکوشیمیایی مناسب بستر کوکوپیت در مقایسه با سایر بسترها مانند پرلیت نسبت دادند. به نظر می رسد در مطالعه حاضر بستر پومدیا و کوکوپیت+پرلیت با

توجه به جرم ظاهری مناسب، تخلخل کافی و مقادیر مناسب آب و عناصر غذایی توانستند شرایط مناسب تری را نسبت به بستر پومیس ایجاد نمایند. چنانچه در مطالعه حاضر گیاهان رشد یافته در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا با سطوح پایین و متوسط سوپرچاذب و پومیس با سطوح بالای سوپرچاذب وزن تر، خشک، تعداد و سطح برگ بیشتری را ایجاد نمودند که با اثرگذاری بر مقادیر فتوآسیمیلات‌های تولیدی در منبع سبب ایجاد مخزن‌های قوی‌تر (تعداد میوه بیشتر) و بهبود عملکرد بوته‌های خیار گردید.

مقدار جذب عناصر از بسترهای مختلف کشت روی تنظیم کننده‌های رشد گیاه می‌تواند موثر باشد. در مراحل اولیه رشد میوه، معمولاً هورمون‌های گیاهی در تنظیم مستقیم یا غیر مستقیم فرآیندهای تقسیم و گسترش سلول‌های میوه نقش دارند و سپس بر رشد میوه تأثیرگذارند و سبب تعیین اندازه و شکل نهایی میوه می‌شوند (لیو و همکاران ۲۰۲۰). عالیف‌ر و همکاران (۲۰۰۹) ثابت کردند اختلاف معنی‌داری در تعداد خیارهای برداشت شده از بسترهای مختلف وجود داشت. نتایج کولا و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر ۴ بستر راک‌وول، پومیس، پرلیت و کوکوپیت را بر خصوصیات فیزیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه خیار نشان داد که عملکرد قابل فروش، تعداد میوه و میانگین وزن میوه به طور قابل توجهی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفتند. گیاهانی رشد یافته در بستر کوکوپیت، پرلیت و پومیس به دلیل تعداد میوه زیاد و وزن متوسط میوه بالا بازده بیشتری در مقایسه با گیاهان رشد یافته در راک‌وول داشتند. مطابق اظهارات آن‌ها، این تفاوت‌های عملکرد ممکن است مربوط به محدوده دمایی بیشتر مشاهده شده در طول چرخه رشد در راک‌وول نسبت به سایر بسترها باشد.

منابع مورد استفاده

- Aghdak P. 2008. The effect of different planting media on the growth and quality of greenhouse bell pepper crop. Master's thesis. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian with English Abstract).
- Al-harbi AR, Al-Omran AM, Shalaby AA and Wahdan, H. 1994. Arid soil research and rehabilitation. Journal of Article, 8(3): 285-290.

یافته‌های این آزمایش نیز نشان داد اختلاف بین عملکرد میوه بوته‌های مختلف خیار بیشتر از آن که تحت تأثیر وزن متوسط میوه بوده باشد، متأثر از تعداد میوه‌های برداشت شده در طول رشد بوده است. استفاده از پلیمرهای سوپرچاذب همراه کود دامی میزان جذب عناصری از جمله نیتروژن، پتاسیم و کلسیم را افزایش می‌دهند. افزایش میزان عناصر غذایی به علت افزایش مواد آلی کافی و افزایش میزان رطوبت و تسریع دسترسی گیاه به عناصر به علت حضور پلیمرهای سوپرچاذب است (خادم و همکاران ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر وجود کلسیم کافی سبب افزایش سفتی بافت میوه شده است.

نتیجه‌گیری کلی

بهترین رشد و عملکرد در بسترهای کوکوپیت+پرلیت و پومدیا بدون سوپرچاذب و پومیس همراه با سوپرچاذب ۶ گرم مشاهده گردید. از آنجایی‌که اختلاف چشم‌گیری بین عملکرد این بسترها وجود ندارد توصیه می‌گردد به جای بستر گران قیمت کوکوپیت که کالایی وارداتی است و سبب خروج ارز از کشور می‌شود، در مرحله اول از بستر پومدیا بدون سوپرچاذب و سپس از بستر پومیس همراه با سوپرچاذب استفاده گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تامین هزینه این پژوهش، از جناب آقای دکتر سید جلال طباطبایی استاد دانشگاه شاهد جهت تامین بستر پومدیا و شرکت دانش بنیان کیمیا تراوا تک جهت تامین نانوپلیمر سوپرچاذب تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

- Ali A, Ghani, MI, Ding H, Fan Y, Cheng Z and Iqbal, M. 2019. Co-amended synergistic interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and the organic substrate-induced cucumber yield and fruit quality associated with the regulation of the AM-fungal community structure under anthropogenic cultivated soil. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(7): 1539. doi:10.3390/ijms20071539.
- Alifar N, Mohammadi Ghesare A and Honarjo N. 2009. The effect of growing medium on nitrogen, potassium and magnesium absorption by greenhouse cucumber in soilless cultivation. *The First National Congress of Hydroponics and Plant Productions of Iran*, Pp. 135. Isfahan University, Iran. (In Persian with English Abstract).
- Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy journal*, 23(1): 112-121.
- Awang Y, Shaharom AS, Mohamad RB and Selamat A. 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(1): 63-71.
- Bedi KJ and Sohrab F. 2004. Evaluation of super absorbent polymer application on water holding capacity and potential in three soil type. *Journal of Science and Polymer Technology*, 3: 163-173.
- Behbahani M, Asadzadeh A and Jabali J. 2005. Evaluation of the effect of superabsorbent hydrogels and low-irrigation treatments on nutrient retention in hydroponic media. Third training course and specialized seminar on the application of superabsorbent hydrogels, Iranian Polymer and Petrochemical Research Institute, November 6, Tehran, Iran. (In Persian with English Abstract).
- Bres W and Weston LA. 1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. *HortScience*, 28(10): 1005-1007.
- Bunt AC. 1983. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. In *International Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils In Situ* 150. Pp. 143-154.
- Colla G, Saccardo F, Rea E, Pierandrei F and Salerno A. 2003. Effects of substrates on yield, quality and mineral composition of soilless-grown cucumbers. In *VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation*. Ragusa-Sicily, Italy. Pp. 205-209.
- Demitri C, Scalera F, Madaghiele M, Sannino A and Maffezzoli A. 2013. Potential of cellulose-based superabsorbent hydrogels as water reservoir in agriculture. *International Journal of Polymer Science*, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2013/435073>
- Gizas G and Savvas D. 2007. Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture. *HortScience*, 42(5): 1274-1280.
- Gleick PH and Palaniappan M. 2010. Peak water limits to freshwater withdrawal and use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(25): 11155-11162.
- Gül A, Eroğul D and Ongun AR. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. *Scientia Horticulturae*, 106(4): 464-471. DOI: 10.1016/j.scienta.2005.03.015
- Gül A, Kıdoğlu F and Anaç D. 2007. Effect of nutrient sources on cucumber production in different substrates. *Scientia Horticulturae*, 113(2): 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.02.005>
- Haji Maleki K, Soufian J, Sheikhpouri H, Sharifi Rad M and Mousavi R. 2013. The effect of growing media on some biological characteristics of greenhouse cucumber seedlings in the greenhouse. *National Conference on Agricultural Engineering and Management, Environment and Sustainable Natural Resources*. (In Persian with English Abstract).
- Hassanzadeh Mobini S, Aroi H and Razi MA. 2009. Investigation of physical properties and the role of pores in perlite and cocopeat hydroponic growing media. *First National Congress of Hydroponics and Plant Productions of Iran*. University of Isfahan, Iran. Pp. 214. (In Persian with English Abstract).

- Hekmat, A., Barati, A., Frahani, E. V., Afraz, A. 2009. Synthesis and analysis of swelling and controlled release behaviour of anionic sIPN acrylamide-based hydrogels. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 3(8): 383-387.
- Hessami AA, Jokari S and Taghimolaei M. 2014. The use of non-decayed date palm wastes as a substitute for cocopeat in hydroponic tomato cultivation. The Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. Hamedan, Iran. Pp. 1-17. (In Persian with English Abstract).
- Islam MR, Hu Y, Mao S, Mao J, Eneji AE and Xue X. 2011. Effectiveness of water saving superabsorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(11): 1998-2005. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4408>
- Khadem SH, Rousta MJ, Chorom M, Khadem SA and Kasraeyan A. 2010. The effects of different rates of super absorbent polymers and manure on corn nutrient uptake. In *Proceedings of the 19th world congress of soil science: soil solutions for a changing world*, Brisbane, Australia (Vol. 2, Pp. 1-6).
- Liu X, Li Y, Ren X, Chen B, Zhang Y, Shen C, Wang F and Wu D. 2020. Long-term greenhouse cucumber production alters soil bacterial community structure. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20: 306-321. DOI: 10.1007/s42729-019-00109-9
- Malkotian M, Jafarzadeh Haghighifard N, Hosseini H and Mousavi SG. 2009. Ammonium removal from aqueous solution using pumice adsorbent under static and dynamic conditions. 13th Environmental Health Conference, Kerman. (In Persian with English Abstract).
- Maloupa E, Abou Hadid A, Prasad M and Kavafakis CH. 2000. Response of cucumber and tomato plants to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. In *V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies* 559 (Pp. 593-600).
- Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H and Appel, T. 2001. Elements with more toxic effects. *Principles of Plant Nutrition*, 657-673.
- Milani P, França D, Balieiro AG and Faez R. 2017. Polymers and its applications in agriculture. *Polimeros*, 27: 256-266. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.09316>
- Mohammadi Ghehsareh AM, Borji H and Jafarpour M. 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. DOI: 10.5897/AJMR10.786
- Najafi Alishah F, Golchin A and Mohebi M. 2013. The effect of superabsorbent polymer accusorb and irrigation interval on yield, water use efficiency and growth indices of greenhouse cucumber. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 4 (3): 1-14. (In Persian with English Abstract).
- Neishabouri MR, Jafarzadeh AA, Sadeghian N and Tourchi M. 2006. The effect of polyacrylamide, pumice and straw on the infiltration process and hydraulic conductivity under flooded and rainy conditions. *Agricultural Science*, 16(4): 39-50. (In Persian with English Abstract).
- Noguera P, Abad M, Noguera V, Puchades R and Maquieira, A. 1998, August. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. In *XXV International Horticultural Congress, Part 7: Quality of Horticultural Products*. Brussels, Belgium. Pp. 279-286.
- Nooralizadeh Z and Tabatabaie J. 2021. Effect of sodium chloride salinity on the growth and some phytochemical properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Horticultural Sciences and Technology*, 22 (1): 89-98. URL: <http://journal-irshs.ir/article-1-356-fa.html>. (In Persian with English Abstract).
- Paris HS, Cohen R, Edelstein M, Burger Y, Maoz Y and Schaffer AA. 2013. Origin and history of old cucurbit cultivars in Israel and the sources of several internationally important market types. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60: 1629-1640. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9944-1>
- Peyvast GH, Noorizadeh M, Hamidoghli J and Ramezani-Kharazi P. 2005. Effect of four different substrates on growth, yield and some fruit quality parameters of cucumber in bag culture. In *International Symposium on Growing Media*. 779: 535-540.

- Pirasteh A, Hedayat M, Mohammadi R, Ghaedi S, Sayah R and Bargahi N. 2013. Investigating the possibility of replacing cocopeat with some plant wastes in the production of tomato seedlings. The Sixth National Conference on Agricultural Product Wastes, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Pp. 250-254. (In Persian with English Abstract).
- Resh HM. 2013. Hydroponic food production. A definitive guidebook of soilless food growing methods (No. Ed. 5). Woodbridge press publishing company, Pp 27.
- Sabbagh Taze A, Sadeghian N. 2010. The effect of pumice on irrigation frequency and nutritional quality of onion in two types of soil textures under deficit irrigation conditions. Journal of Environmental Science and Technology, 22 (4): 78-67. (In Persian with English Abstract).
- Saberi Z. 2007. The use of zeolite, mica and some inert materials as a substrate for growing tomatoes hydroponically. Master's thesis in soil science. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian with English Abstract).
- Sahin U, Ors S, Ercisli S, Anapali O and Esitken A. 2005. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. Journal of Central European Agriculture, 6(3): 361-366. <https://hrcak.srce.hr/16889>
- Saini AK, Patel AM, Saini LH and Malve SH. 2016. Growth, phenology and yield of summer Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) as affected by varied application of water, nutrients and hydrogel. International Journal of Ecology and Environmental Sciences, 2(3): 248-252.
- Shabani T, Peyvast G and Olfati J. 2011. Investigation of the effect of growing media on quantitative and qualitative traits of three varieties of bell pepper in soilless cultivation system. Greenhouse Crop Sciences and Techniques, 2 (2): 11-21. (In Persian with English Abstract).
- Shahbazi H, Sadeghi A, Fazaeli H, Raees-Alif G and Chamani H. 2009. Effect of electron beam irradiation on the parameters of dry matter degradability, neutral detergent insoluble fibers and sugarcane bagasse acids. Journal of Soil and Water Sciences, 13 (47): 485-493. (In Persian with English Abstract).
- Singh MC, Singh JP, Pandey SK, Mahay D and Srivastava, V. 2017. Factors affecting the performance of greenhouse cucumber cultivation-a review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(10): 2304-2323. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.273>
- Singh MC, Singh GK and Singh JP. 2019. Nutrient and water use efficiency of cucumbers grown in soilless media under a naturally ventilated greenhouse. Journal of Agricultural Science and Technology, 21(1): 193-207. DOR: 20.1001.1.16807073.2019.21.1.8.7
- Souza AJJ, Guimarães RJ, Dominghetti AW, Scalco MS and Rezende TT. 2016. Water-retaining polymer and seedling type when planting irrigated coffee. Revista Ciência Agronômica, 47: 334-343. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160039>
- Szmids RAK and Graham NB. 1989. The effect of poly (ethylene oxide) hydrogel on crop growth under saline conditions. In II International Symposium on Protected Cultivation of Vegetables in Mild Winter Climates. Iraklion, Crete, Greece. Pp. 211-218.
- Tabatabaei SJ. 2013. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press. (In Persian with English Abstract).
- Thombare N, Mishra S, Siddiqui MZ, Jha U, Singh D and Mahajan GR. 2018. Design and development of guar gum-based novel, superabsorbent and moisture retaining hydrogels for agricultural applications. Carbohydrate Polymers, 185: 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.018>
- Urrestarazu M and Mazuela PC. 2005. Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. Scientia Horticulturae, 106(4): 484-490. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.05.010>
- Wen XX, Zhang DQ, Liao YC, Jia ZK and Ji SQ. 2012. Effects of water-collecting and-retaining techniques on photosynthetic rates, yield, and water use efficiency of millet grown in a semiarid region. Journal of Integrative Agriculture, 11(7): 1119-1128. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60105-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60105-1)

- Yu L, Zhao X, Gao X and Siddique KH. 2020. Improving/maintaining water-use efficiency and yield of wheat by deficit irrigation: A global meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 228: 105906. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105906>
- Zhang HX, Chi DC, Qun W, Fang J, Fang XY. 2011. Yield and quality response of cucumber to irrigation and nitrogen fertilization under subsurface drip irrigation in solar greenhouse. *Agricultural Sciences in China*, 10(6): 921-930. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60077-1](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60077-1)
- Zinivand N, Khodadadi Dehkordi D, Kashkuli HA, Asareh A, Egdernezhad A. 2019. Evaluation of superabsorbent effect on the yield and water use efficiency of cucumber under water deficit conditions. *Iranian Water Research Journal*, 14 (2): 88-71. (In Persian with English Abstract).