

The effect of LED light and elicitation with Selenium and Iodine on growth traits and quality characteristics of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* var. *cinnamon*)

Afsaneh Noorzaei¹, Maryam Rahimi^{2*} , Dariush Ramezan²,
Zeynab Mohkami³, Yusuf Farrokhzad⁴

¹ Master's degree graduated, Department of Horticultural Sciences and Green Space, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

² Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Green Space, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran,
Email: mrahimi@uoaz.ac.ir

³ Department of Agriculture and Plant Breeding, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Article type:

Research article

Abstract

Recent studies have shown that LED lighting can enhance the accumulation of anthocyanins and flavonoids in plants. To evaluate the horticultural and nutritional characteristics of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* cv. Cinnamon) under supplementary blue light and elicitation with Selenium and Iodine, a factorial study was conducted using a randomized complete block design with three replications. The test factors included LED light, foliar spraying with Selenium and Iodine at levels of 0, 2, 4, and 6 ppm (total of 96 test units). After sowing the seeds in seedling trays and allowing the seedlings to grow 4 leaves, they were transferred to pots and placed under blue light conditions. Selenium and iodine fertilizers were then dissolved in water at concentrations of 0, 2, 4, and 6 ppm and applied to the plants as fertilizer-irrigation. The results of data analysis showed that Iodine treatment (at a concentration of 4 ppm) in the presence of LED light had the highest total chlorophyll content (21.36 µg/g wet weight). Additionally, the highest flavonoid (2.79 mg Q/g D.W.) and total phenol content (219.49 mg GA/g D.W.) were also obtained with Iodine elicitation (at a concentration of 4 ppm) in the presence of LED light. The combined treatment of Selenium and Iodine (both at a concentration of 6 ppm) in the presence of LED light resulted in the highest leaf potassium content (9323.3 µg/g D.W.) and the highest leaf phosphorus content (1.87 µg/g D.W.) was measured with the 4ppm iodine treatment in the presence of LED light. A positive and significant correlation was observed between the total phenol content trait and soluble carbohydrate content (0.78), chlorophyll a content (0.50), chlorophyll b content (0.74), total chlorophyll content (0.60), carotenoid content (0.56), and phosphorus content (0.82). This study found that the presence of light improved chlorophyll activity and consequently increased chlorophyll content. The results of this study suggest that supplementary light (LED) and elicitation with selenium and iodine have a positive effect on the morphological and phytochemical traits of basil. Based on these findings, the use of supplementary light and the application of Selenium and Iodine in greenhouses is recommended to improve the yield and quality of basil plants.

Article history

Received: 2025-01-16

Revised: 2025-03-15

Accepted: 2025-03-26

Keywords

Nutritional value

Basil

Greenhouse

supplemental light

Cite this article as: Noorzaei, A., Rahimi, M., Ramezan, D., Mohkami, Z., Farrokhzad, Y. (2025). The effect of LED light and elicitation with Selenium and Iodine on growth traits and quality characteristics of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* var. *cinnamon*). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 13(1): 91-110.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

Doi: <https://doi.org/10.71847/pgqs-jv78/ejmp.2025.1202309>

اثر تابش نور LED و محلول پاشی با سلینیوم و ید بر صفات رشدی و خصوصیات کیفی گیاه ریحان دارچینی (*Ocimum basilicum* var. *cinnamom*)

افسانه نورزایی^۱، مریم رحیمی^{۱*}، داریوش رمضان^۱، زینب محکمی^۲، یوسف فرخزاد^۳

^۱ گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: mrahimi@uoz.ac.ir

^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

^۳ گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

تحقیقات اخیر بیانگر تأثیر نورپردازی LED بر تجمع آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان بوده است. تأثیر تابش نور LED به همراه محلول پاشی سلینیوم و ید بر رشد و ترکیب بیوشیمیایی ریحان دارچینی تا حد زیادی ناشناخته مانده است. برای این منظور، مطالعه‌ای به صورت فاکتوریل سه عاملی (نور LED، محلول پاشی سلینیوم و ید با غلظت‌های ۰، ۲، ۴ و ۶ میلی گرم/لیتر) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار (مجموع ۹۶ واحد آزمایش) در گلخانه پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به اجرا درآمد. نشاءها در مرحله ۴ برگه به گلدان‌های اصلی انتقال یافته و محلول‌های سلینیوم و ید در سه تکرار بر گیاهان محلول پاشی شد. پس از ورود ۹۰ درصد بوته‌ها به فاز گلدهی، برداشت شده و پارامترهای آزمایش اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل کل (۳۶/۲۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) در بوته‌های ریحان دارچینی محلول پاشی شده با ید (غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) و در معرض نور تکمیلی LED حاصل شد. همچنین بیشترین محتوای فلاونوئید (۲/۷۹ میلی گرم کوئرستین/گرم ماده خشک) و فنل کل (۲۱۹/۴۹ میلی گرم گالیک اسید/گرم ماده خشک) در تیمار ۴ میلی گرم/لیتر ید در حضور نور LED حاصل گردید. بالاترین مقادیر پتاسیم (مقادیر ۹۳۲۳/۳ میکروگرم/گرم ماده خشک) و فسفر (۱/۸۷ میکروگرم/گرم ماده خشک) برگ ریحان دارچینی در تیمار محلول پاشی ترکیبی با سلینیوم ۶ میلی گرم/لیتر + ید ۶ میلی گرم/لیتر + تابش نور تکمیلی LED سنجش شد. همبستگی مثبت و معناداری بین صفت محتوای فنل کل و محتوای کربوهیدرات محلول (۰/۷۸)، محتوای کلروفیل a (۰/۵۰)، محتوای کلروفیل b (۰/۷۴)، محتوای کلروفیل کل (۰/۶۰)، محتوای کارتنوئید (۰/۵۶) و محتوای فسفر (۰/۸۲) مشاهده شد. به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثر استفاده از نور تکمیلی (LED) و محلول پاشی با سلینیوم و ید بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی ریحان دارچینی مثبت است. با توجه به نتایج به دست آمده استفاده از نور تکمیلی و کاربرد سلینیوم و ید در گلخانه‌ها، در راستای بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان پیشنهاد می‌گردد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۰۶

واژه‌های کلیدی:

ارزش تغذیه‌ای

ریحان

گلخانه

نور تکمیلی

استاد: نورزایی، افسانه؛ رحیمی، مریم؛ رمضان، داریوش؛ محکمی، زینب؛ فرخزاد، یوسف. (۱۴۰۴). اثر تابش نور LED و محلول پاشی با سلینیوم و ید بر صفات رشدی و خصوصیات کیفی گیاه ریحان دارچینی (*Ocimum basilicum* var. *cinnamom*). فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۳(۱)، ۹۱-۱۱۰.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

Doi: <https://doi.org/10.71847/pgqs-jv78/ejmp.2025.1202309>

© نویسنده‌گان.



مقدمه

اهمیت سبزی‌ها در رژیم غذایی بشر به خاطر کالری و چربی پایین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای آنهاست. اصلاح‌گران گیاهی اغلب برای سرعت بخشیدن به برنامه‌های اصلاحی خود، گیاهان را در محیط‌های کنترل‌شده و غیروابسته به شرایط آب و هوایی منطقه نظیر گلخانه‌ها پرورش می‌دهند. استفاده از نور تکمیلی در علوم باغبانی با هدف بهبود رشد و نمو گیاهان از حدود یک قرن پیش مورد استفاده قرار گرفته است (Wallace and Both, 2016). بهره‌برداری از لامپ‌های LED کارایی کاشت گیاهان را در محیط‌های کنترل‌شده افزایش می‌دهد (Singh et al., 2015). از مزایای استفاده از LED در گلخانه‌ها مصرف پایین انرژی، طول عمر بالا و توزیع پایدار و مناسب طیف نوری است (Yeh and Chung, 2009). در تولید تجاری سبزیجات برگی، میوه‌ها و سایر محصولات باغبانی، سیستم‌های نور تکمیلی جهت افزایش بهره‌وری و کیفیت گیاهان در طول سال، استفاده می‌شود (Monostori et al., 2018).

از مزایای ویژه LEDها در سیستم‌های گلخانه‌ای این است که به راحتی می‌توان طیف خروجی و شدت نور را کنترل نمود (Mitchell et al., 2015). استفاده از نور تکمیلی LED برای پرورش گیاهان اولین بار در دهه ۱۹۹۰ مطرح شد؛ هر چند در سال‌های اخیر گزارشات متعددی در این زمینه منتشر شده است. از آنجاکه نتایج متنوعی از کاربرد نور تکمیلی در پرورش انواع گونه‌ها و واریته‌های گیاهی ارائه شده؛ لیکن هنوز مدل روشنایی خاصی به طور ایده‌آل برای محصولات باغبانی در مراحل مختلف رشد عرضه نشده است.

جنس *Ocimum* به خانواده گیاهی نعناعیان (Lamiaceae) تعلق داشته و دارای ۱۵۰ گونه است (Simon et al., 1999). در بین این ۱۵۰ گونه *O.*

basilicum به دلیل خواص دارویی متعدد و بی‌نظیر بسیار پرکاربردتر است. این گیاه در اقصی نقاط دنیا به عنوان گیاه چندساله علفی کشت می‌گردد؛ اگرچه موطن اصلی آن آسیا است. این گیاه در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از قبیل: اختلالات قلبی-عروقی، دیابت، دردهای قاعدگی، اختلالات گوارشی، اختلالات عصبی و سرطان کاربرد دارد (Purushothaman et al., 2018). از طرفی بخاطر عطر خاصش در صنایع غذایی، آشپزی و تولید عطرهای تجاری نیز استفاده می‌گردد. اسانس ریحان به عنوان نگهدارنده طبیعی در صنایع تبدیلی به کار برده شده است (Makinen et al., 1999; Suppakul et al., 2003; Nguyen and Niemeyer, 2008).

استفاده از تکنولوژی‌های نوری LED در زنجیره تولید محصولات گلخانه‌ای، باعث ظهور انقلاب عظیمی در محیط‌های کنترل‌شده شده است (Gómez and Izzo, 2018). گزارشات حاکی از آن است که استفاده از LED آبی‌رنگ در باز شدن روزنه‌ها (Baroli et al., 2008; Wu et al., 2007)، افزایش طول ساقه (Hernández and Kubota, 2012) و تجمع رنگدانه‌های محافظ نور (Taulavuori et al., 2016) موثر هستند. همچنین استفاده از نورهای تکمیلی نقش مهیج در تولید بعضی متابولیت‌های ثانویه، نظیر اسانس‌ها و پلی فنول‌ها دارند. به‌طوریکه کمیت و مدت قرار گرفتن گیاهان در معرض طیف نوری فرابنفش یا آبی منجر به افزایش تجمع این گروه از ترکیبات شده است (Blande et al., 2014; Dixon and Paiva, 1995; Kopsell et al., 2015; Taulavuori et al., 2016). بنابراین این مسیرهای سیگنالینگ را می‌توان از طریق روشنایی مکمل هدفمند با طیف‌های خاص مانند نور فرابنفش یا آبی ارتقاء داد (Fraszczak et al., 2014). یکی از عناصر نادر در گروه ششم جدول تناوبی سلنیوم با عدد اتمی

فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان موثر است (Medrano-Macías et al., 2016; Gonzali et al., 2017).

محققان اذعان داشتند که محلول پاشی ید بر بوته-های کاهو که تحت شرایط تنش خشکی رشد یافته-اند؛ زیست توده و محتوای قند محلول را افزایش داده است؛ در حالیکه غلظت یون‌های کلر و سدیم کاهش یافته است. از طرفی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و آسکوربات پراکسیداز بالا رفته است (Leyva et al., 2011). تاکنون گزارشی در مورد اثرات ترکیبی LED، ید و سلنیوم بر گیاه دارویی ریحان دارچینی وجود ندارد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر نور آبی تکمیلی و تغذیه با سلنیوم و ید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و تجمع عناصر فسفر و پتاسیم گیاه ریحان دارچینی می‌باشد؛ که می‌تواند نقش مثبت این عوامل را بر ویژگی‌های مختلف ریحان دارچینی به اثبات برساند.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تقویت زیستی با سلنیوم و ید در حضور نور آبی تکمیلی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه ریحان دارچینی (*Ocimum basilicum* cv. *cinnamon*) پژوهشی به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به اجرا درآمد. موقعیت جغرافیایی محل تحقیق ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی بوده و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا قرار دارد. در این پژوهش، برخی صفات مورفولوژیک (ارتفاع گیاه، سطح برگ، عملکرد تر و خشک بوته)، فیزیولوژیکی

است (Freman et al., 2006). اشکال طبیعی این عنصر یعنی سلنات (Selenate) و سلنیت (Selenite) در رسوبات آتشفشانی و منابع اتمسفری پیدا شده است (Srivastava et al., 2009). سلنیوم در غلظت-های پایین، نقش حفاظتی قابل توجهی برای گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی، گونه‌های فعال اکسیژن و فعال‌سازی سازوکارهای کاهنده تنش‌های اکسیداتیو دارد (قاسمی، ۱۳۹۶). نتایج تحقیقی نشان داده که کاربرد سلنیوم در گیاه استویا منجر به تغییر مورفولوژی شاخساره آن شده است؛ بدون آنکه از عملکرد زیست‌توده، فتوسنتز و اثرات آنتی‌اکسیدانی بکاهد (Borbély et al., 2021).

کاربرد نور تکمیلی LED و محلول پاشی با سلنیوم در گیاه کلم بروکلی، اگرچه اثر معنی‌داری بر میزان وزن تر نداشت؛ لیکن طول هیپوکوتیل کمتر، درصد رطوبت پایین‌تر و وزن خشک بیشتری در تیمار محلول پاشی با سلنیوم + کاربرد نور قرمز: آبی (با نسبت ۲:۱) حاصل شد. محتوای کارتنوئید، پروتئین محلول، قند محلول، ویتامین C، فلاونوئید کل، پلی-فنول کل، و محتوای گلوکوزینولات کل و سلنیوم آلی در تیمار ترکیبی سلنیوم و نور LED به‌طور چشمگیری افزایش یافت. علاوه بر این هیت‌مپ و تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که جوانه‌های کلم بروکلی تحت تیمار محلول پاشی با سلنیوم + نور قرمز: آبی (۲:۱) در مقایسه با سایر تیمارها دارای کیفیت غذایی بالاتر و ترکیبات سالم بیشتری هستند (He et al., 2020).

طی سالیان اخیر، پژوهش‌ها در مورد بررسی نقش ید در گیاهان فزونی یافته است. در این مطالعات اشاره شده که محتوای ید در گیاهان، به عنوان یک محرک زیستی، می‌تواند بر سلامت انسان و حیوانات موثر باشد (Medrano-Macías et al., 2016; Gonzali et al., 2017). مشخص شده که ید در فرآیندهای

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی: جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل و کارتنوئید از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۱ گرم برگ تازه توزین شده و با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد و ۰/۱ گرم منیزیم اکسید درون هاون چینی کاملاً ساییده شده و در نهایت با سرعت ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس میزان جذب محلول فوقانی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Jenway ساخت کشور انگلستان) در طول‌های موج ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر به‌ترتیب برای سنجش میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید قرائت شد. محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید (برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر) با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

(۱):

$$\text{Chla (mg mL}^{-1}\text{)} = (12.25 \times A663) - (2.79 \times A646)$$

(۲):

$$\text{Chlb (mg mL}^{-1}\text{)} = (21.21 \times A646) - (5 \times A663)$$

(۳):

$$\text{Ch total} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

(۴):

$$\text{Carotenoid (mg mL}^{-1}\text{)} = ((1000 \times A470) - (1.8 \times \text{Chla})) - (85.02 \times \text{Chlb}) / 198$$

محتوای کربوهیدرات محلول: برای اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات‌های محلول، ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ توزین و با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در هاون چینی به خوبی ساییده شد. سپس عصاره رویی را در فالتون ریخته و ته‌مانده برگ‌گی دوباره با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ ساییده و به فالتون

(محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و کارتنوئید) و فیتوشیمیایی (محتوای فلاونوئید و فنل کل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی)، محتوای عناصر فسفر و پتاسیم و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه ریحان دارچینی اندازه‌گیری گردید.

ابتدا بذره‌ای خریداری شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در سینی نشا حاوی کوکوپیت: پرلیت: خاک باغچه (۱:۱:۱)، کاشته شد و در مرحله ۴ برگ‌گی، به گلدان حاوی خاک زراعی منتقل شدند. در طول مرحله داشت، آبیاری منظم، سه مرتبه در هفته انجام شد. گیاهان در شرایط گلخانه‌ای با دمای روزانه 27 ± 2 درجه سانتی‌گراد، دمای شبانه 17 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و نور تکمیلی آبی نگهداری شدند. اعمال تیمارهای سلنیوم و ید در غلظت‌های (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت کود-آبیاری انجام شد. پس از طی یک فصل رویش و زمانی که ۹۰ درصد گیاهان در فاز زایشی بودند؛ از محل طوقه برداشت و جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافتند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی: جهت

اندازه‌گیری سطح برگ از گره‌های ۸، ۹ و ۱۰ روی ساقه نمونه‌برداری شد و پس از اسکن سطح برگ، با استفاده از نرم‌افزار دستگاه دیجی‌مایزر نسخه ۴/۱ محاسبه و برحسب سانتی‌متر مربع بیان گردید. بوته‌ها از محل طوقه برداشت و طول شاخساره با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری و برحسب سانتی‌متر ثبت گردید. وزن تر بوته‌ها، با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها به آون الکتریکی با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد انتقال یافتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها از آون خارج، بلافاصله توزین شده و وزن خشک آن‌ها برحسب گرم بیان شد.

اضافه گردید. این فالكون‌ها با سرعت ۳۵۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند.

یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی حاصل از سانتریفیوژ را برداشته با سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) مخلوط شد. لوله‌های فالكون محتویمخلوط واکنش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، ۱/۵ میلی‌لیتر از فاز رویی با ۱/۵ میلی‌لیتر محلول واسنجی (۱ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ + ۳ میلی‌لیتر آنترون) درون کبوت ریخته شده و میزان جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Irigoyen et al., 1992). غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ بیان شد. از غلظت‌های مختلف گلوکز جهت رسم نمودار استاندارد و محاسبه نهایی میزان کربوهیدرات‌های محلول استفاده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیتوشیمیایی

تهیه عصاره متانولی جهت اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید و فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: برای این منظور، یک گرم وزن تازه برگ توزین و با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد روی شیکر به مدت ۴۸ ساعت در دمای معمولی اتاق قرار داده شد. پس از آن توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید. از عصاره حاصل برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل، فلاونوئید کل و سنجش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده گردید.

محتوای فلاونوئید کل: از روش رنگ‌سنجی کلراید آلومینیوم برای سنجش محتوای فلاونوئیدی استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی برگ با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر محلول ۱۰ درصد کلراید آلومینیوم و

میکرولیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید. سپس به مدت ۴۰ دقیقه در دمای معمولی اتاق نگهداری شد و نهایتاً میزان جذب مخلوط واکنش در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. منحنی استاندارد بر اساس محلول کوئرستین با غلظت‌های متفاوت (۵۵۰، ۴۵۰، ۳۵۰، ۱۵۰، ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) ترسیم و میزان فلاونوئید کل معادل میلی‌گرم اکوی والان کوئرستین بر گرم وزن تر گیاه محاسبه گردید (Chang et al., 2002).

محتوای فنل کل: از روش فولین سیوکالتیو و با استفاده از جذب اسپکتروفتومتری برای این منظور استفاده گردید. بدین ترتیب که مخلوط واکنشی محتوی ۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی برگ + ۴۰۰ میکرولیتر معرف رنگی فولین + ۴۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد درون لوله‌های آزمایش ریخته شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای طبیعی اتاق نگهداری شد. میزان جذب مخلوط واکنش در طول موج ۷۶۵ نانو قرائت شد. برای محاسبه محتوای فنل کل برگ، پس از قرائت جذب غلظت‌های مختلف گالیک اسید به‌عنوان استاندارد و ترسیم نمودار از معادله خط زیر استفاده گردید. محتوای فنل کل بر-حسب میلی‌گرم اکوی والان گالیک اسید بر گرم وزن خشک بیان شد (Lee et al., 2015).

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدان عصاره متانولی برگ ریحان دارچینی، به روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH محاسبه گردید. ابتدا ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۷۵۰ میکرولیتر از محلول DPPH مخلوط شد. این نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی و دمای اتاق نگهداری و سپس میزان جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. درصد مهار

رادیكال‌های آزاد با فرمول زیر محاسبه شد (Barros et al., 2008).
و تجزیه به عامل‌های اصلی توسط نرم‌افزار Graph Pad Prism 10.4.1 آنالیز و ترسیم گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژیکی

سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر ساده محلول پاشی با سلنیوم، ید و کاربرد نور تکمیلی LED آبی بر سطح برگ ریحان دارچینی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل این سه فاکتور در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) بر سطح برگ معنی‌دار بود. در آزمایش حاضر بیشترین سطح برگ (۲۹/۵۳) سانتی‌متر مربع) از تیمار محلول پاشی با سلنیوم + ید (هر دو با غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) و عدم کاربرد نور تکمیلی حاصل شد. کمترین سطح برگ (۷/۷۷ سانتی‌متر مربع) نیز از تیمار محلول پاشی با سلنیوم (با غلظت ۲ میلی گرم/لیتر) + نور تکمیلی LED آبی بدست آمد (جدول ۱).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر ساده محلول پاشی با سلنیوم و ید و قرار گرفتن بوته‌ها در معرض نور تکمیلی آبی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر ارتفاع ساقه اصلی معنی‌دار بود. اثر دوگانه فاکتورهای آزمایش بر ارتفاع ساقه در سطح پنج درصد ($p \leq 0.05$) اختلاف آماری معناداری را بر این صفت نشان دادند. همچنین اثر متقابل این سه فاکتور در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) بر ارتفاع بوته ریحان دارچینی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که بلندترین ارتفاع ساقه اصلی (۱۰۶/۳۴ سانتی‌متر) در تیمار محلول پاشی با سلنیوم + ید (هر دو با غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) با کاربرد نور تکمیلی LED آبی اندازه‌گیری شد. کوتاه‌ترین ارتفاع ساقه (۵۳/۸۰ سانتی‌متر) در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

(۵)

$$\text{درصد مهار رادیكال‌های آزاد} = (AC-AS) / AC \times 100$$

آزاد dpph

در رابطه فوق AC: میزان جذب نمونه شاهد، AS: میزان جذب نمونه گیاهی هستند.

اندازه‌گیری محتوای فسفر و پتاسیم: ابتدا نمونه‌ها به روش هضم خشک آماده شدند. بدین ترتیب که ۱ گرم برگ خشک ریحان دارچینی در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت سوزانده شد. خاکستر آماده شده با ۱۰ میلی‌لیتر، اسیدکلریدریک ۲ نرمال مخلوط شد و با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شد. در نهایت با آب مقطر دیونایز به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. جهت سنجش میزان فسفر، از روش اسپکتروفتومتری با طول موج ۴۲۰ نانومتر استفاده گردید. جهت سنجش میزان پتاسیم از فلیم فتومتر استفاده شد. در نهایت منحنی استاندارد فسفر و پتاسیم توسط اکسل ترسیم و میزان حقیقی این عناصر در محلول‌های فوق‌الذکر پس از قرار گرفتن در معادله خط مربوطه بر حسب میکروگرم/گرم ماده خشک محاسبه شد (Hasibi, 2007).

$$y = 19.843x - 15.167 \quad (R^2 = 0.9792) \quad (۶)$$

$$y = 20.171x - 9.6 \quad (R^2 = 0.9421) \quad (۷)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آنالیز آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) صورت گرفت. ضریب همبستگی پیرسون

عملکرد خشک بوته: اثر ساده تیمارهای آزمایش (به استثنای ید)، اثرات دوگانه و سه گانه آن‌ها، بر وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنادار بود. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که محلول پاشی توأم با سلنیوم + ید (به ترتیب با غلظت-های ۶ و ۴ میلی گرم/لیتر) بیشترین وزن خشک بوته (۲۷/۰۲ گرم) را داشته و کمترین وزن خشک بوته (۵/۵۶ گرم) از تیمار شاهد سنجش شد (جدول ۱).

در آزمایشی دیگر مشخص شد که محلول پاشی با سلنیوم (با غلظت ۵ پی پی ام) در شرایط تنش فلز سنگین (آرسنیک) منجر به بهبود صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی شد. مقایسه گیاهان تحت تنش فلز سنگین با گیاهان شاهد نشان داد که غلظت‌های پایین سلنات سدیم منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و در غلظت بالا افزایش فعالیت آن‌ها شد. به عبارتی ترکیب سلنات سدیم در شرایط سمیت عنصر آرسنیک سبب بهبود رشد گیاه دارویی ریحان از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گردید (Rostami et al., 2022).

محققان اذعان نمودند که فرمول شیمیایی ید، غلظت و شیوه استفاده از آن، بر رشد گونه گیاهی موثر است (Gonzali et al., 2017; Medrano-Macías et al., 2016). از طرفی، کاربرد ید در غلظت‌ها بالا، منجر به ظهور علائم سمیت در گیاهان می‌گردد. دز بهینه ید در خاک ۱۰ میلی گرم/کیلوگرم وزن خاک یا کمتر از ۸۰۸۰ میکرومولار KI/KIO₃ دارای اثرات مثبت بر رشد گیاهان است (Gonzali et al., 2017; Blasco et al., 2013).

ویژگی های فیزیولوژیکی

محتوای کلروفیل a: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سلنیوم و نور تکمیلی آبی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر میزان

کلروفیل a در برگ ریحان دارچینی معنی دار بود. از طرفی اثرات دوگانه (بجز اثر متقابل سلنیوم × نور تکمیلی آبی) و سه گانه سلنیوم × ید × نور تکمیلی آبی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر این صفت معنی دار بودند.

در این آزمایش بیشترین میزان کلروفیل a (۲۷/۳۲ میلی گرم / گرم بافت تر برگ) در تیمار محلول پاشی با ید (۴ میلی گرم/لیتر) + نور تکمیلی آبی و کمترین میزان کلروفیل a (۹/۳۷ و ۹/۷۱ میلی گرم / گرم بافت تر برگ) به ترتیب در تیمارهای محلول پاشی با سلنیوم (۴ میلی گرم/لیتر) + ید (۴ میلی گرم/لیتر) و سلنیوم (۶ میلی گرم/لیتر) + ید (۲ میلی گرم/لیتر) سنجش گردید (جدول ۱).

محتوای کلروفیل b: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده محلول پاشی با سلنیوم و ید و تابش نور تکمیلی آبی، در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر میزان کلروفیل b در برگ ریحان دارچینی معنی دار بود. بررسی اثرات دوگانه حاکی از آن بود که اثر متقابل سلنیوم × نور تکمیلی و ید × نور تکمیلی اثر معنی داری بر محتوای کلروفیل b نداشت. از طرفی اثر متقابل سه گانه این فاکتورها (سلنیوم × ید × نور تکمیلی) در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) بر میزان کلروفیل b معنی دار بود. در آزمایش حاضر بالاترین میزان کلروفیل b (۸/۸۹ میلی گرم / گرم بافت تر برگ) در بوته‌های ریحان دارچینی محلول پاشی شده با ید (۴ میلی گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی سنجش شد. کمترین میزان کلروفیل b (۱/۵۱ میلی گرم / گرم بافت تر برگ) در بوته‌های ریحان دارچینی محلول پاشی شده با ید (۶ میلی گرم/لیتر) بدون حضور نور LED حاصل شد (جدول ۱).

محتوای کارتنوئید: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که اثر متقابل سه گانه سلنیوم × ید × نور تکمیلی آبی بر میزان کارتنوئید برگ ریحان

دارچینی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیشترین میزان کارتنوئید (۵/۳۹ میلی گرم / گرم وزن تازه برگ) در بوته‌های ریحان دارچینی محلول-پاشی شده با ید (۴ میلی گرم/لیتر) و کمترین میزان کارتنوئید (۱/۰۲ و ۱/۰۵ میلی گرم / گرم وزن تازه برگ) به ترتیب در تیمارهای محلول پاشی با ید ۶ میلی گرم/لیتر + تابش نور تکمیلی آبی و محلول-پاشی ید ۶ میلی گرم/لیتر (تجمع یافت).

محتوای کلروفیل کل: بررسی اثرات ساده فاکتورهای آزمایش نشان داد که همگی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) اختلاف آماری معناداری بر میزان انباشت کلروفیل کل در بافت برگ ریحان دارچینی داشتند. بررسی اثرات دوگانه فاکتورهای آزمایش نیز حاکی از آن بود که تنها اثر متقابل سلنیوم $\times$ ید بر میزان کلروفیل کل معنی دار بودند. اثر سه گانه سلنیوم $\times$ ید $\times$ تابش نور تکمیلی آبی بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر میزان تجمع کلروفیل کل در برگ ریحان دارچینی معنی دار بود. بطوریکه بالاترین میزان تجمع کلروفیل کل (۳۶/۲۱ میلی گرم / گرم وزن تازه برگ) در تیمار محلول پاشی با ید (۴ میلی گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی و کمترین میزان (۵/۶۰ و ۵/۷ میلی گرم / گرم وزن تازه برگ) به ترتیب در تیمارهای محلول-پاشی با ید ۶ میلی گرم/لیتر) با و بدون نور تکمیلی آبی سنجش شد (جدول ۱).

صفرایزدی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند که محلول پاشی گیاهان با سلنیوم ۶ و ۱۰ میلی گرم/لیتر) منجر به کاهش کلروفیل کل گردید که احتمالاً به دلیل کاهش سطح برگ و افزایش تراکم کلروفیل آ، ب و کل است. این کاهش محتوای کلروفیل منجر به کاهش سطح فتوسنتز در گیاهان گردید که محققان علت این امر را عدم قرارگیری عنصر سلنیوم در ساختار سه

بعدی کلروفیل به جای عنصر منیزیم (Padmaja and Somasekharaiah, 1995) و تأثیر منفی بر آنزیم پورفوبیلینوزن سنتتاز دانستند (Hawrylak and., 2007). گزارش‌ها حاکی از آن است که دزهای پایین سلنیوم راندمان فتوسیستم II را افزایش می‌دهد؛ در صورتی که در غلظت‌های بالا تأثیری بر فتوسیستم II ندارد (Germ et al., 2007). از سوی دیگر، طبق نتایج سایر پژوهش‌ها محلول پاشی با سلنیوم منجر به افزایش غلظت کلروفیل در کاهو (Alsin et al., 2012) و کلم بروکلی (Ghasemi et al., 2016).

محتوای کربوهیدرات محلول: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده فاکتورهای آزمایش بر میزان کربوهیدرات محلول در برگ ریحان دارچینی، در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی دار بود. بررسی اثرات دوگانه نیز موید آن بود که اثر متقابل سلنیوم $\times$ ید و سلنیوم $\times$ نور تکمیلی آبی در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) بر محتوای کربوهیدرات محلول معنی دار بودند. در صورتیکه اثر دوگانه ید $\times$ نور تکمیلی آبی بر محتوای کربوهیدرات محلول در برگ ریحان دارچینی معنی دار نبود.

بالاترین سطح تجمع کربوهیدرات (۲/۲۴ میکرو-گرم گلوکز / گرم وزن تازه بافت برگ) در تیمار محلول پاشی بوته‌های ریحان دارچینی با سلنیوم + ید (هر دو با غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی مشاهده گردید. پایین‌ترین محتوای کربوهیدرات محلول در برگ ریحان دارچینی (۰/۲۲ میکروگرم گلوکز / گرم وزن تازه بافت برگ) در تیمار محلول-پاشی با سلنیوم با غلظت ۶ میلی گرم/لیتر (بدون محلول پاشی ید و تابش نور تکمیلی آبی) اندازه‌گیری گردید (جدول ۱).

طی آزمایشی مشخص شد که در شرایط عاری از تنش شوری، محلول پاشی بوته‌های به‌لیمو با محرک-های سلنیوم و نانوسلنیوم (هر دو با غلظت ۱۰ میکرو-

مولار) در مقایسه با تیمار شاهد، منجر به افزایش محتوای کلروفیل a (۸/۷۵ و ۲۳/۷۵٪)، کلروفیل b (۷/۱۴ و ۲۸/۵۷٪) و کلروفیل کل (۸/۷۳ و ۲۶/۱۹٪) شدند. این تیمارهای محلول پاشی تحت شرایط تنش شوری، محتوای کلروفیل a را به میزان ۳۴/۱٪، کلروفیل b را ۳۸/۱۲٪ و کلروفیل کل را ۳۴/۶٪ در مقایسه با شاهد افزایش دادند (Ghanbari et al., 2023).

نتایج سایر محققان حاکی از آن است که تحت شرایط تنش شوری محلول پاشی گیاهان با سلنیوم با محافظت از آنزیم‌های کلروپلاست و افزایش بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، غلظت کلروفیل را در گیاهان افزایش می‌دهد (Chen et al., 2022). از طرفی سلنیوم با افزایش میزان کارتنوئید و کاهش تنش اکسیداتیو، موجب افزایش محتوای کربوهیدرات محلول در گیاهان می‌گردد. در شرایط تنش، کربوهیدرات‌های محلول افزون بر حفظ تعادل اسمزی، انرژی مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند (Dubey and Singh, 1999). Ramezani و همکاران (2023) گزارش کردند که بالاترین و پایین‌ترین محتوای قند محلول به ترتیب در تیمار محلول پاشی با ید + تابش نور LED و تیمار تابش نور LED بدون محلول پاشی ید بدست آمد. He و همکاران (2020) نشان دادند که محلول پاشی کلم بروکلی با سلنیوم (در غلظت ۱۰۰ میکرومول/لیتر) + تابش نور تکمیلی (آبی، قرمز و سبز) منجر به افزایش میزان کارتنوئید، قندهای محلول، ترکیبات فلاونوئیدی، ترکیبات پلی-فنولی، ارزش تغذیه‌ای، میزان عناصر ماکرو و میکرو و وزن خشک کلم گردید.

ویژگی‌های فیتوشیمیایی

محتوای فلاونوئید کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این آزمایش نشان داد که بررسی اثر ساده، دوگانه و سه‌گانه فاکتورهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$)، بر میزان فلاونوئید کل اختلاف

آماري معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که بالاترین محتوای ترکیبات فلاونوئیدی (معادل ۲/۷۹ میلی گرم اکوی والان کوئرستین/گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با ید (با غلظت ۴ میلی-گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی حاصل شد. پایین‌ترین میزان ترکیبات فلاونوئیدی (معادل ۰/۰۳۳ میلی-گرم اکوی والان کوئرستین در گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با ید (در غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) مشاهده گردید (شکل ۱).

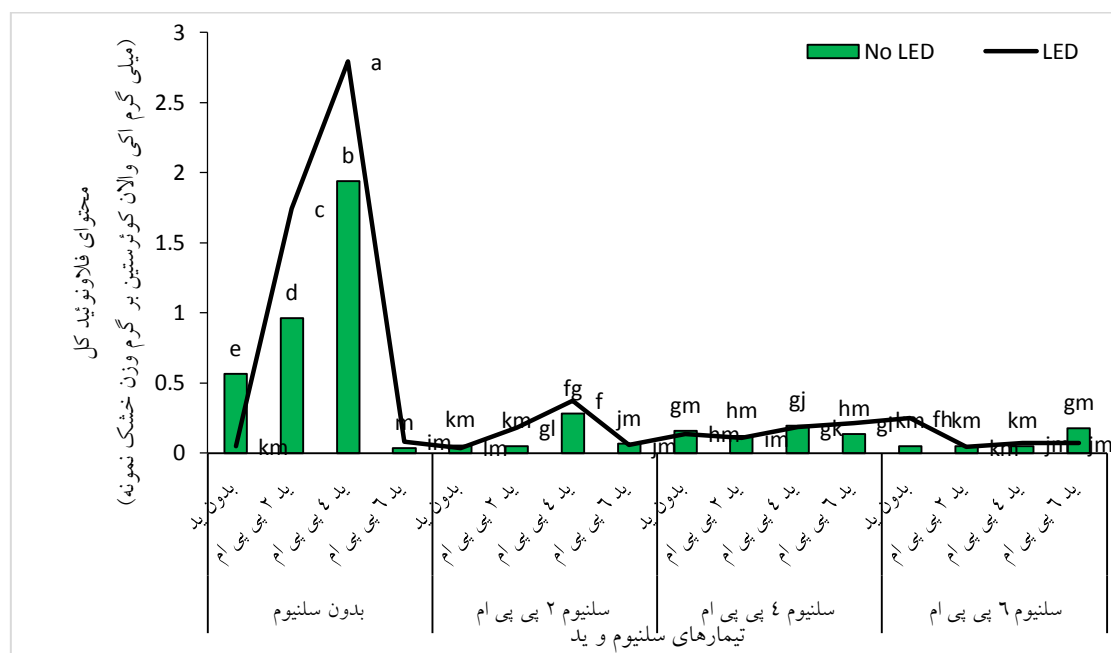
محتوای فنول کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این آزمایش نشان داد که بررسی اثر ساده، دوگانه و سه‌گانه فاکتورهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل ید × نور تکمیلی آبی در سطح پنج درصد ($p \leq 0.05$) بر میزان ترکیبات پلی‌فنولی گیاه دارویی ریحان دارچینی اختلاف آماری معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف نشان داد که بالاترین میزان ترکیبات پلی‌فنولی (معادل ۲۱۹/۴۹ میلی گرم اکوی والان گالیک اسید در گرم ماده خشک) از تیمار محلول پاشی با ید (در غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی تجمع یافت و کمترین محتوای ترکیبات پلی‌فنولی (معادل ۷/۴۲ میلی گرم اکوی والان گالیک اسید/ گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با سلنیوم (در غلظت ۶ میلی گرم/لیتر سنجش گردید (شکل ۲)).

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی: بررسی اثر ساده فاکتورهای آزمایش، بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی برگ ریحان دارچینی حاکی از آن بود که تیمار سلنیوم تأثیر معناداری از لحاظ آماری نداشت. سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه پارامترهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر میزان رادیکال‌های آزاد DPPH توسط عصاره هیدروالکلی برگ ریحان دارچینی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی برگ ریحان

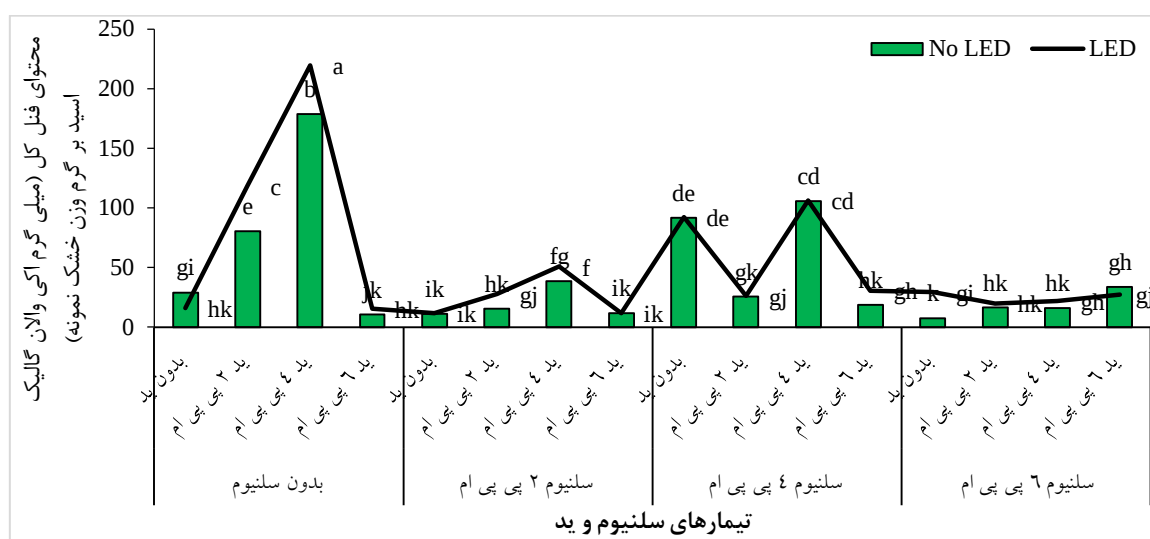
دارچینی (۹۲/۶۶ و ۹۱/۳۳ درصد مهار رادیکال آزاد
 (DPPH) به ترتیب در تیمار محلول پاشی با ید (در
 غلظت ۲ میلی گرم / لیتر) و تیمار محلول پاشی با
 جدول ۱: اثر متقابل LED، سلنیوم و ید بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی

میانگین صفات مورفوفیزیکی و فیزیولوژیکی									
تیمارها	سطح برگ (سانتی متر مربع)	ارتفاع (سانتی متر)	ضخامت برگ (گرم)	کلروفیل a (میلی گرم / وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم / وزن تر)	کاروتنئید (میلی گرم / وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم / وزن تر)	کربوهیدرات محلول (میکرو گرم گلوکز / گرم وزن تر)	وزن تر
بدون ید	بدون	بدون	بدون	بدون	بدون	بدون	بدون	بدون	بدون
با LED	14.57 ^{fm}	71.4 ^{mn}	6.44 ^{jk}	16.6 ^{ch}	4.51 ^{fi}	3.61 ^{ej}	21.12 ^{ce}	0.7 ^{ef}	0.29 ⁱ
بدون	12.56 ^{jm}	66.47 ⁿ	7.19 ^{hk}	9.71 ^k	4.33 ^{fi}	3.5 ^{eh}	17.98 ^{fg}	0.84 ^{ef}	1.23 ^{cd}
با LED	12.61 ^{im}	74.8 ^{kn}	9.33 ^{ek}	18.79 ^{ce}	6.04 ^c	4.9 ^{ab}	24.82 ^{bd}	1.8 ^b	2.21 ^a
بدون	11.94 ^{kn}	69.5 ^{mn}	10.47 ^{dk}	22.38 ^b	7.16 ^b	4.48 ^{bc}	29.54 ^b	0.5 ^{fi}	0.72 ^{ef}
با LED	11.94 ^{kn}	73.14 ^{ln}	11.7 ^{bj}	27.33 ^a	8.89 ^a	5.39 ^{ab}	36.21 ^a	0.45 ^{fi}	0.52 ^{fi}
بدون	11.69 ^{ln}	70.4 ^{mn}	12.88 ^{bg}	14.09 ^{ek}	1.51 ⁿ	1.05 ⁿ	5.6 ^p	0.48 ^{fi}	0.69 ^{eg}
با LED	11.69 ^{ln}	69.14 ^{mn}	14.9 ^{bd}	14.14 ^{dk}	1.56 ^{mn}	1.03 ⁿ	5.7 ^p	0.71 ^{ef}	0.92 ^{de}
بدون	11.26 ^{ln}	75.47 ^{km}	25.1 ^a	16.25 ^{ci}	1.61 ^{mn}	1.55 ^{mn}	7.86 ^{op}	0.93 ^{de}	1.19 ^{cd}
با LED	7.77 ⁿ	59.14 ^o	8.17 ^{sk}	16.65 ^{ch}	2.61 ^l	2.33 ^{jl}	12.59 ^{lo}	1.73 ^b	1.99 ^{ab}
بدون	21.56 ^{cd}	75.33 ^{lm}	7.01 ^{ik}	14.96 ^{cj}	4.02 ^{gj}	3.26 ^{fi}	18.99 ^{ej}	1.18 ^{cd}	1.44 ^c
با LED	17.24 ^{di}	93 ^{be}	7.88 ^{gk}	18.78 ^{ce}	5.21 ^{cf}	4.26 ^{bd}	24 ^{ce}	1.98 ^{ab}	2.24 ^a
بدون	15.33 ^{fl}	88 ^{cj}	8.64 ^{fk}	15.19 ^{cj}	4.55 ^{fi}	3.79 ^{df}	19.75 ^{di}	0.36 ^{gi}	0.65 ^{eh}
با LED	15.28 ^{fl}	96.33 ^{bc}	10.77 ^{dk}	19.01 ^{cd}	5.74 ^{cd}	4.79 ^{ab}	24.76 ^{bd}	0.22 ⁱ	0.44 ^{fi}
بدون	14.61 ^{fm}	91.1 ^{bg}	11.92 ^{bi}	18.02 ^{cu}	2.34 ^{lm}	2.08 ^{lm}	10.35 ^{no}	0.45 ^{fi}	0.36 ^{gi}
با LED	15.56 ^{fl}	94.67 ^{bd}	13.15 ^{bg}	13.9 ^{ek}	3.06 ^{kl}	2.71 ^{ik}	13.63 ^{jn}	0.39 ^{fi}	0.5 ^{fi}
بدون	15.56 ^{fl}	92 ^{bf}	14.33 ^{be}	18.82 ^{ce}	3.14 ^{jl}	2.88 ^{hj}	11.95 ^m	0.46 ^{fi}	0.42 ^{fi}
با LED	14.36 ^{fm}	90.6 ^{bh}	16.35 ^{bc}	11.37 ^{ik}	3.86 ^{hk}	3.51 ^{eh}	15.23 ⁱⁿ		
بدون	97 ^b	26.55 ^a	26.55 ^a	10.68 ^{jk}	4.12 ^{gi}	3.45 ^{eh}	14.79 ⁱⁿ		
با LED	80.67 ^{il}	9.62 ^{dk}	9.62 ^{dk}	13.23 ^{gk}	4.84 ^{dj}	4.08 ^{ce}	18.07 ^{fj}		
بدون	26.14 ^{ab}	67.14 ^{mn}	7.49 ^{hk}	11.48 ^{ik}	4.92 ^{dg}	4.25 ^{bd}	16.39 ^g		
با LED	20.65 ^{ce}	84.81 ^{ej}	8.37 ^{fk}	14.03 ^{ek}	5.64 ^{ce}	4.88 ^{ab}	19.67 ^{di}		
بدون	18.10 ^{dg}	79.81 ^{jl}	9.12 ^{ek}	13.11 ^{gk}	2.42 ^{lm}	2.23 ^{kl}	11.79 ^m		
با LED	18.16 ^{dg}	88.14 ^{cj}	11.26 ^{ci}	16.69 ^{ch}	4.31 ^{fi}	3.97 ^{ce}	21 ^{cg}		
بدون	15.42 ^{fl}	82.91 ^{gk}	12.4 ^{bh}	12.19 ^{hk}	2.96 ^{kl}	2.77 ^{ik}	15.15 ⁱⁿ		
با LED	17.31 ^{dh}	86.48 ^{dj}	13.63 ^{bf}	12.41 ^{hk}	3.18 ^{jl}	2.99 ^{gi}	15.59 ⁱⁿ		
بدون	18.52 ^{dg}	83.81 ^{bj}	14.81 ^{bd}	13.65 ^{fk}	2.94 ^{kl}	2.62 ^{il}	12.65 ^{kn}		
با LED	16.99 ^{ej}	82.48 ^{hk}	16.83 ^h	12.8 ^{hk}	3.7 ^{ik}	3.27 ^{fi}	16.51 ^g		
بدون	16.45 ^{ek}	88.81 ^{bi}	27.03 ^a	13.98 ^{ek}	3.61 ^{ik}	3.48 ^{eh}	17.59 ^{gl}		
با LED	12.02 ^{kn}	72.48 ^{ln}	10.1 ^{dk}	18.4 ^{cf}	4.74 ^{eh}	4.58 ^{bc}	23.14 ^{cf}		
بدون	29.53 ^a	88.67 ^{bi}	8.94 ^{fk}	16.12 ^{ci}	4.56 ^{fi}	3.58 ^{eg}	20.67 ^{ch}		
با LED	24.04 ^{bc}	106.3 ^a	9.81 ^{dk}	19.79 ^{bc}	5.5 ^{ce}	4.28 ^{bd}	25.28 ^{bc}		

(میانگین های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند).



شکل ۱: اثر متقابل محلول‌پاشی با سلینیوم + ید + تابش نور تکمیلی آبی بر میزان ترکیبات فلاونوئیدی در برگ ریحان دارچینی (میانگین‌های دارای حروف معنی‌داری مشابه، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند)



شکل ۲: اثر متقابل محلول‌پاشی با سلینیوم + ید + تابش نور تکمیلی آبی بر میزان ترکیبات پلی‌فنولی در برگ ریحان دارچینی (میانگین‌های دارای حروف معنی‌داری مشابه، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند)

میلی‌گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی بدست آمد (شکل ۳).

نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که محلول‌پاشی با یدید پتاسیم (KI/KIO_3) در غلظت ۱۰ میلی‌مولار میزان

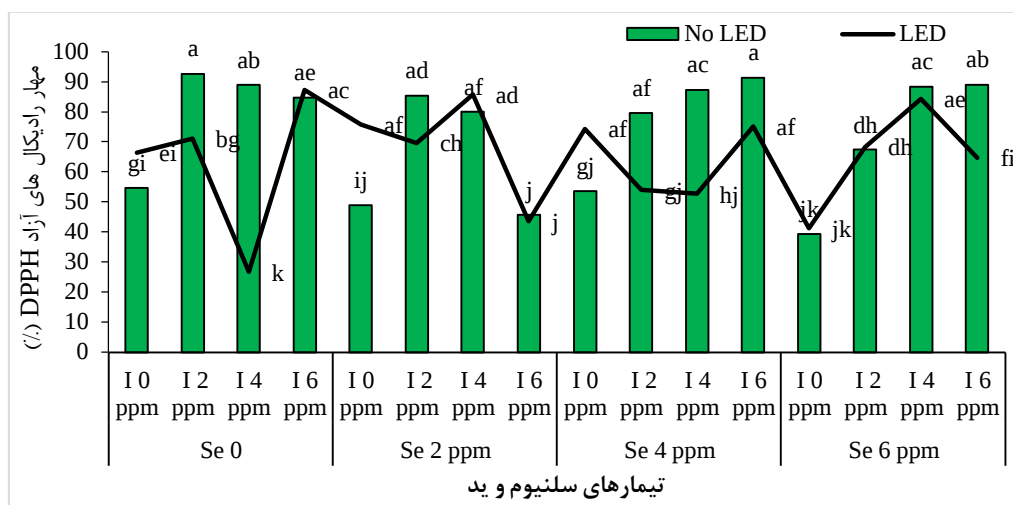
کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی برگ ریحان دارچینی (۲۶/۶۶ درصد مهار رادیکال آزاد DPPH) در تیمار محلول‌پاشی با ید (در غلظت ۴

(Ghanbari et al., 2023). پژوهشگران اذعان داشتند که محلول پاشی با سلینیوم با اثر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند تجمع پروتئین و اسمولیت، بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی، هموستاز یونی و همچنین بهبود راندمان فتوسنتزی با کاهش اثرات تنش منجر به افزایش صفات رشدی گیاه خواهد شد (Handa et al., 2019; Hawrylak-Nowak et al., 2014; Jiang et al., 2017; Kaur and Nayyar, 2015). محلول پاشی گیاهان دارویی ریحان، آرتمیزیای و کلم با سلینیوم سبب افزایش پلی فنولها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین گردید. این اثر ممکن است با فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز، آنزیم کلیدی در بیوسنتز ترکیبات فنولی در گیاهان مرتبط باشد (Skrypnik et al., 2019; Golubkina et al., 2022; Handa et al., 2019).

ترکیبات پلی فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد افزایش داده است (Kiferle et al., 2019). احتمالاً ترکیب یدید پتاسیم سنتز ترکیبات پلی فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره گیاهی را درمهار رادیکالهای آزاد موثرتر از یدات تهییج می کند (Smoleń et al., 2015; Blasco et al., 2008).

عملکرد یدات (IO_3) بر فعالیت آنزیمهای SKDH و PAL، منجر به افزایش راندمان فتوسنتزی و انباشت قندهای محلول گشته که مازاد این کربوهیدراتها به سنتز ترکیبات فنولی اختصاص می یابد (Blasco et al., 2013).

محققان گزارش نمودند که اثر متقابل تنش شوری و محلول پاشی با سلینیوم بر میزان فنول کل و فلاونوئید در گیاه دارویی به لیمو اثر معنی دار داشت

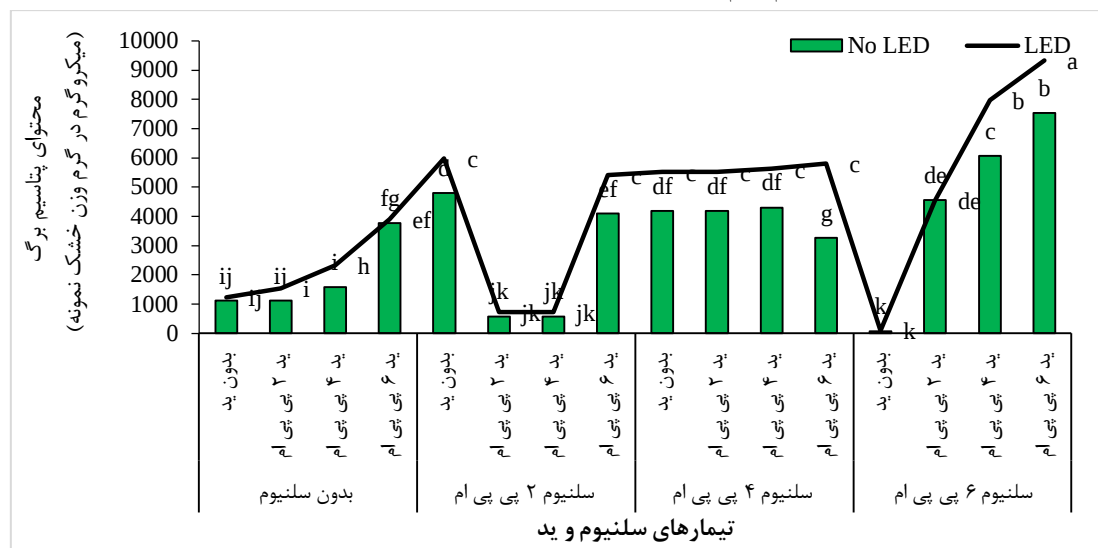


شکل ۳: اثر متقابل محلول پاشی با سلینیوم + ید + تابش نور تکمیلی آبی بر فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره هیدروالکلی برگ ریحان دارچینی (میانگینهای دارای حروف معنی داری مشابه، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال پنج درصد هستند)

پتاسیم برگ (۹۳۲۳/۳ میکروگرم / گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با سلینیوم + ید (هر دو با غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) + تابش نور تکمیلی آبی تجمع یافت. پایین ترین سطح پتاسیم برگ (۶۹/۹ میکرو-گرم/گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با سلینیوم (با غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) + ید (با غلظت ۲ میلی-

محتوای پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که فاکتورهای سلینیوم، ید و نور تکمیلی آبی و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه بین آنها در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) را بر میزان پتاسیم برگ اختلاف آماری معناداری نشان داد. مقایسه میانگین داده ها مندرج در شکل ۴ نشان داد که بالاترین میزان

گرم/لیتر) سنجش گردید که با همین تیمار در عدم حضور نور LED (۹۳/۷ میکروگرم/گرم ماده خشک) در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۴).



شکل ۴: اثر متقابل محلول پاشی با سلیوم + ید+ تابش نور تکمیلی آبی بر میزان پتاسیم در برگ ریحان دارچینی (میانگین‌های دارای حروف معنی‌داری مشابه، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند)

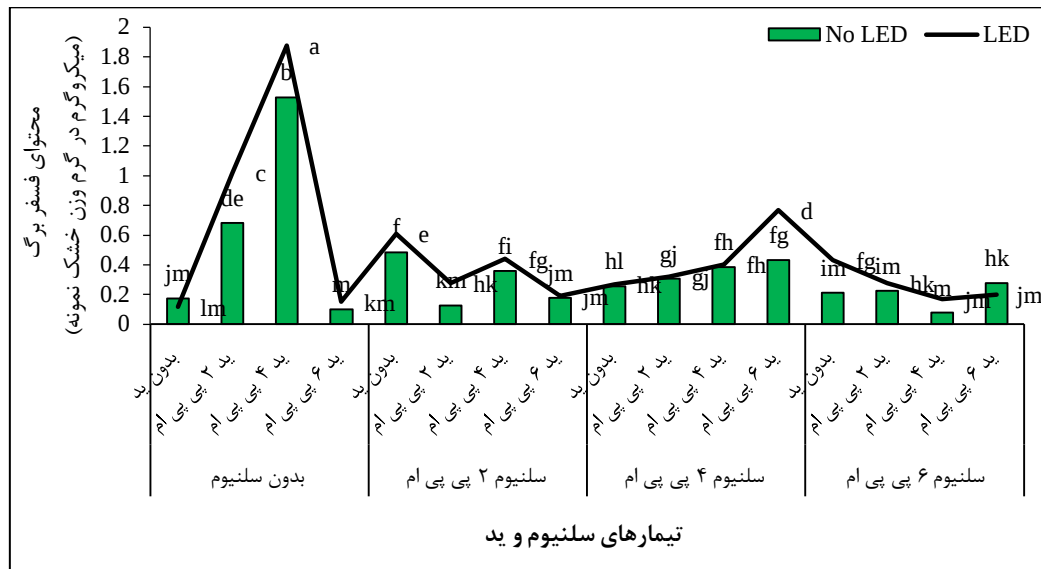
ضریب همبستگی پیرسون و تجزیه به مولفه‌های اصلی: همبستگی مثبت و معناداری بین صفت محتوای فنل کل و محتوای کربوهیدرات محلول (۰/۷۸)، محتوای کلروفیل a (۰/۵۰)، محتوای کلروفیل b (۰/۷۴)، محتوای کلروفیل کل (۰/۶۰)، محتوای کارتنوئید (۰/۵۶) و محتوای فسفر (۰/۸۲) مشاهده شد. همچنین همبستگی قوی مثبت و معناداری بین محتوای فنل کل و محتوای فلاونوئید کل (۰/۸۵) مشاهده گردید. هیچ‌گونه همبستگی بین صفات فیتوشیمیایی محتوای فنل و فلاونوئید کل با صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه (تعداد برگ، ارتفاع بوته و عملکرد خشک) وجود نداشت (شکل ۶).

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی در جدول (۲) و شکل (۷) نشان داده شده است. براساس این نتایج، مولفه‌های اول و دوم در مجموع ۵۵/۳۶ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند (۳۹/۷۶ درصد برای مولفه اول و ۱۵/۴۰ درصد برای مولفه دوم) شناسایی شده است که در مجموع حدود ۸۶/۱۱ درصد از تنوع کل صفات را در جمعیت مورد مطالعه

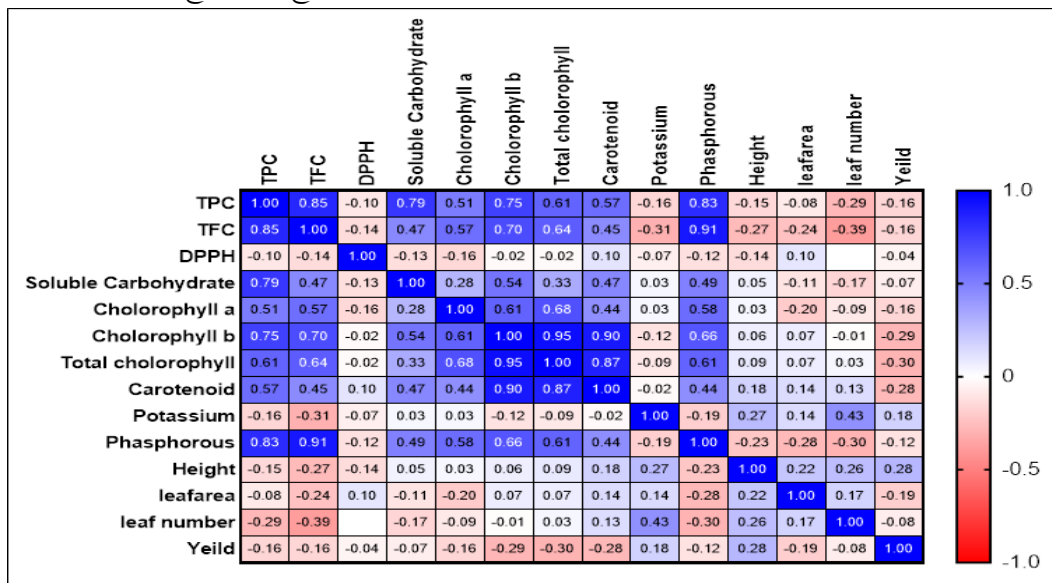
محتوای فسفر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده فاکتورهای سلیوم، ید و نور تکمیلی آبی و نیز اثر دوگانه سلیوم × ید و اثر سه‌گانه سلیوم × ید × تابش نور تکمیلی آبی در سطح یک درصد ($p \leq 0.01$) اختلاف آماری معناداری را نشان داد. در حالی‌که اثرات متقابل سلیوم × نور تکمیلی آبی و نیز ید × نور تکمیلی آبی از لحاظ آماری اختلاف معناداری نشان ندادند. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بالاترین محتوای فسفر برگ (۱/۸۷ میکروگرم در گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی ریحان دارچینی با ید (در غلظت ۴ میلی-گرم/لیتر) + نور تکمیلی آبی مشاهده شد و کمترین میزان فسفر (۰/۰۷۶ میکروگرم/گرم ماده خشک) در تیمار محلول پاشی با سلیوم (در غلظت ۶ میلی-گرم/لیتر) + ید (در غلظت ۴ میلی-گرم/لیتر) و عدم حضور نور تکمیلی سنجش گردید که با تیمار محلول پاشی با ید (در غلظت ۶ میلی-گرم/لیتر) (۰/۱ میکروگرم در گرم ماده خشک) در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۵).

اجزای تشکیل دهنده آن‌ها، می‌توان این مولفه را مولفه صفات فیتوشیمیایی یا صفات مربوط به کیفیت گیاه نامید. از طرف دیگر، صفات محتوای پتاسیم، ارتفاع بوته، سطح و تعداد برگ بیشترین سهم را در مولفه دوم داشتند و می‌توان آن‌را مولفه صفات مورفولوژیکی نامید.

توجه کرد. مولفه اول دارای ضرایب مثبتی برای صفات محتوای فنل و فلاونوئید کل، کربوهیدرات محلول، رنگیزه‌های فتوستتزی و فسفر و ضرایب منفی برای صفات DPPH، پتاسیم و ویژگی‌های مورفولوژیک (ارتفاع، سطح برگ، تعداد برگ و عملکرد خشک بوته) بود که با توجه به ضرایب

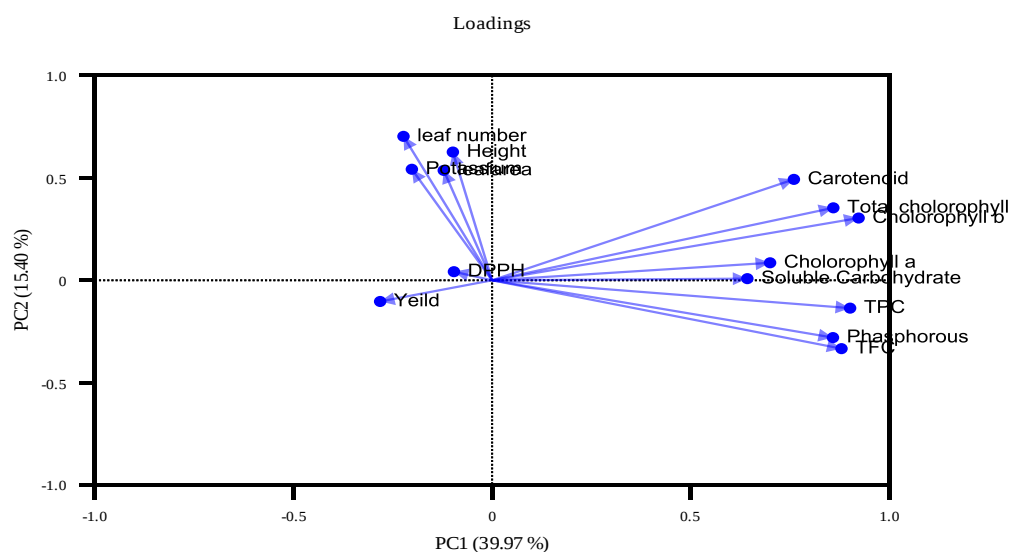


شکل ۵: اثر متقابل محلول پاشی با سلیوم + ید + تابش نور تکمیلی آبی بر میزان فسفر در برگ ریحان دارچینی (میانگین‌های دارای حروف معنی‌داری مشابه، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند)



شکل ۶: آنالیز همبستگی بین صفات مورد مطالعه ریحان دارچینی

TPC: محتوای فنل کل، TFC: محتوای فلاونوئید کل، DPPH: میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی برحسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH. Soluble carbohydrate: کربوهیدرات محلول، Chlorophyll a: میزان کلروفیل آ، Chlorophyll b: میزان کلروفیل ب، Carotenoid: میزان کارتنوئید، Potassium: میزان پتاسیم، Phosphorous: میزان فسفر، Height: ارتفاع بوته، Leaf area: سطح برگ، Leaf number: تعداد برگ، Yield: عملکرد



شکل ۷: نمودار دسته بندی ویژگی‌های مختلف ریحان دارچینی

TPC: محتوای فنل کل، TFC: محتوای فلاونوئید کل، DPPH: میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی برحسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH. Soluble Carbohydrate: کربوهیدرات محلول، Chlorophyll a: میزان کلروفیل آ، Chlorophyll b: میزان کلروفیل ب، Carotenoid: میزان کارتنوئید، Potassium: میزان پتاسیم، Phosphorous: میزان فسفر، Height: ارتفاع بوته، Leaf area: سطح برگ، Leaf number: تعداد برگ، Yield: عملکرد

جدول ۲: مقادیر ویژه مولفه‌های صفات ارزیابی شده به همراه واریانس نسبی و تجمعی مولفه‌های اصلی

Plant properties	صفات گیاهی	Component مولفه‌های اصلی	
		PC1	PC2
TPC	محتوای فنل کل	0.901261	-0.13585
TFC	محتوای فلاونوئید کل	0.879553	-0.33361
DPPH	درصد مهار رادیکال‌های آزاد	-0.09599	0.042047
Soluble Carbohydrate	محتوای کربوهیدرات محلول	0.642579	0.008104
Chlorophyll a	محتوای کلروفیل a	0.699843	0.085467
Chlorophyll b	محتوای کلروفیل b	0.922696	0.304
Total chlorophyll	محتوای کلروفیل کل	0.859061	0.353866
Carotenoid	محتوای کارتنوئید	0.759753	0.49268
Potassium	محتوای پتاسیم	-0.2019	0.542058
Phosphorous	محتوای فسفر	0.858113	-0.27959
Height	ارتفاع بوته	-0.09865	0.626147
leaf area	سطح برگ	-0.12159	0.536469
leaf number	تعداد برگ	-0.22297	0.702706
Yield	عملکرد خشک	-0.28178	-0.10333
Eigen Values	مقادیر ویژه	5.595	2.156
Relative variance (%)	واریانس نسبی	39.97%	15.40%
Cumulative variance (%)	واریانس تجمعی	39.97%	55.36%

TPC: محتوای فنل کل، TFC: محتوای فلاونوئید کل، DPPH: میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی برحسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH. Soluble carbohydrate: کربوهیدرات محلول، Chlorophyll a: میزان کلروفیل آ، Chlorophyll b: میزان کلروفیل ب، Carotenoid: میزان کارتنوئید، Potassium: میزان پتاسیم، Phosphorous: میزان فسفر، Height: ارتفاع بوته، Leaf area: سطح برگ، Leaf number: تعداد برگ، Yield: عملکرد

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که محلول پاشی با سلنیوم (در غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) + ید (در غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) بدون حضور نور تکمیلی، بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورفولوژیکی داشت. ارتفاع گیاه ریحان دارچینی تحت تاثیر نور تکمیلی آبی لامپ های LED قرار گرفت که احتمالاً به دلیل تاثیر کیفیت امواج نور بر هورمون های گیاهی مخصوصاً اکسین است. در تحقیق حاضر، غلظت های پایین محلول پاشی برای سلنیوم و ید (غلظت ۲ میلی گرم/لیتر) در حضور نور تکمیلی آبی پایین ترین مقادیر صفات مورفولوژیکی داشتند. محتوای رنگیزه های فتوسنتزی در گیاه داروئی ریحان دارچینی تحت تیمار محلول پاشی ید (در غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) +

تابش نور تکمیلی آبی افزایش چشمگیری داشت. در پژوهش حاضر، تابش نور تکمیلی آبی باعث بهبود محتوای کلروفیل و فعالیت آن گردید. میزان فندهای محلول در گیاه ریحان دارچینی تحت تابش نور تکمیلی آبی در تیمار محلول پاشی با ید (غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) به تنهایی یا همراه با سلنیوم (در غلظت ۶ میلی گرم/لیتر) افزایش قابل توجهی داشت. همچنین تیمار محلول پاشی با ید (غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) در حضور نور LED، خصوصیات فیتوشیمیایی و محتوای عنصر فسفر را در مقایسه با سایر غلظت های مورد آزمایش افزایش داد. به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش، محلول پاشی با ید (غلظت ۴ میلی گرم/لیتر) و تابش نور تکمیلی آبی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی ریحان دارچینی توصیه می گردد.

References

- Alsina, I., Dubova, L., Smiltina, Z., Stroksa, L. and Duma, M. (2012). The effect of selenium on yield quality of lettuce. *Acta Horticulturae*, 939: 269–275.
- Baroli, I., Price, G.D., Badger, M.R. and von Caemmerer, S. (2008). The contribution of photosynthesis to the red light response of stomatal conductance. *Plant Physiology*, 146: 737- 747.
- Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M. and Ferreira, I. C. F. R. (2008). Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food Chemistry*, 111(1): 61–66.
- Blande, J.D., Holopainen, J.K. and Niinemets, Ü. (2014). Plant volatiles in polluted atmospheres: Stress responses and signal degradation. *Plant, Cell, and Environment*, 37: 1892- 1904.
- Blasco, B., Leyva, R., Romero, L. and Ruiz, J.M. (2013). Iodine Effects on Phenolic Metabolism in Lettuce Plants under Salt Stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 2591–2596.
- Blasco, B., Rios, J.J., Cervilla, L.M., Sa´nchez-Rodríguez, E., Ruiz, J.M. and Romero, L. (2008). Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: Potential benefits for cultivation and human health. *Annals of Applied Biology*, 152: 289–299.
- Borbély, P., Molnár, Á., Valyon, E., Ördög, A., Horváth-Boros, K., Csupor, D., Fehér, A. and Kolbert, Z. (2021). The Effect of Foliar Selenium (Se) Treatment on Growth, Photosynthesis, and Oxidative-Nitrosative Signalling of *Stevia rebaudiana* Leaves. *Antioxidants*, 10: 72.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., and Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3):178-182.
- Chen, H., Cheng, Q., Chen, Q., Ye, X., Qu, Y., Song, W., Fahad, S., Gao, J., Saud, S., Xu, Y. and Shen, Y. (2022). Effects of selenium on growth and selenium content distribution of virus-free sweet potato seedlings in water culture. *Frontiers in Plant Science*, 13: 965649.
- Dixon, R.A. and Paiva, N.L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *American Society of Plant Physiologists*, 7: 1085- 1097.
- Dubey, R.S. and Singh, A. K. (1999). Salinity induces accumulation of soluble sugars and alter the activity of sugar metabolizing enzymes in rice plant. *Biologia Plantarum*, 53: 1147 - 1153.

- Fraszczak, B., Golcz, A., Zawirska-Wojtasiak, R. and Janowska, B. (2014). Growth rate of sweet basil and lemon balm plants grown under fluorescent lamps and LED modules. *Acta Scientiarum Polonorum*, 13: 3-13.
- Freeman, J. L., Hong, Z. and Matthew, A. M., Sirine, F., Steve, P. M. and Pilon -Smits, E. A. H. (2006). Spatial imaging, speciation, and quantification of selenium in the hyperaccumulator plants *Astragalus bisulcatus* and *Stanleya pinnata*. *Plant Physiology*, 142: 124 -134.
- Germ, M., Stibilj, V. and Kreft, I. (2007). Metabolic importance of selenium for plants. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1: 91 -97.
- Ghanbari, F., Bag-Nazari, M. and Azizi, A. (2023). Exogenous application of selenium and nano-selenium alleviates salt stress and improves secondary metabolites in lemon verbena under salinity stress. *Scientific Reports*, 13(1): 5352.
- Ghasemi, Y., Ghasemi, K., Pirdashti, H. and Asgharzadeh, R. (2016). Effect of selenium enrichment on the growth, photosynthesis and mineral nutrition of broccoli. *Notulae Scientia Biologicae*, 8: 199-203.
- Golubkina, N., Logvinenko, L., Kononov, D., Garsiya, E., Fedotov, M., Alpatov, A., Shevchuk, O., Skrypnik, L., Sekara, A. and Caruso, G. (2022). Foliar Application of Selenium under Nano Silicon on *Artemisia annua*: Effects on Yield, Antioxidant Status, Essential Oil, Artemisinin Content and Mineral Composition. *Horticulturae*, 8(7): 597.
- Gómez, C. and Izzo, L.G. (2018). Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agriculture and Food*, 3: 135-153.
- Gonzali, S., Kiferle, C. and Perata, P. (2017). Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Current Opinion in Biotechnology*, 44:16-26.
- Handa, N., Kohli, S.K., Sharma, A., Thukral, A.K., Bhardwaj, R., Abd Allah, E.F., Alqarawi, A.A. and Ahmad, P. (2019). Selenium modulates dynamics of antioxidative defence expression, photosynthetic attributes and secondary metabolites to mitigate chromium toxicity in *Brassica juncea* L. plants. *Environmental and Experimental Botany*, 161:180-192.
- Hasibi, P. (2007). Physiological study of the effect of cold stress on the seedling stage of different rice genotypes. PhD thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz. P. 145. (In Farsi)
- Hawrylak, B., Matraszek, R. and Szynanska, M. (2007). Response of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to selenium in nutrient solution contaminated with nickel. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 67: 63 -70.
- Hawrylak-Nowak, B., Dresler, S. and Wójcik, M. (2014). Selenium affects physiological parameters and phytochelatin accumulation in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants grown under cadmium exposure. *Scientia Horticulturae*, 172: 10-18.
- He, R., Gao, M., Shi, R., Song, S., Zhang, Y., Su, W. and Liu, H. (2020). The Combination of Selenium and LED Light Quality Affects Growth and Nutritional Properties of Broccoli Sprout. *Molecules*, 25: 4788.
- Hernández, R. and Kubota, C. (2012). Tomato seedling growth and morphological responses to supplemental led lighting red: blue ratios under varied daily solar light integrals. *Acta Horticulturae*, 956: 18- 29.
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., and Sánchez- Díaz, M. (1992). Alfalfa leaf senescence induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evolution. *Physiologia Plantarum*, 84(1): 67-72.
- Jiang, C., Zu, C., Lu, D., Zheng, Q., Shen, J., Wang, H. and Li, D. (2017). Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. *Scientific Reports*, 7(1):1-14.
- Kaur, S. and Nayyar, H. (2015). Selenium fertilization to salt-stressed mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) plants reduces sodium uptake, improves reproductive function, pod set and seed yield. *Scientia Horticulturae*, 197: 304-317.
- Kiferle, C., Ascrizzi, R., Martinelli, M., Gonzali, S., Mariotti, L., Pistelli, L., Flamini, G. and Perata, P. (2019). Effect of Iodine treatments on *Ocimum basilicum* L.: Biofortification, phenolics production and essential oil composition. *PLoS ONE*, 14(12): e0226559.

- Kopsell, D.A., Sams, C.E. and Morrow, R.C. (2015). Blue wavelengths from LED lighting increase nutritionally important metabolites in specialty crops. *HortScience*, 50: 1285-1288.
- Lee, I., Im, S., Jin, C. R., Heo, H. J., Cho, Y. S., Baik, M. Y., and Kim, D. O. (2015). Effect of maturity stage at harvest on antioxidant capacity and total phenolics in kiwifruits (*Actinidia* spp.) grown in Korea. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56: 841-848.
- Leyva, R., Sánchez-Rodríguez, E., Ríos, J. J., Rubio-Wilhelmi, M. M., Romero, L., Ruiz, J. M. and Blasco, B. (2011). Beneficial effects of exogenous iodine in lettuce plants subjected to salinity stress. *Plant Science*, 181(2): 195-202.
- Lichtenthaler, H. K., and Buschmann, C. (2001). Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. *Current protocols in food analytical chemistry*, 1(1): 2-4.
- Makinen, S., Paakkonen, K., Hiltunen, R. and Holm, Y. (1999). Processing and use of basil in foodstuffs, beverages and in food preparation. *Basil: the genus Ocimum*. Netherlands: Harwood Academic Publishers.
- Medrano-Macías, J., Leija-Martínez, P., González-Morales, S., Juárez-Maldonado, A. and Benavides-Mendoza, A. (2016). Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1-20.
- Mitchell, C.A., Dzakovich, M.P., Gomez, C., Lopez, R., Burr, J.F., Hernandez, R., Kubota, C., Currey, C.J., Meng, Q., Runkle, E.S., Bourget, C.M., Morrow, R.C. and Both, A.J. (2015). Light-emitting diodes in horticulture. In: Janick J (ed) *Horticultural reviews*, vol 43. Wiley, Hoboken. pp: 1-87.
- Monostori, I., Heilmann, M., Kocsy, G., Rakszegi, M., Ahres, M., Altenbach, S.B., Szalai, G., Pál, M., Toldi, D., Simon-Sarkadi, L., Harnos, N., Galiba, G. and Darko, É. (2018). LED Lighting – Modification of Growth, Metabolism, Yield and Flour Composition in Wheat by Spectral Quality and Intensity. *Frontiers in Plant Science*, 9: 605.
- Nguyen, P.M. and Niemeyer, E.D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 8685-91.
- Padmaja, K. B. V. and Somasekharaiah, A. R. K. (1995). Inhibition of chlorophyll synthesis by selenium: involvement of lipoxygenase mediated lipid peroxidation and antioxidant enzymes. *Photosynthesis*, 31: 1-7.
- Purushothaman, B., Srinivasan, R.P., Sugandhi, N., Balu, R., Gimbun, Jolius, G. and Kumaran, SH. (2018). A Comprehensive Review on *Ocimum basilicum*. *Journal of Natural Remedies*, 18: 71-85.
- Ramezani, S., Yousefshahi, B., Farokhzad, Y., Ramezan, D., Zargar, M. and Pakina, E. (2023). Selenium and Iodine Biofortification Interacting with Supplementary Blue Light to Enhance the Growth Characteristics, Pigments, Trigonelline and Seed Yield of Fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Agronomy*, 13: 2070.
- Rostami, M., Abaspour, H., SafipourAfshar, A. and Taheri, GH. (2021). The effect of selenium on growth and some physiological traits of basil plant under arsenic stress conditions. *Journal of Plant Research*, 35(4): 703-715. (In Farsi)
- Simon, J.E., Morales, M.R., Phippen, W.B., Vieira, R.F. and Hao, Z. (1999). Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. *Perspectives on New crops and new uses*. Alexandria: ASHS Press.
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M. and Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49: 139-147.
- Skrypnik, L., Novikova, A. and Tokupova, E. (2019). Improvement of phenolic compounds, essential oil content and antioxidant properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on type and concentration of selenium application. *Plants*, 8(11): 458.
- Smoleń, S., Wierzbńska, J., Sady, W., Kołton, A., Wiszniewska, A. and Liszka-Skoczylas, M. (2015). Iodine biofortification with additional application of salicylic acid affects yield and selected parameters of chemical composition of tomato. fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 188: 89-96.

- Srivastava, M., Q. Ma, L., Rathinasabapathi, B. and Srivastava, P. (2009). Effects of selenium on arsenic uptake in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. Bioresource Technology, 100(3): 1115-1121.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K. and Bigger, S.W. (2003). Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 3197-207.
- Taulavuori, K., Hyoky, V., Oksanen, J., Taulavuori, E. and Julkunen-Tiitto, R. (2016). Species-specific differences in synthesis of flavonoids and phenolic acids under increasing periods of enhanced blue light. Environmental and Experimental Botany, 121: 145- 150.
- Wallace, C. and Both, A.J. (2016). Evaluating operating characteristics of light sources for horticultural applications. Acta Horticulturae, 1134: 435-443.
- Wu, M.C., Hou, C.Y., Jiang, C.M., Wang, Y.T., Wang, C.Y., Chen, H.H. and Chang, H.M. (2007). A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedling. Food Chemistry, 101: 1753-1758.
- Yeh, N. and Chung, J. P. (2009). High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13: 2175-2180.