مقاله پژوهشی

تأثیر پرتو فرابنفش و شدت نور بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژی و زی‌توده گیاهی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* L'Heritier)

مریم جدیدی[۱]، حسن مومیوند*[۱]، عبدالله احتشام‌نیا[۱] و علیرضا شایگان‌فر[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

[۲] گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۵/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۰۹/۰۹)

چکیده

شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* L.'Heritier) گیاه برگ‌زینتی مهمی است که به‌دلیل خواص دارویی ارزشمندی که دارد در نقاط مختلف جهان کشت می‌شود. تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر شدت نور و پرتو فرابنفش برخصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی شمعدانی عطری در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت. مطالعه به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار طراحی و اجرا شد. شدت نور در دو سطح (سایه‌دهی و نور طبیعی محیط) به‌عنوان کرت اصلی و تابش پرتو فرابنفش در چهار سطح (شاهد یا پرتو فرابنفش محیط طبیعی، تابش پرتو فرابنفش- آ، تابش پرتو فرابنفش- ب و تابش پرتو فرابنفش آ+ب) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تیمار شدت نور بالا باعث کاهش طول دمبرگ، طول و عرض برگ و ارتفاع بوته شمعدانی عطری شد؛ برخلاف این تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه را افزایش داد. تیمارهای فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب نیز منجر به کاهش ارتفاع بوته، طول دمبرگ و طول و عرض برگ شدند؛ برخلاف این تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه را افزایش دادند. در حالی‌که تیمار فرابنفش- آ همانند تیمار فرابنفش محیط، برگ‌ها و شاخه‌های بلندتر و کشیده‌تری را به‌همراه داشته است. در بُعد صفات فیزیولوژی نیز نتایج نشان داد که افزایش شدت نور باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و هدایت روزنه‌ای شمعدانی عطری شد؛ برخلاف این با افزایش شدت نور میزان کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل، تعرق، نشت الکترولیتی، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرد. همچنین تیمار پرتو فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب باعث کاهش کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل و میزان فتوسنتز شد. علاوه بر این در شرایط شدت نور بالا نیز، فرابنفش- ب و فرابنفش آ+ب منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای برگ شدند. میزان نشت الکترولیتی، مالون دی‌آلدئید، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با تیمار فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب افزایش پیدا کرد. میزان افزایش این صفات با تیمار فرابنفش- ب و فرابنفش آ+ب، در شرایط شدت نور کم شدیدتر بود.

واژه‌های کلیدی: شدت نور، شمعدانی عطری، فرابنفش- آ، فرابنفش- ب

مقدمه

عوامل محیطی تأثیر انکارناپذیری بر رشدونمو گیاهان دارند و گیاهان قادرند رشدونمو خود را مطابق با شرایط محیطی تغییر دهند. این ویژگی، عامل مهمی در تعیین تحمل آن‌ها به تنش‌ها

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mumivand.h@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

و افزایش کارایی آن‌ها تحت شرایط مختلف محیطی است (Taiz and Zieger, 2002). نور از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی است که در رشد و گل‌دهی و تجمع رنگیزه‌ها در گیاهان بسیار مؤثر است. کاهش شدت نور می‌تواند باعث کاهش در رشد و نمو و گل‌دهی شود. شدت‌های مختلف نوری بر متابولیسم ترکیبات فنولی از جمله آنتوسیانین‌ها نیز مؤثرند (حاجی‌بلند و فرهنگی، ۱۳۸۹). خصوصیات مختلف مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان به‌شدت تحت‌تأثیر کمیت نور قرار می‌گیرد. در یک گیاه واحد، برگ‌های قرارگرفته در سایه و نور آفتاب به‌طور معمول تفاوت‌هایی در سطح برگ، ضخامت برگ، ضخامت کوتیکول، محتوای کلروفیل، جهت کلروپلاست‌ها و رفتار روزنه‌ای نشان می‌دهند (Taiz and Zieger, 2002).

با توجه به نقش مهم نور در فتوسنتز (رنگیزه‌ها و القای سنتز آن‌ها)، اگر چه اغلب تلاش در جهت افزایش سطوح نوری در پرورش گیاهان است، اما شدت نور زیاد نیز می‌تواند یک مشکل در طول تابستان در اکثر کشورها باشد. سطوح نوری زیاد ممکن است حتی به گونه‌های مقاوم به نور درنتیجه توقف رشد، زردی برگ‌ها و لکه‌های نکروزه قهوه‌ایی رنگ روی برگ‌ها خسارت برساند. گونه‌های گیاهی مختلف برای رشدونمو و عملکرد بهینه نیازمند شدت نور معین هستند که باید در اختیار آن‌ها قرار گیرد تا تمامی پدیده‌های حیاتی که مربوط به نور هستند به نحو احسن انجام گیرد. این دامنه نور را می‌توان شدت نور بهینه نامید (Taiz and Zieger, 2002).

امروزه فعالیت‌های صنعتی بشر باعث افزایش ترکیبات آلوده‌کننده اتمسفر به‌خصوص ترکیبات هالوژن‌دار شده است. این ترکیبات به‌دلیل پایداری زیادی که دارند به سطح استراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه اوزون می‌شوند. کاهش لایه اوزون باعث افزایش میزان پرتوهای فرابنفش در سطح زمین شده و مشکلاتی را برای موجودات زنده به‌وجود آورده است. بخش مهمی از تشعشعات خورشیدی را امواج فرابنفش (UV) تشکیل می‌دهد. حساسیت گیاهان به اشعه فرابنفش بسته به گونه گیاهی، رقم، مراحل رشدونمو، شرایط رشد، میزان پرتوی فرابنفش و همچنین طول‌موج آن متفاوت است (Hollosy, 2002). پرتوهای فرابنفش با سه باند (UV-A ۳۲۰–۴۰۰ nm)، (UV-B ۲۸۰–۳۲۰ nm) و (UV-C ۲۰۰–۲۸۰ nm)، ۸ تا ۹ درصد طیف خورشید را شامل می‌شوند و به‌دلیل داشتن طول‌موج پایین نسبت به نور مرئی دارای انرژی زیادی برای نفوذ به بافت‌ها هستند. در میان موجودات زنده، گیاهان به‌دلیل احتیاج اجتناب‌ناپذیرشان به نور برای فتوسنتز، بیشتر تحت‌تأثیر پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرند و آسیب‌پذیرتر هستند. از جمله اثرات مضر این پرتو در گیاهان می‌توان به کاهش فرایند فتوسنتز از طریق ایجاد اختلال در عملکرد کمپلکس تجزیه‌کننده آب، تخریب فتوسیستم II، پلاستوکوئینون، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و ATP سنتاز و نیز تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی اشاره کرد (Lutz *et al.*, 2005). همه موجودات زنده مکانیسم‌هایی را برای جلوگیری از ورود پرتوهای مضر به درون سلول‌های خود دارند. همچنین پاسخ‌های ترمیمی یا سازشی به سرعت در پاسخ به فراگیری در معرض پرتو فرابنفش القا می‌شود. مقاومت یا سازش به تنش پرتو فرابنفش در جنس‌ها، گونه‌ها و حتی بین رقم‌های گیاهی بسیار متفاوت است (Searles *et al.*, 2001).

مطالعات Patra و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که نعناع دشتی (*Mentha spicata*) قادر به تولید زیست‌توده بیشتر، رشد مناسب‌تر و تولید و تجمع کلروفیل و کاروتنوئیدهای بیشتری در شدت نور طبیعی در مقایسه با سایه بود. همچنین Zhao و همکاران (۲۰۱۲) نیز به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های مورفولوژیکی گل صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall) شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و تعداد گره در گیاهان رشدیافته در شرایط نور مستقیم بهتر از حالت سایه بود. همچنین مقدار مالون دی‌آلدهید با افزایش شدت نور افزایش یافت. با این حال تیمار سایه‌دهی (۵۰٪ سایه‌دهی) در مقایسه با نور کامل سبب بهبود ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و رنگیزه‌های فتوسنتزی در *Jeffersonia dubia* شد (Rhie *et al.*, 2014). فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (Catalase) و آسکوربات پراکسیداز (Ascorbate Peroxidase) در گیاه فسکوی بلند با افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

شدت نور افزایش یافت (Xu *et al.*, 2010) میزان کاروتنوئیدهای علف لیمو (*Cymbopogon citrates*) تحت پرتو فرابنفش- ب در ابتدا افزایش یافت؛ اما با گذشت زمان میزان این ترکیبات رو به کاهش گذاشت علاوه بر این دوزهای بالای پرتو فرابنفش- ب باعث کاهش زیست‌توده گیاهی شد (Kumari *et al.*, 2010). همچنین Klem و همکاران (۲۰۱۵) اثر متقابل شدت نور و تابش پرتو فرابنفش- ب را در جو مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که در تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب فعالیت فتوسنتزی برگ جو به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. تیمار شدت نور بالا باعث تجمع فلاونول‌ها در برگ‌های جوان شد. همچنین همبستگی منفی بین محتوای فلاونول و سطح برگ مشاهده شد. این محققان عنوان کردند که شدت نور بالا باعث فعال‌شدن مکانیسم‌های نوری مانند چرخه زانتوفیل می‌شود که اثر منفی پرتو فرابنفش را بر فتوشیمی و جذب کربن کاهش می‌دهد.

شمعدانی عطری با نام علمی (*Pelargonium graveolens*) گیاهی دارویی- زینتی متعلق به خانواده Geraniaceae است. این گیاه همیشه سبز، پایا، عموماً علفی، دارای ساقه‌های گوشتی و معمولاً پوشیده از کرک و به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر تا یک متر است (Rezaei Nejad *et al.*, 2020). اسانس این گیاه دارای خواص متعددی از جمله ضدعفونی کنندگی و تحریک کنندگی سیستم لنفاوی برای درمان زخم‌ها، آبسه و تب است. همچنین ثابت شده است اسانس شمعدانی عطری در پیشگیری و درمان بیماری‌های سیستم مرکزی اعصاب نظیر آلزایمر و پارکینسون مؤثر است. مکانیسم اثربخشی آن جلوگیری از تولید نیتریک اکساید و بیان آنزیم سیکلو اکسیژناز-۲ است که هر دو باعث التهاب در سلول‌های عصبی می‌شوند (مومیوند و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به افزایش روزافزون میزان پرتوهای فرابنفش در جو کره زمین و نظر به نقش کلیدی شدت نور در گیاهان، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر شدت نور و تابش پرتوی فرابنفش- آ و ب بر ویژگی‌های مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه شمعدانی عطری (*P. graveolens*) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایشی گلدانی در فضای باز طی فصول تابستان و پاییز ۱۳۹۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام گرفت. طول و عرض جغرافیایی منطقه به‌ترتیب ۴۸/۲۶ درجه شرقی و ۳۳/۴۳ درجه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۰ متر است. از نظر اقلیمی نیز دارای دمای حداقل و حداکثر به‌ترتیب ۱۴/۶ و ۴۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۴۹۹ میلی‌متر است. نشاءهای شمعدانی عطری از شرکت زرین گیاه ارومیه تهیه و به گلدان‌های هشت لیتری منتقل شدند. این گلدان‌ها به‌وسیله مخلوطی از خاک، کود دامی پوسیده و ماسه به نسبت مساوی ۱:۱:۱ پر شده بودند.

مطالعه به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار طراحی و اجرا شد. شدت نور در دو سطح (سایه‌دهی و نور طبیعی محیط) به عنوان کرت اصلی و تابش پرتو فرابنفش در چهار سطح (شاهد یا پرتو فرابنفش محیط طبیعی، تابش پرتو فرابنفش- آ، تابش پرتو فرابنفش- ب و تابش پرتو فرابنفش آ+ب) به‌عنوان کرت فرعی (در مجموع ۲۴ واحد آزمایشی) در نظر گرفته شدند. برای تیمار سایه‌دهی از پوشش ساران به‌عنوان سایبان استفاده شد. شدت نور در تیمار سایه‌دهی در ظهر حدود ۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و در تیمار نور طبیعی حدود ۱۵۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود. تیماردهی پرتو فرابنفش توسط لامپ‌های ساخت شرکت Q-Lab آمریکا انجام شد. شدت تابش پرتو فرابنفش به میزان $۵/۹۸\ kJ\ m^{-2}$ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که لامپ‌های ۴۰ واتی مورد استفاده در این مطالعه باند پهن بوده و بیش‌ترین تطبیق را با فرابنفش- ب (در لامپ‌های فرابنفش- ب) و فرابنفش- آ (در لامپ‌های فرابنفش- آ) دریافتی از نور خورشید در سطح زمین داشتند، بنابراین بهترین شبیه‌سازی ممکن را فراهم می‌کردند. پیک تابشی لامپ‌های فرابنفش- آ برابر با ۳۵۱ نانومتر و فرابنفش- ب برابر ۳۱۳ نانومتر بود. به‌منظور استقرار لامپ‌ها و شروع تیماردهی، تعدادی پایه فلزی نگهدارنده قبلاً تهیه و لامپ‌ها روی آن‌ها نصب شد. از یک تایمر الکتریکی نیز جهت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

تنظیم زمان خاموش و روشن‌شدن لامپ‌ها استفاده گردید. تیماردهی به‌صورت روزانه به‌مدت پنج ساعت طی روز و از ساعت ۱۱ تا ۱۶ که بیش‌ترین تابش پرتو فرابنفش خورشیدی وجود دارد اعمال شد.

در پایان آزمایش تعداد سه گلدان از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات مورفولوژی گیاه شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، طول دمبرگ، طول برگ و عرض برگ اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری وزن تر هوایی، پیکر هوایی گیاه (شامل برگ و ساقه) برداشت و بلافاصله وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌های گیاهی در آون به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها ثبت شد. پس از جداکردن برگ از ساقه، وزن خشک برگ نیز اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری از آخرین برگ‌های توسعه‌یافته گیاهان در مرحله تمام گل به‌منظور ارزیابی صفات فیزیولوژیک صورت گرفت و نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری در فریزر (۸۰ – درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. محتوای نسبی آب برگ براساس روش Yamasaki و Dillenburg (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ نیز با استفاده از روش Lichtenthder و همکاران (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد، ابتدا ۰/۱ گرم برگ توزین شد. برگ را در هاون چینی با ازت مایع خرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط کرده و عصاره به‌دست آمده در فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه در دور ۴۰۰۰ سانتریفوژ (Centrifuge (Sigma 2- 15 KL), Germany) گردید. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Specterophotometer (model: Mapada UV-1800), china) جذب محلول در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۶۲ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. استون به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده گردید. جهت ارزیابی میزان پایداری و سلامت غشای سلولی دو شاخص نشت الکترولیتی (به‌عنوان شاخص اصلی میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی) و غلظت مالون دی‌آلدهید (به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی) ارزیابی شدند. سنجش نشت الکترولیت‌ها طبق دستورالعمل Lutts و همکاران (۱۹۹۶) صورت گرفت. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا براساس غلظت مالون دی‌آلدهید تولیدشده در اثر آسیب به غشا و واکنش آن با تیوباربیتیوریک اسید، که تشکیل ترکیب رنگی می‌دهد، اندازه‌گیری شد (Buege and Aust, 1978). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش Mc-Adam و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از اسپکتروفتومتر استفاده شد. مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز نیز با روش Chance و Maehly (۱۹۵۵) سنجیده شد. فاکتورهای مرتبط با تبادلات گازی شامل تعرق، فتوسنتز و دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و هدایت روزنه‌ای در برگ‌های بالغ بالایی توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادلات گازی پروتابل ساخت کشور آمریکا (CI-340,Handheld Photosynthesis system) اندازه‌گیری شد. اساس کار این دستگاه براساس میزان دی‌اکسید کربن مصرفی است.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژی و زی‌توده گیاهی: نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی و زی‌توده گیاهی (جدول ۱) نشان داد که اثر شدت نور بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، طول دمبرگ، طول و عرض برگ، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و وزن خشک برگ معنی‌دار بود. همچنین صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، طول دمبرگ، طول و عرض برگ، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و وزن خشک برگ نیز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تابش پرتو فرابنفش قرار گرفتند. اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش تنها در مورد صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر بوته و وزن خشک بوته معنی‌دار شد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین اثر شدت نور بر صفات مورفولوژی شمعدانی عطری (جدول ۲) نشان داد که تیمار شدت نور ۱۵۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه باعث افزایش صفات تعداد شاخه جانبی و وزن خشک برگ به‌ترتیب به‌میزان ۹/۸۷ و ۲۱/۹۵ درصد در مقایسه با تیمار شدت نور ۸۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه شد. با این حال افزایش شدت نور باعث

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر پرتو فرابنفش و شدت نور بر برخی صفات مورفولوژی و زی‌توده شمعدانی عطری

SOV	DF	وزن خشک برگ	وزن خشک بوته	وزن تر بوته	عرض برگ	طول برگ	طول دمبرگ	تعداد شاخه جانبی	قطر ساقه	ارتفاع بوته
A	۱	۹۴۶/۲۷**	۲۲۰۵/۱۳**	۲۷۰۹/۴**	۲۸/۳۸۳۷**	۱۳/۲۶۱۱**	۴۰/۳۲۶۳**	۱۶/۶۶۷*	۱۹/۶۲۰۴**	۱۷۵/۷۷۱**
A Error	۴	۱۰/۷۷	۱۹/۱۴	۹۵/۰	۰/۰۸۷۰	۰/۳۲۷۴	۰/۳۵۲۳	۱/۰۸۳	۰/۲۹۳۴	۶/۸۰۴
B	۳	۱۹۵/۰۰**	۸۰۱/۷۷**	۵۱۵۱۹/۴**	۷/۸۵۵۰**	۵/۲۹۸۱**	۹/۳۰۰۶**	۱۵/۱۶۷*	۱/۶۳۱۸**	۲۹۳/۴۲۲**
A.B	۳	۴۲/۶۸ns	۴۰۱/۳۰**	۱۰۶۹۸/۴**	۰/۷۳۶۲ns	۰/۰۴۷۱ns	۰/۸۶۵۷ns	۱/۰۰۰ns	۲/۳۲۸۳**	۳۶/۴۹۰*
B Error	۱۲	۱۲/۷۸	۱۵/۷۹	۲۲۰/۸	۰/۲۵۷۱	۰/۲۰۰۴	۰/۶۹۶۱	۲/۹۱۷	۰/ ۲۱۹۱	۱۰/۴۱۸

A: شدت نور، B: پرتو فرابنفش، AB: اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش، **، * و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری هستند.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر شدت نور بر برخی صفات مورفولوژی شمعدانی عطری

شدت نور (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	وزن خشک برگ (g)	عرض برگ	طول برگ (cm)	طول دمبرگ	تعداد شاخه جانبی
۱۵۰۰	۶۹/۷۸۱۷a	۵/۶۸۶۶۷b	۳/۸۸۵۰۰b	۹/۰۹۹۲b	۱۸/۵۸۳۳a
۸۰۰	۵۷/ ۲۲۳۳b	۷/۸۶۱۶۷a	۵/۳۷۱۶۷a	۱۱/۶۹۱۷a	۱۶/۹۱۶۷b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی شمعدانی عطری

تیمار فرابنفش	وزن خشک برگ (g)	عرض برگ	طول برگ (cm)	طول دمبرگ	تعداد شاخه جانبی
فرابنفش محیط	۶۷/۲۱۶۷a	۷/۵۷۵۰۰a	۵/۴۸۰۰۰a	۱۱/۵۷۰۰a	۱۶/۱۶۶۷c
UV A	۶۹/۴۰۶۷a	۷/۹۳۶۶۷a	۵/۴۰۳۳۳a	۱۱/۲۷۵۰a	۱۶/۶۶۶۷bc
UV B	۵۷/۵۵۵۰b	۵/۸۵۳۳۳b	۳/۸۲۰۰۰b	۸/۹۲۸۳b	۱۸/۶۶۶۷ab
UV A+B	۵۹/۸۳۱۷b	۵/۷۳۱۶۷b	۳/۸۱۰۰۰b	۹/۸۰۸۳b	۱۹/۵۰۰۰a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

کاهش طول دمبرگ و طول و عرض برگ گردید، به‌نحویکه بیش‌ترین میزان این صفات مربوط به شدت نور پایین بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر پرتو فرانبفش بر صفات مورفولوژی شمعدانی عطری (جدول ۳) نشان داد که بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در تیمار پرتو فرابنفش آ+ب و کم‌ترین آن در تیمار فرابنفش محیط مشاهده شد. بنابراین می‌توان مشاهده کرد که کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب باعث افزایش تعداد شاخه‌های جانبی شمعدانی عطری شده است. برخلاف این تیمار فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب باعث کاهش طول دمبرگ، طول و عرض برگ و وزن خشک برگ گردید. بیش‌ترین میزان طول دمبرگ، طول و عرض برگ و وزن خشک برگ در تیمار پرتو فرابنفش- آ و فرابنفش محیط مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش بر صفات مورفولوژی شمعدانی عطری (جدول ۴) نشان داد که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی شمعدانی عطری

شدت نور (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	تیمار فرابنفش	وزن خشک بوته (g)	وزن تر بوته (g)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع بوته (cm)
۱۵۰۰	فرابنفش محیط	۹۵/۹۴۳ab	۵۱۲c	۹/۴۷۰۰bc	۳۸/۶۶۶۷bc
	UV A	۱۰۱/۵۴۰a	۵۴۴b	۱۰/۵۸۳۳a	۴۰/۰۰۰۰b
	UV B	۹۰/۹۱۰b	۴۳۷d	۱۰/۵۷۶۷a	۳۰/۶۶۶۷d
	UV A+B	۹۵/۸۵۳ab	۴۴۱d	۹/۶۳۳۳b	۳۲/۵۰۰۰d
۸۰۰	فرابنفش محیط	۹۱/۸۵۳b	۵۷۲a	۷/۶۰۶۷d	۴۶/۶۶۶۷a
	UV A	۹۵/۵۷۷ab	۵۷۹a	۷/۲۸۳۳d	۵۱/۰۸۳۳a
	UV B	۵۸/۱۵۳c	۳۱۴f	۸/۷۵۶۷c	۳۲/۰۶۶۷d
	UV A+B	۶۱/۹۸۰c	۳۸۴e	۹/۳۸۳۳bc	۳۳/۶۶۶۷cd

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

بیش‌ترین ارتفاع بوته (۵۱/۰۸۳۳ سانتی‌متر) در تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ مشاهده شد که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش محیط اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان آن نیز در تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش آ+ب مشاهده شد که با تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- ب و تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیش‌ترین قطر ساقه (۱۰/۵۸۳۳ میلی‌متر) مربوط به تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- آ بود که با تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- ب اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین قطر ساقه در تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش محیط مشاهده گردید که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین وزن تر بوته (۵۷۹ گرم) مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ بود که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش محیط اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب بود. بیش‌ترین وزن خشک بوته (۱۰۱/۵۴۰ گرم) مربوط به تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- آ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب بود.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تیمار شدت نور بالا باعث کاهش طول دمبرگ، طول و عرض برگ و ارتفاع بوته شمعدانی عطری شد؛ برخلاف این تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه را افزایش داد. این امر منجر به رشد فشرده و کپه‌ای بوته در تیمار شدت نور بالا گردید. در حالی‌که در تیمار شدت نور کم گیاهان حالت رشد کشیده در برگ‌ها، دمبرگ‌ها و ساقه‌های خود داشتند. تفاوت در تیپ رشدی گیاهان در اثر شدت نور، ناشی از تلاش گیاه برای جذب نور بیشتر در شرایط شدت نور پایین است (Ghorbanzadeh *et al.*, 2020). نتایج مطالعه حاضر با نتایج Hlatshwayo و Wahome (۲۰۱۰) که افزایش ارتفاع گل میخک را با کاهش شدت نور مشاهده کردند، همخوانی دارد. علاوه بر این نتایج Cerda و Chory (۲۰۰۳) نیز نشان داد گیاهانی که در معرض شدت نور بالا قرار داشتند از ارتفاع کوتاه‌تر و سطح برگ کوچک‌تری برخوردار بودند. به‌طورکلی شدت نور زیاد سبب کوچک و ضخیم‌شدن برگ‌ها، متراکم و کوتاه‌شدن گیاه و در نهایت رشد کپه‌ای بوته می‌شود. این در حالی است که در شرایط شدت نور کم، ساقه‌ها از رشد سریع برخوردار بوده و دارای میان گره‌های طویل می‌شوند، زیرا در این شرایط تقسیم میتوز به‌دلیل فراوانی اکسین، سریع انجام می‌گیرد.

دیواره سلولی متشکل از سلولز، همی سلولز، لیگنین، پلی‌ساکاریدها و یک شبکه فیبری قوی است که احتمالاً نور با افزایش فتوسنتز و انتقال مواد، سبب افزایش تجمع مواد تشکیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

دهنده دیواره می‌شود. علاوه بر این در ساختار ساقه دستجات آوندی و سلول‌های اسکلرانشیمی وجود دارند. به‌نظر می‌رسد نقل و انتقال مواد در این آوندها و انباشت در سلول‌های اسکلرانشیمی باعث افزایش قطر ساقه می‌شود. در گیاهان در معرض نور کم، تشکیل دستجات آوندی، بافت اسکلرانشیم، ظهور نوار کاسپاری و درنتیجه قطر ساقه کاهش می‌یابد (Gislero *et al*., 2003). همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید در این مطالعه افزایش قطر ساقه با افزایش شدت نور در شمعدانی عطری مشاهده گردید که این موضوع در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است.

در مطالعه حاضر، تیمار فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب منجر به کاهش ارتفاع بوته، طول دمبرگ و طول و عرض برگ شمعدانی عطری گردید؛ برخلاف این تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه با تیمارهای فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب افزایش پیدا کردند. بنابراین می‌توان گفت که تیمار فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب باعث کاهش رشد طولی شمعدانی عطری و ایجاد حالت فشرده و متراکم در بوته گردیده است. درحالی‌که تیمار فرابنفش- آ همانند تیمار فرابنفش محیط، برگ‌ها و شاخه‌های بلندتر و کشیده‌تری را به‌همراه داشته است. به‌نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع گیاه با افزایش میزان پرتو فرابنفش- ب به‌دلیل تخریب تنظیم‌کننده‌های رشد مانند ایندول استیک اسید و تشکیل ترکیبات بازدارنده رشد در اثر تابش فرابنفش اتفاق می‌افتد. اغلب گیاهان زمانی که در معرض فرابنفش- ب قرار می‌گیرند در ساختمان تشریحی برگ آن‌ها تغییراتی ایجاد می‌شود که یکی از این تغییرات کاهش سطح برگ است. احتمالاً تابش پرتو فرابنفش- ب باعث کاهش تقسیم سلولی، طویل‌شدن سلول‌ها و کاهش تعداد سلول‌های در حال میتوز می‌گردد؛ از طرفی زمان تقسیم سلولی را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین سلول‌ها فرصت کافی را برای تقسیم و گسترش سلولی پیدا نمی‌کنند. شاید این موضوع به‌خاطر محدودکردن ایندول استیک اسید به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد کلیدی در گیاهان باشد؛ درنتیجه کاهش سطح برگ، طول میانگره، طول و عرض برگ و ارتفاع گیاه را به‌دنبال دارد (Shayganfar *et al*., 2018). مطالعات دیگری نیز کاهش رشد طولی گیاه را در تیمار فرابنفش- ب گزارش کرده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد (Krause *et al*., 2007).

پاسخ‌های گیاهان به پرتوی فرابنفش- آ متفاوت و مطالعات موجود اغلب حاوی اطلاعات متناقضی است (Verdaguer *et al*., 2017). تعدادی از مطالعات گزارش کرده‌اند که پرتوی فرابنفش- آ باعث تسریع در افزایش رشد و تغییر در صفات ظاهری گیاهان می‌شود. در مطالعه Shayganfar و همکاران (۲۰۱۸) تابش پرتوی فرابنفش- آ باعث افزایش ارتفاع آویشن دنایی و آویشن باغی شد؛ با این حال تأثیری بر ارتفاع آویشن قره‌باغی نداشت، هر چند طول میانگره این گونه را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد. این محققان پاسخ متفاوت گونه‌های مختلف آویشن به پرتوی فرابنفش را به تفاوت در خصوصیات ژنتیکی گونه‌ها و شرایط اقلیمی خاستگاه آن‌ها نسبت دادند. با این وجود در مطالعه حاضر تیمار فرابنفش- آ در مقایسه با فرابنفش محیط تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع و رشد شمعدانی عطری نداشت. در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، Maffei و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که گیاهان نعناع فلفلی تابش‌دهی شده با فرابنفش- آ به‌همراه نور مرئی، تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به شاهد نشان ندادند.

در مطالعه حاضر در تیمارهای فرابنفش- آ و فرابنفش محیط، شدت نور پایین باعث افزایش وزن تر بوته شد، اما تأثیری بر وزن خشک بوته نداشت. کاهش شدت نور باعث کاهش تعرق و کاهش هدررفت آب در گیاه می‌شود. بنابراین در شرایط شدت نور کم، با افزایش میزان آب بافت‌ها افزایش وزن تر گیاه قابل انتظار است. با این حال به‌دلیل کاهش فتوسنتز در این شرایط، کاهش تولید ماده خشک و وزن خشک گیاه اتفاق می‌افتد. افزایش تجمع ماده خشک در اثر افزایش شدت نور را می‌توان ناشی از نفوذ بهتر نور در کانوپی و افزایش سرعت فتوسنتز به‌دلیل جذب بهتر نور توسط برگ‌های میانی بوته دانست (Centritto *et al*., 2000).

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای فرابنفش- ب و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب، وزن تر و خشک بوته و وزن خشک برگ را در شمعدانی عطری کاهش دادند. با این حال بررسی نتایج نشان می‌دهد که در شرایط شدت نور زیاد در مقایسه با شرایط شدت نور کم، اثرات منفی فرابنفش- ب بر وزن تر بوته و وزن خشک برگ بسیار کمتر بود. درحالی‌که در شرایط شدت نور بالا، کاهش معنی‌داری در وزن خشک بوته تحت‌تأثیر فرابنفش- ب مشاهده نگردید. با توجه به نتایج بدست آمده، به‌نظر می‌رسد که در شرایط شدت نور بالا، مقاومت گیاهان نسبت به پرتو فرابنفش- ب افزایش پیدا کرده است. این امر منجر به تعدیل اثرات منفی فرابنفش- ب بر زی‌توده گیاه گردیده است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی کاهش وزن گیاه پاسخی عمومی به اشعه فرابنفش- ب است. کاهش وزن تر و خشک گیاه با تیمار فرابنفش- ب در بادرنجبویه (Abedzadeh and Pourakbar, 2013) گزارش گردیده است. یکی از دلایل کاهش وزن با تابش فرابنفش- ب، اختلال در بیوسنتز و یا انتقال تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین و اسید جیبرلیک است (Shayganfar *et al.*, 2018). در تحقیق رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) اشعه فرابنفش- ب موجب کاهش قابل‌توجه ارتفاع و وزن تر و خشک اندام هوایی چغندرقند شد. به‌نظر می‌رسد که این کاهش رشد به‌دلیل کاهش سرعت فتوسنتز، محتوای کلروفیل و دیگر رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II باشد. به‌نظر می‌رسد که شدت نور بالا می‌تواند برخی از اثرات منفی پرتو فرابنفش- ب را کاهش دهد. همچنین نور آبی تولید فوتولیازهایی که در ترمیم DNA دخالت دارند (مانند دیمرهای پیریمیدین سیکلوبوتان) را تحریک می‌کند (Ballare *et al.*, 2011). همچنین Gotz و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند که شدت نور بالا باعث تجمع کوئرستین در گیاه می‌شود که اثرات پرتو فرابنفش را تعدیل می‌کند.

صفات فیزیولوژی: براساس نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی (جدول ۵)، تیمار شدت نور بر نشت الکترولیت، محتوای نسبی آب، فعالیت آنزیم کاتالاز، کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل، نرخ فتوسنتز، CO_2 زیر روزنه، تعرق و هدایت روزنه‌ای اثر معنی‌داری داشت. پرتو فرابنفش نیز اثر معنی‌داری بر نشت الکترولیت، مالون دی‌آلدهید، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل، نرخ فتوسنتز، CO_2 زیر روزنه و هدایت روزنه‌ای داشت. اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش بر صفات نشت الکترولیت، مالون دی‌آلدهید، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر شدت نور بر صفات فیزیولوژیکی شمعدانی عطری (جدول ۶) نشان داد که تیمار شدت نور بالا باعث افزایش میزان کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل و تعرق (به‌ترتیب به‌میزان ۱۸/۶۲، ۵۰/۷۷، ۲۶/۹۰ و ۴۰/۲۸ درصد) در مقایسه با شدت نور پایین شد. برخلاف این محتوای نسبی آب و CO_2 زیر روزنه با افزایش شدت نور کاهش یافتند، به‌نحوی‌که بیش‌ترین مقدار محتوای نسبی آب (۷۰/۶۹۰۳ درصد) و CO_2 زیر روزنه (۴۸۰/۹۱۷ میکرومول بر لیتر) مربوط به شدت نور پایین بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر پرتو فرانبفش بر صفات فیزیولوژیکی شمعدانی عطری (جدول ۷)، نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل- آ (۷/۰۱۴۵۵ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل- ب (۲/۹۱۹۵۷ میلی‌گرم برگرم) و کلروفیل کل (۹/۴۸۳۲۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار پرتو فرابنفش- ب بود که با تیمار فرابنفش محیط اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان این صفات نیز در تیمارهای پرتو فرابنفش- ب و کاربرد همزمان پرتو فرابنفش آ+ب مشاهده شد. با این حال، بیش‌ترین مقدار CO_2 زیر روزنه مربوط به تیمار پرتو فرابنفش- ب بود که با پرتو فرابنفش آ+ب اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین آن مربوط به تیمارهای فرابنفش محیط و پرتو فرابنفش- آ بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و پرتو فرانبفش بر صفات فیزیولوژیکی شمعدانی عطری (جدول ۸)، نشان داد که بیش‌ترین مقدار نشت الکترولیت (۴۹/۰۷۷۳ درصد) مربوط به تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش آ+ب بود که با تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- ب، تیمار شدت نور پایین و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثرشدت نور و پرتو فرابنفش بر برخی صفات فیزیولوژی شمعدانی عطری

SOV	DF	نشت الکترولیت	محتوای نسبی آب	مالون دی‌آلدهید	پراکسیداز	کاتالاز	کلروفیل- آ
A	۱	۱۲۹/۲۹۶**	۲۶۶/۸۶۱**	۰/۱۵۹۳ns	۰/۰۲۸۱ns	۰/۱۶۷۵۳**	۶/۳۰۴۱۴**
A Error	۴	۷/۲۴۸	۳/۳۳۹	۰/۷۷۸۴	۱/۰۰۷۴	۰/۰۲۸۸۸	۰/۱۵۶۱۵
B	۳	۴۶۱/۴۸۹**	۹/۹۰۲ns	۶/۲۳۸۷**	۲۳/۲۹۵۸**	۰/۲۸۲۴۰**	۴/۸۱۰۵۹**
A.B	۳	۶۲/۲۸۶*	۲/۰۲۹ns	۱/۸۹۴۰*	۳/۵۹۴۵*	۰/۰۴۹۳۱*	۰/۰۵۵۱۲ns
B Error	۱۲	۱۲/۷۴۴	۹/۹۶۱	۰/۳۲۹۸	۰/۷۳۸۹	۰/۰۱۳۹۸	۰/۲۶۴۱۷

A: شدت نور، B: پرتو فرابنفش، AB: اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش، **، *، ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری هستند.

ادامه جدول ۵-

SOV	DF	کلروفیل- ب	کلروفیل کل	نرخ فتوسنتز	CO_2 زیر روزنه	تعرق	هدایت روزنه
A	۱	۵/۸۵۰۹۸**	۲۴/۳۰۱۸**	۳۲/۹۰۰*	۲۰۹۴۵/۰**	۷/۷۰۶۷**	۹۴۷۵۲/۷**
A Error	۴	۰/۱۵۵۰۵	۰/۵۱۵۷	۹/۵۴۲	۱۱۶۳/۰	۰/۱۱۹۷	۶۶۴/۸
B	۳	۲/۶۳۳۴۳**	۱۴/۲۰۲۴**	۹۱/۸۷۳**	۱۹۰۴۱/۰**	۰/۱۳۴۱ns	۴۳۰۷/۲*
A.B	۳	۰/۰۹۳۷۸ns	۰/۲۳۳۴ns	۴۰/۵۶۶**	۱۱/۲ns	۰/۱۳۴۱ns	۱۱۵۴۲/۶**
B Error	۱۲	۰/۱۴۷۱۴	۰/۶۵۴۴	۶/۳۵۴	۴۸۳/۵	۰/۶۲۶۸	۱۱۰۳/۲

A: شدت نور، B: پرتو فرابنفش، AB: اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش، **، *، ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری هستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر شدت نور بر برخی صفات فیزیولوژی شمعدانی عطری

شدت نور (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	تعرق ($\mu mol/m^2.s$)	CO_2 زیر روزنه ($\mu mol/ mol$)	کلروفیل کل (mg/g)	کلروفیل- ب (mg/g)	کلروفیل- آ (mg/g)	محتوای نسبی آب (درصد)
۱۵۰۰	۳/۹۷۰۸۳a	۴۲۱/۸۳۳b	۹/۴۸۳۲۲a	۲/۹۱۹۵۷a	۶/۵۶۳۶۵a	۶۴/۰۲۱۲b
۸۰۰	۲/۸۳۷۵۰b	۴۸۰/۹۱۷a	۷/۴۷۰۶۹b	۱/۹۳۲۰۷b	۵/۵۳۸۶۲b	۷۰/۶۹۰۳a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات فیزیولوژی شمعدانی عطری

تیمار فرابنفش	کلروفیل- آ (mg/g)	کلروفیل- ب (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)	CO_2 زیر روزنه ($\mu mol/lit$)
فرابنفش محیط	۶/۶۱۱۶۲a	۲/۸۳۴۴۱a	۹/۴۴۶۰a	۴۰۰/۵۰۰b
UV A	۷/۰۱۴۵۵a	۳/۱۰۰۲۰a	۱۰/۱۱۴۷a	۴۰۴/۸۳۳b
UV B	۵/۳۱۹۸۶b	۱/۶۵۱۳۶b	۶/۹۷۱۲b	۵۰۳/۳۳۳a
UV A+B	۵/۲۵۸۵۲b	۲/۱۱۷۳۰b	۷/۳۷۵۸b	۴۹۶/۸۳۳a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت نور و پرتو فرابنفش بر برخی صفات فیزیولوژی شمعدانی عطری

شدت نور (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه)	تیمار فرابنفش	نشت الکترولیت (درصد)	مالون دی‌آلدئید	پراکسیداز	کاتالاز	نرخ فتوسنتز	هدایت روزنه
			(µmol/g)			(mmol/m².s)	
۱۵۰۰	فرابنفش محیط	۳۶/۹۱۷۷^{b}	۲/۱۹۷۸۶^{cd}	۳/۱۷۲۱۸^{cd}	۰/۵۵۳۹۳۴^{b}	۲۱/۶۳۳۳^{ab}	۳۱۸/۳۳۳^{b}
	UV A	۳۷/۸۷۵۹^{b}	۲/۰۵۱۶۶^{cd}	۲/۸۸۷۹۷^{cd}	۰/۵۴۸۲۲۳^{b}	۲۱/۸۷۳۳^{ab}	۳۲۴/۶۶۷^{b}
	UV B	۴۴/۵۷۴۶^{a}	۲/۷۹۲۸۲^{bc}	۵/۷۸۵۷۱^{ab}	۰/۸۲۶۱۰۰^{a}	۱۹/۸۹۳۳^{ab}	۲۵۴/۰۰۰^{c}
	UV A+B	۴۹/۰۷۷۳^{a}	۳/۴۶۹۲۴^{ab}	۴/۴۱۰۵۳^{bc}	۰/۷۳۳۷۰۱^{ab}	۱۸/۳۶۶۷^{bc}	۲۷۷/۶۶۷^{bc}
۸۰۰	فرابنفش محیط	۲۶/۱۸۸۷^{c}	۱/۲۱۸۳۳^{d}	۱/۸۲۱۸۰^{d}	۰/۲۶۹۴۱۶^{c}	۲۴/۳۳۳۳^{a}	۳۲۸/۳۳۳^{b}
	UV A	۲۸/۲۸۰۳^{c}	۱/۸۵۷۸۸^{cd}	۱/۷۹۹۵۰^{d}	۰/۲۰۶۵۵۷^{c}	۲۲/۷۰۰۰^{ab}	۴۳۰/۶۶۷^{a}
	UV B	۴۶/۴۶۲۸^{a}	۴/۴۹۰۱۴^{a}	۶/۶۳۱۸۳^{a}	۰/۷۲۸۴۲۶^{ab}	۱۱/۰۰۰۰^{d}	۴۳۸/۳۳۳^{a}
	UV A+B	۴۸/۹۴۵۲^{a}	۳/۵۹۷۰۰^{ab}	۶/۲۷۶۹۴^{a}	۰/۷۸۹۱۶۹^{a}	۱۴/۳۶۶۷^{cd}	۴۸۰/۰۰۰^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

پرتو فرابنفش- ب و تیمار شدت نور پایین و آ+ب اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین نشت الکترولیتی نیز مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش محیط بود که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین مقدار مالون دی‌آلدهید (۴/۴۹۰۱۴ میکرومول بر گرم) در تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش-ب مشاهده شد و کم‌ترین آن در تیمارشدت نور پایین و پرتو فرابنفش محیط بدست آمد. بالاترین میزان آنزیم پراکسیداز (۶/۶۳۱۸۳ میکرومول بر گرم) مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب بود که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش آ+ب اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم نیز مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ بود. فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- ب حداکثر بود (۰/۸۲۶۱۰۰ میکرومول بر گرم) که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش آ+ب اختلاف معنی‌داری نداشت. پایین‌ترین فعالیت این آنزیم نیز مربوط به تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- آ بود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نرخ فتوسنتز (به‌ترتیب با ۲۴/۳۳ و ۱۱میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار شدت نور پایین با پرتو فرابنفش محیط و تیمار شدت نور پایین با پرتو فرابنفش- ب بود. بالاترین میزان هدایت روزنه (۴۸۰ مول بر متر مربع بر ثانیه) در تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش آ+ب مشاهده شد که با تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش-آ و تیمار شدت نور پایین و پرتو فرابنفش- ب اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کم‌ترین میزان هدایت روزنه نیز مربوط به تیمار شدت نور بالا و پرتو فرابنفش- ب بود.

به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزایش شدت نور باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و هدایت روزنه‌ای شمعدانی عطری شد؛ برخلاف این با افزایش شدت نور میزان کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل، تعرق، نشت الکترولیتی، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرد. افزایش شدت نور باعث افزایش دمای بافت‌های گیاهی می‌شود. درنتیجه گیاه برای اینکه بتواند خودش را خنک نگه دارد آب را از طریق روزنه طی فرآیند تعرق از دست می‌دهد. در چنین شرایطی کاهش محتوای نسبی آب برگ منجر به بسته‌شدن روزنه‌ها و درنتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد (Centritto *et al.*, 2000). همچنین Barradas و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که هدایت روزنه‌ای برگ درختان زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) تحت شرایط سایه بیش‌تر از درختان در معرض نور کامل بود. این محققان علت این امر را به کاهش پتانسیل آب برگ‌های در معرض نور نسبت دادند. در شدت نور زیاد روزنه برای ممانعت از تعرق و کاهش محتوای نسبی آب برگ بسته می‌شود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که تغییر میزان نور از طریق تغییر در آرایش کلروپلاست درون سلول‌های گیاهی مقادیر کلروفیل برگ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که علاوه بر این که در شرایط شدت نور کم میزان کلروفیل کاهش یافته و سبزینگی برگ‌ها نیز کمتر می‌شود، کلروپلاست‌ها هم عمود بر زاویه تابش و موازی دیواره سلولی قرار می‌گیرند که این موضوع نیز باعث تغییر در مقادیر کلروفیل می‌شود (Todd *et al.*, 2005). در پژوهش دولتخواهی و همکاران (۱۳۹۳) میزان کلروفیل- آ، کلروفیل- ب و کلروفیل کل با افزایش سطح سایه کاهش یافت که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. حاجی‌بلند و فرهنگی (۱۳۸۹) نیز بیان کردند که افزایش شدت نور موجب افزایش در کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل و کاروتنوئید در کلم قرمز می‌گردد. بین شدت نور و شدت فتوسنتز رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. بنابراین افزایش فتوسنتز از یک طرف به‌دلیل افزایش شدت نور و از طرفی دیگر به‌دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها به‌منظور کاهش تعرق، منجر به کاهش دی‌اکسید کربن زیر روزنه در این شرایط می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۹۱).

اگر چه شدت‌های بالای نور رشد گیاهان را به‌دلیل فتوسنتز بیشتر افزایش می‌دهند، اما تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن نیز در چنین شرایطی بالا می‌رود. به‌طورکلی اگر شدت نور بیش از ظرفیت فتوسنتز فعال گیاه باشد، بافت‌ها برای اتلاف ایمن فوتون‌های مازاد، تشکیل ROSها را تحریک می‌کنند که منجر به آسیب اکسیداتیو به دستگاه فتوسنتز و سایر اجزای سلولی می‌شود. به‌منظور به‌حداقل رساندن تنش اکسیداتیو ناشی از گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن، گیاهان مکانیسم‌های سم‌زدایی شامل

آنتی‌اکسیدان‌ها و برخی از آنزیم‌های مهارکننده گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن مانند پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را ایجاد کرده‌اند (Foyer and Shigeoka, 2011). نتایج پژوهش Xu و همکاران (۲۰۱۰) در فسکوی بلند نشان داد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز با افزایش شدت نور افزایش یافت. Schmidt و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که فعال شدن آنزیم کاتالاز در برگ‌های چاودار زمستانه در تیمار نور آبی بیش‌تر از تیمار نور قرمز یا نور قرمز دور است.

تیمار پرتو فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب باعث کاهش کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل و میزان فتوسنتز شد. علاوه بر این در شرایط شدت نور بالا نیز، فرابنفش- ب و فرابنفش آ+ب منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای برگ شدند. در اثر تابش پرتوهای فرابنفش کاهش میزان کلروفیل به‌دلیل ممانعت از سنتز آن و یا افزایش میزان کلروفیلاز و همچنین فتواکسیداسیون غیرآنزیمی کلروفیل اتفاق می‌افتد. از دلایل دیگر کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ تحت‌تأثیر تیمار پرتو فرابنفش- ب می‌توان به این نکته اشاره داشت که این اشعه بر مقدار پروتئین‌های کلروپلاستی و نفوذپذیری غشای کلروپلاست و پروتئین‌های جمع‌کننده نور در مرکز واکنش فتوسیستم نوری دو و روبیسکو تأثیر می‌گذارد (Piri1 *et al.*, 2012). در تطابق با نتایج مطالعه حاضر، کاهش معنی‌دار کلروفیل در گیاهان ذرتی که در معرض تابش پرتو فرابنفش- ب قرار داشتند مشاهده شده است (Shen *et al.*, 2015).

میزان نشت الکترولیتی، مالون دی‌آلدهید، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با تیمار فرابنفش- ب و کاربرد همزمان فرابنفش آ+ب افزایش پیدا کرد. میزان افزایش این صفات با تیمار فرابنفش- ب و فرابنفش آ+ب، در شرایط شدت نور کم شدیدتر بود. پرتو فرابنفش سبب افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و ایجاد تنش اکسیداتیو می‌گردد. بنابراین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌عنوان جاروب‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد تحت‌تأثیر پرتوهای فرابنفش قابل‌تصور است. یکی از موارد آسیب گونه‌های فعال اکسیژن، پراکسیداسیون لیپیدهای غشای پلاسمایی و سایر غشاهای درونی اندامک‌هایی مانند کلروپلاست و میتوکندری است. درنتیجه تولید مالون دی‌آلدهید به‌عنوان محصول پراکسیداسیون لیپیدی در چنین شرایطی اتفاق می‌افتد (Bartosz, 1997). در تطابق با نتایج مطالعه‌ی حاضر، میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

مالون دی‌آلدهید، نشت الکترولیتی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز تحت‌تأثیر پرتوهای فرابنفش- ب در بادرنجبویه افزایش یافت (پوراکبر و عابدزاده، ۱۳۹۳). همچنین در سه گونه آویشن دنایی، قره‌باغی و باغی نیز مقدار مالون‌دی‌آلدهید، نشت الکترولیتی و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون ردوکتاز، آسکوربات پروکسیداز در تیمار فرابنفش- ب افزایش نشان داد (Shayganfar *et al.*, 2018). به‌طورکلی پرتوی فرابنفش- آ برای فتوسنتز مضر است، اما تحت شرایط نور کم (غیراشباع)، پرتوی فرابنفش- آ می‌تواند میزان فتوسنتز را افزایش دهد (Mantha *et al.*, 2001). در مطالعه حاضر نیز تیمار فرابنفش- آ تأثیر منفی بر اغلب صفات مورد مطالعه شمعدانی عطری نداشت. Verdaguer و همکاران (۲۰۱۷) عنوان کردند که پاسخ گیاهان به پرتوی فرابنفش- آ ممکن است در اثر تغییرات جزئی در تعادل بین اثرات متعدد فرابنفش- آ، از جمله تنش ناشی از تغییر در صفات ظاهری، فتوسنتز و همچنین تجمع ترکیبات فنولی با قابلیت‌های آنتی‌اکسیدانی، تغییر کند. علاوه بر این، گزارش شده است که برخی از اثرات فرابنفش- آ بر زی‌توده توسط سایر عوامل محیطی تعدیل می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که تیمار شدت نور بالا باعث رشد فشرده و کپه‌ای بوته در شمعدانی عطری گردید. در حالی‌که در تیمار شدت نور کم گیاهان حالت رشد کشیده در برگ‌ها، دمبرگ‌ها و ساقه‌های خود داشتند. با وجود این‌که وزن تر بوته با افزایش شدت نور کاهش یافت، اما وزن خشک برگ و ساقه با افزایش شدت نور بیش‌تر شد. تیمار فرابنفش- ب نیز باعث کاهش رشد طولی شمعدانی عطری، ایجاد حالت فشرده و متراکم در بوته و کاهش وزن خشک برگ (به‌عنوان اندام دارویی مصرفی) گردید. درحالی‌که در تیمار فرابنفش- آ همانند تیمار فرابنفش محیط، گیاهان از برگ‌ها و شاخه‌های بلندتر و کشیده‌تری برخوردار بودند و هیچ کاهشی در وزن خشک گیاه با تیمار فرابنفش- آ مشاهده نگردید. افزایش شدت نور باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و هدایت روزنه‌ای شمعدانی عطری شد؛ برخلاف این با افزایش شدت نور میزان کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل، تعرق، نشت الکترولیتی، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرد. تیمار فرابنفش- ب باعث کاهش کلروفیل- آ، کلروفیل- ب، کلروفیل کل و میزان فتوسنتز شد. میزان نشت الکترولیتی، مالون دی‌آلدهید، دی‌اکسید کربن زیر روزنه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نیز با تیمار فرابنفش- ب افزایش پیدا کرد. در مجموع در شرایط شدت نور بالا نسبت به شدت نور پایین، تابش فرابنفش- ب آسیب‌های کمتری به گیاه وارد کرد. این امر نشان می‌دهد که شدت نور بالا اثرات فرابنفش- ب را تعدیل می‌کند.

منابع

پوراکبر، ل. و عابدزاده، م. (۱۳۹۳) اثر پرتوهای UV-B و UV-C بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) و تأثیر سالیسیلیک اسید در تخفیف تنش ناشی از پرتوهای فرابنفش، زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۲۱: ۲۳-۳۴.

حاجی‌بلند، ر. و فرهنگی، ف. (۱۳۸۹) رشد، رنگیزه های برگ و فتوسنتز گیاه شلغم (*Brassica rapa* L.) تحت کمبود بور و شدت نورهای مختلف نور. مجله علوم دانشگاه تهران ۳۶: ۸-۱.

دولتخواهی، ع.، مطلوبی، و. و مطلبی آذر، ع. (۱۳۹۳) پاسخ سیستم‌های تربیت کمانی و سنتی به سایه‌دهی در رز بریدنی رقم آوالانژ (*Rosa hybrida* cv. Avalanche) مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۸: ۱۲۱-۱۱۵.

رحیم‌زاده کاروانسرا، پ. و رضوی، س. م. (۱۳۹۸) اثرات اشعه ماورای بنفش B بر روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، فیتوشیمیایی و بیوشیمیایی گیاه چغندرقند (*Beta vulgaris*). رساله دکتری، گرایش فیزیولوژی گیاهی. دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم، گروه آموزشی زیست‌شناسی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

مومیوند، ح.، رضایی‌نژاد، ب. و سپهوند، ک. (۱۳۹۸) ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌شدن و برخی خصوصیات فیتوشیمیایی شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) علوم باغبانی ۳۳: ۶۶۸-۶۵۵.

Abedzadeh, M. and Pourakbar, L. (2013) The interactions of UV-B and UV-C radiation and salicylic acid on some physiological and biochemical parameters in *Melissa officinalis* L. Journal of Plant Process and Function 2: 1-14.

Ballare, C. L., Caldwell, M. M., Flint, S. D., Robinson, A. and Bornman, J. F. (2011) Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change. hotochemical and Photobiological Sciences 10: 226-241.

Barradas, V. L., Nicolas, E., Torrecillas, A. and Alarcon, J. J. (2005) Transpiration and canopy conductance in young apricot (*Prunus armenica* L.) trees subjected to different PAR levels and water stress. Agricultural Water Management 77: 323-333.

Bartosz, G. (1997) Oxidative stress in plants. Acta Physiologiae Plantarum 19: 47-64.

Buege, J. A. and Aust, S. D. (1978) "Microsomal lipid peroxidation" Methods Enzyme 52: 302-310.

Centritto, M., Loreto, F., Massacci, A., Pietrini, F., Villani, M. C. and Zacchini, M. (2000) Improved growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensity. Ecological Research 15: 385-392.

Cerda, P. D. and Chory, J. (2003) Regulation of flowering time by light quality. International Weekly Journal of Science 423: 881-885.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) "Assay of catalases and peroxidases" Methods in Enzymologist 11: 764-755.

Foyer, C. H. Shigeoka, S. (2011) Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. Plant Physiology 155: 93e100.

Ghorbanzadeh, P., Aliniaeifard, S., Esmaeili, M., Mashal, M., Azadegan, B. and Seif, M. (2020) Dependency of growth, water use efficiency, chlorophyll fluorescence, and stomatal characteristics of lettuce plants to light intensity. Journal of Plant Growth Regulation 1-17.

Gislerod, H. R., Eidsten, I. M. and Mortensen, L. M. (2003) The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Horticultural Science 38: 295-304.

Gotz, M., Albert, A., Stich, S., Heller, W., Scherb, H., Krins, A., Langebartels, C., Seidlitz, H. K. and Ernst, D. (2010) PAR modulation of the UV-dependent levels of flavonoid metabolites in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. leaf rosettes: Cumulative effects after a whole vegetative growth period. Protoplasma 243: 95-103.

Hlatshwayo, M. S. and Wahome, P. K. (2010) Effects of shading on growth, flowering and cut flower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). Journal of Agriculture and Social Sciences 6: 34-38.

Hollosy, F. (2002) Effects of ultraviolet radiation on plant cells. Micron 33: 179-197.

Klem, K., Holub, P., Stroch, M., Nezval, J., Spunda, V., Triska, J., Jansen, M. A. K., Robson, T. M. and Urban, O. (2015) Ultraviolet and photosynthetically active radiation can both induce photoprotective capacity allowing barley to overcome high radiation stress. Plant Physiology and Biochemistry 93: 74-83.

Krause, G. H., Jahns, P., Vigor, A., Garcia, M., Aranda, J., Wellmann, E. and Winter, K. (2007) Photoprotection, photosynthesis and growth of tropical tree seedlings under near-ambient and solar reduced solar ultraviolet-B radiation. Journal of Plant Physiology 164: 1311-1322.

Kumari, R. and Agrawal, S. B. (2010) Supplemental UV-B induced changes in leaf morphology, physiology, and secondary metabolites of an Indian aromatic plant *Cymbopogon citratus* (D.C.) Staph under natural field conditions. International Journal of Environmental Studies 67: 655-675.

Lichtenthder, H. K. (1987) "Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomemberanes" Methods Enzymol 148: 350-382.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1996) "NaCl-inducedsenescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differingin salinity resistance" Annals of Botany 78: 389-398.

Lutz, C., Schonauer, E. and Neuner, G. (2005) Physiological adaption to early spring conditions in green overwintering leaves of some alpine plants. Phyton 45: 139-156.

Maffei, M., Canova, D., Bertea, C. M. and Scannerini, S. (1999) "UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*" Journal of Photochemistry and Photobiology B. 52: 105-110.

Mantha, S. V., Johnson, G. A. and Day, T. A. (2001) Evidence from action and fluorescence spectra that UV-induced violet–blue–green fluorescence enhances leaf photosynthesis. Journal of Photochemistry and Photobiology 73: 249-256.

Mc-Adam, J. W., Nelson, C. J. and Sharp, R. E. (1992) "Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue", Plant Physiology 99: 872-878.

Patra, P. K., Das, M. and Behera, P. K. (2003) Growth response of mint (*Mentha spicata* L.) to light and shade regime. Indian Journal of Plant Physiology, New Delhi 8: 193-195.

Piri1, E., Babaeian, M., Tavassoli, A. and Esmaeilian, Y. (2011) Effects of UV irradiation on plants. African Journal of Microbiology Research 5: 1710-1716.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

Rezaei Nejad, A., Izadi, Z., Sepahvand, K., Mumivand, H. and Mousavifard, S. (2020) Changes in total phenol and some enzymatic and non-enzymatic antioxidant activities of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*) in response to exogenous ascorbic acid and iron nutrition. Journal of Ornamental Plants 10: 27-36.

Rhie, Y. H., Lee, S. Y., Jung, H. H. and Kim, K. S. (2014) Light intensity influences photosynthesis and crop characteristics of (*Jeffersonia dubia*). Horticultural Science and Biotechnology 32: 584-589.

Schmidt, M., Grief, J. and Feierabend, J. (2006) Mode of translational activation of the catalase (cat1) mRNA of rye leaves (*Secale cereale* L.) and its control through blue light and reactive oxygen. Planta 223: 835-846.

Searles, P. S., Flint, S. D. and Caldwell, M. M. (2001) A metaanalysis of plant field studies simulating stratospheric ozone deplation. Oecologia 127: 1-10.

Shayganfar, A., Azizi, M. and Rasouli, M. (2018) Various strategies elicited and modulated by elevated UV-B radiation and protectant compounds in *Thymus* species: Differences in response over treatments, acclimation and interaction. Industrial Crops and Products 113: 298-307.

Shen, X., Dong, Z. and Chen, Y. (2015) Drought and UV-B radiation effect on photosynthesis and antioxidant parameters in soybean and maize. Acta Physiologiae Plantarum 37: 25-32.

Taiz, L. and Zieger, E. (2002) Plant Physiology. Ed 5th. Sinauer Associates.

Todd, A., Peterson, T. M. Blackmer, D. D., Francis, J. and Schepers, S. (2005) Using a chlorophyll meter to improve N management. Soil Science 93: 1171-1177.

Verdaguer, D., Jansen, M. A., Llorens, L., Morales, L. O. and Neugart, S. (2017) UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. Plant Science 255: 72-81.

Xu, Y., Sun, X., Jin, J. and Zhou, H. (2010) Protective effect of nitric oxide on light induced oxidative damage in leaves of tall fescue. Journal of Plant Physiology 167: 512-518.

Yamasaki, S. and Dillenburg, L. C. (1999) “Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*” Revista Brasilian Fisiologia Vegetal 11: 69-75.

Zhao, D., Hao, Z. and Tao, J. (2012) Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Plant Physiology and Biochemistry 61: 187-196.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]

Effect of light intensity and UV radiation on morpho-physiological charactrestics and biomass of Rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L'Heritier)

Maryam Jadidi[1], Hasan Mumivand[*1], Abdollah Ehteshamnya[1], Alireza Shayeganfar[2]

[1] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran
[2] Department of Horticulture and Landscape Engineering, Malayer University, Iran
(Received: 13/08/2021, Accepted: 30/11/2021)

Abstract

Rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L'Heritier) is an important ornamental plant that is cultivated worldwide due to its valuable medicinal properties. The present research was conducted to evaluate the effect of light intensity and UV radiation on the morphological and physiological characteristics of rose-scented geranium in 2020. The experiment was performed as split plots in a completely randomized design. Light intensity was considered as the first factor at two levels (low light intensity and high light intensity) and ultraviolet radiation at four levels (environmental UV, UV-A, UV-B and UVA+B) as the second factor. The results showed that high light intensity reduced petiole length, leaf length and width as well as plant height of *P. graveolens*; in contrast, the number of lateral branches and stem diameter were increased by rising light intensity. UV-B and UVA+B reduced plant height, petiole length and leaf length and width; whereas, the number of lateral branches and stem diameter was increased by UVB treatments and UVA+B treatments. Meanwhile, plant produced leaves and branches with elongated shapes when traeted by UVA and environmental UV. In terms of physiological traits, results showed that increasing the light intensity reduced the relative water content of leaf, intercellular CO_2 and stomata conductivity. In contrast, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, transpiration, electrolyte leakage, catalase activity and photosynthesis rate were increased by increasing light intensity. Also, UVB and UVA+B treatments led to reduce chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and photosynthesis rate. Under high light intensity, UVB and UVA+B reduced the stomata conductivity. The amount of electrolyte leakage, malondialdehyde, intercellular CO_2 and the activity of catalase and peroxidase enzymes were increased by UVB and UVA+B radiations. Also, the rate of increase of these traits by UVB and UVA+B was more severe in low light intensity.

Keywords: Light intensity, *Pelargonium graveolens*, Ultraviolet A, Ultraviolet B

Corresponding author, Email: mumivand.h@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.19.0]