Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2025, Vol 8, No 16(2), Pages 15-28

Ilam University

doi:10.22034/IUVS.2022.556788.1218 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Study the effects of different culture media on germination, morphological, physiological and photosynthetic characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling

Farnoush Rostami[1], Reza Salehi[2*], Ali Mohammadi Torkashvand[3], Pezhman Moradi[4], Sepideh Kalate Jari[5]

1- Ph.D student, Faculty of Agricultural Sciences and Food Industries, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, College of Agricultural Science & Engineering, University of Tehran, Daneshkadeh,Karaj,Iran

3- Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Food Industries, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

4- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad university of Saveh, Saveh, Iran

5- Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences and Food Industries, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

[*]**Corresponding author:** salehir@ut.ac.ir

(**Received:** 29 June 2022 **Revise:** 31 August 2022 **Accepted:** 14 February 2023)

Extended Abstract

1. **Introduction:** Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the strategic vegetable products in the world and has a valuable place in the food basket of people in most countries. One of the most important stages of the growth of S. lycopersicum is the germination and establishment of seedlings, which determines the final yields. The germination of seeds and establishment of seedlings are strongly influenced by the culture medium used, and therefore, choosing the right culture medium can ultimately lead to the improvement of the final yield of the product. Thus, in the present study, the effects of different cultivation substrates on morpho-physiological traits and photosynthesis performance were studied.
2. **Materials and Methods:** For this purpose, the randomized complete block design (three repetitions) with treatments of 100% cocopeat (CP100), 100% Nipeat (NP100), 50% cocopeat + 50% Nipeat (CP50NP50), 25% cocopeat + 50% Nipeat + 25% perlite (CP25NP50P25), 50% Nipeat + 50% perlite (NP50P50) and 70% Nipeat + 30% perlite (NP70P30) were used in the early spring of the crop year 2019-2020. Seed cultivation was done in pots and daily irrigation and Hoagland nutrient solution were used. Also, the cultivation beds will be sent to the Soil and Water Institute and analyzed for their components. At first, germination percentage and germination speed were calculated. Almost 20 days after cultivation, morphological parameters such as root length, stem diameter, stem length, number of leaves, fresh weight of stem and root, and dry weight of root and stem were measured. After measuring the morphological traits, the content of chlorophyll and carotenoids in the leaves were calculated using a spectrophotometer and reading the absorbance intensity at the wavelengths of A645, A663 and A470. Then, the antioxidant potential of the plant was measured and the activities of catalase, polyphenol oxidase, and superoxide dismutase enzymes were measured. Catalase enzyme activity was measured based on the reduction of hydrogen peroxide absorption at 30 seconds at 240 nm. The activity of polyphenol oxidase enzyme was measured according to the method of Asadi Sanam *et al.,* (2015) and the activity of superoxide dismutase was measured according to the method of Gianopoulits and Reis (1977). The proline content of the leaves was used according to the method described by Zhang *et al.,* (2010), and the relative water content of the leaves was measured by drying the leaves, and recording the fresh and dry weight of the leaves, and calculating their difference according to the method of Paknejad *et al.,* (2007). Handy flourCam FC 100H, Photon (Systems Instruments, PSI, Czech Republic) was used to measure the maximum efficiency of the photosystem. Finally, the obtained data were analyzed in SAS software.
3. **Results and Discussion:** The results indicated that morphological traits were influenced by the type of culture medium. So that the highest germination percentage of tomato seedlings was obtained in the CP100 treatment. In this treatment, other traits such as stem length, number of leaves, fresh and dry weight of stem, fresh and dry weight of root were at their maximum value. In terms of all physiological traits, significant differences were observed in different treatments of the culture medium, so that more chlorophyll a, b and total content was observed in the leaves of tomato seedlings cultivated in NP100 treatment. Nevertheless, the highest carotenoid content of leaves was observed in the treatments of CP100, NP100 and CP50NP50, and the lowest was observed in the NP50P50 treatment. Although the highest activity of catalase was obtained in the treatments of CP50NP50, CP100 and NP100. However, low activity of polyphenol oxidase enzyme was seen in these treatments. Also, the highest activity of

superoxide dismutase and proline enzyme was obtained in the CP100 treatment and the lowest in the NP100 treatment.

4. **Conclusion:** The treatment of CP25NP50P25 resulted in the highest relative water content of leaves. The highest intensity of variable fluorescence was obtained in the treatments of CP100, CP25NP50P25, NP50P50, and NP70P30 treatments. The relative variable fluorescence in the intermediate J stage was the maximum in the NP70P30 treatment and the minimum in the NP50P50 treatment. Nevertheless, the relative variable fluorescence in intermediate stage I was the highest in the CP100 treatment. The maximum efficiency of the photosystem II water decomposition system (Fv/F0) was obtained in the treatment of NP70+P30 and the lowest was obtained in the treatment of CP50NP50. However, the maximum photosystem II efficiency (ΦPO) and electron transfer quantum efficiency (ΦEo) were seen in the treatment of CP50P50. The quantum performance of energy loss (ΦDo) had its maximum value in the treatment of CP50NP50 and the lowest value in the treatment of NP50P50. In general, it can be concluded that one of the important factors in the cultivation of tomato seedlings is the type of culture medium, and cocopeat and Nipeat or their combination can be a suitable option.

Keywords: Cocopeat, Nipeat, Perlite, Substrate, Seedling.

Citation: Rostami, F., Salehi, R., Mohammadi Torkashvand, A., Moradi, P., Kalate Jari, S. (2025). Study the effects of different culture media on germination, morphological, physiological and photosynthetic characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling. *Journal of Vegetables Sciences*, 16(2), 15-28. doi:10.22034/IUVS.2022.556788.1218

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال۸ ، دوره ۱۶، شماره۲، پاییز و زمستان، صفحات (۲۸-۱۵)

دانشگاه ایلام شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi:10.22034/IUVS.2022.556788.1218

مطالعه اثرات بسترهای مختلف کشت روی جوانه‌زنی، صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد فتوسنتز در نشاء گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)

فرنوش رستمی[۱]، رضا صالحی[۲*]، علی محمدی ترکاشوند[۳]، پژمان مرادی[۴]، سپیده کلاته جاری[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- استاد، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

٤- دانشیار، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

٥- استادیار، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: salehir@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵)

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات سوبستراهای کوکوپیت، نی‌پیت و پرلیت بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد فتوسنتزی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. بدین منظور، بذور پس از تهیه در سینی‌های کاشت حاوی بسترهای یاد شده به نسبت‌های مختلف کاشته شدند. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر محاسبه شد و پس از رسیدن نشاءها به مرحله انتقال به مزرعه، صفات مورفولوژیکی مانند طول ریشه، قطر ساقه، طول ساقه، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک‌ساقه، وزن‌تر و خشک ریشه اندازه‌گیری شد. پارامترهای فیزیولوژیکی شامل کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئیدها، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و محتوای پرولین و محتوای نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. همچنین پارامترهای عملکرد فتوسنتزی توسط دستگاه فلورکم محاسبه شد. نتایج نشان داد که بستر ۱۰۰ درصد کوکوپیت در کشت نشاءهای گوجه‌فرنگی منجر به بالاترین عملکرد رویشی نهال می‌شود. اما با افزودن پرلیت به محیط کشت، کاهشی در صفات مورد مطالعه مشاهده شد. هنگام استفاده از محیط کشت کوکوپیت، بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئیدها و محتوای نسبی آب برگ و کمترین مقدار پرولین گزارش شد. کاربرد پرلیت در محیط کشت نهال گوجه‌فرنگی منجر به کاهش شاخص‌های عملکرد فتوسنتزی شد. بنابراین باتوجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که استفاده از کوکوپیت ۱۰۰٪ می‌تواند منجر به رشد بهتر نشاءهای گوجه‌فرنگی شود.

واژه‌های کلیدی: کوکوپیت، نی‌پیت، پرلیت، سوبسترا، گیاهچه

استناد: رستمی، ف.، صالحی، ر.، محمدی ترکاشوند ع.، مرادی، پ.، کلاته جاری، س. (۱۴۰۳). مطالعه اثرات بسترهای مختلف کشت روی جوانه‌زنی، صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد فتوسنتز در نشاء گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.). علوم سبزی‌ها، *علوم سبزی‌ها*، ۱۶(۲)، ۲۸-۱۵.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) گیاهی چندساله از خانواده Solanaceae و یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که به دلیل دارا بودن مقادیر قابل‌توجهی ویتامین‌ها و مواد معدنی از جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان برخوردار است (Geisenberg & Stewart, 1986; Shokri Fomeshkenari *et al.*, 2022). مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بحرانی‌ترین مرحله رشد گیاه است، به طوری که میزان موفقیت این مرحله تأثیر بسزایی در نمو بعدی گیاه و در نهایت عملکرد مناسب دارد (Rifna *et al.*, 2019). مطالعات نشان می‌دهد که جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه منجر به استقرار ضعیف و گاهی از دست دادن محصول می‌شود (Soltani & Soltani, 2015). بنابراین، باتوجه به جایگاه این سبزی در تغذیه جهانی و حساسیت مرحله رشد نشاء، لازم است مراحل اولیه رشد گوجه‌فرنگی و عوامل مؤثر بر آن بررسی شود.

یکی از عوامل مؤثر بر توسعه مراحل رشد گیاه از جمله مرحله رشد گیاهچه، بستر کشت است. در حال حاضر توجه زیادی به کشت و تولید گوجه‌فرنگی در محیط‌های کاشت بدون خاک شده است (Meric *et al.*, 2011). این بسترها دارای مزایایی مانند کنترل تغذیه گیاه، افزایش تراکم کاشت، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی بوده و باغداران را به استفاده از آن‌ها ترغیب کرده است (Martinez & Abad, 1992). به طور کلی مواد مورد استفاده در بستر کاشت باید دارای ظرفیت نگهداری آب بالا، تهویه مناسب، زهکشی خوب و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (CEC) باشند. محیط‌های کشت مختلف هر کدام حاوی مواد مختلفی هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند. بنابراین انتخاب محیط کشت مناسب در تولید محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی بسیار مهم است.

کوکوپیت (CP) ترکیبی است که از فرآوری پوسته‌های میوه نارگیل به دست می‌آید که از نظر فیزیکی مواد اسفنجی و شبیه ذغال سنگ نارس است که از نسبت‌های مساوی لیگنین و سلولز تشکیل شده است و در سال‌های اخیر به طور گسترده در صنعت باغبانی در اروپا، استرالیا، ایالات متحده و کانادا استفاده شده است (Noguera *et al.*, 2000). پرلیت آلومینوسیلیکاتی با منشا آتشفشانی است و ظرفیت تبادل کاتیونی زیادی ندارد. پرلیت باعث افزایش زهکشی محیط کشت و بهبود تهویه آن می‌شود. تولید موفق محصولات سبزی در کشت بدون خاک در گلخانه‌ها مستلزم ذخیره کافی مواد مغذی در محیط‌های کشت مختلف در هر مرحله از رشد گیاه است (Asaduzzaman, 2013).

باگاس یک ماده الیافی است که از نیشکر به شکل خرده چوب استخراج می‌شود که حاوی ۵۵-۵۰ درصد آب است (Rasul *et al.*, 1999). ساختار باگاس شامل سلولز (۳۵٪)، همی‌سلولز (۲۴٪)، لیگنین (۲۲٪) و حدود ۲۰٪ خاکستر حاوی مواد معدنی دیگر است (Alves *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد این ماده قابلیت استفاده به عنوان محیط کشت در تولید محصولات گلخانه‌ای بدون خاک را دارد و مطالعات در این زمینه می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثر محیط کشت بدون خاک بر واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فتوسنتزی گوجه فرنگی در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

طرح مطالعه

به منظور بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و فتوسنتزی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی به بسترهای مختلف کشت در اوایل بهار سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در کرج از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۶ بستر کشت به شرح زیر بود: ۱۰۰ درصد کوکوپیت (CP_{100})، ۱۰۰ درصد نی‌پیت (NP_{100})، ۵۰ درصد کوکوپیت+۵۰ درصد نی‌پیت (CP50+NP50)، ۲۵ درصد کوکوپیت+۵۰درصد نی‌پیت+ ۲۵ درصد پرلیت

($CP_{25}NP_{50}P_{25}$)، ۵۰ درصد نی‌پیت+۵۰ درصد پرلیت ($NP_{50}+P_{50}$)، ۷۰درصد نی‌پیت+ ۳۰ درصد پرلیت ($NP_{70}+P_{30}$).

پس از آماده‌سازی بسترها گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر تهیه شد. سپس ۳ عدد بذر گوجه فرنگی رقم کانیون در هر گلدان کاشته شد. آبیاری روزانه انجام می‌شد. از محلول غذایی هوگلند برای تغذیه دانهال‌ها استفاده شد.

آنالیز بسترهای کشت

بسترهای کشت به مؤسسه خاک و آب-مشکین دشت برای آنالیز اجزای آنها ارسال شد که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده بسترهای مختلف کشت به کار رفته در مطالعه حاضر

Table 1- Constituents of different cultivation substrates used in the present study

نوع بستر Substrate	منیزیم Mg (%)	کربن آلی C (%)	سدیم Na (mg/kg)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	فسفر P (%)
CP_{100}	0.0015	40.82	261.6	0.358	0.57	-
NP_{100}	0.0254	51.4	188.6	0.055	1.65	-
$CP_{50}+NP_{50}$	0.0079	51.24	485.4	0.179	1.6	-
$CP_{25}NP_{50}P_{25}$	0.0104	37.85	428.8	0.046	1.35	-
$NP_{50}+P_{50}$	0.0162	37.74	225	0.036	1.16	0.22
$NP_{70}+P_{30}$	0.0207	41.87	206.8	0.034	1.52	0.17

ارزیابی پارامترهای جوانه‌زنی و مورفولوژیکی

جوانه‌زنی و پارامترهای مورفولوژیکی شامل درصد جوانه زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه، قطر ساقه، طول ساقه، تعداد برگ، وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک ریشه و ساقه ارزیابی شد. اندازه‌گیری‌های مورفولوژیکی تقریبا ۲۰ روز پس از کاشت بذور انجام شد.

بذرهایی با طول ریشه‌چه ۲ میلی‌متر یا بیشتر به عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. درصد جوانه زنی (GP) بر اساس فرمول PG = 100 (n/N) تعیین شد که در آن n تعداد بذرهای جوانه‌زده و N تعداد کل بذرهای کاشته شده است.

سرعت جوانه زنی (GR) بذر گوجه فرنگی بر اساس رابطه زیر تعیین شد:

GR= (a/1)+(b-a/2) + (c-b/3)+… + (n-m-1/N)

که در آن a، b،n… تعداد بذر گوجه فرنگی جوانه زده پس از ۱، ۲، ۳،…،N روز از شروع کاشت است.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از خط کش میلی‌متری و قطر ساقه با کولیس اندازه‌گیری شد. وزن تر ساقه و ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌ها و ساقه‌ها ابتدا آن‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و در نهایت وزن خشک آن‌ها با ترازو دیجیتال اندازه‌گیری شد.

پارامترهای فیزیولوژیکی

کلروفیل و کاروتنوئیدها

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل، ۱ گرم برگ در هاون با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد استخراج و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. از قسمت بالایی (قسمت شناور) عصاره به‌دست‌آمده، نمونه‌برداری و سرعت جذب توسط اسپکتروفتومتری در طول موج‌های A645، A663 و A470 خوانده شد (Bagheri et al., 2021).

کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز و سوپراکسید دیسمیوتاز

فعالیت کاتالاز عصاره برگ توسط اسپکتروفتومتری بر اساس کاهش جذب پراکسید هیدروژن به مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (۷ pH)، ۱۵ میلی‌مولار آب اکسیژنه و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. واکنش با افزودن H_2O_2 آغاز شد و کاهش جذب به مدت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. مقدار پراکسید هیدروژن تجزیه شده با استفاده از ضریب خاموشی ۴۰ میلی‌مولار بر سانتی متر محاسبه شد (Velikova *et al.*, 2000).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز بر اساس روش Asadi-Sanam و همکاران (۲۰۱۵) توسط ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۱ میلی‌مولار (pH 6.8)، ۰/۵ میلی‌لیتر متیل کاتکول ۱۰۰ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول آنزیمی و شدت جذب توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد (Asadi-Sanam *et al.*, 2015).

فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بر اساس روش Giannopolitis و Ries (۱۹۷۷) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه در نیتروژن مایع قرار داده شد و سپس ۳ میلی‌لیتر بافر HEPES-KOH با pH 7.8 حاوی ۰/۱ میلی‌مولار EDTA استخراج شد. هموژنه به دست آمده با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد و مایع رویی برای اندازه‌گیری فعالیت اسپکتروفتومتری SOD در طول موج ۵۶۰ نانومتر استفاده شد.

پرولین و محتوای نسبی آب

محتوای پرولین برگ بر اساس روش توصیف شده توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) ارزیابی شد و نتایج بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شد (X. Zhang *et al.*, 2010).

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC)، نمونه‌های برگ تهیه، توزین و وزن تازه آن‌ها ثبت شد. نمونه‌ها به مدت یک شب در آب مقطر با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از حذف رطوبت سطح، وزن‌های متورم شده توسط ترازوی دیجیتال ثبت شد. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها اندازه-گیری شد. در نهایت مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Paknejad *et al.*, 2007).

$$RWC(\%)= F_W\text{-}D_W/S_W\text{=}D_W\times100$$

در این معادله، F_w وزن برگ بلافاصله پس از نمونه‌برداری، D_w وزن خشک برگ پس از قرار دادن در آون و S_w وزن اشباع برگ پس از قرار دادن در آب مقطر بود.

کلروفیل فلورسنس

از برگ‌های جوان توسعه‌یافته در انتهای دوره برای اندازه‌گیری حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم (Fv/Fm) با استفاده از دستگاه فلورکم مدل FC 1000-H (Photon Systems Instruments, PSI, Czech Republic) Handy flourCam FC 100H استفاده شد. گیاهان به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی سازگار شد، بعد از ۲۰ دقیقه سریعاً نمونه‌های برگی برای اندازه‌گیری Fv/Fm مورد استفاده قرار گرفت. سپس Fv/Fm با استفاده از یک پروتکل مخصوص محاسبه شد. تصاویر در طول فلاش‌های کوتاه در تاریکی انجام شد. در پایان فلاش‌های کوتاه، نمونه‌ها در معرض یک پالس اشباع از نور ($3900Mmol\ m^{-2}\ S^{-1}$) قرار گرفت که این پالس منجر به اشباع‌گذاری فتوشیمیایی و احیا اولین کوینون گیرنده در فتوسیستم ۲ می‌شود (Genyu *et al.*, 1989). پس از رسیدن فلورسانس به حالت پایدار، دو سری متوالی از داده‌ها به صورت عددی و میانگین بیان شد، اولین سری در طول فلاش‌های کوتاه مدت در تاریکی (F_o) و دیگری در طول پالس اشباع حاصل شد (F_m). از این دو سری داده ۲ عکس به دست آمد. F_v با استفاده از رابطه $F_v= F_m- F_o$ بیان می‌شود. سپس Fv/Fm با استفاده از نسبت $(F_m- F_o)/F_m$ به دست آمد. محاسبات برای هر عکس با استفاده از نسخه ۷ نرم افزار FlourCam محاسبه شد.

تست OJIP با استفاده از دستگاه PAR-flourPen 100-MAX در برگ‌های جوان توسعه‌یافته که ۲۰ دقیقه در تاریکی سازگار شد انجام می‌گردد. بعد از سازگاری در تاریکی، F_0 در زمان ۵۰ ms شدت فلورسانس در ۳ ms (مرحله J) و شدت فلورسانس در ۳۰ ms (مرحله I) و ۳۰۰ ms (مرحله P) اندازه‌گیری شد. در نهایت محاسبات با استفاده از نرم‌افزار PAR-Fluorpen نسخه ۱ انجام گرفت.

آنالیز آماری

داده‌های به دست آمده از آزمایش بر اساس طرح آماری استفاده شده توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

کشاورزان علاوه بر نیاز به تولید نشاء با کیفیت بالا، به کاهش هزینه‌های تولید نیز نیاز دارند. یکی از مواردی که می‌تواند هزینه‌های مربوط به تولید نشاء با کیفیت را کاهش دهد، استفاده از ترکیبات آلی موجود در ناحیه تولید نشاء است. استفاده شدید از خاک‌های کشاورزی، به ویژه خاک‌هایی که از تولیدات باغی نشات می‌گیرند، باعث کاهش مواد آلی و عناصر غذایی می‌شود. بستر مناسب برای تولید نشاء باکیفیت نباید حاوی خاک باشد، چون عوامل بیماری زا و بذور علف‌های هرز به مقدار فراوانی در آن وجود دارد. همچنین، استفاده از خاک در پرورش نشاءها می‌تواند منجر به آسیب به نشاء در طی انتقال آنها به زمین اصلی شود (Boaro, 2013). از اینرو، استفاده از بسترهای بدون خاک در پرورش نشاءهای گیاهان بویژه سبزی‌های پر مصرف همچون گوجه‌فرنگی می‌تواند از اهمیت شایانی برخوردار باشد.

شاخساره یا ریشه مرتبط است. ظرفیت بالاتر برای نگهداری آب، هوادهی بهتر با چگالی ظاهری کمتر و EC محیط رشد به حفظ محیط رضایت‌بخش کمک می‌کند که منجر به رشد شدید گیاه می‌شود و باعث افزایش پتانسیل فتوسنتزی توسط برگ‌ها می‌شود. یک بستر خوب برای نشاءها باید دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باشد که شرایط مناسب برای جوانه‌زنی، نمو نشاءها، رشد ریشه و ساقه فراهم آورد (Andrino, 2018).

نتایج مطالعه حاضر حاکی از بهبود صفات جوانه‌زنی و رویشی نشاءهای گوجه‌فرنگی کشت شده در بستر کشت کوکوپیت خالص بود. بعد از آن بسترهای کشت نی‌پیت ۵۰درصد+کوکوپیت ۵۰درصد و نی‌پیت ۱۰۰ درصد منجر به عملکرد بالای صفات جوانه‌زنی و رویشی در این گیاهان شد. با این وجود، به نظر می‌رسد زمانی که به بسترهای کشت پرلیت افزوده می‌شود از عملکرد رویشی نشاءهای گوجه‌فرنگی کاسته می‌گردد (جدول ۲).

محیط رشد به رشد گیاه کمک می‌کند، که این امر ممکن است به در دسترس بودن مواد مغذی محیط نسبت داده شود. به گفته Trevisan و همکاران (۲۰۱۰)، محیط‌های آلی مانند کمپوست به عنوان یک بافر مواد مغذی عمل می‌کند و به آرامی مواد مغذی را به ریشه گیاهان آزاد می‌کند. افزایش صفات رویشی و جوانه‌زنی در گیاهان گوجه‌فرنگی که در مطالعه کنونی در بستر کشت کوکوپیت خالص مشاهده شد می‌تواند به این علت باشد که کوکوپیت دارای ظرفیت نگه‌داری آب، هوادهی و مواد غذایی بالایی است که در طول دوره رشد نشاءها برای رشد آن‌ها فراهم می‌آورد (Sarkar *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای مشاهده شد کوکوپیت حداکثر ظرفیت نگهداری آب، هوادهی و EC را دارد و محیط خوبی برای رشد کدوهای تلخ فراهم می‌کند (*Rahman et al.*, 2018) که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است. رشد رویشی گیاه و زیست توده، با مواد غذایی ذخیره شده در برگ،

توانایی نگهداری آب، تبادل گازی و نفوذ ریشه به مقدار فضای منافذ در بستر کشت بستگی دارد که به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (Raviv *et al.*, 2008). زیست توده گیاه خشک همچنین ممکن است به فتوسنتات‌های (Photosynthates) جمع شده در

برگ‌ها متکی باشد که به طور مفیدی بر تجمع ماده خشک در نشاءهای گوجه‌فرنگی در بستر کشت کوکوپیت تأثیر گذاشته است.

همانطور که ذکر شد، ترکیب نی‌پیت با کوکوپیت یا نی‌پیت خالص منجر به صفات جوانه‌زنی و رویشی بالا در نشاءهای گوجه‌فرنگی شد. بستر کشت نشاءها به مقدار زیادی نمو سیستم ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این اثر عمدتاً به مقدار و اندازه ذرات تشکیل دهنده آن نسب داده می‌شود و در نتیجه هوادهی لازم برای رشد مطلوب ریشه را فراهم می‌آورد (Dutra *et al.*, 2017). با این وجود، ظرفیت تبادل کاتیونی این بستر کشت پایین بوده که می‌تواند منجر کاهش رشد گیاهان در این بستر شود. به عنوان مثال، Samiei و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که استفاده از باگاس نیشکر به عنوان بستر کشت گیاه آگلونما منجر به افزایش طول ساقه می‌شود که صفت منفی در این گیاه است و باعث کاهش ارزش بازاری این گیاه می‌شود. آن‌ها بیان کردند که کوکوپیت بهترین بستر کشت برای این گیاه است (Samiei *et al.*, 2005). همچنین، در مطالعه حاضر مشاهده شد که افزودن پرلیت منجر به کاهش صفات مهم عملکردی در نشاءهای گوجه‌فرنگی می‌گردد که می‌تواند به کاهش ظرفیت نگهداری آب در این بستر نسبت داده شود. با این وجود، پرلیت به خاطر داشتن قدرت جذب آب ۳ تا ۴ برابر وزن خود، pH در محدوده ۶ تا ۸ کاربردهای زیادی در پرورش نشاءها دارد. در این میان بیان شده است که اندازه پرلیت روی رشد و عملکرد گیاهان اثر گذاشته (Asaduzzaman *et al.*, 2013) و ترکیب آن با دیگر بسترهای کشت می‌تواند مزیت‌های مناسبی برای رشد گیاه فراهم آورد. در مطالعه حاضر، زمانی که پرلیت به بستر کشت نی‌پیت افزوده شد عملکرد رویشی نشاءهای گیاه گوجه‌فرنگی کاهش یافت که این امر می‌تواند به کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی بستر و در نتیجه کاهش عرضه مواد غذایی به نشاءها نسبت داده شود.

نتایج مطالعه حاضر حاکی از بیشتر شدن محتوای کلروفیل a، b و تام، کاروتنوئید و محتوای نسبی آب و همچنین کاهش محتوای پرولین برگ نشاءهای گوجه‌فرنگی کشت شده در بستر کوکوپیت و نی‌پیت خالص بود. با این حال، زمانی که پرلیت به محیط کشت افزوده شد کاهش در محتوای کلروفیل a، b و تام، کاروتنوئید و محتوای نسبی آب و افزایش در پرولین در این گیاهچه‌ها مشاهده شد (جدول ۳). افزایش محتوای کلروفیل a، b و تام، کاروتنوئید در برگ نشاءهای گوجه‌فرنگی در تیمار بستر کشت کوکوپیت می‌تواند به علت بهبود وضعیت تغذیه‌ای نشاءها و کاهش پرولین نسبت داده شود(Li *et al.*, 2006). افزایش محتوای کلروفیل a همچنین می‌تواند منجر به افزایش کارایی فتوسنتز و بهبود تجمع فتوسنتات‌ها شود که در نهایت منجر به عملکرد بهتر نشاءها شد(Takai *et al.*, 2010). مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در سبزیجات بسته به شرایط رشد متفاوت است. توسعه کلروفیل برگ و کاروتنوئیدها متکی به تجمع نیتروژن در گیاهان در زیر لایه‌های آلی است که باعث افزایش هوادهی، ظرفیت نگهداری آب و پایداری زیستی می‌شود. بسترهای آلی که دارای هوادهی خوب، قابلیت نگهداری آب و پایداری زیستی هستند منجر به جذب نیتروژن برای ایجاد کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Rahman *et al.*, 2018).

زمانی که رشد و نمو نشاءها کم می‌شود، در نتیجه میزان کلروفیل کمتری در برگ‌ها تجمع می‌یابد که منجر به کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. در این پژوهش زمانی که بستر کشت نشاءهای گوجه‌فرنگی پرلیت اضافه شد، کاهش در محتوای کلروفیل و کاروتنوئید و افزایش در محتوای پرولین برگ‌ها مشاهده شد که نشان دهنده آسیب به گیاهچه‌ها است. با این وجود، در بستر کشت کوکوپیت خالص و نی‌پیت خالص افزایش در محتوای کلروفیل و کاروتنوئید و کاهش در پرولین مشاهده شد که نشان‌دهنده شرایط مناسب رشد نشاءها است. بنابراین، بهبود در صفات عملکردی مشاهده شده در نشاءهای پرورش یافته در بستر کوکوپیت و نی‌پیت می‌تواند به افزایش محتوای فتوسنتز و در نتیجه بهبود شرایط گیاهان نسبت داده شود. بنابراین، در پرورش

نشاءهای گوجه‌فرنگی بستر کشت کوکوپیت خالص، نی‌پیت خالص یا ترکیب آن‌ها قابل توصیه است.

فتوسنتز مهمترین فرآیند فیزیولوژیکی گیاهان است که به شرایط محیطی بسیار حساس است. پارامتر فلورسانس کلروفیل یکی از ابزارهای مؤثر برای تجزیه و تحلیل اثر تیمارهای مختلف بر فتوسنتز است (Faseela *et al.*, 2019). در این آزمایش، افزایش Vj در نشاءهای گوجه‌فرنگی کشت شده در بستر کشت حاوی پرلیت نشان از آسیب به مسیر انتقال الکترون PS II است و انتقال الکترون مسدود شده در PS II منجر به افزایش تجمع QA می‌شود (Henmi *et al.*, 2004) (جدول ۴). در این تیمارها، افزایش F0 به کاهش محتوای کلروفیل مربوط بوده که به طور مستقیم با انرژی جذب شده در هر مرکز واکنش رابطه مستقیم دارد. به خاطر اینکه، انتقال الکترون مسدود شده با افزایش Vj ارتباط دارد، آن همچنین در کاهش ψo نیز نشان داده می‌شود که به معنای انرژی بیشتر برای کاهش تجمع بالای QA- است (*H. Zhang et al.*, 2018). کاهش φEo حاکی از کاهش انرژی به کار رفته برای انتقال الکترون است. به منظور مصرف الکترون‌های فعال زیاد، نسبت کوانتوم برای پراکنش φDo نیز افزایش پیدا می‌کند. به طور کلی، کاهش φPo، φEo و ψo نشان می‌دهد که استفاده از تیمار بستر کشت پرلیت منجر به کاهش پیوسته توانایی انتقال فتوسیستم II شده است (جدول ۴) که مطابق با یافته دیگر مطالعه است (Van Heerden *et al.*, 2003). Fv و Fm معمولاً به عنوان شاخص‌های مهار نوری فتوسیستم II در نظر گرفته می‌شود که حساس به تنش‌های مختلف است. با در نظر گرفتن این موضوع، عملکرد شاخص PIabs و Pics که دارای سه پارامتر مستقل جذب انرژی نوری، گرفتن و انتقال الکترون است ممکن است برای بازتاب تصویری از مکانیسم فتوسنتز گیاهان ایده‌ال باشد (Strasser *et al.*, 2004). کاهش PIabs تحت بستر کشت حاوی پرلیت می‌تواند حاکی از آسیب به دستگاه فتوسنتزی، کاهش کارایی تبدیل انرژی نوری و محدودیت در فتوسنتز نرمال شد. همچنین در این بسترها، افزایش در ABS/RC، TRo/RC و TRo/CSo می‌تواند حاکی از افزایش جذب انرژی نوری باشد. همچنین بیشتر شدن DIO/RC می‌تواند نشان دهنده فعال شدن مکانیسم دفاعی مرکز واکنش باشد که باعث پراکنش انرژی مازاد باشد تا آسیب آن به گیاه را کم کنند. افزایش DIo/CSo به مانند DIo/RC نشان می‌دهد که گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی می‌تواند آسیب را با پراکنش فعال انرژی مازاد کاهش دهند.

بنابراین، انتخاب بستر کشت مناسب همچون کوکوپیت خالص برای پرورش نشاءهای گوجه‌فرنگی می‌تولند منجر به بهبود عملکرد فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد این گیاهان گردد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که یکی از عوامل مهم در پرورش نشاءهای گوجه‌فرنگی نوع بستر کشت بوده و کوکوپیت و نی‌پیت خالص و یا ترکیب آنها می‌تواند گزینه مناسبی باشد. این بسترها بهبود در صفات مهم عملکردی و همچنین پارامترهای فیزیولوژیکی و فتوسنتزی را در این گیاهان ایجاد کردند. بنابراین، انتخاب نوع بستر کشت عامل مهمی در موفقیت تولید نشاءهای مطلوب در گوجه‌فرنگی است.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف بستر کشت

Table 3- Comparison of the mean morphological traits of tomato seedlings in different treatments of the culture medium

تیمارها Treatments	طول ریشه root length (mm)	قطر ساقه stem diameter (mm)	طول ساقه Stem length (mm)	تعداد برگ Number of leaf	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
CP_{100}	7.33^{a}	3.73^{a}	12.00^{a}	30.33^{a}	5.56^{a}	5.26^{a}	2.16^{a}	2.06^{a}	92.33^{a}	27.33^{a}
NP_{100}	6.50^{a}	3.66^{a}	5.03^{b}	22.66^{b}	5.10^{b}	5.00^{c}	1.06^{bc}	1.90^{bc}	92.00^{a}	30.00^{a}
$CP_{50}+NP_{50}$	6.66^{a}	2.83^{a}	4.76^{b}	17.66^{b}	5.06^{b}	5.01^{c}	0.83^{c}	0.60^{c}	90.33^{ab}	24.66^{a}
$CP_{25}NP_{50}P_{25}$	6.83^{a}	2.83^{a}	6.50^{b}	18.33^{b}	5.06^{b}	5.06^{b}	1.16^{bc}	1.16^{bc}	85.66^{bc}	30.00^{a}
$NP_{50}+P_{50}$	7.50^{a}	2.66^{a}	5.66^{b}	16.33^{b}	5.10^{b}	5.03^{c}	0.90^{c}	0.86^{bc}	86.00^{bc}	30.33^{a}
$NP_{70}+P_{30}$	7.83^{a}	3.00^{a}	8.00^{b}	22.00^{b}	5.16^{b}	5.14^{b}	1.70^{b}	1.53^{b}	83.66^{c}	28.00^{a}

CP_{100}: کوکوپیت ۱۰۰ درصد؛ NP_{100}: نی‌پیت ۱۰۰ درصد؛ $CP_{50}+NP_{50}$: کوکوپیت ۵۰ درصد+نی‌پیت ۵۰درصد؛ $CP_{25}NP_{50}P_{25}$: کوکوپیت ۲۵درصد+نی‌پیت ۵۰ درصد و پرلیت ۲۵ درصد؛ $NP_{50}+P_{50}$ نی‌پیت ۵۰ درصد+ پرلیت ۵۰ درصد؛ $NP_{70}+P_{30}$: نی‌پیت ۷۰ درصد+ پرلیت ۳۰ درصد. حروف متفاوت در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال $P<0.05$ می‌باشد.

CP100: cocopeat 100%; NP100: Nipit 100%; CP50+NP50: 50% coconut + 50% nipit; CP25NP50P25: cocopeat 25% + nipeat 50% and perlite 25%; NP50+P50 nipit 50%+perlite 50%; NP70+P30: Nipit 70% + Perlite 30%. Different letters in the columns indicate significant differences at the probability level of P<0.05.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف بستر کشت

Table 3- Comparison of the mean physiological traits of tomato seedlings in different treatments of culture medium

تیمارها Treatments	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/100g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/100g FW)	کلروفیل تام Total chlorophyll (mg/100g FW)	کاروتنوئید Carotenoids (mg/g FW)	کاتالاز Catalase (U. mg^{-1} protein min^{-1})	پلی‌فنل اکسیداز PPO (U min^{-1} ml^{-1})	سوپراکسید دیسموتاز SOD (U. mg^{-1} protein min^{-1})	پرولین Prolin (µmol .g^{-1} FW)	محتوای رطوبت نسبی RWC (%)
CP_{100}	1.25^{b}	0.39^{c}	1.60^{c}	0.88^{a}	0.036^{a}	0.025^{d}	34.96^{a}	0.09^{a}	83.78^{b}
NP_{100}	1.33^{a}	0.48^{a}	1.79^{a}	0.91^{a}	0.037^{a}	0.042^{b}	25.14^{c}	0.05^{b}	80.18^{c}
$CP_{50}+NP_{50}$	1.28^{ab}	0.41^{bc}	1.64^{bc}	0.89^{a}	0.039^{a}	0.034^{c}	27.44^{b}	0.08^{a}	84.27^{ab}
$CP_{25}NP_{50}P_{25}$	1.16^{c}	0.43^{b}	1.48^{d}	0.85^{ab}	0.028^{b}	0.056^{a}	31.78^{ab}	0.06^{b}	85.33^{a}
$NP_{50}+P_{50}$	0.91^{d}	0.36^{d}	1.29^{e}	0.68^{d}	0.026^{b}	0.032^{c}	28.42^{b}	0.08^{a}	86.43^{a}
$NP_{70}+P_{30}$	1.27^{ab}	0.40^{c}	1.68^{b}	0.73^{cd}	0.028^{b}	0.046^{b}	26.63^{bc}	0.06^{b}	82.19^{bc}

CP_{100}: کوکوپیت ۱۰۰ درصد؛ NP_{100}: نی‌پیت ۱۰۰ درصد؛ $CP_{50}+NP_{50}$: کوکوپیت ۵۰ درصد+نی‌پیت ۵۰درصد؛ $CP_{25}NP_{50}P_{25}$: کوکوپیت ۲۵درصد+نی‌پیت ۵۰ درصد و پرلیت ۲۵ درصد؛ $NP_{50}+P_{50}$ نی‌پیت ۵۰ درصد+ پرلیت ۵۰ درصد؛ $NP_{70}+P_{30}$: نی‌پیت ۷۰ درصد+ پرلیت ۳۰ درصد. حروف متفاوت در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال $P<0.05$ می‌باشد.

CP_{100}: cocopeat 100%; NP_{100}: Nipit 100%; $CP_{50}+NP_{50}$: 50% coconut + 50% nipit; $CP_{25}NP_{50}P_{25}$: cocopeat 25% + nipeat 50% and perlite 25%; $NP_{50}+P_{50}$ nipit 50%+perlite 50%; $NP_{70}+P_{30}$: Nipit 70% + Perlite 30%. Different letters in the columns indicate significant differences at the probability level of P<0.05.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به کلروفیل فلورسنت و عملکرد فتوسنتز گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف بستر کشت

Table 4- The mean comparison of traits related to chlorophyll fluorescence and photosynthetic performance of tomato seedlings in different culture media treatments

تیمارها Treatments	Di_0/RC	ET_0/RC	TR_0/RC	ABS/RC	PIabs	Φ_{Do}	Φ_{Eo}	Φ_{PO}	F_v/F_0	V_i	V_j	F_v
CP_{100}	0.641^{ab}	1.36^{a}	2.48^{a}	3.12^{a}	1.52^{b}	0.205^{ab}	0.43^{ab}	0.79^{ab}	3.87^{ab}	0.86^{a}	0.45^{ab}	40953^{a}
NP_{100}	0.595^{ab}	1.27^{a}	2.34^{a}	2.94^{a}	1.59^{ab}	0.202^{ab}	0.43^{ab}	0.79^{ab}	3.94^{ab}	0.81^{ab}	0.46^{ab}	27220^{ab}
$CP_{50}+NP_{50}$	0.698^{a}	1.26^{a}	2.29^{a}	1.98^{a}	1.42^{b}	0.234^{a}	0.42^{b}	0.76^{b}	3.40^{b}	0.78^{b}	0.44^{ab}	19300^{b}
$CP_{25}NP_{50}P_{25}$	0.584^{ab}	1.35^{a}	2.38^{a}	2.96^{a}	1.96^{ab}	0.196^{ab}	0.46^{ab}	0.80^{ab}	4.10^{ab}	0.78^{b}	0.43^{ab}	38742^{a}
$NP_{50}+P_{50}$	0.533^{b}	1.34^{a}	2.30^{a}	2.84^{a}	2.14^{a}	0.187^{b}	0.47^{a}	0.81^{a}	4.33^{a}	0.78^{b}	0.41^{b}	37117^{a}
$NP_{70}+P_{30}$	0.930^{ab}	1.27^{a}	2.39^{a}	3.03^{a}	1.47^{b}	0.208^{ab}	0.42^{b}	0.79^{ab}	3.82^{ab}	0.81^{ab}	0.46^{a}	35621^{a}

CP_{100}: کوکوپیت ۱۰۰ درصد؛ NP_{100}: نی‌پیت ۱۰۰ درصد؛ $CP_{50}+NP_{50}$: کوکوپیت ۵۰ درصد+نی‌پیت ۵۰درصد؛ $CP_{25}NP_{50}P_{25}$: کوکوپیت ۲۵درصد+نی‌پیت ۵۰ درصد و پرلیت ۲۵ درصد؛ $NP_{50}+P_{50}$ نی‌پیت ۵۰ درصد+ پرلیت ۵۰ درصد؛ $NP_{70}+P_{30}$: نی‌پیت ۷۰ درصد+ پرلیت ۳۰ درصد. حروف متفاوت در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال $P<0.05$ می‌باشد. F_v: شدت فلورسانس متغیر؛ V_j: فلورسانس متغیر نسبی در مرحله حدواسط J؛ V_i: فلورسانس متغیر نسبی در مرحله حدواسط I؛ F_v/F_0: حداکثر کارایی سیستم تجزیه آب فتوسیستم II؛ Φ_{PO}: حداکثر کارایی فتوسیستم II؛ Φ_{Eo}: عملکرد کوانتومی انتقال الکترون؛ Φ_{Do}: عملکرد کوانتومی اتلاف انرژی؛ PIabs: شاخص عملکرد به ازای فوتون جذب شده؛ ABS/RC: میزان جذب نور به ازای هر مرکز واکنش؛ TR_0/RC: میزان گرفتن الکترون به ازای هر مرکز واکنش؛ ET0/RC: انتقال الکترون به ازای هر مرکز واکنش؛ Di_0/RC: انرژی اتلاف شده به ازای هر مرکز واکنش.

CP_{100}: cocopeat 100%; NP_{100}: Nipit 100%; $CP_{50}+NP_{50}$: 50% coconut + 50% nipit; $CP_{25}NP_{50}P_{25}$: cocopeat 25% + nipeat 50% and perlite 25%; $NP_{50}+P_{50}$ nipit 50%+perlite 50%; $NP_{70}+P_{30}$: Nipit 70% + Perlite 30%. Different letters in the columns indicate significant differences at the probability level of $P<0.05$. Fv: variable fluorescence intensity; Vj: relative variable fluorescence in intermediate stage J; Vi: relative variable fluorescence in intermediate stage I; Fv/F0: maximum efficiency of photosystem II water decomposition system; ΦPO: maximum efficiency of photosystem II;: ΦEo: quantum efficiency of electron transfer; ΦDo: energy dissipation quantum function; PIabs: performance index per absorbed photon; ABS/RC: amount of light absorption per reaction center; TR0/RC: rate of electron capture per reaction center; ET0/RC: electron transfer per reaction center; Di0/RC: energy dissipated per reaction center

References

Alves, E. F., Bose, S. K., Francis, R. C., Colodette, J. L., Iakovlev, M., & Van Heiningen, A. (2010). Carbohydrate composition of eucalyptus, bagasse and bamboo by a combination of methods. *Carbohydrate Polymers,* 82(4), 1097-1101. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.06.038

Andrino, M. A. (2018). Desenvolvimento de substrato para produção de mudas de hortaliças a partir de resíduos orgânicos no IFMG-campus bambui. *Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Tecnologia Ambiental*, 67-67.

Asadi-Sanam, S., Pirdashti, H., Hashempour, A., Zavareh, M., Nematzadeh, G. A., & Yaghoubian, Y. (2015). The physiological and biochemical responses of eastern purple coneflower to freezing stress. *Russian Journal of Plant Physiology,* 62(4), 515-523. https://doi.org/10.1134/S1021443715040056

Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Mondal, M. F., Ban, T., Matsubara, H., Adachi, F., & Asao, T. (2013). Growing carrots hydroponically using perlite substrates. *Scientia Horticulturae,* 159, 113-121. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.038

Bagheri, M., Gholami, M., & Baninasab, B. (2021). Role of hydrogen peroxide pre-treatment on the acclimation of pistachio seedlings to salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum,* 43(4), 51. https://doi.org/10.1007/s11738-021-03223-3

Boaro, V. (2013). Manejo do pH de substrato orgânico alcalino visando à produção de mudas cítricas.

Dutra, T. R., Massad, M. D., Menezes, E. S., & Santos, A. (2017). Superação de dormência e substratos alternativos com serragem na germinação e crescimento inicial de mudas de Peltophorum dubium (Spreng.) Taub. *ACSA-Agropecuária Científica no SemiÁrido, Patos-PB,* 13(2), 113-120.

Faseela, P., Sinisha, A., Brestič, M., & Puthur, J. (2019). Chlorophyll a fluorescence parameters as indicators of a particular abiotic stress in rice. *Photosynthetica,* 57(SI), 108-115.

Geisenberg, C., & Stewart, K. (1986). Field crop management. In J. G. Atherton & J. Rudich (Eds.), *The Tomato Crop: A scientific basis for improvement* (pp. 511-557). Dordrecht: Springer Netherlands.

Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide Dismutases: I. Occurrence in Higher Plants 1 2. *Plant Physiology,* 59(2), 309-314. https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309

Henmi, T., Miyao, M., & Yamamoto, Y. (2004). Release and Reactive-Oxygen-Mediated Damage of the Oxygen-Evolving Complex Subunits of PSII during Photoinhibition. *Plant and Cell Physiology,* 45(2), 243-250. https://doi.org/10.1093/pcp/pch027

Li, R.-h., Guo, P.-g., Michael, B., Stefania, G., & Salvatore, C. (2006). Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agricultural Sciences in China,* 5(10), 751-757. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60120-X

Martinez, P., & Abad, M. (1992). *Soilless culture of tomato in different mineral substrates.* Paper presented at the Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates 323.

Meric, M. K., Tuzel, I. H., Tuzel, Y., & Oztekin, G. B. (2011). Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture. *Agricultural Water Management,* 99(1), 19-25. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08

.004
Noguera, P., Abad, M., Noguera, V., Puchades, R., & Maquieira, A. (2000). Coconut coir waste, A new and viable ecological-friendly prat substitute.
Paknejad, F., Nasri, M., Moghadam, H. T., Zahedi, H., & Alahmadi, M. J. (2007). Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *J Biol Sci,* 7(6), 841-847.
Rahman, M. J., Quamruzzaman, M., Uddain, J., Sarkar, M. D., Islam, M. Z., Zakia, M. Z., & Subramaniam, S. (2018). Photosynthetic Response and Antioxidant Content of Hydroponic Bitter Gourd as Influenced by Organic Substrates and Nutrient Solution. *HortScience horts, 53*(9), 1314-1318. https://doi.org/10.21273/HORTSCI13226-18
Rasul, M., Rudolph, V., & Carsky, M. (1999). Physical properties of bagasse. *Fuel,* 78(8), 905-910.
Raviv, M., Lieth, J. H., Bar-Tal, A., & Silber, A. (2008). Growing plants in soilless culture: operational conclusions. *Soilless culture: Theory and practice. Raviv, M and JH Leith (ed) Elsevier*, 545-567.
Rifna, E., Ramanan, K. R., & Mahendran, R. (2019). Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology,* 86, 95-108.
Samiei, L., KHalighi, A., Kafi, M., Samavat, S., & Arghavani, M. (2005). An investigation of substitution of peat moss with palm tree celluloid wastes in growing aglaonema (Aglaonema Commutatum Cv. Silver Queen). *Iranian J of Agri Sci,* 36(2), 503-510.
Sarkar, M. D., Rahman, M. J., Uddain, J., Quamruzzaman, M., Azad, M. O., Rahman, M. H., . . . Naznin, M. T. (2021). Estimation of Yield, Photosynthetic Rate, Biochemical, and Nutritional Content of Red Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Organic Substrates. *Plants,* 10(6). https://doi.org/10.3390/plants10061220
Shokri Fomeshkenari, M., Ghasemi, K. & Emadi, S. M. (2022). Effect of various concentration of potassium silicate on biomass, yield and silicone distribution in tomato plants. Journal of Vegetables Sciences, 11(1), 33-46. https://doi.org/10.22034/iuvs.2022.543981.1187
Soltani, E., & Soltani, A. (2015). Meta-analysis of seed priming effects on seed germination, seedling emergence and crop yield: Iranian studies. *International Journal of Plant Production,* 9(3), 413-432.
Strasser, R. J., Tsimilli-Michael, M., & Srivastava, A. (2004). Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In *Chlorophyll a fluorescence* (pp. 321-362): Springer.
Takai, T., Kondo, M., Yano, M., & Yamamoto, T. (2010). A Quantitative Trait Locus for Chlorophyll Content and its Association with Leaf Photosynthesis in Rice. *Rice,* 3(2), 172-180. https://doi.org/10.1007/s12284-010-9047-6
Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior,* 5(6), 635-643. https://doi.org/10.4161/psb.5.6.11211
Van Heerden, P. D. R., Tsimilli-Michael, M., Krüger, G. H. J., & Strasser, R. J. (2003). Dark chilling effects on soybean genotypes during vegetative development: parallel studies of CO2 assimilation, chlorophyll a fluorescence kinetics O-J-I-P and nitrogen fixation. *Physiologia Plantarum,* 117(4), 476-491. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00056.x
Velikova, V., Yordanov, I., & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science,*

151(1), 59-66. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1

Zhang, H., Xu, N., Li, X., Long, J., Sui, X., Wu, Y. (2018). Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus mosseae*) Improves Growth, Photosynthesis and Protects Photosystem II in Leaves of Lolium perenne L. in Cadmium Contaminated Soil. *Frontiers in plant science,* 9. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01156.

Zhang, X., Shen, L., Li, F., Zhang, Y., Meng, D., & Sheng, J. (2010). Up-regulating arginase contributes to amelioration of chilling stress and the antioxidant system in cherry tomato fruits. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(13), 2195-2202. https://doi.org/10.1002/jsfa.4070