Journal of Vegetables Sciences, Autumn & Winter 2023, Vol 6, No 12 (2), Pages 43-56

doi: 10.22034/iuvs.2022.553294.1205 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Evaluation of the Effects of Root Medium and Light Quality on Morphology and Nutritional Quality of Radish Microgreen

Tooba Faridi[1], Hasan Maleki-Lajayer[2*], Mousa Torabi-Giglou[3] and Rasool Heydarnejad Giglou[4]

1- Former M.Sc Student, Fculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture (Meshkin Shahr Campus), University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- Associate Professor, Fculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- Ph.D Student, Fculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

[*]**Corresponding author:** malekih135@gmail.com

(**Received:** 14 May 2022 **Reviseed:** 10 June 2022 **Accepted:** 16 June 2022)

Extended Abstract

1. Introduction: Microgreens, are tender seedlings produced from seeds of different species of vegetables, aromatic herbs and herbaceous plants, including wild edible species. Microgreens are generally harvested 7-21 days after germination, when cotyledonary leaves are fully developed, with or without the emergence of a small pair of true-leaves. Increasingly used by chefs as edible garnish, microgreens are becoming popular also for their high content of bioactive compounds. Moreover, with the development of the urban farming industry there is increasing interest in their commercial production. Despite the short growing cycle, the commercial production of microgreens requires particular attention, and the choice of the growing medium and optimizing light intensity and quality represents one of the most critical aspects of the production process. They are recognized as health-promoting foods because of containing high phytonutrients and bioactive compounds such as phenolic compounds, flavonoids, pigments, vitamins and trace minerals (Xiao *et al*., 2012). Compared to fruit and other vegetables, they contain higher phytonutrients per calorie. Moreover, many phytochemicals also have medicinal properties playing important roles against various diseases such as stroke in the brain, cancer and Cardiovascular diseases and strengthening the immune system.

2. Materials and methods: Experiments were performed at the horticultural department of university of Mohaghegh Ardabili, radish seeds were evenly broadcasted on the surface of the growing media (soil or coco-peat) in each tray. Seeds were kept under dark condition for 3 days. Every day trays were sprayed two times with deionized water. After germination, trays were subjected to different light quality conditions (red, blue, white and natural light). Air temperature ranged between18 to 20 ^{0}C. At the first appearance of the first true-leaves, 10 days after sowing, microgreens of each tray were harvested by cutting the seedling just above the surface of the growing media with a sterilized knife. Morphological and physiochemical traits including yield, height, leaf area, chlorophyll, phenolic compound, carotenoid and flavonoid content, antioxidant activity, peroxidase and ascorbate peroxidase were evaluated with 5 replications.

3. Results and discussion: Results showed that light quality and media affects growth, physiology and nutritional value of the radish microgreen. Radish microgreen also performed differently in different growth media. According to the results there was significant difference among media and light treatments with respect to yield, height and leaf area. In microgreen production yield depend on plant height, leaf area and planting density and the quality of microgreens depend on their nutritional value, antioxidant activity and exterior appearance. According to the results, seedling grown in trays filled with garden soil performed better with respected to quality and yield compared to coco-peat. Plant grown under blue and red light showed more chlorophyll, carotenoid, phenol and flavonoid content, however plant grown under natural light condition showed more antioxidant activity and leaf area. There was a positive and significant correlation between leaf area and yield per area, while the correlation between plant height and yield was not significant. So in microgreen production any treatment that affect leaf area might be recommended for better exterior look and its yield. The highest chlorophyll, carotenoid, phenol and flavonoid content achieved in plant grown under blue and red light. Moreover, the highest antioxidant enzymes activity of peroxidase and ascorbate peroxidase measured in plant grown under blue light. As there was a positive and significant correlation between enzyme activity and chlorophyll and carotenoid content, so it might be concluded that blue and red light induce chlorophyll and carotenoid production in microgreens. There was also a high correlation among plant height, enzyme activity and chlorophyll and carotenoid content.

4. Conclusion: As described above, in microgreen production the quality of microgreen depends on seedling height, greenness of the seedling leaf, leaf area, and nutritional value and so on. It is better to use combination of light sources to produce more marketable microgreen with high quality. Moreover it is recommended that any media with no or low mineral element should be mixed with organic or inorganic compound to produce high quality microgreens.

Keywords: Antioxidant activity, Coco-peat, Leaf area, Phenolic compou

Citation: Faridi, T., Maleki Lajayer, H., Torabi- giglou, M., & Heydarnajad Giglou, R. (2023). Evaluation of the effects of root medium and light quality on morphology and nutritional quality of radish microgreen. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(2), 43-56. doi: 10.22034/iuvs.2022.553294.1205.

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، سال ۶، دوره ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۵۶-۴۳

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2022.553294.1205

بررسی تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر مورفولوژی و کیفیت تغذیه‌ای میکروگرین (ریزسبزی) گیاه تربچه

طوبی فریدی[۱]، حسن ملکی‌لجایر[۲*]، موسی ترابی‌گیگلو[۳] و رسول حیدرنژادگیگلو[۴]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- دانشیار، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

***نویسنده مسئول:** malekih135@gmail.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۰۲/۲۴ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۶)

چکیده

در طول چند سال گذشته میکروگرین‌ها (ریزسبزی‌ها) در بازار ظهور کرده‌اند و به دلیل تراکم بالای عناصر غذایی در جفت اولین برگ‌های حقیقی، چرخه تولید کوتاه، کاهش هزینه تولید، برگشت سریع سرمایه، تمیز بودن و قابلیت نگهداری بالا در خرده فروشی‌ها و همچنین قابلیت تولید در شرایط خانه محبوبیت دارند. به‌منظور ارزیابی اثرات نوع بستر کشت بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریزسبزی‌های تحت تأثیر کیفیت نور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۵ تکرار در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده انجام شد. فاکتور اول شامل دو بسترکشت (خاک و کوکوپیت) و فاکتور دوم شامل طیف نوری در چهار سطح (شامل نور آبی، قرمز، سفید و نور آفتاب) بود. تأمین نورهای رنگی با کمک لامپ‌های LED تهیه شده برای این منظور انجام شد. بذور بعد از کشت به‌مدت ۳ روز تحت شرایط تاریکی قرار گرفته، سپس به مدت ۲۴ ساعت تحت نورهای LED قرار گرفتند. پس از اتمام دوره اعمال تیمار صفاتی از قبیل عملکرد، ارتفاع، سطح برگ، کلروفیل کل، فنول کل، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بستر کشت و تیمارهای نوری تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی میکروگرین‌های گیاه تربچه داشت. بذور کشت شده در ظروف حاوی خاک باغچه عملکرد و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به بذور کشت شده در بستر کوکوپیت بود. نتایج نشان داد که بیشترین سطح برگ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار نوری شرایط گلخانه به دست آمد و همبستگی مثبتی بین سطح برگ و عملکرد وجود داشت. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و رنگیزه‌های کلروفیل (۷۹٪) و کارتنوئید (۸۲٪) بود.

کلمات کلیدی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، سطح برگ، کوکوپیت، فنول.

استناد: فریدی، ط.، ملکی لجایر، ح.، ترابی گیگلو، م. و حیدرنژاد، ر. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر مورفولوژی و کیفیت تغذیه‌ای مایکروگرین گیاه تربچه. *علوم سبزی‌ها*، ۶ (۲)، ۵۶-۴۳.

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

پیشرفت روزافزون علوم در عرصه‌های مختلف و به تبع آن در حوزه‌های مختلف علوم کشاورزی به‌ویژه در بخش علوم باغبانی از یک طرف و همچنین افزایش جمعیت جهان موجب شده است که شیوه‌های جدیدی در کشت سبزی‌ها به وجود بیاید تا بدین طریق نیازهای روزمره بشر تأمین شود. یکی از این شیوه‌های جدید میکروگرین‌ها هستند. میکروگرین‌ها اشکال کوچکی از انواع گیاهان خوراکی از جمله سبزی‌ها می‌باشند که دارای سه بخش اصلی: ساقه مرکزی، دو برگ لپه‌ای و یک جفت برگ حقیقی جوان هستند (Xiao *et al.*, 2012). به بیان دیگر میکروگرین مرحله دانهالی گیاهان است (Braunstein & Pati, 2012). میکروگرین‌ها با اینکه در مرحله نونهالی هستند ولی دارای طعم‌های قوی، رنگ‌های روشن و زنده و بافت ترد و لطیفی هستند. همچنین سرشار از آنزیم‌های حیاتی، ویتامین‌ها، پروتیئن‌ها، عناصر غذایی و آنتی‌اکسیدان هستند، این فرآورده‌ها طیف گسترده‌ای تا بیش از ۱۱۵ نوع گیاه را در بر می‌گیرند. (Braunstin & Pati, 2012). اخیراً میکروگرین‌ها را به‌عنوان یک غذایی کارکردی (Functional foods) طبقه‌بندی می‌کنند، زیرا در بهبود سلامتی و پیشگیری از بیماری‌ها نیز نقش دارند (Xiao *et al.*, 2012). مطالعات محدودی در زمینه افزایش عمر پس از برداشت، بهبود ارزش غذایی، بهبود جوانه‌زنی و ضدعفونی بذر این محصولات انجام شده است.

نور از عوامل محیطی تأثیرگذار بر رشد و نمو گیاهان است و از سه طریق یعنی طول مدت تابش، شدت و کیفیت اثرات خود را روی گیاهان اعمال می‌کند (Curry *et al.*, 2013). واکنش گیاهان در برابر کیفیت و کمیت نور به عملکرد رنگدانه‌های فتوسنتزی همانند کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فیکوبلین‌ها و رنگدانه‌های گیرنده نور همانند فیتوکروم‌ها، کریپتوکروم‌ها و فتوتروپین‌ها بستگی دارد (Fukuda *et al.*, 2016). ریزسبزی‌ها در بازار سبزیجات و فروشگاه‌های مواد غذایی در داخل بسته‌بندی مناسب و در شرایط نوری مناسب به نمایش گذاشته می‌شوند. شرایط نوری موجود در گلخانه و خرده فروشی‌ها بر مورفوفیزیولوژی میکروگرین‌ها، بیوسنتز و تجمع فتوشیمیایی به‌ویژه در محیط‌های رشد کنترل شده بسیار تأثیرگذار است (Delian *et al.*, 2015). شدت و کیفیت نور نه تنها سرعت فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه تجمع و تولید ترکیبات آلی و متابولیت‌های ثانویه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به اینکه واکنش گیاهان به نور و همچنین نیاز نوری گیاهان متفاوت است لذا برای بهبود عملکرد و افزایش ارزش تغذیه‌ای آن‌ها شرایط بهینه‌ای را فراهم کرد. مطالعاتی در زمینه نقش شدت نور و کیفیت نور بر رشد و فیزیولوژی ریزسبزی‌ها انجام شده است و نتایج متفاوتی نیز حاصل شده است. برای مثال در گیاه خردل استفاده از نور سبز به‌عنوان نور تکمیلی میزان لوتئین و بتاکاروتن را افزایش داده است ولی در گیاه دیگر از این خانواده (*Brassica rapa* subsp. Chinensis) نور آبی و قرمز مناسب گزارش شده است. در مطالعه دیگری استفاده از نور ماوراء بنفش در طول موج حدود ۳۹۰ نانومتر و شدت نور ۱۲/۴ میلی‌مول در مترمربع در ثانیه فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی گونه‌ها نسبت به شاهد افزایش یافته است. در مطالعه دیگری استفاده از نور قرمز به مدت کوتاه قبل از برداشت محصول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش ولی میزان نیترات را در یک نوع میکروگرین گیاه بومی کاهش داده است (Delian *et al.*, 2015). از آنجا که رنگدانه‌های کلروفیل به‌طور عمده در طیف قرمز (۶۶۳ نانومتر و ۶۴۲ نانومتر) و آبی (۴۳۰ نانومتر و ۴۵۳ نانومتر) از نور جذب می‌شوند، این طول موج‌ها بیشترین تأثیر را بر رشد گیاه دارند (Lin *et al.*, 2013). گزارش شده است که نور قرمز ممکن است منجر به افزایش زیست توده، محتوای بالای ترکیبات فنولی، فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی، افزایش غلظت لوتئین و سینگرین و غیره شود. ضمناً، نور آبی ممکن است منجر به افزایش سنتز کلروفیل، محتویات ترکیبات فنولی و ویتامین C در گونه‌های مختلف شود (Olle & Viršil. 2013).

بسترهای کشت با تأمین مواد معدنی، نگهداری ریشه گیاه، نگهداری آب و تأمین آب مورد نیاز گیاه، نقش مهمی در رشد و کیفیت محصولات دارند. برای پرورش

میکروگرین‌ها از بسترهای آلی و معدنی مختلفی استفاده می‌شود. این بسترها باید ارزان، قابل دسترس و عاری از عوامل میکروبی باشند و برای سلامتی انسان مضر نیز نباشد. در گلخانه‌های مدرن از بستر کشت استریل و ترکیبی از ورمی‌کولیت، پرلیت و کوکوپیت استفاده می‌شود (Kou *et al*., 2013). محیط کشت مناسب باید ۸۵ درصد تخلخل، pH بین ۵/۵ تا ۶/۵، شوری کم و ظرفیت نگهداری بهینه آب (۵۵-۷۰٪) داشته باشد (Abad *et al*., 2001). محیط‌های مبتنی بر الیاف طبیعی تشکیل شده از الیاف کنفی بازیافتی، نیز توسعه یافته و در حال حاضر برای میکروگرین‌ها تجاری شده‌اند. جایگزین‌های کم‌هزینه منابع طبیعی و تجدیدپذیر (به‌عنوان مثال خمیر کاغذ سلولز، پنبه، کنف هندی، کنف و الیاف کنف بنگالی) و مخلوط مواد با ترکیب ویژگی‌های مطلوب، محیط‌های رشد بالقوه برای میکروگرین‌ها تشکیل می‌دهند (Di Gioia *et al*., 2016). این پژوهش با هدف بررسی اثرات کیفیت نور و نوع بستر کشت بر رشد و کیفیت میکروگرین تربچه انجام شد.

موارد و روش ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۹ در گلخانه و آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد.

آماده سازی نمونه‌ها

برای تهیه ماده گیاهی، بذور تربچه بعد از خیساندن در آب به مدت ۲۴ ساعت در ظروف مناسب (قطر ۲۲ سانتی‌متر) که حاوی دو نوع بستر کشت (خاک باغچه و کوکوپیت فاین) بودند، به صورت سطحی کشت شدند. مقدار بذر مصرفی برای هر سینی به دقت با ترازو وزن شده و به مقدار یکسان در سطح بستر پخش شد. بعد از آبیاری با مقدار آب یکسان، کشت‌ها در شرایط تاریکی قرار گرفتند، در این مدت بستر کشت با پلاستیک کاملاً پوشانده شده بود و هر روز دوبار برای بهبود جوانه‌زنی با مقدار آب کافی اسپری شدند. سپس گیاهان کشت شده، در معرض نور لامپ‌های LED قرمز، آبی و سفید با شدت ۶۰۰۰ لوکس و دمای ۱۸ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. آبیاری هر سینی با آب تصفیه شده با pH برابر ۷ انجام گردید.

اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی و کیفی میکروگرین

عملکرد و سطح برگ

با توجه به این اینکه در تولید میکروگرین عملکرد بالا و با کیفیت مناسب امری ضروری است، و عملکرد در تولید میکروگرین‌ها وابسته به بستر کشت، نور، کیفیت بذر، تراکم بذر و عوامل دیگر است، لذا پس از اتمام دوره آزمایش، میکروگرین‌ها توسط قیچی استریل شده از محل طوقه جدا شدند و سپس وزن هر نمونه در ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و عملکرد در واحد سطح برآورد شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از نرم افزار Image J استفاده شد.

ارتفاع بوته

با توجه به اینکه گیاهانی با ارتفاع کوتاه و قوی در کشت میکروگرین یک شاخص کیفی مهم محسوب می‌شود لذا برای این منظور چند نمونه از میکروگرین‌های موجود در هر سینی به صورت تصادفی انتخاب شده و ارتفاع بوته با خط‌کش اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های گیاهی

برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئیدها ۰/۲ گرم از برگ‌های تازه گیاه در هاون چینی که حاوی ۲ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد بود، ساییده شد تا کلروفیل وارد محلول استونی شود و سپس حدود ۲ میلی‌لیتر از عصاره استونی بدست آمده برداشته شد. محلول عصاره استونی به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید و سپس با کاغذ صافی صاف شده و جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ توسط اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 قرائت شد.

ترکیبات فنولی

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی به ۰/۵ میلی‌لیتر از

عصاره‌های مختلف رقیق شده (۱ میلی‌لیتر عصاره با متانول ۸۰ درصد به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد) مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر از محلول فولین سیوکالیتو ۱۰ درصد اضافه گردید و پس از ۳ تا ۵ دقیقه مقدار ۲ میلی‌لیتر از کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه گردید. پس از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در دمای اتاق، جذب نمونه‌ها در مقابل محلول کنترل متانول ۸۰ درصد در طول موج ۷۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 قرائت شد. جذب نمونه‌ها با منحنی استاندارد (بر حسب گالیک اسید) مقایسه و مقدار فنول کل هر عصاره بر حسب میلی‌گرم در هر گرم عصاره خشک محاسبه شد (Alhakmani *et al*., 2013).

ترکیبات فلاونوئیدی

محتوای فلاونوئید بر اساس روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید انجام شد (Chang *et al*., 2002). طبق این روش ۱/۵ میلی‌لیتر متانول و ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد با ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره و ۰/۱ میلی‌لیتر پتاسیم استات ۱مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر از آب مقطر مخلوط گردیده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد و سپس جذب آن در ۴۱۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 خوانده شد. از غلظت‌های مختلف کوئرستین جهت رسم منحنی استاندارد استفاده شد و محتوای فلاونوئید به صورت اکی‌والان‌های کوئرستین بر گرم وزن عصاره خشک بیان شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ابتدا ۲/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی نمونه مورد نظر در یک لوله‌ی آزمایشی ریخته شد. سپس به‌آن ۱ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH اضافه شد. محتویات هر لوله با ورتکس کاملاً مخلوط شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، در دمای اتاق و در تاریکی، جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۸ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (Genway 6705) در برابر بلانک حاوی متانول خوانده شد. در این روش از ویتامین C به‌عنوان کنترل مثبت استفاده شد. درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید که A0 جذب کنترل (حاوی همه اجزا واکنش‌گر بدون نمونه) و AS جذب نمونه بود. سپس نتایج بصورت IC50 (مقداری از آنتی‌اکسیدان که لازم است تا غلظت DPPH به ۵۰ درصد مقدار اولیه برسد) بیان گردید (Kondo *et al*., 2002).

$$I(\%)=100 \times (A0-As)/A0$$ معادله ۱:

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

برای استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌ها، ابتدا برگ‌های فریز شده را در هاون چینی ریخته و نیتروژن مایع به آن اضافه شد. سپس برگ‌های فریز شده به همراه نیتروژن مایع به خوبی ساییده شدند تا کاملاً خرد شوند. بعد از ساییده شدن و پودر شدن کامل ۰/۵گرم از پودر برگ آسیاب‌شده با نیتروژن مایع به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شدند. سپس یک میلی‌لیتر از بافر استخراج را به آن افزوده، نخست ورتکس شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام سانتریفیوژ با استفاده از سمپلر عصاره رویی برداشته و به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری منتقل شدند و بار دیگر عصاره‌های برداشته شده به مدت۱۰ دقیقه در دمای۴ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۴۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام سانتریفیوژ با استفاده از سمپلر عصاره رویی برداشته و به میکروتیوب‌های با همان حجم منتقل شدند. در زمان سایش برگ‌ها و سانتریفیوژ نمونه‌های دیگر، میکروتیوب-های حاوی عصاره در داخل ظرف یخ نگهداری شده و در صورت عدم استفاده به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. از این عصاره برای سنجش آنزیم‌های پراکسیداز، آسکوربات‌پراکسیداز استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز از طریق اندازه‌گیری اکسید شدن آسکوربات با اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 در طول موج ۲۹۰ نانومتر برای مدت زمان ۱ دقیقه انجام شد و واکنش آنزیمی به صورت تغییرات جذب بر زمان (OD/min) بر ظریب خاموشی $Mm^{-1}cm^{-1}$ تقسیم شد و فعالیت آنزیمی به دست آمد

(Chance & Mahley, 2008). فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از فرمول قانون لامبرت و با ضریب خاموشی گایاکول پراکسیداز $\mu M^{-1}cm^{-1}$ ۲۶/۶ محاسبه شد و فعالیت آنزیم در نهایت بر حسب µMol/g FW.min محاسبه شد (Nakano, Asada, 1981).

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۵ تکرار در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. فاکتور اول شامل منابع نوری ال ای دی با رنگ‌های آبی، قرمز، سفید و نور سفید طبیعی و فاکتور دوم شامل بسترهای کشت کوکوپیت و خاک باغچه بود. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار Spss و SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد

بررسی اثرات متقابل نور و بستر کشت بر میزان عملکرد میکروگرین‌های تربچه نشان داد که تغییرات رنگ نور در هر دو بستر کشت میزان عملکرد در میکروگرین تربچه را تحت تأثیر قرار دادند. به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد در میکروگرین تربچه کشت شده در بستر خاک تحت شرایط نور آبی (۱۴۲/۹ گرم) مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به اینکه نور آبی باعث طویل شدن طول ساقه گیاهچه‌ها شده است و احتمالا افزایش عمکرد به دست آمده به دلیل طویل شدن ساقه گیاهان بوده است. البته میانگین عملکرد گیاهان کشت شده در بستر خاک باغچه بیشتر از کشت در کوکوپیت بود، و این افزایش عملکرد در گیاهان کشت شده شرایط نور قرمز، آبی و سفید به وضوح قابل مشاهده است (شکل ۱).

ارتفاع

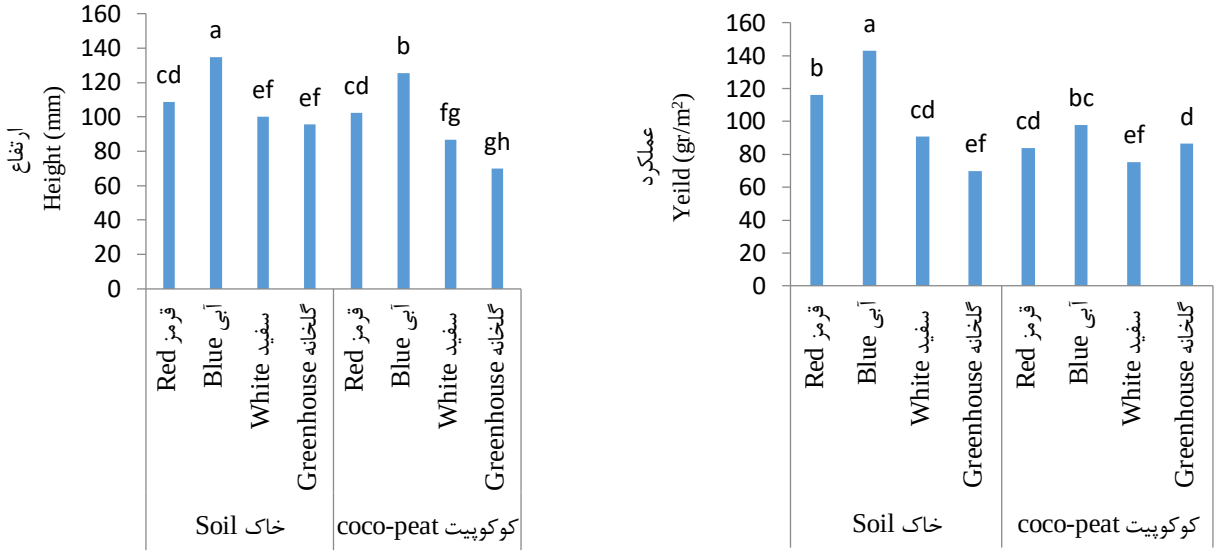
مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کشت و تیمارهای نوری بر میزان ارتفاع بوته در میکروگرین‌های تربچه نشان داد که ارتفاع بوته در میکروگرین تربچه پرورش یافته در شرایط نور قرمز بیشتر از سایر تیمارهای نوری بوده است (شکل۱). گیاهان کشت شده در شرایط نور سفید و گلخانه ارتفاع بوته کمتری داشتند. در کشت میکروگرین‌ها افزایش عملکرد بهتر است ناشی از افزایش سطح برگ و یا ضخامت ساقه گیاهچه‌ها باشد. لذا نور آبی و قرمز به نظر می‌رسد نقش مؤثری در افزایش طویل شدن ساقه و به تبع آن افزایش عملکرد شده است. به نظر می‌رسد اگر میکروگرین‌ها در شرایط گلخانه و یا در شرایط نوری ترکیبی پرورش داده شوند، گیاهچه‌های نرمال و با کیفیتی تولید خواهند کرد. زیرا میکروگرین‌های لاغر و با طول هیپوکوتیل زیاد بازارپسندی خوبی ندارند.

سطح برگ

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کشت و تیمارهای نوری نشان داد که بیشترین میزان سطح برگ در میکروگرین تربچه کشت شده در بستر خاک تحت شرایط نور گلخانه (۳۴/۲ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. بین سایر تیمارهای نوری و بستر کشت تفاوت معنی‌داری از لحاظ سطح برگ وجود نداشت (شکل ۲).

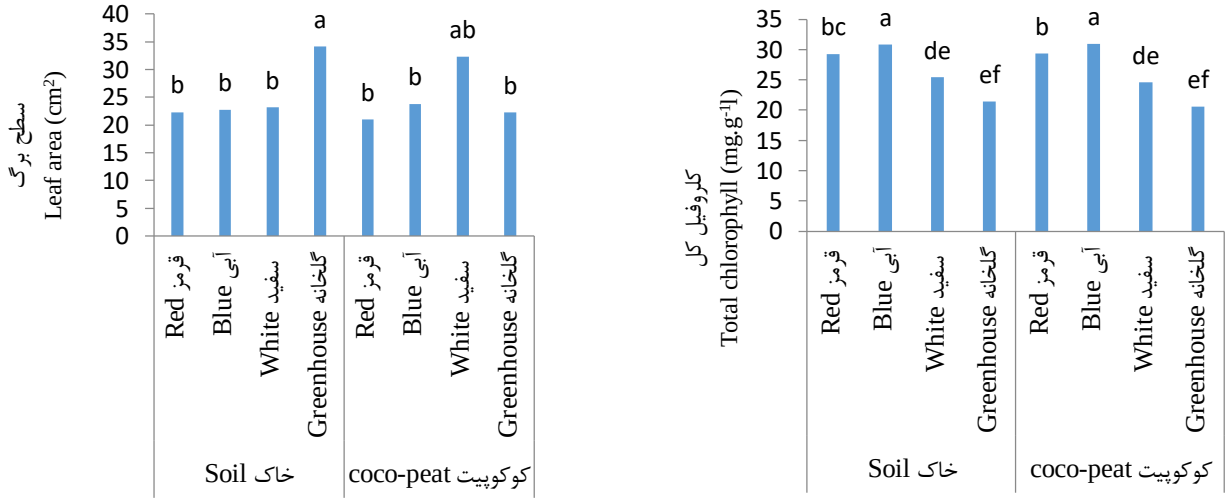
کلروفیل کل

در کشت میکروگرین تولید گیاهچه‌هایی با رنگ برگ تیره و شاداب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بیشترین میزان کلروفیل‌کل در میکروگرین تربچه کشت شده در هر دو بستر کشت، تحت شرایط نور آبی مشاهده شد. کمترین میزان کلروفیل‌کل در گیاهان پرورش یافته در شرایط نور گلخانه وجود داشت، هرچند با گیاهان پرورش یافته در زیر لامپ فلورسنت (سفید) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).



شکل ۱- تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر عملکرد و ارتفاع میکروگرین تربچه

Figure 1- The effects of root media and light quality on radish microgreen yield and height



شکل ۲- تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر سطح برگ و کلروفیل‌کل برگ میکروگرین تربچه

Figure 2- The effects of root media and light quality on radish microgreen leaf area and leaf total chlorophyll

کارتنوئید

نتایج نشان داد که میکروگرین‌های پرورش یافته در هر دو بستر، در شرایط نور آبی و قرمز میزان کارتنوئید بیشتری نسبت به گیاهان پرورش یافته در نور سفید و شرایط گلخانه داشتند. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نور و بستر کشت نشان داد که بیشترین میزان کارتنوئید در میکروگرین تربچه کشت شده در هر دو بستر کشت (کوکوپیت و خاک) و تحت شرایط نور آبی مشاهده شد (شکل۳).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کشت و تیمارهای نوری نشان داد بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میکروگرین تربچه کشت شده در هر دو بستر، تحت شرایط نور گلخانه مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در گیاهچه‌های پرورش یافته در بستر خاک، در شرایط نور سفید و در گیاهان پرورش یافته در کوکوپیت در شرایط نور قرمز مشاهده شد (شکل۳).

فنول

نتایج نشان داد که در گیاهان کشت شده در بستر خاک معمولی، میزان فنول در شرایط نور آبی و سفید بیشتر از نور قرمز و گلخانه بود و لی در گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت، میزان فنول در شرایط نور سفید و قرمز بیشتر بود. (شکل ۴).

فلاونوئید

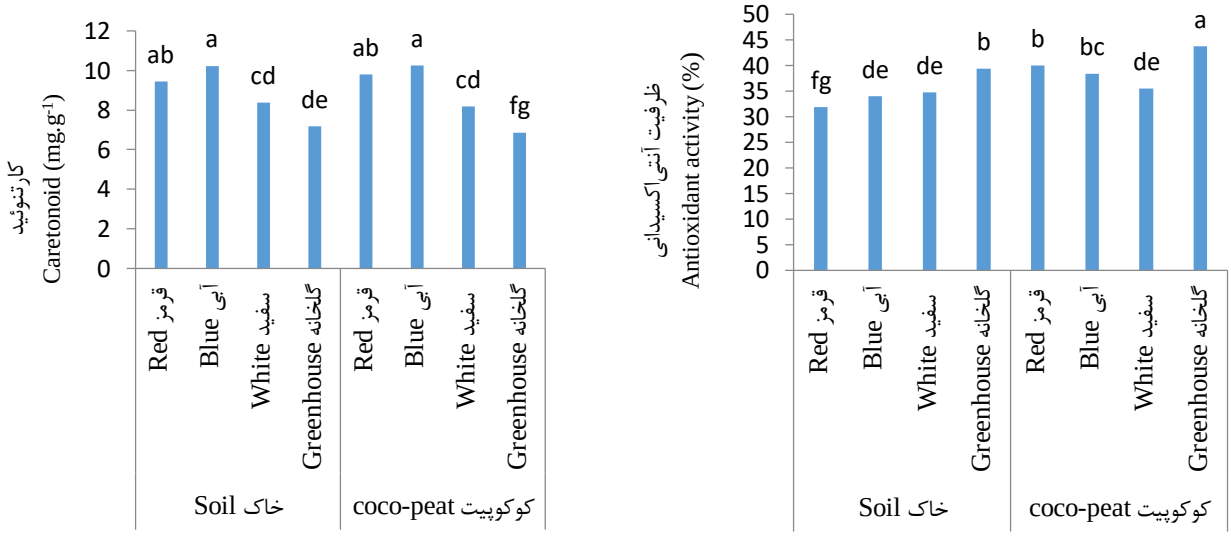
میزان فلاونوئید در گیاهان پرورش یافته در کوکوپیت در شرایط نور قرمز بیشتر از سایر تیمارهای نوری بود ولی گیاهان پرورش یافته در بستر خاک، نور آبی تأثیر بیشتری در میزان فلاونوئیدها نسبت به سایر تیمارها از خود نشان داد؛ گیاهان رشد یافته در شرایط نوری گلخانه، فلاونوئید کمتری داشتند (شکل۴).

آنزیم پراکسیداز

گیاهان پرورش یافته در هر دو بستر کشت، در شرایط نور آبی و قرمز، فعالیت آنزیم پراکسیداز بیشتری نسبت به نور سفید و گلخانه داشتند. بیشترین میزان پراکسیداز در میکروگرین تربچه کشت شده در بستر کوکوپیت تحت شرایط نور قرمز مشاهده شد (شکل ۵).

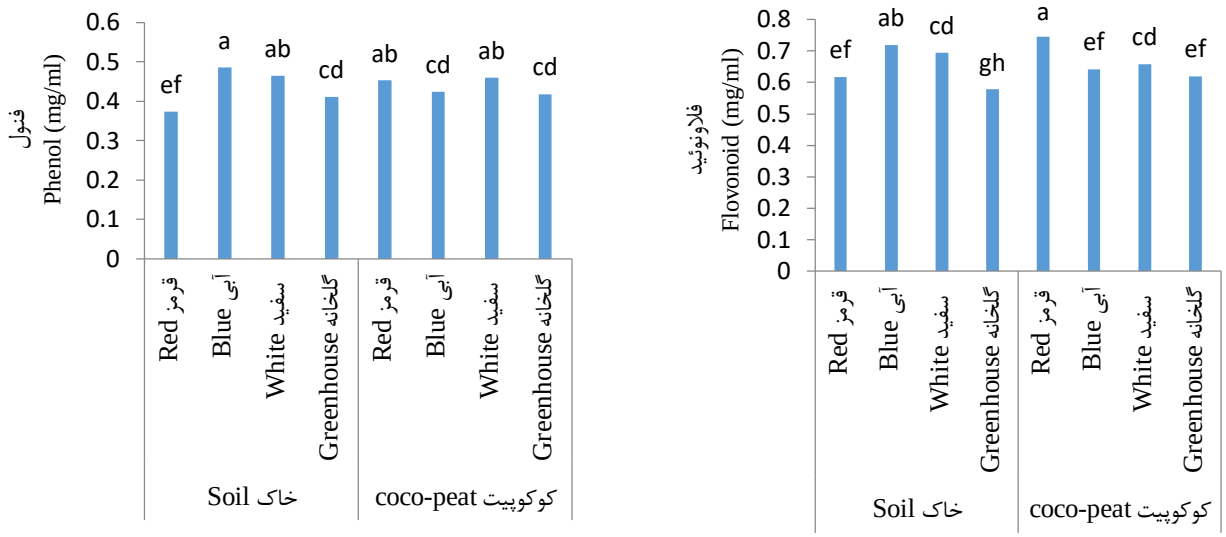
آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز

همانند آنزیم پراکسیداز، گیاهان پرورش یافته در بسترهای کشت خاکی و کوکوپیت در صورتیکه در زیر نور آبی و قرمز نگهداری شوند، فعالیت آنزیم پراکسیداز در آن‌ها بیشتر از گیاهچه‌های پرورش یافته در زیر نور سفید و گلخانه خواهد بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در میکروگرین تربچه کشت شده در بستر کوکوپیت تحت شرایط نور قرمز آبی مشاهده شد (شکل ۵).



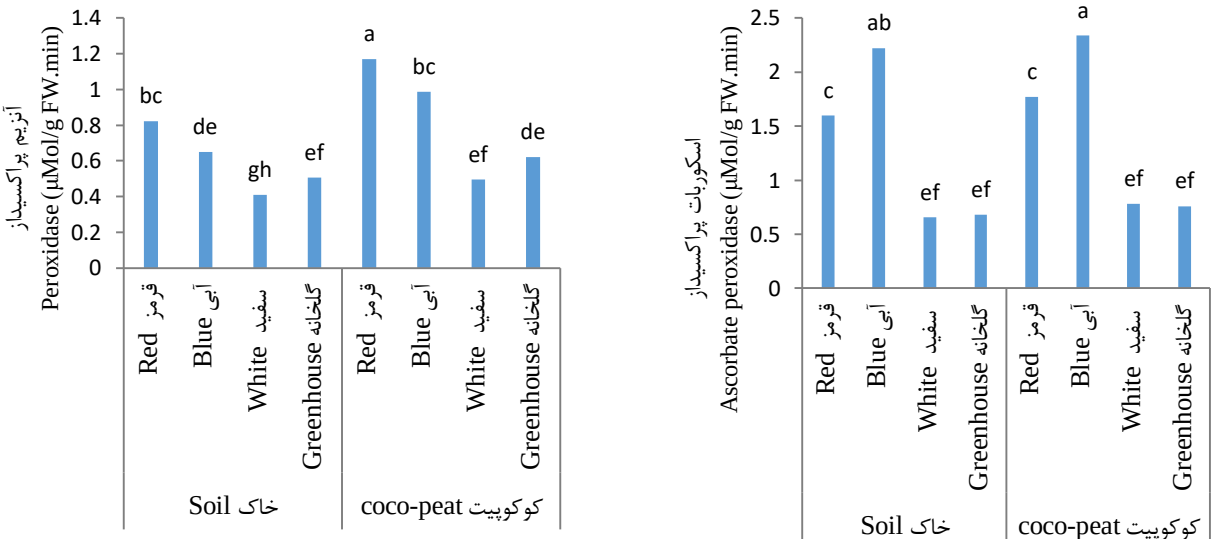
شکل ۳- تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر کارتنوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برگ میکروگرین تربچه

Figure 3- The effects of root media and light quality on radish microgreen carotenoid and antioxidant activities



شکل ۴- تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر میزان فنول و فلاونوئید برگ میکروگرین تربچه

Figure 4- The effects of root media and light quality on radish microgreen leaf phenol and flavonoid content



شکل ۵- تأثیر بستر کشت و کیفیت نور بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان میکروگرین تربچه

Figure 5- The effects of root media and light quality on radish microgreen antioxidant enzymes activity

ضرایب همبستگی ساده صفات در میکروگرین‌های تربچه نشان داد که همبستگی بالایی بین صفات اندازه‌گیری شده در میکروگرین‌های تربچه در بسترهای مختلف کشت تحت تیمار رژیم‌های مختلف نوری وجود داشت. بین فلاونوئید، کارتنوئید و کلروفیل کل همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. علاوه بر این ارتفاع نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با کارتنوئید، کلروفیل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان داد که مشخص می‌کند گیاهانی که کلروفیل کل و کارتنوئید بالایی داشته‌اند، دارای ارتفاع بیشتر و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند. همانطور که مشاهده می‌شود افزایش عملکرد در میکروگرین‌ها بیشتر ناشی

از افزایش سطح برگ بوده است و ارتفاع همبستگی معنی‌داری با عملکرد نداشته است و این نشان می‌دهد برای افزایش عملکرد میکروگرین‌ها باید گیاهان طوری پرورش داده شوند که سطح برگ بیشتری داشته باشند. همچنین گیاهان لاغر با ارتفاع بیشتر علاوه معمولاً ظاهر خوبی نداشته و بازارپسندی خوبی ندارند. در میکروگرین‌های تربچه تحت تأثیر بسترهای کشت و رژیم‌های نوری بیشترین میزان همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آنزیم‌های مورد اندازه‌گیری با میزان کلروفیل‌کل، کارتنوئید، ارتفاع و عملکرد وجود داشت که نشان می‌دهد گیاهانی که فعالیت آنزیمی بالایی داشته‌اند، عملکرد و شرایط ظاهری بهتری نیز داشته‌اند (جدول ۱).

جدول ۱- همبستگی بین صفات میکروگرین‌های تربچه تحت تأثیر بسترهای کشت و رژیم‌های نوری
Table 2- Correlation between traits in radish microgreen under media and light quality treatments

	کلروفیل Chlorophyll	کارتنوئید carotenoid	سطح برگ Leaf area	آنتی‌اکسیدان antioxidant	فنول phenol	فلاونوئید flavonoid	ارتفاع height	عملکرد yield	پراکسیداز peroxidase
کلروفیل chlorophyll	1								
کارتنوئید carotenoid	0.63**	1							
سطح برگ Leaf area	0.38	0.38	1						
آنتی‌اکسیدان antioxidant	-0.22	-0.22	0.13	1					
فنول phenol	-0.14	0.14	0.16	0.09	1				
فلاونوئید flavonoid	0.43**	0.45**	0.35	0.14	0.17	1			
ارتفاع height	0.7**	0.7**	0.28	0.44**	0.09	0.35	1		
عملکرد yield	0.38	0.38	0.44*	0.23	0.32	0.15	0.38	1	
پراکسیداز peroxidase	0.56**	0.56**	0.44	0.31	0.08	0.39*	0.55**	0.49**	1
آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	0.79**	0.82**	0.27	0.19	0.20	0.34	0.58**	0.53**	0.34

بحث

کیفیت نور و بستر کشت به‌طور مستقیم بر رشد گیاهان و ترکیبات شیمیایی تأثیر می‌گذارند. عملکرد بالا یکی از مهم‌ترین عوامل برای تولید میکروگرین است، زیرا تعیین‌کننده سودی است که پرورش دهندگان می‌توانند کسب کنند و در نتیجه انگیزه ادامه کسب وکار را تعیین می‌کند و معمولاً عملکرد در میکروگرین-ها وابسته به تراکم کاشت، ارتفاع بوته و سطح برگ می‌باشد. در این مطالعه مشاهده شد که تأثیر سطح برگ بر افزایش عملکرد بیشتر از ارتفاع بوته است (جدول ۱) است، همچنین، برای میکروگرین‌ها، طول هیپوکوتیل بلندتر در مقابل کوتاه‌تر برای برداشت

مکانیکی آسان‌تر است ولی ارتفاع زیاد در میکروگرین‌ها همیشه یک شاخص مطلوب نیست، در اکثر مواقع سطح برگ بیشتر به‌عنوان شاخص مطلوب محسوب می‌شود و بهتر است عملکرد بالا ناشی از افزایش سطح برگ باشد. علاوه بر این، برگ‌های بزرگ‌تر با رنگ سبز تیره‌تر یا قرمز روشن‌تر از لحاظ ظاهری جذاب‌تر هستند، گرچه ممکن است بر اساس ترجیحات شخصی متفاوت باشد. در این پژوهش مشاهده شد که ارتفاع بوته و عملکرد در گیاهان تیمار شده با نور قرمز و آبی بیشتر از سایر تیمارها است ولی سطح برگ در گیاهان پرورش یافته در شرایط نور طبیعی و در بستر کشت خاکی بیشتر بود. مطالعات مشابه قبلی نیز نشان داده است که در مقایسه با نور ترکیبی قرمز و آبی، نور آبی به تنهایی می‌تواند به طور قابل‌توجهی طول هیپوکوتیل جوانه‌های گندم سیاه را افزایش دهد (Lee *et al*., 2014). همچنین در پژوهشی دیگر عنوان شد که نور آبی و نور قرمز هر دو در مقایسه با نور سفید طول ساقه میکروگرین نخود را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهند (Wu *et al*., 2007). در مطالعه دیگری نیز گزارش شده است که نور آبی توانسته است رشد، سطح برگ، وزن تر را افزایش دهد (Lobiuc *et al*., 2017).

در این پژوهش همچنین مشاهده شد که میزان کلروفیل‌کل و کارتنوئید نیز با تغییر ترکیب نور تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بین بسترهای کشت از لحاظ میزان کارتنوئید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی میکروگرین‌های پرورش یافته در هر دو بستر، در شرایط نور آبی (کلروفیل و کارتنوئید) و قرمز (فقط کارتنوئید) مقادیر بیشتری نسبت به گیاهان پرورش یافته در نور سفید و شرایط گلخانه داشتند (Lobiuc *et al*., 2017). در مطالعه‌ای که روی میکروگرین آمارانتوس انجام شده نشان داده شده است که نور آبی باعث افزایش کلروفیل و آنتوسیانین در میکروگرین آمارانتوس می‌شود. مکانیسم افزایش میزان رنگیزه‌های کلروفیلی می‌تواند به قابلیت تغییر ترکیب نوری در افزایش جذب عناصر معدنی ربط داده شود، به‌طوری‌که در پژوهشی گزارش شده است که نور آبی می‌تواند قابلیت جذب عناصر منیزیوم، آهن و پتاسیم را در میکروگرین‌ها افزایش دهد. همچنین افزایش میزان بتاکاروتن نیز در این پژوهش گزارش شده است. استفاده از نور قرمز به‌عنوان نور تکمیلی نیز میزان کلسیم، پتاسیم، منیزیوم و گوگرد را در میکروگرین چغندر افزایش داده است (Brazaityt˙*et al*., 2018).

در مطالعه حاضر همچنین مشاهده شد که محتوی فنول، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان با تغییر ترکیب نور و بستر کشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین همبستگی مثبتی بین میزان کلروفیل‌کل، کارتنوئید و فلاونوئید با فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مشاهده شد. لذا تغییر در ترکیب نور و بستر کشت می‌تواند کیفیت تغذیه‌ای میکروگرین‌ها را بهبود بخشد. مطالعات زیادی در همین راستا انجام شده است و مشخص شده است که گونه گیاهی و حتی واریته‌های گیاهی پاسخ‌های متفاوتی نسبت به تغییر ترکیب نوری دارند. لذا نیازمند مطالعات دقیق و منحصر به گونه برای رسیدن به نتیجه مطلوب لازم است. برای مثال گزارش شده است که پاسخ گیاهان به نور قرمز و آبی با توجه به تجمع ترکیبات فنولی به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها، گونه‌ها و شرایط کشت هستند. برای مثال در گیاه *Valerianella locusta* فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاربرد نور قرمز افزایش ولی در گیاه گشنیز کاهش یافته است (Naznin *et al*., 2016). در حالی که بیش‌ترین محتوای فنولی در ساقه‌ها و برگ‌های گوجه‌فرنگی تحت نور آبی گزارش شده است (Kim *et al*., 2013). در مطالعه‌ای که در خصوص جوانه‌های کلم‌چینی انجام شده است نیز گزارش شده است، بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در جوانه‌های رشد یافته تحت نور آبی مشاهده شد که با افزایش در تغییر محتوای آنتوسیانین همراه بود (Qian, *et al*., 2016).

از لحاظ بستر کشت نیز مشاهده شد که گیاهچه-های کشت شده در خاک باغچه نسبت به کوکوپیت عملکرد در واحد سطح و ارزش تغذیه‌ای بهتری داشتند. محیط کشت پیت و بسترهای بر پایه‌ی پیت، بیشترین

کاربرد را برای میکروگرین‌ها دارند. الیاف نارگیل یک جایگزین برای پیت مشتق‌شده از منابع تجدید پذیر است اما دارای خواص متغیر و اغلب دارای محتوای نمک بالا و آلودگی‌های قارچی و باکتریایی می‌باشد، در بررسی اثرات بسترهای مختلف (پیت، sure to grow@، textile fiber mat و Jute knauf mat) بر رشد، آلودگی میکروبی و عملکرد نوعی میکروگرین گزارش شد که عملکرد در بذور کشت شده روی بستر sure to grow@ کمتر از سایر ترکیبات است ولی در گیاهان کشت روی بستر پیت آلودگی زیادی مشاهده شد که در سایر بسترها آلودگی میکروبی مشاهده نشد (Di diogia *et al*., 2016). در مطالعه دیگری نیز در بررسی ترکیبات مختلف به‌عنوان بستر کشت گزارش شد که گونه گیاهی مختلف واکنش مختلفی نسبت به نوع بستر کشت دارند، به‌طوری‌که در گیاه اسفناج بستر کشت پیت و کوکوپیت بیشترین عملکرد را داشته ولی در گیاه تربچه و خردل ترکیبی از کوکوپیت و پسماند نیشکر عملکرد بالایی را داشتند (Muchjajib *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به به اینکه بیشترین سطح برگ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار نوری شرایط گلخانه به دست آمده است و همبستگی مثبتی بین سطح برگ و عملکرد وجود داشته است، به‌نظر می‌رسد که بهتر است میکروگرین‌ها در شرایط نوری طبیعی برای داشتن عملکرد خوب و میکروگرین‌های با ظاهر خوب کشت شوند. از لحاظ بستر کشت نیز خاک باغچه نسبت به کوکوپیت ترجیح داده می‌شود.

References

- Abad, M., Noguera, P. & Bur_es, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77, 197-200.
- Alhakmani, F., Kumar, S. & Khan, S. A. (2013). Estimation of total phenolic content, in–vitro antioxidant and anti–inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3, 623–627.
- Brazaityt˙e, A., Va˘stakait˙e, v., Vir˘sil˙e, A., Jankauskien˙e, J., Samuolien˙e, G., Sakalauskien, E. & Duchovskis, P. (2018). Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse. *Acta Horticulturae*, 1227, 507–516.
- Chance, B., & Maehly, C. (1955). Assay of catalase and peroxidase. *Methods in Enzymology* 211, 764–775.
- Chang, J., Luo, J. & He, G. (2009). Regulation of polyphenols aumulation by combined overexpression/silencing key enzymes of phyenyl propanoid pathway. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica.* 41(2), 123-130.
- Currey, J. & R.G. Lopez. (2013). Cuttings of impatient, pelargonium and petunia propagated under light-emitting diodes and high-pressure sodium lamp have comparable growth, morphology, gas exchange and post-transplant performance. *HortScience.* 48(4), 428-434.
- Delian, E., Chira, A., Bădulescu, L. & Chira L (2015). Insights into microgreens physiology. Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LIX, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest.
- Delian, E., Chira, A., Badulesu, L., & Chira, L. (2015).Insight in to microgreens physiology. *Horticulture*,

447-454.
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P. & Serio, F. (2016). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alterative growing media for the production of rapini (*Brassia rapa* L.) Microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7852.
- Fukuda, N., Ajima, C., Yukawa, T. & Olsen, J. (2016). Antagonistic action of blue and red light on shoot elongation in petunia depends on gibberellin, but the effects on flowering are not generally linked to gibberellin. *Environmental Experiment*. 121, 102-111.
- Kim, K., Kook, H.-S., Jang, Y.-J., Lee, W.-H., Kamala-Kannan, S., Chae, J.-C., & Lee, K. (2013). The effect of blue-light-emitting diodes on antioxidant properties and resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*. 4, 4-9.
- Kondo, S., Tsuda, K., Muto, N., & Ueda, J. E. (2002). Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96(1- 4), 177-185.
- Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E. R., Lester, G. E., Wang, Q. & Camp, M.J. (2013). Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *Food Science and Technology*. 51, 73-78.
- Lee, S.W., Seo, J. M., Lee, M. K., Chun, J. H., Antonisamy, P., & Arasu, M. (2014). Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts. *Industrial Crops and Products*, 54, 320–326.
- Li, Q. & Kubota, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 5-64.
- Lin, K.H.; Huang, M.Y.; Huang, W.D.; Hsu, M.H.; Yang, Z.W. and Yang, C.M. (2013). The effects of red, blue, and White light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitate). *Scientia Horticulture*. 150, 86-91.
- Lobiuc, A., Vasilache, V., Pintilie, O., Stoleru, T., Burducea, M., & Oroian, M. (2017). Blue and red led illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum Basilicum* L. microgreens. *Molecules*, 22, 2111.
- Muchjajib, U., Muchjajib, S., Suknikom, S., & Butsai, J. (2015). Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. *Acta Horticulturae*, 1102, 157e162.
- Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology*, 22, 867-880.
- Naznin, M. T., Lefsrud, M., Grave, V. & Hao, X. (2016). Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties. *Actaortic*. 1134, 223-229.
- Olle, M. & Viršile, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agriculture and Food Science*, 22, 223-234.
- Qian, H., Liu, T., Deng, M., Miao, H., Cai, C., Shen, W. & Wang, Q. (2016). Effects of light quality on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of *Chinese kale* sprouts. *Food Chemistry*, 196, 1232-1238.
- Wu, M. C., Hou, C. Y., Jiang, C. M., Wang, Y. T., Wang, C. Y., Chen, H. H. & Chang, H. M. (2007). A

novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, 101, 1753–1758.

- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y. & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of Agriculture and. Food Chemistry*. 60, 7644-7651.