Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 14
No. 1 (53)

Received:
2023-11-24

Accepted:
2024-04-24

Pages: 43-52

Effect of Drought Stress and a Combination of Organic Cocopeat and Mineral Perlite Cultivation Substrates on Black Cherry Tomatoes (Solanum Lycopersicum)

Mehrnaz Tahmasabi [1] and Mahboboh Mazhari [2*]

1) Ph. D. Student of Soil Science and Engineering, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
*Corresponding author email: mahbubehmazhari@gmail.com

Abstract:

Background and objectives: One of the most important factors of soilless cultivation systems is the cultivation bed. Plants need adequate water and elements to grow and function well. But today, a mixture of cocopeat and perlite is used in some greenhouses, which gives better results and is suitable for the production of tomatoes outside the season. Currently, cocopeat is the main substrate used in most hydroponic systems for tomato production in the country, which is an expensive imported material. It is important to carry out new researches to investigate the effect of stress and the integration of cultivation media to produce as many black cherry tomatoes as possible. The effect of the type of cultivation medium on different plants is different. The purpose of this research is to investigate the effect of drought stress and the integration of organic and inorganic cultivation medium on the chemical characteristics of several raw materials that can be used as black tomato growing medium.

Materials and methods: For this purpose, in order to investigate the possibility of reducing the effects of drought stress by combining cocopeat and perlite, a factorial research was conducted in the form of a completely randomized design with three replications in the research greenhouse of Islamic Azad University, Karaj branch. In this research, two factors of drought stress (Fc100%, Fc50%, Fc25%, Fc12.5%) and different percentages of the cultivation bed (Cocopeat 0% + Perlite 100%, Cocopeat 25% + Perlite 75%, Cocopeat 50% + Perlite 50%, Cocopeat 75% + Perlite 25%, Cocopeat 100% + Perlite 0%) were investigated. The studied traits included the number of fruits, fresh and dry weight of the shoot, root length, relative moisture content of the leaves, the amount of chlorophyll a and b, and total.

Results: Based on the results of the treatment combinations, cocopeat 75-perlite 25 and cocopeat 100- zero perlite had the highest performance, especially under severe stress of dehydration, and the lowest efficiency in the treatment combinations Co0Pe100+FC12.5%, Co25Pe75+FC12.5%, and Co50Pe50+FC12. 5% and Co100Pe0+FC12.5% were obtained. Also, FC100% treatment with the highest amount of total chlorophyll (3.10 mg per gram of fresh tissue) in the statistically superior group and FC12.5% treatment with the lowest amount of total chlorophyll (2.22 mg per gram of fresh tissue) were included in the weakest statistical group. In other words, maintaining soil moisture at the level of agricultural capacity increased the amount of total chlorophyll by 39.63% compared to the decrease in moisture at the level of 12.5% of agricultural capacity.

Conclusion: Based on the results, the substrates containing richer foods provided better results. By adding cocopeat to the substrate, the negative effects of drought stress can be controlled. The reason for this superiority is the amount of nutrients in this substrate due to its ability to store more nutrients and water. The use of perlite in hydroponic culture beds is useful because it has large and small pores that improve the culture bed's ventilation. One of the negative effects of drought stress is the reduction of chlorophyll. As a result, the photosynthesis system of the plant will be damaged, and with the increase in the amount of proline, chlorophyll will decrease because the amounts of chlorophyll and proline have an inverse relationship with each other. Lack of water will cause a decrease in growth, leaf surface, wet and dry weight, destruction of cell membranes, destruction and reduction of proteins and enzymes, accumulation of amino acids, reduction of growth enhancers, damage to pigments and plastids, and reduction of root growth.

Keywords: black cherry tomato, greenhouse test, hydroponic, morphological, physiological

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال چهاردهم
شماره ۱ (۵۳)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۲/۰۵

صفحات: ۵۲-۴۳

تاثیر تنش خشکی و تلفیق بسترهای کشت آلی کوکوپیت و معدنی پرلیت بر گوجه فرنگی گیلاسی سیاه (Solanum lycopersicum)

مهرناز طهماسبی[۱] و محبوبه مظهری[۲*]

۱) دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
۲) استادیار گروه علوم و مهندسی خاک ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
* ایمیل نویسنده مسئول: mahbubehmazhari@gmail.com

چکیده:

زمینه و هدف: یکی از مهم ترین عوامل در سیستم‌های کشت بدون خاک، بستر کشت می‌باشد. گیاهان به منظور رشد و عملکرد خوب به آب و عناصر در حد متناسب نیاز دارند. اما امروزه از مخلوط کوکوپیت و پرلیت در بعضی از گلخانه‌ها استفاده می‌شود که این امر موجب نتیجه بهتری شده و برای تولید گوجه‌فرنگی درخارج از فصل مناسب می‌باشد. درحال حاضر کوکوپیت بستر اصلی مورد استفاده در بیشتر سیستم‌های هیدروپونیک تولید گوجه فرنگی در کشور است که یک ماده وارداتی گران قیمت است. انجام پژوهش‌های جدید جهت بررسی تاثیر تنش و تلفیق بسترهای کشت برای تولید هر چه بیشتر گوجه فرنگی گیلاسی‌سیاه مهم و ضروری است. تأثیر نوع بستر کشت بر گیاهان مختلف متفاوت است. هدف این پژوهش بررسی اثر خشکی و ادغام محیط‌های کشت آلی، معدنی و تاثیر آن بر خواص شیمیایی مواد اولیه قابل استفاده به عنوان بستر کشت گوجه‌فرنگی‌سیاه می‌باشد.

روش پژوهش: بدین منظور جهت بررسی امکان کاهش اثرات خشکی از طریق تلفیق دو بستر کشت کوکوپیت و پرلیت، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. در این پژوهش دو فاکتور تنش خشکی ($Fc_{100\%}$، $Fc_{50\%}$، $Fc_{25\%}$، $Fc_{12.5\%}$) و درصد های مختلف بستر کشت (کوکوپیت صفر٪+ پرلیت ۱۰۰٪، کوکوپیت ۲۵٪+پرلیت ۷۵٪، کوکوپیت۵۰٪+پرلیت ۵۰٪، کوکوپیت۷۵ ٪+ پرلیت ۲۵٪ ، کوکوپیت ۱۰۰٪+پرلیت صفر٪) مورد بررسی قرار گرفت. صفات مورد بررسی شامل تعداد میوه، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوای رطوبت نسبی برگ، میزان کلروفیل a ، b و کل بود.

یافته‌ها: بر اساس نتایج ترکیب های تیماری کوکوپیت۷۵- پرلیت۲۵ و کوکوپیت ۱۰۰- پرلیت صفر تحت تنش‌های خشکی شدید بیشترین عملکرد را داشتند و کمترین راندمان در ترکیب تیماری $Co_{50}Pe_{50}+FC_{12.5\%}$ ،$Co_{25}Pe_{75}+FC_{12.5\%}$ ،$Co_{0}Pe_{100}+FC_{12.5\%}$ و $Co_{100}Pe_{0}+FC_{12.5\%}$ بدست آمد. همچنین، تیمار $FC_{100\%}$ با بیشترین میزان کلروفیل کل (۳/۱۰ میلی گرم در گرم بافت تازه) در گروه برتر آماری و تیمار $Fc_{12.5\%}$ با کمترین میزان کلروفیل کل (۲/۲۲ میلی گرم در گرم بافت تازه) در ضعیف‌ترین گروه آماری قرار گرفتند. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۳۹/۶۳ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید.

نتایج: بر اساس نتایج ، بسترهای حاوی مواد غذایی غنی‌تر، نتایج بهتری ارائه کردند. با افزودن کوکوپیت به بستر می‌توان اثرات منفی تنش را کنترل کرد. دلیل این برتری میزان مواد مغذی موجود در این بستر به دلیل قابلیت بالای ذخیره مواد مغذی و آب است. استفاده از پرلیت در بسترهای کشت هیدروپونیک مفید است زیرا دارای منافذ بزرگ و کوچکی است که بستر کشت را از لحاظ تهویه بهبود می‌بخشد. یکی از تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش میزان کلروفیل است. در نتیجه دستگاه فتوسنتز گیاه آسیب خواهد دید و با افزایش میزان پرولین، کلروفیل کاهش می‌یابد زیرا میزان کروفیل و پرولین با یکدیگر رابطه معکوس دارند. کمبود آب نیز موجب کاهش رشد، سطح برگ، وزن‌تر و خشک، تخریب غشای سلولی، تخریب و کاهش پروتئین ها و آنزیم‌ها، تجمع اسیدهای آمینه، کاهش تشدید کننده‌های رشد، آسیب به رنگیزه‌ها و پلاستیدها و کاهش رشد ریشه می‌شود.

واژهای کلیدی: آزمایش گلخانه‌ای، فیزیولوژیک، گوجه گیلاسی سیاه، مورفولوژیک، هیدروپونیک

مقدمه

بسترکشت، بر میزان رشد گیاه و تولید محصول به طور مستقیم و غیر مستقیم اثر دارد. کشت بدون خاک، به روشی برای رشد گیاهان اطلاق می‌شود که در یک محیط بدون خاک ریشه‌زایی صورت می‌گیرد که موثرترین روش کشت و تولید در کشاورزی مدرن می‌باشد (Putra and Yuliando, 2015) . یکی از مهمترین عوامل در سیستم کشت بدون خاک، انتخاب بسترکشت مناسب می‌باشد. در حال حاضر از روش کشت بدون خاک برای تولید سبزیجات و گیاهان زینتی در گلخانه‌ها و نهالستان‌ها بهره می‌برند. چنین سیستم‌هایی به طیف وسیعی از سیستم‌های رشد ظرفی اشاره دارند که در ریشه‌های گیاه در محیط ریشه‌زایی که به عنوان «سوبسترا» یا «محیط رشد» شناخته می‌شود، رشد می‌کنند (Barrett et al.,2016). در مقایسه با کشت مبتنی بر خاک، سیستم‌های بدون خاک نیازمند هزینه سرمایه گذاری اولیه بالایی می‌باشند. با این حال، هزینه بیشتر با افزایش بهره‌وری در واحد سطح و نتیجه بهتر توجیه می‌شود، اما برای ارزیابی‌های اقتصادی بلند مدت سودمند نمی‌باشد(Massa et al., 2020). بسترهای کشت طبیعی برای تولید گیاه، میکروگرین‌ها یا جوانه‌زنی موثر هستند. بستر طبیعی قادر به رشد بذرهای تک لپه‌ای و دانه‌های دو لپه‌ای در غیاب خاک تحت عوامل اقلیمی معمولی و پایدار می باشد(Engler and Krarti, 2021). گوجه فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicom* L. به عنوان دومین محصول مهم صیفی در جهان بعد از سیب‌زمینی طبقه‌بندی می‌شود و بخش اساسی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد (Athinodorou et al., 2021). گوجه‌فرنگی به دلیل داشتن ترکیب کاملی از مواد معدنی و آنتی اکسیدان‌هایی مانند ویتامین-های C و E (توکوفرول‌ها)،کاروتنوئیدها(لیکوپن،B-کاروتن،لوتئین) منبع عالی جهت تامین مواد مغذی مورد نیاز برای هر فرد می‌باشند (Hernández et al., 2008; Alothman et al., 2009; Balacheva et al., 2012; Ali et al., 2021.

سبزیجاتی مانند گوجه‌فرنگی که در خاک رشد می‌کنند در معرض بیماری و آفات منتقله از خاک و همچنین شوری خاک و رشد کم هستند که از اشکالات عمده در کشت گوجه‌فرنگی می‌باشد. پرلیت و کوکوپیت از رایج ترین بسترهای آلی مورد استفاده هستند(Abad et al., 2005; Halmann and Kobryn, 2003). کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده محصولات کشاورزی، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. در سال‌های اخیر، استفاده از بسترهای مصنوعی برای سیستم های کشت بدون خاک و حتی تولید نشای مورد استفاده برای کشت‌های خاکی گسترش یافته است. در بسیاری از موارد، به جای استفاده از یک بستر خالص، ترکیبی از دو یا چند بستر مورد استفاده قرار می‌گیرد، تا با استفاده از این خواص نتیجه بهتری حاصل گردد. تنش معمولاً به عنوان یک عامل خارجی که اثرات نامناسبی بر گیاه به جای می‌گذارد، تعریف می‌شود. کمبود آب زمانی روی می‌دهد که میزان تعرق بیشتر از مقدار جذب آب باشد. با افزایش تنش، کمبود آب اسمولیت‌ها در گیاه تجمع یافته و در نتیجه انرژی که می‌تواند برای رشد و توسعه برگ‌ها استفاده شود، صرف کاهش پتانسیل اسمزی شده و در نتیجه شاخص تنش خشکی با تاثیر مستقیم، باعث کاهش شاخص کلروفیل سطح برگ می-شود. تحت شرایط تنش ، انتقال الکترون فتوسیستم II مختل می‌شود، الکترون‌های اضافی از آب آزاد می‌شوند و گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شوند که در نتیجه به غشای سلولی به دلیل اکسیداسیون چربی و پروتئین آسیب می‌زند. ویژگی‌های فیزیکی مهم بسترهای کشت شامل درصد تخلخل کل، ظرفیت نگهداری آب، درصد خلل و فرج هوا، چگالی، توزیع و پراکنش اندازه ذرات و ویژگی‌های شیمیایی مهم شامل اسیدیته، غلظت نمک‌های محلول و ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC) می‌باشد که در صورت استفاده از بستر مناسب کشت، سیستم‌های دارای بستر در مقایسه با سایر سیستم‌های هیدروپونیک، مناسب‌تر می‌باشند یا به عبارت دیگر، خواص شیمیایی و فیزیکی کوکوپیت برای رشد گیاه به دلیل کربن آلی و ظرفیت بالای نگهداری آب بستر بسیار مناسب است (Gul et al., 2007; al., 2010). بررسی عمیق تر جهت تعیین نقش این بسترها با ویژگی‌های مختلف (هدایت الکتریکی و خاصیت جذب و تبادل کاتیونی متفاوت) برجذب عناصر پر مصرف‌وکم مصرف ضروری به نظر می‌رسد. گوجه فرنگی یکی از سبزی‌های میوه‌ای است که در سطح وسیعی در سیستم‌های هیدروپونیک کشت می‌شود. به‌ویژه، تمایل ارقام جدید گیلاسی و کشت آن در سیستم‌های هیدروپونیک در حال افزایش است. ویژگی ظاهری، طعم و توانایی آن جهت سازگار شدن با شرایط آب و هوایی مختلف و پایداری و ماندگاری طولانی میوه پس از برداشت، افزایش کشت آن را سودمند کرده است (Arena et al., 2002).

هدف از پژوهش، تعیین بهترین بستر کشت برای گوجه‌فرنگی گیلاسی، بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء و بررسی مقدار آب استفاده شده بر مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی و کیفیت محصول تولیدی گوجه‌فرنگی گیلاسی می‌باشد.

این آزمایش در گلخانه کاشت گوجه فرنگی گیلاسی سیاه *(Solanumlycopersicum)* درقالب طرح بلوک های تصادفی با۲۰ تیمار در بستر دارای ظرفیت نگهداری آب، حجم هوای مؤثر و خلل و فرج مؤثر یکسان(با دو بوته درهر گلدان، سه تکرار و۶۰ مشاهده در هر واحد آزمایشی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

سینی نشاء استفاده شده دارای ۲۴ حفره به حجم ۲۲۰ سی سی و ۴ خانه در عرض و ۶ خانه در طول است. همچنین گلدان استفاده شده از جنس پلاستیک به ارتفاع ۱۲/۵ و قطر دهانه داخلی ۱۵/۵ سانتی‌متر می‌باشد. ظرفیت زراعی گلدان ها با ترازو تعیین گردید، جرم یک ظرف خشک و تمیز (M_c) اندازه گرفته شده و ثبت گردید. میانگین بارش سالانه ۲۳۹/۵ میلیمتر،حداقل دمای میانگین ۸/۷ و حداکثر سالانه آن ۲۱/۱ درجه سانتیگراد بود. سپس نمونه بستر مرطوب مورد استفاده را داخل ظرف گذاشته و پس از وزن کردن (M_{dc})، به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم تا خشک شود. پس از ۴۸ ساعت ظرف را خارج کرده و دوباره جرم آن را (M_{sc}) محاسبه می کنیم.

(۱)

$\%\ Mr = M_w/M_s$ (درصد رطوبت)

M_w : جرم آب موجود در خاک M_d : جرم خاک مرطوب

M_s : جرم خاک خشک M_c : جرم ظرف خالی

M_{dc} : جرم ظرف بعلاوه خاک مرطوب M_{sc}: جرم ظرف بعلاوه خاک خشک M_r : رطوبت خاک

$M_d = M_{dc} - M_c$

$M_s = M_{sc} - M_c$

$M_w = M_d - M_s$

این پژوهش در یک گلخانه با نور دو طرفه به ارتفاع ۵/۳، طول ۴/۹ و عرض ۷/۵ متر با پوشش پلاستیکی به ضخامت ۲ میلی متر انجام گردید. برای کاهش درجه حرارت در این فصل از پوشال ضخیم مرطوب شونده بر روی دیوار گلخانه (سیستم فن و پد) استفاده گردید. در سیستم های فن و پد، آب به همراه پمپ های مکش دار بر روی پد ریخته و موجب رطوبت سازی و خارج شدن هوای گرم و خنک سازی محیط می شود. برای تأمین روشنایی تکمیلی در هوای ابری در طول دوره رشد از روشنایی لامپ های گازی استفاده شد. سیستم کشت در این آزمایش به صورت گلدانی بود. بدین صورت که گلدان های پلی اتیلن با قطر ۱۰ سانتیمتر و حاوی ۵۰۰گرم بستر کشت برای کاشت یک بوته طراحی شدند. پس از پر کردن گلدان ها با بسترهای مورد آزمایش، دهانه آنها کاملاً مسدود شده و سپس به صورت چهار ردیف در سکوی گلخانه چیده شدند. نشاها سه هفته بعد از کاشت بذور و در مرحله ۳-۴ برگی به درون گلدان های اصلی که از قبل و مطابق تیمارهای آزمایش با بسترهای مختلف آماده شده بودند انتقال یافتند. برای هر تیمار در هر تکرار یک گلدان در نظر گرفته شد که در مجموع ۶۰ گلدان را تشکیل دادند. جهت آبیاری گیاهان تا دو هفته پس از انتقال نشاءها هر سه روز یک بار انجام شد و تیمارهای آبیاری پس از آن صورت گرفت. همچنین در طول اجرای طرح آفات یا بیماری خاصی که موجب ایجاد و بروز خسارت جدی در گلخانه شود مشاهده نگردید و در نتیجه هیچ نوع سمپاشی و یا پیشگیری انجام نگرفت. تعداد میوه در بوته این صفت از معیار هایی است که نشان دهنده وضعیت زایشی گیاه است. این تعداد شمرده و برای هر تیمار یادداشت شد. برای وزن تر و خشک اندام هوایی بوته ها بطور کامل در گلدان ها کف پر شدند و با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن‌تر اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سپس قسمت های هوایی داخل پاکت قرار داده شد و به آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴-۴۸ ساعت منتقل شدند. در نهایت با دقت ۰/۰۱ گرم توزین صورت گرفت. ریشه ها بطور کامل از گلدان خارج شدند و پس از شستشوی کامل، با خط کش مندرج بر حسب سانتی متر اندازه گیری صورت گرفت. جهت تعیین میزان محتوای نسبی رطوبت برگ در هر نمونه برداری دو بوته از هر تیمار انتخاب کرده و برگ های بوته را جدا کرده، توزین نموده و به مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها را در آب مقطر قرار داده تا به حالت آماس یا اشباع برسد و بعد از۲۴ ساعت برگ‌ها را از آب درآورده و آب سطحی آن‌ها را خشک و سپس وزن کردیم، نمونه‌ها را داخل پاکت کاغذی گذاشته به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده و وزن آن‌ها محاسبه شد.

با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در فرمول زیرRWC بدست می آید:

(۲)

$$RWC = F_w - D_w / S_w - D_w \times ۱۰۰$$

F_w : وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری

D_w : وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

S_w : وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

با استفاده از این فرمول، می‌توان درصد رطوبت نسبی برگ را محاسبه کرد. برای اندازه گیری کلروفیل a ، b و کل ۰.۵ گرم از بافت تازه برگ برداشته و در هاون به همراه ۲۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ سائیده شد. سپس به مدت ۵ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ گذاشته شد پس از آن بخش رویی حاصل از سانتریفیوژ به ارلن منتقل شد. فرآیند تا زمانی که باقیمانده بی رنگ شود تکرار شد. سپس حجم با استن ۸۰٪ به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مقداری از نمونه‌ی داخل ارلن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس مقدار جذب محلول به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b قرائت گردید (شاهد اسپکتروفتومتری استن ۸۰٪ بود). در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان

کلروفیل a ، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تازه بدست آمد (Arnon,1959). در مجموع صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک پس از چهار ماه مورد بررسی قرار گرفت. درمرحله اول آزمایش،ظرفیت نگهداری، تعداد میوه در بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوی رطوبت نسبی برگ (RWC) و میزان کلروفیلa ،b وکل (Arnon,1959) که از ترکیب بسترهای کوکوپیت و پرلیت با نسبت صفر (عدم مصرف کوکوپیت) - ۲۵،۱۰۰- ۷۵ ،۵۰- ۵۰،۷۵ - ۲۵و۱۰۰- صفر (عدم مصرف پرلیت) حاصل شده بود، در سه تکرار اندازه‌گیری گردید.

(۳)

Chlorophyll a = (19.3 A663 – 0.86 A645) V/100W
Chlorophyll b = (19.3 A645 – 3.6 A663) V/100W
Chlorophyll T = Chlorophyll a + Chlorophyll b

V: حجم محلول صاف شده (حجم فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A: حجم نور نور در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵ نانومتر

W : وزن تر نمونه بر حسب گرم

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. پس از جمع آوری داده‌های اندازه‌گیری شده، تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS با روش آنالیز GLM، رسم نمودارها با Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول۱.تیمارهای آزمایش

ردیف	فاکتور اول (بسترکشت)	فاکتور دوم (تنش خشکی)	علامت اختصاری
۱	کوکوپیت۰٪+پرلیت ۱۰۰٪	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	$Co_0Pe_{100}+FC_{100\%}$
۲		رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	$Co_0Pe_{100}+FC_{50\%}$
۳		رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_0Pe_{100}+FC_{25\%}$
۴		رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_0Pe_{100}+FC_{12.5\%}$
۵	کوکوپیت۲۵٪+پرلیت ۷۵٪	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	$Co_{25}Pe_{75}+FC_{100\%}$
۶		رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{25}Pe_{75}+FC_{50\%}$
۷		رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{25}Pe_{75}+FC_{25\%}$
۸		رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{25}Pe_{75}+FC_{12.5\%}$
۹	کوکوپیت۵۰٪+پرلیت ۵۰٪	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	$Co_{50}Pe_{50}+FC_{100\%}$
۱۰		رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{50}Pe_{50}+FC_{50\%}$
۱۱		رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{50}Pe_{50}+FC_{25\%}$
۱۲		رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{50}Pe_{50}+FC_{12.5\%}$
۱۳	کوکوپیت۷۵٪+پرلیت ۲۵٪	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	$Co_{75}Pe_{25}+FC_{100\%}$
۱۴		رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{75}Pe_{25}+FC_{50\%}$
۱۵		رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{75}Pe_{25}+FC_{25\%}$
۱۶		رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{75}Pe_{25}+FC_{12.5\%}$
۱۷	کوکوپیت۱۰۰٪+پرلیت ۰٪	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	$Co_{100}Pe_0+FC_{100\%}$
۱۸		رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{100}Pe_0+FC_{50\%}$
۱۹		رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{100}Pe_0+FC_{25\%}$
۲۰		رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	$Co_{100}Pe_0+FC_{12.5\%}$

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	Mean of Squares				
		تعداد میوه در بوته	وزن‌تر اندام هوایی	وزن‌خشک اندام هوایی	طول ریشه	محتوی رطوبت نسبی برگ
بستر کشت (A)	۴	۵۵.۲۸*	۱۷۱۱.۱۰	۱۶۶.۳۴	۴۸.۲۱	۹۸.۰۰۶
تنش خشکی (B)	۳	۵۰۸.۳۵**	۱۰۸۲۳.۳۸**	۲۱۱۴.۲۳*	۶۲۹.۷۵**	۱۹۵۰.۷۳**
اثر متقابل (A*B)	۱۲	۳۹.۳۹*	۸۵۰.۹۲	۲۱۷.۰۹	۷۸.۵۴	۱۱۸.۷۰
خطای آزمایش	۴۰	۱۹.۰۳	۹۸۵.۵۵	۱۳۵.۱۴	۴۶.۰۴	۹۶.۸۴
ضریب تغییرات(%)	-	۱۱.۴۷	۱۲.۳۰	۱۳.۱۵	۱۳.۳۱	۱۲.۸۶

**معنی‌دار در سطح ۱٪ ns اثر غیر معنی‌دار *معنی‌دار درسطح ۵٪

نتایج و بحث

در مطالعات انجام شده صفات مورفولوژیک تعداد میوه در بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوی نسبی رطوبت برگ و صفات فیزیولوژیک کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در ۲ بستر خالص (پرلیت ۱۰۰٪ وکوکوپیت ۱۰۰٪) و ۳ بستر ترکیبی (۲۵٪کوکوپیت+۷۵٪پرلیت، ۵۰٪کوکوپیت+۵۰٪پرلیت، ۷۵٪کوکوپیت+۲۵٪پرلیت) همراه ۴ تنش خشکی(Fc ، ۱/۲Fc، ۱/۴Fc، ۱/۸Fc) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد میوه در بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه و محتوی رطوبت نسبی برگ در جدول۲ ارائه شده است. در ادامه هر یک از صفات به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

همانگونه که مشاهده می‌شود میزان ضریب تغییرات (CV) در این صفات بین ۱۱/۴۷ و ۱۳/۳۱ متغیر است که نشان دهنده دقت بالای آزمایش در خصوص این صفات می‌باشد. با توجه به درجه آزادی بالای خطای آزمایش و ضریب تغییرات پائین، نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ به نحو مطلوبی قابل اعتماد می‌باشند.

نتایج نشان داد که تجزیه واریانس با توجه به و جدول ۲، برهم کنش اثر بستر کشت و تنش خشکی بر صفت تعداد میوه در بوته شکل۱ نشان داد که، تیمار $Co_{50}Pe_{50}+FC_{100\%}$ بیشترین (۴۸/۶۹ عدد) و تیمار های $Co_0Pe_{100}+FC_{12.5\%}$ و $Co_{25}Pe_{75}+FC_{12.5\%}$ کمترین (به ترتیب ۲۸/۳۹ و ۲۸/۳۴ عدد) تعداد میوه در بوته را داشتند. همچنین اختلاف معنی داری بین تیمار برتر با تیمارهای $Co_0Pe_{100}+FC_{100\%}$، $Co_{25}Pe_{75}+FC_{100\%}$، $Co_{50}Pe_{50}+FC_{50\%}$، $Co_{75}Pe_{25}+FC_{100\%}$، $Co_{75}Pe_{25}+FC_{50\%}$، $Co_{75}Pe_{25}+FC_{25\%}$ و $Co_{100}Pe_0+FC_{100\%}$ (به ترتیب ۴۴/۸۳، ۴۶/۱۰، ۴۳/۲۸، ۴۱/۶۵، ۴۴/۰۷، ۴۱/۵۲ و ۴۳/۲۰ عدد) مشاهده نشد. با توجه به معنی‌دار شدن تمامی اثرات اصلی و متقابل، طبعاً نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثرات متقابل از اهمیت بیشتری برخوردار است. از این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که، استفاده‌ی بالای کوکوپیت در بستر می تواند آثار سوء تنش خشکی را کاهش دهد. کوکوپیت به دلیل داشتن CEC بالا، ذخیره و پخشیدگی مواد غذایی را آسان می‌کند و مدیریت آب را در کشت بدون خاک بهبود می‌بخشد (Gul et al., 2007). تعداد میوه در بوته نیز یکی از اجزای اصلی عملکرداست و می‌تواند از اصلی‌ترین صفات تعیین کننده پتانسیل عملکرد در گوجه فرنگی باشد Henareh et al., (2015). تعداد میوه در گیاه به میزان رشد رویشی گیاه بستگی داشته و نتایج بررسی‌های پژوهشگران نشان داده است که کاهش رشد رویشی در اثر کاهش حجم آبیاری به سبب آثار سوء تنش آبی در گیاه بوده که منجر به کاهش تعداد میوه در بوته می‌شود. کاهش عملکرد میوه گوجه فرنگی شاید به دلیل حساس بودن گیاه گوجه فرنگی به کمبود آب و در نتیجه کاهش فتوسنتز و انتقال مواد به سمت میوه است. همچنین گزارش شده است که گوجه فرنگی یک سبزی حساس به کمبود آب و تنش خشکی است که مکانیسم خاصی برای مقاومت و تحمل زیادی ندارد (Souri et al., 2017). همچنین Coyago-Cruz et al.(2019) گزارش دادند که تنش آبی در مقایسه با تیمار بدون تنش باعث کاهش ویژگی‌های رشدی گوجه گیلاسی مانند وزن میوه و تعداد میوه در هر خوشه شد.

تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی جدول۲ نشان داد که، فقط اثر تیمار اصلی تنش خشکی بر صفت وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد و سایر تیمارها اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. مقایسه میانگین‌ها جدول ۳ نشان داد که، تیمار $FC_{100\%}$ باعث افزایش وزن تر اندام هوایی (۲۷۰/۴۳ گرم) نسبت به شرایط $FC_{12.5\%}$ (۲۱۶/۵۴ گرم) شد. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۲۴/۸۸ درصدی وزن تر اندام هوایی نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید.

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها بر برخی صفات مورفولوژیک

		صفات مورد بررسی				
		تعداد میوه در بوته	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	طول ریشه	محتوی رطوبت نسبی برگ
بستر کشت	کوکوپیت۰٪+پرلیت ۱۰۰٪	۳۵.۴۴^{b}	۲۴۴.۹۷^{a}	۸۴.۴۸^{a}	۵۰.۱۰^{a}	۷۱.۹۵^{a}
	کوکوپیت۲۵٪+پرلیت ۷۵٪	۳۶.۵۵^{ab}	۲۴۳.۳۷^{a}	۸۹.۰۱^{a}	۴۸.۹۷^{a}	۷۷.۴۹^{a}
	کوکوپیت۵۰٪+پرلیت ۵۰٪	۴۰.۲۰^{a}	۲۵۱.۵۵^{a}	۸۴.۴۹^{a}	۴۹.۵۸^{a}	۷۶.۴۸^{a}
	کوکوپیت۷۵٪+پرلیت ۲۵٪	۴۰.۲۰^{a}	۲۶۸.۳۲^{a}	۹۲.۰۴^{a}	۵۳.۶۲^{a}	۷۶.۶۳^{a}
	کوکوپیت۱۰۰٪+پرلیت ۰٪	۳۷.۶۷^{ab}	۲۶۷.۰۵^{a}	۹۱.۷۵^{a}	۵۲.۵۰^{a}	۷۹.۸۵^{a}
تنش خشکی	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	۴۴.۸۹^{a}	۲۷۰.۴۳^{a}	۹۹.۸۰^{a}	۵۷.۷۳^{a}	۹۰.۷۵^{a}
	رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۴۰.۰۲^{b}	۲۷۶.۰۳^{b}	۹۳.۲۵^{ab}	۵۴.۵۱^{a}	۸۰.۳۶^{b}
	رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۳۵.۸۹^{c}	۲۵۷.۲۲^{b}	۸۸.۳۹^{b}	۸۴.۴۴^{b}	۶۹.۳۲^{c}
	رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	۳۱.۲۴^{d}	۲۱۶.۵۴^{c}	۷۱.۹۹^{c}	۴۳.۱۴^{c}	۶۵.۵۲^{c}

در هر بخش، میانگین‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبرو هستند کاهش تولید وزن تر و خشک گیاه است (Farooq et al., 2009). نتایج مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی در جدول ۳ حاکی از آن است که، تیمار $FC_{100\%}$ با بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۹۹/۸۰ گرم) در گروه برتر آماری و تیمار $FC_{12.5\%}$ با کمترین وزن خشک اندام هوایی (۷۱/۹۹ گرم) در ضعیف ترین گروه آماری قرار گرفتند. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۳۸/۶۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید که نتیجه حاصله با یافته‌های Bahreininejad et al. (2013) مطابق بود. ایشان گزارش کردند که تنش رطوبتی شدید باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و میزان سطح برگ گیاه می شود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت در جدول ۲ نشان می‌دهد که، فقط اثر تیمار اصلی تنش خشکی بر صفت طول ریشه بسیار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بین میانگین مقادیر مختلف تیمار تنش خشکی (جدول ۳) تفاوت وجود دارد به نحوی که، تیمارهای $FC_{100\%}$ و $FC_{50\%}$ به ترتیب با طول ریشه ۵۷/۷۳ و ۵۴/۵۱ سانتی متر در بیشترین حد خود و تیمار $FC_{12.5\%}$ با طول ریشه ۴۳/۱۴ سانتی متر در کمترین حد خود قرار گرفت. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰ و ۵۰ درصدی ظرفیت زراعی، به ترتیب موجب افزایش ۳۳/۸۲ و ۲۶/۳۵ درصدی طول ریشه نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید. نتایج بدست آمده جدول ۲ نشان داد که، فقط اثر تیمار اصلی تنش خشکی بر صفت محتوای نسبی رطوبت برگ بسیار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی جدول ۳ نشان داد که، تیمار $FC_{100\%}$ بیشترین (۹۰/۷۵ درصد) و تیمار های $FC_{25\%}$ و $Fc_{12.5\%}$ کمترین (به ترتیب ۶۹/۳۲ و ۶۵/۵۲ درصد) محتوای نسبی رطوبت برگ را داشتند. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی به ترتیب موجب افزایش ۳۰/۶۵ و ۳۸/۲۳ درصدی محتوای نسبی رطوبت برگ نسبت به کاهش رطوبت در حد ۲۵ و ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید که نتیجه حاصله با نتایج Hassani and Beighi (2002) در مورد گیاه ریحان ،Khorshidi et al. (2002) در مورد گیاه سیب زمینی همسو بود. نتایج تجزیه واریانس صفات میزان کلروفیل a، b و کل در جدول ۴ ارائه شده است. در ادامه هر یک از صفات فیزیولوژیک به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۴. تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیک اندازه گیری شده

		میانگین مربعات (MS)		
	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بستر کشت (A)	۴	۰.۰۶۱	۰.۰۲۷	۰.۱۴۰*
تنش خشکی (B)	۳	۰.۶۵۵**	۰.۵۷۵**	۲.۴۲۸**
اثر متقابل (A*B)	۱۲	۰.۰۵۲	۰.۰۴۶	۰.۰۲۷
خطای آزمایش	۴۰	۰.۰۳۱	۰.۰۲۳	۰.۰۴۲
ضریب تغییرات (%)	-	۱۲.۰۷	۱۲.۶۶	۷.۷۴

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ **معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ns اثر غیر معنی‌دار

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها بر برخی صفات فیزیولوژیک

		صفات مورد بررسی		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بستر کشت	کوکوپیت۰٪+پرلیت ۱۰۰٪	۱.۳۷b	۱.۱۴a	۲.۵۱b
	کوکوپیت۲۵٪+پرلیت ۷۵٪	۱.۴۴ab	۱.۱۹a	۲.۶۴ab
	کوکوپیت۵۰٪+پرلیت ۵۰٪	۱.۴۷ab	۱.۱۸a	۲.۶۶ab
	کوکوپیت۷۵٪+پرلیت ۲۵٪	۱.۴۷ab	۱.۲۷a	۲.۷۵a
	کوکوپیت۱۰۰٪+پرلیت ۰٪	۱.۵۷a	۱.۲۲a	۲.۷۹a
تنش خشکی	رطوبت ظرفیت زراعی (FC)	۱.۶۹a	۱.۴۰a	۳.۱۰a
	رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۱.۵۹a	۱.۳۱a	۲.۹۰b
	رطوبت ۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۱.۳۳b	۱.۱۳b	۲.۴۶c
	رطوبت ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی	۱.۱۵c	۰.۹۶c	۲.۲۲d

در هر بخش، میانگین های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری ندارند.

نتایج حاصل از این تحقیق جدول ۴ نشان داد که، فقط اثر تیمار اصلی تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل a که این اختلاف در سطح احتمال یک درصد بسیار معنی‌دار شد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. نتایج مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل a جدول ۵ نشان داد که، تیمار های $FC_{100\%}$ و $FC_{50\%}$ باعث افزایش صفت مذکور (به ترتیب ۱/۶۹ و ۱/۵۹ میلی گرم در گرم بافت تازه) نسبت به تیمار $FC_{12.5\%}$ (۱/۱۵ میلی گرم در گرم بافت تازه) شد، به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب موجب افزایش ۴۶/۹۵ و ۳۸/۲۶ درصدی میزان کلروفیل a نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید. تنش خشکی باعث می شود دستگاه فتوسنتز گیاه صدمه ببیند در نتیجه موجب کاهش کلروفیل در گیاه نسبت به شرایط عدم تنش می‌شود (Huang and F, 2001). تنش خشکی در نهایت باعث تخریب کلروفیل می شود. به دنبال این تخریب گیاه رنگی به نظر می‌رسد که دلیل آن افزایش و قابل رویت شدن رنگیزه‌های محافظ مانند کاروتنوئیدها (گزانتوفیل، کاروتن، لیکوپن) و آنتوسیانین می-باشد(Chalker-Scott, 2002). همچنین Kholova . (2011) et al با مطالعه اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل در ارقام مختلف ارزن بیان کردند که محتوای کلروفیل برگ در تمام ارقام کاهش معنی‌داری نشان داد. مطابق نتایج تجزیه واریانس جدول(۴)، فقط اثر تیمار اصلی تنش خشکی بر صفت کلروفیل b بسیار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مقایسه میانگین ها جدول۵ نشان داد که، تیمار های $FC_{100\%}$ و $FC_{50\%}$ به ترتیب با میزان کلروفیل b ۱/۴۰ و ۱/۳۱ میلی گرم در گرم بافت تازه در بیشترین حد خود و تیمار $FC_{12.5\%}$ با میزان کلروفیل b ۰/۹۶ میلی گرم در گرم بافت تازه در کمترین حد خود قرار گرفت. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب موجب افزایش ۴۵/۸۳ و ۳۶/۴۵ درصدی میزان کلروفیل b نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید. یکی از دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی احتمالاً افزایش پرولین است. از آنجایی که نیتروژن بخشی از مولکول کلروفیل است، ممکن است کمبود آن در گیاهان باعث کند شدن روند تولید کلروفیل شود(Rabiee et al., 2003). نتایج جدول تجزیه واریانس جدول ۴ نشان داد که، اثرات اصلی بستر کشت و تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل کل معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد بود. نتایج مقابسه میانگین تیمار بسترهای مختلف کشت جدول ۵ نشان داد که، تیمار های $Co_{75}Pe_{25}$ و $Co_{100}Pe_{0}$ بیشترین (به ترتیب ۲/۷۵ و ۲/۷۹ میلی گرم در گرم بافت تازه) و تیمار $Co_{0}Pe_{100}$ کمترین (۲/۵۱ میلی گرم در گرم بافت تازه) میزان کلروفیل کل را داشتند به عبارت دیگر استفاده از بسترهای کشت حاوی کوکوپیت خالص و همچنین ۷۵ درصد کوکوپیت و ۲۵ درصد پرلیت به ترتیب موجب افزایش ۹/۵۶ و ۱۱/۱۵ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد پرلیت گردید. به نظر می‌رسد افزایش میزان کلروفیل کل در بستر حاوی کوکوپیت بیشتر به خاطر جذب بیشتر مواد غذایی و قدرت نگهداری بیشتر مواد غذایی توسط کوکوپیت بوده که باعث افزایش میزان کلروفیل کل شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل کل جدول ۵ نشان داد که، تیمار $FC_{100\%}$ با بیشترین میزان کلروفیل کل (۳/۱۰ میلی گرم در گرم بافت تازه) در گروه برتر آماری و تیمار $FC_{12.5\%}$ با کمترین میزان کلروفیل کل (۲/۲۲ میلی گرم در گرم بافت تازه) در ضعیف-ترین گروه آماری قرار گرفتند. به عبارت دیگر حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۳۹/۶۳ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به کاهش رطوبت در حد ۱۲/۵ درصد ظرفیت زراعی گردید.

نتیجه گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش تایید می‌کنند که اثر بستر کشت و تنش خشکی بر صفت تعداد میوه در بوته ، تیمار $Co_{50}Pe_{50}+FC_{100\%}$ بیشترین (۴۸/۶۹ عدد) و تیمارهای $Co_{0}Pe_{100}+FC_{12.5\%}$ و $Co_{25}Pe_{75}+FC_{12.5\%}$ کمترین (به ترتیب ۲۸/۳۹ و ۲۸/۳۴ عدد) تعداد میوه در بوته را داشتند اثرات اصلی ناشی از بستر کشت مورد استفاده، تنش خشکی و تداخل میان آن‌ها بر صفت تعداد میوه در بوته به‌طور قابل توجهی تأثیرگذار می‌باشند. نهایتاً نتایج نشان داد اثر تیمار بستر کشت و تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود و تنش خشکی بر صفات تعداد میوه در بوته، وزن تر اندام هوایی (gr)، وزن خشک اندام هوایی (gr)، طول ریشه(cm)، محتوی رطوبت نسبی برگ (٪) به ترتیب **۵۰۸/۳۵، **۱۰۸۲۳/۳۸، *۲۱۱۴/۲۳، **۶۲۹/۷۵ ، **۱۹۵۰/۷۳در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بوده است. از این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که، استفاده‌ی بالای کوکوپیت در بستر می‌تواند آثار سوء تنش خشکی را کاهش دهد. کوکوپیت به دلیل داشتن CEC بالا، ذخیره و پخشیدگی مواد غذایی را آسان می‌کند و مدیریت آب را در کشت بدون خاک بهبود می‌بخشد. به عبارت دیگر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کوکوپیت در رشد گیاهان مناسب است و این به دلیل کربن آلی و ظرفیت نگهداری آب بالای این بستر است. به عبارت دیگر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کوکوپیت در رشد گیاهان مناسب است و این به دلیل

کربن آلی و ظرفیت نگهداری آب بالای این بستر است. علاوه بر موارد ذکر شده، احتمالاً یکی از دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی، افزایش میزان پرولین می‌باشد. نیتروژن بخشی از ملکول کلروفیل است، از این رو ممکن است که کمبود آن در گیاهان روند تشکیل کلروفیل را کاهش دهد. تحقیقات بیشتری لازم است تا مشخص شود هنگام تهیه بسترهای ترکیبی، کدام خواص فیزیکی یا شیمیایی اجزا و ترکیب نهایی، اولویت و تقدم بیشتری را دارا می‌باشند. نشاهای گوجه فرنگی پرورش یافته در بسترهایی با حجم هوای مؤثر ۱۰/۸۵ درصد در بستر ماسه-کوکوپیت، از رشد بهتری نسبت به حجم هوای بالاتر برخوردار بودند(Mazariet al., 2016).

Reference:

Athinodorou, F., Foukas, P., Tsaniklidis, G., Kotsiras, A., Chrysargyris, A., Delis, C., ... & Nikoloudakis, N. (2021). Morphological diversity, genetic characterization, and phytochemical assessment of the cypriot tomato germplasm. Plants, 10(8), 1698.

Ali Y., Ibn Sina A. A., Khandker S. S., Neesa L., Tanvir M. V., Kabir A., et al. (2021). Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. Foods 10 (1), 45.

Alothman M., Bhat R., Karim A. A. (2009). Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. Trends Food Sci. Tech. 20, 201–212. [In Persian]

Arena, E., Fallico, B., Lanza, C. M., Lombardo, E., & Maccarone, E. (2002, March). Chemical characterization of cherry tomato cultivated on different substrates. In VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation 614 (pp. 705-710).

Arnon DI. (1959). Photosynthesis by isolated chloroplast.IV.Central concept and comparison of three photochemical reactions. Biochem. Biophy Acta. 20: 440-446.

Bahreininejad, B., Razmjou, J., & Mirza, M. (2013). Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in Thymus daenensis. [In Persian]

Balacheva E., Kartzeva T., Atanassova B., Tomlekova N. (2012). The diversity in tomato colours - potential for diversity in tomato nutritive quality. Acta Hortic. 960, 31–36.

Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems–A review. Scientia horticulturae, 212, 220-234.

Bilderback, T. E., Fonteno, W. C. & Johnson, D. R. (1982). Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peatmoss and their effects on azalea growth. Journal American Society for Horticultural Science, 107(3),522-525.

Bilderback, T. E., Fonteno, W. C. & Johnson, D. R. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peat moss and their effects on azalea growth, journa American Society for Horticultural Science,(1989).

Chalker-Scott, L. (2002) Do anthocyanins function as osmoregulators in leaf tissues. Advances in Botanical Research-37: 103-106.

Coyago-Cruz, E., Meléndez-Martínez, A. J., Moriana, A., Girón, I. F., Martín-Palomo, M. J., Galindo, A., & Corell, M. (2019). Yield response to regulated deficit irrigation of greenhouse cherry tomatoes. Agricultural water management, 213, 212-221.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, M., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable Agriculture-29: 185-212.

Gul, A., Kidogul, F., Anace, D. (2007). Effect of nutrient sources on cucumber production in different substrstes. Sciencta horticulturae, 113(2), 216_220.

Hassani, A. & Omid Beighi, R. (2002). Effects of water stress on some morphological, physiological andmetabolical characteristics of basil (Ocimum basilicum). Agricultural Knowledge, 12(3),47-59.

Hernández M. H., Rodríguez E. R., Romero C. D. (2008). Chemical composition of tomato (Lycopersicon esculentum) from Tenerife, the Canary Islands. Food Chem. 106, 1046–1056.

Henareh, M., Dursun, A., & Abdollahi Mandoulakani, B. (2015). The Correlation between traits and path analysis of yield in tomato. Applied Crop Breeding, 3(2), 163-176. [In Persian]

Hooshmand, M., Boroumand, S., Albaji, M., Alamzadeh Ansari, N.,(2019). Effect of different management methods of low-irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato in hydroponic culture. Iranian Water Researches Journal 13(3): 78–91. [In Persian]

Kholova, J., Hasan, C.T.M., Khocova M. and Vadie, V. (2011) Doesa terminal drought tolerance QTL contribute to differences in ROS scavenging enzymes and photosynthetic pigments in pear millet exposed to drought. Journal of Environmental and Experimental Botany-71:99-106.

KHOURSHIDI, BENAM MB, et al. "Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars." (2002): 59-66. [In Persian]

Massa, D., Magán, J. J., Montesano, F. F., & Tzortzakis, N. (2020). Minimizing water and nutrient losses from soilless cropping in southern Europe. Agricultural water management, 241, 106395.

Mazari K, Bendimerad N, Bekhechi C, Fernandez X (2010) Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian Juniperus phoenicea L. and Cupressus sempervirens L. J Med Plants Res 4(10):959–964. [In Persian]

Mazari, H., Delshad, M. & Kasha, A. (2016). Study of the effect of substrates with different effective air-filled pore space on greenhouse tomato transplant growth. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(3), 407-419. [In Persian]

Millero, F., Huang, F., Zhu, X. et al. Adsorption and Desorption of Phosphate on Calcite and Aragonite in Seawater. Aquatic Geochemistry **7**, 33–56 (2001).

Putra, P.A.; Yuliando, H. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. Agric. Agric. Sci. Proc. (2015), 3, 283–288.

Rabiee, V. (2003). Study the responses of some grape cultivars to drought stress (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran). [In Persian]

Verdonck,O.,&Demeyer,P.(2004) P.The influence of the particle sizes on phisical properties of growing media. Acta Horticulture, 644, 99-101.