فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۸، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۱۵۵-۱۷۰
https://doi.org/10.22034/14.68.155

مقاله پژوهشی

اثر نور فرابنفش و ملاتونین بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و آنزیمی گیاه ارکیده دندروبیوم نوبل (*Dendrobium nobile* Lindl.)

فاطمه قربانعلی‌زاده سعادت‌آباد[۱]، خدایار همتی[۱*]، حسین زارعی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲] و علی دهستانی[۲]
[۱] دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۲] پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹)

چکیده
بخش بزرگی از تابش فرابنفش خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد شامل تابش فرابنفش A است که در طول‌موج ۳۵۰ تا ۴۰۰ نانومتر قرار دارد. مقادیر طبیعی تابش فرابنفش برای ریخت‌زایی در بسیاری از گونه‌های گیاهی مهم است و حتی در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشدی گیاه می‌تواند مفید واقع شود. بنابراین آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار شامل تابش فرابنفش A در سه سطح (صفر، ۲ و ۴ ساعت) و محلول‌پاشی ملاتونین در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) طراحی و اجرا شد تا اثرات تابش فرابنفش A، محلول‌پاشی ملاتونین و برهمکنش آن‌ها بر برخی صفات گیاه ارکیده دندروبیوم نوبل (*Dendrobium nobile* Lindl.) بررسی شود. نتایج نشان داد گیاهانی که با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ملاتونین و بدون تابش فرابنفش تیمار شدند بالاترین ارتفاع گیاه (۳۶/۸۳ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع متعلق به تیمار تابش فرابنفش چهار ساعت بدون ملاتونین بود که ارتفاع کمتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. بیشترین افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۹۰/۴۰ درصد) نیز در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار بدست آمد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۲۷۱ واحد در میلی‌گرم بر پروتئین) در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۱/۳۲ واحد در میلی‌گرم بر پروتئین) در تابش فرابنفش ۴ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار بدست آمد. نتایج نشان داد استفاده از تابش فرابنفش A در مدیریت گلخانه می‌تواند مزایای متعددی از جمله افزایش کمیت و کیفیت رشد گیاه را به‌همراه داشته باشد. در کنار استفاده از تابش نوری مکمل در گلخانه استفاده از مواد تنظیم‌کننده فیزیولوژیکی مانند ملاتونین هم در افزایش و بهبود صفات و عملکرد گیاهان مؤثر است. لذا نتایج پژوهش حاضر استفاده از تابش فرابنفش A و محلول‌پاشی ملاتونین برای تولید محصولات باغبانی گلخانه‌ای از جمله ارکیده دندروبیوم نوبل را توصیه می‌کند. کاهش ارتفاع ۱۶/۰۴ درصدی با کاربرد نور فرابنفش A یک دستاورد مهم در عرصه گیاهان زینتی است زیرا گیاهان کم‌ارتفاع بازارپسندی بهتری داشته و در طول حمل‌ونقل نیز دچار آسیب کمتری می‌شوند و همچنین مناسب عرضه به‌صورت گیاه گلدانی نیز هستند.

واژگان کلیدی: ارتفاع، ارکیده دندروبیوم نوبل، تابش فرابنفش، فعالیت آنزیمی، ملاتونین

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Kh_hemmati@gau.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

مقدمه

دندروبیوم نوبل *Dendrobium nobile* Lindl. گیاهی از خانواده Orchidaceae است. این گیاه محیط‌های خنک و مرطوب با دمای رشد ۱۸ درجه سانتی‌گراد تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد را ترجیح می‌دهد و بیشتر در مناطق نیمه‌گرمسیر چین گسترش دارد (Zhang *et al*., 2022). دندروبیوم نوبل نه تنها به‌دلیل رنگ زیبای گل، تعداد گل فراوان و فرم زیبای آن ارزش زینتی بالایی دارد بلکه غنی از ترکیبات فعال مانند پلی‌ساکاریدها (Zhang *et al*., 2020) پلی‌فنل‌ها (Zhao *et al*., 2023) فلاونوئیدها (Zhang *et al*., 2023) و آلکالوئیدها است (Liu *et al*., 2023).

نور یک عامل حیاتی برای رشدونمو گیاهان است. نور اساسی‌ترین و مهمترین مؤلفه‌ای است که چرخه زندگی یک گیاه را کنترل می‌کند که این چرخه با جوانه‌زدن بذر شروع و به تولید بذر ختم می‌شود (Olle and Virsile, 2013). خورشید تابش الکترومغناطیسی با طول‌موج‌های ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر از خود ساطع می‌کند که گیاه برای فتوسنتز به طول‌موج بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر نیاز دارد (Ganesh *et al*., 2022). تابش فرابنفش در محدوده طول‌موج ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر یک جز اساسی از تابش خورشیدی است و در سه گروه UV-A (۳۱۵– ۴۰۰ نانومتر)، UV-B (۳۱۵–۲۸۰ نانومتر) و UV-C (۲۸۰–۱۰۰ نانومتر) طبقه‌بندی می‌شود (Verdaguer *et al*., 2017). در طیف A، گیرنده‌های نوری بیشتری به‌ویژه کریپتوکروم‌های فعال هسته که به‌عنوان تنظیم‌کننده بیان ژن در ارتباط با UVR8 شناخته شده‌اند وجود دارد (Rai *et al*., 2020). بیشتر مطالعات گیاهی در دهه‌های گذشته بر اثرات مضر تابش فرابنفش متمرکز شده بود. از این اثرات می‌توان آسیب به ساختار سلولی و متابولیسم، فتوسنتز و افزایش تنش اکسیداتیو را برشمرد که در نهایت بر طول عمر و تولید گیاهان مؤثر بود (Nawkar *et al*., 2013). از سوی دیگر، باغبانی حفاظت‌شده موردی است که نشان می‌دهد کمبود تابش فرابنفش ممکن است اثرات مضری بر عملکرد و بهره‌وری محصولات داشته باشد (Wargent and Jordan, 2013). محصولاتی که در سامانه‌های حفاظت‌شده رشد می‌کنند در معرض مقادیر طبیعی تابش فرابنفش قرار نمی‌گیرند (Kumar and Poehling, 2006). گیاهان گیرنده‌هایی برای تابش‌های فرابنفش A و B خورشیدی ایجاد کرده‌اند که شبکه پیچیده‌ای از کارکردها را در طول چرخه زندگی گیاه تنظیم می‌کند. باغبانی مدرن، میزانی از تابش فرابنفش را در کشت‌های گلخانه‌ای توصیه می‌کند، که باعث ایجاد یک تنش خفیف مثبت برای تحریک مسیرهای تنش اکسیداتیو و ساز و کارهای آنتی‌اکسیدانی شود (Mariz-Ponte *et al*., 2018). قرار گرفتن گیاهان در معرض طول‌موج‌های UV-B یا UV-A می‌تواند تأثیرات مطلوب و هم نامطلوبی بر روی محصولات کشاورزی داشته باشد. معمولاً مقادیر کم تابش UV-A/B تغییرات کوچک و تنظیمی در فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهان ایجاد می‌کنند که در بسیاری از موارد می‌تواند از نظر باغبانی ارزشمند باشد. پاسخ‌های تنظیمی شامل زنجیره‌ای از رویدادهای سیگنال‌دهی داخلی هستند که منجر به تغییراتی در ظاهر گیاه، انباشت مجموعه‌ای از مواد فیتوشیمیایی و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (Crestani *et al*., 2025). اهمیت تابش فرابنفش به گونه‌ای است هنگامی که گیاهان زیر نور قرمز تک رنگ رشد می‌کنند، باعث تشکیل مورفولوژی غیرطبیعی در گیاه شده و افزودن مقادیر کمی نور آبی یا فرابنفش A می‌تواند این اختلالات را برگرداند (Zhang *et al*., 2023).

ملاتونین (N-acetyl-5-methoxytryptamine) یک مولکول ایندول تریپتامین (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2015) و تنها تنظیم‌کننده فیزیولوژیکی گسترده حفاظت‌شده‌ای است که به‌طور طبیعی در بیشتر موجودات زنده وجود دارد (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2019). گزارش شده است که ملاتونین در تنظیم رشدونمو گیاهان، ریتم‌های شبانه‌روزی و پاسخ‌های دوره نوری، سامانه آنتی‌اکسیدانی و مقاومت در برابر تنش نقش دارد (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2015). تولید ملاتونین در گونه‌های گیاهی مختلف متفاوت است. ملاتونین در کلروپلاست از تریپتوفان از طریق یک سری واکنش کاتالیز شده توسط تریپتوفان دکربوکسیلاز، تریپتامین ۵–

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

هیدروکسیلاز، سروتونین N- استیل ترانسفراز و آریل الکیل آمین N- استیل ترانسفراز سنتز می‌شود. ملاتونین ارتباط نزدیکی با تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و پیام‌رسانی سلولی مرتبط با تنش دارد (Martinez *et al.*, 2018). ملاتونین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به سایر آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند آسکوربات‌ها و توکوفرول‌ها دارد که ممکن است به توانایی ملاتونین در انتقال مؤثر از طریق بخش‌های مختلف سلولی مرتبط باشد (Varghese *et al.*, 2019). گزارش‌های متعددی توانایی سودمند کاربرد ملاتونین را برای کاهش تنش از جمله تنش فرابنفش نشان داده است (Oloumi, 2022).

این پژوهش با هدف بررسی اثر مدت زمان تابش فرابنفش A و محلول‌پاشی ملاتونین بر گیاه ارکیده دندروبیوم نوبل در شرایط گلخانه‌ای طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دمای روزانه ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۱۳ تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۷۵ درصد انجام شد. گیاهچه‌های دندروبیوم نوبل که توسط قلمه تکثیر شده بودند تهیه و در گلدان‌های سایز ۷ در بستر کشتی شامل مخلوطی از کوکوچیپس، ذغال و پرلیت کاشته شدند. آبیاری منظم و حفظ رطوبت متناسب با گیاه ارکیده انجام گردید. تیمارها شامل تابش فرابنفش A با طول‌موج ۴۰۰ – ۳۱۵ نانومتر و شدت ۱۸ وات بر مترمربع در قالب لامپ LED و محلول‌پاشی برگی ملاتونین بود. تابش فرابنفش A به‌صورت روزانه به‌مدت یک ماه و در مدت زمان‌های صفر، ۲ و ۴ ساعت و محلول‌پاشی برگی ملاتونین (تهیه‌شده از شرکت سیگما آلدریچ) سه مرتبه هر ده روز یکبار در سه سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ میکرومولار انجام شد. تیمارها یک ماه پس از استقرار گیاهان گلدانی شش ماهه قبل از گلدهی در گلخانه اعمال گردید. صفات اندازه‌گیری‌شده گیاه شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم کاتالاز و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، محتوای مالون دی‌آلدئید، پراکسید هیدروژن، پروتئین محلول، پرولین اندازه‌گیری و محاسبه شد. ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش، تعداد برگ با شمارش، سطح برگ با استفاده از نرم‌افزار Image J محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل و کاروتنوئید نیم گرم بافت تازه گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ سائیده و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ ۶۰۰۰ دور در دقیقه، به‌وسیله اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۴۵، ۴۷۰ و ۶۶۳ نانومتر خوانده و بر اساس روابط ۱ و ۲ محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برحسب (mg/gFW) محاسبه شد (Arnon, 1994).

(۱)

$$Chl.Total = [20.2(A645)+8.02(A663)]\times V/1000FW$$

(۲)

$$Car = 1000(A_{470})+3.27(mg\ Chl.a)-104(mg\ Chl.b)/227$$

V= حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، FW= وزن تر نمونه بر حسب گرم

برای محاسبه فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیم گرم برگ تازه در ۵ سی‌سی متانول ۸۰٪ سائیده و یک میلی‌لیتر از عصاره به یک میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH اضافه و مخلوط حاصل به‌خوبی تکان داده شد سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در اتاق تاریک قرار داده و در ادامه در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده و با استفاده از رابطه ۳ درصد آنتی‌اکسیدانی محاسبه شد (Ebrahimzadeh *et al.*, 2010).

(۳)

$$R\% = AD - AS/AD \times 100$$

R= درصد مهار، AD: جذب DPPH در ۵۱۷ نانومتر، AS: جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر

برای تهیه عصاره آنزیمی مقدار ۰/۱ گرم برگ پودرشده در ازت مایع با مقدار ۱۸۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم سرد (pH ۷/۵) همگن شد سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه با نیروی ۱۲۰۰۰ g در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

عصاره تهیه‌شده برای تعیین میزان پروتئین و فعالیت آنزیمی استفاده شد. برآورد میزان پروتئین استخراج‌شده با روش (Mishra and Shukla, 2020) انجام شد. به این منظور مقدار ۴۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با ۹۶۰ میکرولیتر معرف بردفورد ترکیب و پس از ۲۰ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۳۵ نانومتر ثبت شد. منحنی استاندارد با استفاده از آلبومین سرم گاوی (BSA) رسم گردید ($Y=0.019X+0.027$, $R^2=0.98$). از این پارامتر جهت تصحیح میزان فعالیت آنزیمی استفاده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از ثبت کاهش جذب در ۲۴۰ نانومتر بررسی شد (Aebi, 1984). اجزاء واکنش شامل ۲/۴۵۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷)، ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۷/۵ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. پس از اضافه‌کردن H_2O_2 واکنش آغاز و کاهش جذب ۲۴۰ نانومتر در بازه زمانی سه دقیقه (هر ۳۰ ثانیه) برآورد شد. از تفاضل اولین جذب با آخرین جذب میزان تخریب H_2O_2 ثبت شد. اساس برآورد آنزیم SOD میزان مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم (NBT) به‌واسطه فعالیت آنزیم بود (Beauchamp and Fridovich, 1971). مخلوط واکنش شامل عصاره آنزیمی ۱۰۰ میکرولیتر، ۱۰۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (دارای EDTA ۰/۱ میلی‌مولار)، ریبوفلاوین ۰/۱۲ میلی‌مولار و NBT ۱۳ میلی‌مولار بود. به دو لوله آزمایش تمامی مواد واکنش به غیر از عصاره آنزیمی افزوده و سپس به هر کدام مقدار برابر با عصاره آنزیمی بافر فسفات پتاسیم افزوده شد. این دو لوله آزمایش فاقد عصاره آنزیمی به‌عنوان ۱) شاهد و ۲) بلانک در نظر گرفته شدند. تمامی لوله‌های آزمایش به غیر از بلانک در معرض نور شدید (سفید حدود ۱۲ هزار لوکس) برای ۹۰ ثانیه قرار گرفت. در این فاصله نمونه بلانک در تاریکی قرار داشت و با آن اسپکتروفتومتر صفر شد. جذب نمونه‌ها در ۵۶۰ نانومتر قرائت و از نمونه شاهد جهت تخمین میزان فعالیت آنزیم طبق رابطه ۴ استفاده شد.

(۴)

۱۰۰ × (۰/۵ × شاهد جذب / جذب نمونه – جذب شاهد)

استخراج مالون دی‌آلدئید (MDA) و H_2O_2 با محلول تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد انجام شد (Ghorbani *et al*., 2018; Junglee *et al*., 2014). مقدار ۰/۲ گرم از برگ پودرشده در ازت مایع با مقدار ۱۸۰۰ میکرولیتر محلول TCA هموژن و پس از سانتریفیوژ ۱۲۰۰۰g از فاز مایع جهت برآورد میزان MDA و H_2O_2 استفاده گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از فاز رویی با ۲ میلی‌لیتر محلول (0.5%TBA + 20% TCA) مخلوط و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سردشدن نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. جذب نمونه‌ها در دو طول‌موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد. از تفاضل بین جذب در دو طول‌موج مذکور و استفاده از ضریب خاموشی $155\ mM^{-1}\ cm^{-1}$ مقدار MDA به‌دست آمد (Ohkawa *et al*., 1979). برای خوانش پراکسید هیدروژن از مخلوط واکنش شامل ۰/۵ میلی‌لیتر از سوپرناتانت ذکرشده، ۱ میلی‌لیتر KI یک مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار (pH ۷) استفاده شد و جذب آن در ۳۹۰ نانومتر محاسبه شد. از استاندارد H_2O_2 با غلظت‌های ۱۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومول جهت رسم منحنی استفاده شد (Alexieva *et al*., 2001) ($Y=0.4349X+0.0771$, $R^2=0.98$). استخراج و سنجش پرولین با استفاده از اسید نین‌هیدرین انجام شد (Bates *et al*., 1973). مقدار ۰/۲ گرم برگ پودرشده در ازت مایع با ۱۸۰۰ میکرولیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد (W/V) همگن و سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۸۰۰۰g سانتریفیوژ شد. سپس به ۰/۵ میلی‌لیتر از فاز مایع محلول فوق مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۰/۵ میلی‌لیتر اسید استیک خالص اضافه و مخلوط شد. سپس محلول به‌مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مخلوط واکنش پس از اضافه‌شدن به ۰/۵ میلی‌لیتر تولوئن در ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. برآورد مقدار کمی پرولین با استاندارد پرولین انجام شد (Y=0.0197X+0.027, R2=0.9857). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات مورفولوژیکی و رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج پژوهش حاضر نشان داد اثر تیمارهای تابش فرابنفش و ملاتونین و برهمکنش دو عامل بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ و رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاملاً معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۱).

ارتفاع گیاه: نتایج پژوهش حاضر نشان داد گیاهان دارای بیشترین ارتفاع، در تیمار ملاتونین ۵۰ و ۱۰۰ بدون تابش فرابنفش قرار داشتند. کمترین ارتفاع متعلق به تیمار تابش فرابنفش چهار ساعت بدون ملاتونین بود که ارتفاع کمتری نسبت به سایر تیمارها داشت.

ارتفاع کمتر که تحت‌تأثیر تابش فرابنفش ایجادشده در مورد گیاهان *Dianthus caryophyllus* L. (Hlatshwayo and Wahome, 2010)، *Hordeum vulgare* L. (Klem *et al*., 2012)، *Pelargonium zonale* (Vidovic *et al*., 2015) و *Rosmarinus officinalis* L. (Rafo *et al*., 2020) نیز گزارش شده است. پژوهشگران گزارش کردند که تابش فرابنفش A و B هر دو باعث القای فنوتیپ کوتاهی در گیاه می‌گردند و بیان داشتند مورفولوژی گیاه، پاسخ‌های مشابهی به تابش فرابنفش A و B دارد (Qian *et al*., 2021; Horii *et al*., 2007). فنوتیپ کوتاهی گیاه، در بسیاری از گونه‌های مختلف گیاهی، پس از قرارگیری در معرض تابش فرابنفش مشاهده شده است (Qian *et al*., 2020). ایجاد گیاهان کم ارتفاع و پاکوتاه برای گیاهان زینتی مهم بوده و ارزش اقتصادی آن‌ها را افزایش می‌دهد. این موضوع به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر که کیفیت و کمیت نور کم باعث ارتفاع بیشتر گیاهان شده و کیفیت تولید گیاه را پایین می‌آورد می‌تواند مفید واقع شود. گیاهان با ارتفاع کمتر بازارپسندی بهتری داشته و در طول حمل‌ونقل نیز دچار آسیب کمتری می‌شوند (Qian *et al*., 2020). به این ترتیب کاهش ارتفاع ۱۶/۰۴ درصدی با کاربرد نور فرابنفش A ایجاد شد که می‌تواند گیاه کم ارتفاع و پاکوتاه مناسب کاشت در گلدان ایجاد کند. گیاهان دارای بیشترین ارتفاع، در تیمار ملاتونین ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار بدون تابش فرابنفش قرار داشتند. ملاتونین یک نوع ایندول آمین و دارای پیش‌ساز یکسان با ایندول-۳- استیک اسید است که رشدونمو گیاه را تنظیم می‌کند (Li *et al*., 2017). به‌دلیل شباهت‌های ساختاری استثنایی ملاتونین با IAA (ایندول استیک اسید)، ملاتونین نقش مهمی در فیزیولوژی گیاه، رشد ریشه و تقسیم سلولی دارد (Pelagio-Flores *et al*., 2012). در پژوهش حاضر نیز کاربرد ملاتونین باعث افزایش ارتفاع گیاه ارکیده شد. ملاتونین به‌صورت محلول‌پاشی در سراسر غشای پلاسمایی گیاه نفوذ کرده و غلظت ملاتونین درون‌زا را افزایش می‌دهد (Wei *et al*., 2015). در مطالعه‌ای اثر قابل توجه ملاتونین بر رشدونمو گیاهان نشان داده شده است (Chen *et al*., 2017).

تعداد برگ: بیشترین تعداد برگ (۱۲ عدد) با تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار مشاهده شد. تابش فرابنفش A با افزایش فرآیند فتوسنتز باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (Verdaguer *et al*., 2017). افزایش تعداد برگ در پژوهش حاضر خود می‌تواند ناشی از بهبود رشد گیاه باشد. در پژوهشی تعداد برگ سیلن (*Silene noctiflora*) به‌طور مثبتی تحت‌تأثیر تابش فرابنفش قرار گرفت (Qaderi *et al*., 2008). ملاتونین نیز می‌تواند با افزایش رشد ریشه توسط دو فرآیند فیزیکی تقریباً همزمان، شامل جذب آب و گسترش برگشت‌ناپذیر دیواره سلولی باعث تغذیه بهتر و افزایش رشد در گیاهان شود (Alenazi *et al*., 2024).

سطح برگ: بر اساس یافته‌ها بیشترین سطح برگ در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار ثبت شد. در این تیمار سطح برگ نسبت به شاهد ۳۲/۶۴ درصد افزایش داشت. سطح برگ یک عامل تعیین‌کننده مهم جذب فوتون، فتوسنتز، تبادل گازها و تعرق در گیاه است. توسعه سطح برگ به‌شدت تحت کنترل عوامل محیطی، تقسیم سلولی، تمایز و گسترش سلولی را تنظیم می‌کند (Horiguchi *et al*., 2006). طیف نوری یکی دیگر از عوامل مهم در گسترش برگ است. به‌طور مثال رشد برگ در زیر نور آبی باعث افزایش انبساط برگ می‌گردد (Wang *et al*., 2015). اثرات تحریکی تابش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر مدت تابش فرابنفش و ملاتونین بر برخی صفات ارکیده دندروبیوم نوبل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	سطح برگ	کلروفیل کل	کاروتنوئید	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
تابش فرابنفش (A)	۲	۸۵/۸۸**	۱۹/۵۲**	۳۶/۶۶**	۰/۴۸**	۲/۴۸**	۶۲۵/۰۲**
ملاتونین (B)	۲	۴/۴۳**	۴۱/۱۹**	۲۶/۸۱**	۰/۱۴**	۰/۷۶**	۹۳/۷۸**
A × B	۴	۰/۶۲**	۲/۵۶**	۳/۴۰**	۰/۰۲**	۰/۰۵**	۲۶/۴۶**
خطا	۲۷	۰/۰۸	۰/۳۴	۰/۰۹	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۲۶	۱/۶۹
ضریب تغییرات (٪)		۰/۸۴	۶/۹۰	۱/۶۰	۳/۲۹	۲/۳۲	۱/۵۶

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر مدت زمان تابش فرابنفش و ملاتونین بر برخی صفات ارکیده دندروبیوم نوبل

فرابنفش (ساعت)	ملاتونین (میکرومولار)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)
۰	۰	۳۵/۴۶ c	۵/۷۵f	۱۶/۰۵ h	۰/۵۳ h	۱/۵۷ i	۶۸/۵۰ e
	۵۰	۳۵/۹۹ b	۸/۷۵cd	۱۸/۸۱ f	۰/۵۸ g	۱/۶۹ h	۷۷/۷۰ d
	۱۰۰	۳۶/۸۳ a	۹/۵۰ c	۱۹/۸۴d	۰/۸۱ d	۱/۸۱ g	۷۸/۶۵ d
۲	۰	۳۳/۷۹ d	۷/۲۵e	۲۰/۳۹ c	۰/۹۰ c	۲ f	۸۶/۲۰ bc
	۵۰	۳۴/۰۳ d	۱۲/۰۰ a	۲۰/۸۴ b	۱/۱۳ a	۲/۴۱ d	۸۸ b
	۱۰۰	۳۴/۱۷ d	۱۰/۵۰ b	۲۱/۲۹ a	۱/۰۳ b	۲/۵۸ c	۹۰/۴۰ a
۴	۰	۲۹/۷۷ g	۶/۰۰f	۱۵/۲۵ i	۰/۷۱ f	۲/۱۸e	۸۵/۶۰ c
	۵۰	۳۰/۹۰ f	۸/۰۰de	۱۷/۹۶ g	۰/۶۱ g	۲/۶۸ b	۸۶/۶۰ bc
	۱۰۰	۳۱/۶۷ e	۸/۵۰ d	۱۹/۳۵e	۰/۷۶e	۲/۸۴ a	۸۷/۴۰ bc

در هر ستون اعدادی با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری با هم در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

فرابنفش A بر افزایش طول برگ نیز گزارش شده است (Zhang *et al*., 2023). همچنین بیان شده است که تابش فرابنفش A گسترش برگ را نیز تحریک می‌کند (Verdaguer *et al*., 2017). ملاتونین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد برگ در نظر گرفته شده و باعث کاهش پیری برگ می‌گردد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت کم و بهینه ملاتونین با افزایش تعداد و اندازه سلول (Wang *et al*., 2017) باعث بهبود سطح برگ می‌شود (Yuan *et al*. 2019). ملاتونین مانند اکسین عمل کرده و با بهبود رشد گیاهان سبب رشد ریشه و سطح برگ می‌گردد، همچنین ملاتونین باعث افزایش سرعت فتوسنتز و جذب مواد غذایی در گیاه و به دنبال آن باعث رشد بافت‌های گیاهی می‌شود (Ye *et al*. 2016).

میزان کلروفیل و کاروتنوئید: کلروفیل یک رنگدانه حیاتی در فتوسنتز گیاهان هستند و غلظت آن‌ها مستقیماً بر توانایی گیاه در جذب، انتقال و تبدیل انرژی نور در طول فرآیند فتوسنتز تأثیر می‌گذارد (Wang *et al*., 2016). قرار گرفتن در معرض پرتوهای فرابنفش A به‌طور معنی‌داری بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها تأثیر گذاشت. بیشترین میزان کلروفیل در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار در مقایسه مشاهده شد. بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

تابش فرابنفش ۴ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار به‌دست آمد. تابش فرابنفش A سنتز کلروفیل را تقویت کرد، در حالیکه محتوای کاروتنوئید با افزایش زمان قرارگیری در معرض فرابنفش A افزایش داشت. در سایر پژوهش‌ها نیز افزایش کاروتنوئید با افزایش زمان قرارگیری نور فرابنفش گزارش شده است (Badmus *et al*., 2022). یکی از اثرات مثبت تابش فرابنفش می‌تواند ارتباط نزدیک آن با تغییرات محتویات رنگدانه فتوسنتزی باشد. در مطالعات متعددی نشان داده شده است که تابش فرابنفش A به سرعت محتوای کلروفیل در کاهو (Yongcheng *et al*., 2019) و کانولا (Tohidi-Moghadam *et al*., 2012) را افزایش داده است. کلروپلاست منبع اصلی تولید رادیکال‌های آزاد در گیاهان هستند، بنابراین به محافظت زیاد در برابر تنش اکسیداتیو نیاز دارند. ملاتونین در کلروپلاست‌ها سنتز شده و بنابراین حفاظت کارآمدتر و سریع‌تری برای کلروپلاست‌ها فراهم می‌کند (Choi *et al*., 2017). ملاتونین می‌تواند سنتز رنگدانه را با بهبود ژن‌های شرکت‌کننده در مسیر بیوسنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها تحریک کند. تغییرات رنگدانه‌های فتوسنتزی مستقیماً بر نرخ فتوسنتز در گیاهان تأثیر خواهد داشت (Yang *et al*., 2022).

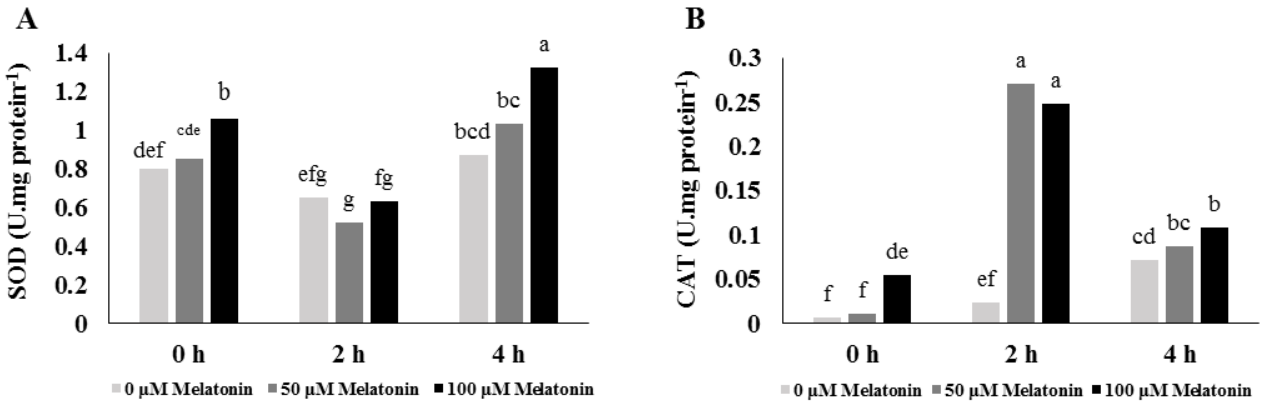
فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیمی: طبق نتایج جدول ۱ فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. بیشترین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار به‌دست آمد. فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با نتایج به‌دست آمده با تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در تابش فرابنفش ۴ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار به‌دست آمد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار بود که با تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). سلول‌های گیاهی معمولاً از طریق ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر اثرات مضر ROS محافظت می‌شوند. این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌طور هم‌افزایی عمل کرده تا به‌طور مؤثر ROS افزایش‌یافته را از بین برده و تنش را کاهش دهند (Mumivand *et al*., 2023). DPPH به‌عنوان شاخصی برای فعالیت آنیون‌های رادیکال‌زدا استفاده می‌شود (Kim *et al*., 2024).

بررسی‌ها نشان داد که تابش فرابنفش A سبب افزایش فعالیت دفاعی گیاه از جمله افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز می‌گردد (Rasaei, 2018). این آنزیم‌ها مسئول پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد ROS مانند $O2.^-$، H_2O_2، O_2، $HO_2.^-$، OH.، ROOH، ROO و RO هستند (Choudhury *et al*., 2013). تجزیه پراکسید هیدروژن (H_2O_2) توسط آنزیم‌های مختلف کاتالیز می‌شود مانند کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APx) و پراکسیدازهایی که از گایاکول (GPx) به‌عنوان سوبسترا استفاده می‌کنند (Das and Roychoudhury, 2016). گیاه در برابر تابش فرابنفش، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تولید می‌کند و فعالیت آنزیمی خود را برای ترمیم در برابر تنش نوری افزایش می‌دهد (Donato *et al*. 2017). آنزیم SOD خط اول دفاع در برابر ROS است که به‌طور مستقیم باعث تغییر شکل O_2 به اکسیژن و H_2O_2 شده و در حالیکه H_2O_2 توسط CAT و POD به اکسیژن و آب تبدیل می‌شود (Ahmad *et al*., 2020). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که افزودن خارجی ملاتونین توانست بر تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مؤثر باشد. گیاهان تیمارشده با ملاتونین دارای ROS پایین‌تری بوده که این میزان کاهش با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بالاتر نسبت داده شده است (Trivellini *et al*., 2017). ملاتونین به تقویت دفاع‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی کمک کرده و مسیرهای متابولیکی را تنظیم می‌کند (Muhammad *et al*., 2025).

مالون دی‌آلدئید: تیمارها بر میزان مالون دی‌آلدئید اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳). نتایج پژوهش نشان داد بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید در تیمار تابش فرابنفش ۴ ساعت بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد و کمترین مقدار آن در تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار به‌دست آمد (شکل ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

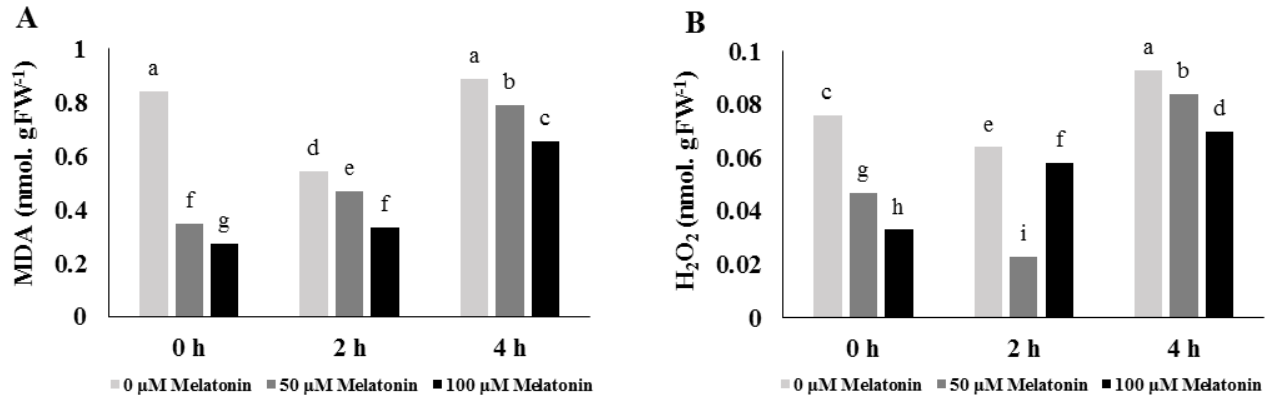


شکل ۱- اثر مدت زمان تابش فرابنفش و غلظت‌های مختلف ملاتونین بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (A) و کاتالاز (B)

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر زمان تابش فرابنفش و غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی صفات ارکیده دندروبیوم نوبل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	مالون دی‌آلدئید	پراکسید هیدروژن	پروتئین محلول	پرولین
تابش فرابنفش (A)	۲	۰/۰۵۰**	۰/۶۹**	۰/۳۸۹**	۰/۰۰۵۰**	۲۱/۸۷**	۰/۰۰۵۶**
ملاتونین (B)	۲	۰/۰۲۳**	۰/۱۹**	۰/۳۴۹**	۰/۰۰۲۰**	۵/۶۱ ns	۰/۰۰۰۵۷**
A × B	۴	۰/۰۴۰**	۰/۰۵*	۰/۰۶۵**	۰/۰۰۰۸۰**	۴۵/۴۶**	۰/۰۰۰۰۴۴**
خطا	۲۷	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۰۷۶	۲/۷۳	۰/۰۰۰۰۰۹۸
ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۹۸	۱۶/۷۵	۵/۶۴	۴/۵۱	۱۸/۱۵	۸/۲۸

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۲- اثر مدت زمان تابش فرابنفش و غلظت‌های مختلف ملاتونین بر میزان مالون دی‌آلدئید (A) و پراکسید هیدروژن (B)

MDA محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدی است و به‌عنوان اولین نوع آسیب اکسیداتیو در نظر گرفته می‌شود (Taylor *et al.*, 2002). تولیدROS، بر اثر تابش فرابنفش می‌تواند باعث افزایش سطح پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی شده و محتوای MDA را افزایش دهد (Abreu *et al.*, 2022). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که محتوای مالون دی‌آلدئید در گیاهان تیمار-

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

شده با ملاتونین به‌طور قابل توجهی کمتر از گیاهان شاهد بود. تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از ملاتونین محتوای مالون دی‌آلدئید را کاهش می‌دهد (Jiang *et al*., 2016).

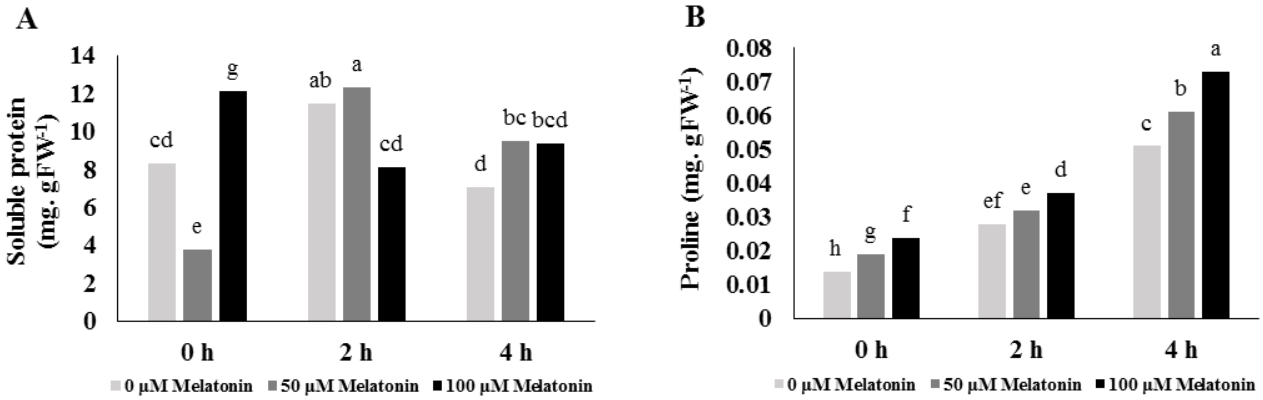
پراکسید هیدروژن: در جدول ۳ مشاهده شد که اثر تیمارها بر میزان پراکسید هیدروژن مؤثر بود و اثرگذاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین مقدار پراکسید هیدروژن در تیمار تابش فرابنفش ۴ ساعت و کمترین مقدار در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار قرار داشت (شکل ۲). پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به‌عنوان یک مولکول سیگنال با غلظت کم در تنظیم واکنش‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی در گیاهان نقش دارد (Nazir *et al*., 2020). پراکسید هیدروژن یک رادیکال آزاد پایدار است که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند (Wang *et al*., 2013).

پروتئین محلول: محتوای پروتئین محلول تحت‌تأثیر اثر متقابل تیمارهای تابش فرابنفش و محلولپاشی ملاتونین قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین مقدار پروتئین در تیمار تابش فرابنفش ۲ ساعت + ملاتونین ۵۰ میکرومولار و کمترین آن در تیمار تابش فرابنفش ۴ ساعت محاسبه شد. در پژوهش حاضر محتوای پروتئین تحت‌تأثیر تابش فرابنفش در مدت زمان ۲ ساعت افزایش و در مدت زمان ۴ ساعت تابش کاهش نشان داد (شکل ۳). افزایش سطح پروتئین از طریق فعال‌شدن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی صورت می‌گیرد. این آنزیم‌ها در کاهش اثرات مضر ROS ناشی از قرارگرفتن در معرض تابش فرابنفش مهم هستند (Berli *et al*., 2010). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که اشکال مختلف تنش و شدت تنش بر کاهش پروتئین‌های گیاهی اثر دارد (Chi *et al*., 2019). به‌طوری‌که در پژوهش حاضر هم مشخص شد با افزایش مدت زمان تابش فرابنفش از ۲ ساعت به ۴ ساعت میزان پروتئین‌ها در تیمار مذکور در مدت زمان ۴ ساعت کاهش یافت. علاوه‌براین، در گیاهان تیمارشده با ملاتونین، مشخص شد افزایش پروتئین نشان‌دهنده نقش مثبت آن در برابر تنش است (Chen *et al*., 2020). همبستگی مثبتی بین تیمار ملاتونین و تعادل فیزیولوژیکی سلولی در گیاهان تحت تنش گزارش شده است که نشان می‌دهد از تخریب پروتئین جلوگیری کرده و باعث بهبود بیوسنتز آن می‌گردد (Sadak *et al*., 2020).

پرولین: بر اساس نتایج بدست آمده میزان پرولین تحت تأثیر برهمکنش تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین مقدار در تیمار تابش فرابنفش ۴ ساعت + ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار قرار داشت (شکل ۳). ایجاد متابولیت‌هایی به‌نام پرولین یک استراتژی حفاظتی گیاه برای کاهش تنش‌های غیرزنده است (Ghosh *et al*., 2022). پرولین اسمولیت رایج، مهم و سازگار درون‌زا است که با حفظ ساختار سلول و تنظیم اسمز در گیاه سازوکار دفاعی ایجاد می‌کند. تجمع پرولین نقش مهمی در خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد دارد (Hayat *et al*., 2012). افزایش مقدار پرولین در شرایط تنش به‌عنوان یکی از فاکتورهای تحمل به تنش در نظر گرفته می‌شود (Hakim *et al*., 2014). این اسید آمینه به ذخیره کربن و نیتروژن و تثبیت ساختارهای سلولی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی در شرایط تنش کمک می‌کند (Wang *et al*., 2022). علاوه‌براین، پرولین از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از تابش فرابنفش A محافظت می‌نماید (Salama *et al*., 2011). بنابراین افزایش میزان پرولین در ارکیده دندروبیوم نوبل همراستا با افزایش مدت زمان تابش فرابنفش بر گیاه بدیهی است. همچنین مطالعات اخیر افزایش سطح پرولین را تحت‌تأثیر سطوح مناسب کاربرد ملاتونین در برابر تنش‌های غیرزیستی ثبت کرده‌اند (Ahmad *et al*., 2021). بنابراین افزایش میزان پرولین در پژوهش حاضر با کاربرد ملاتونین قابل پیشبینی بود.

نتایج همبستگی در جدول ۴ نشان می‌دهد که سطح برگ با ارتفاع گیاه (۰/۳۸۳) و تعداد برگ (۰/۷۸۸) همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد دارد. به طوری‌که با افزایش ارتفاع و تعداد برگ افزایش سطح برگ ایجاد شد. کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد با افزایش تعداد و سطح برگ افزایش یافت. میزان کاروتنوئید برگ به تعداد برگ (۰/۳۵۹) و کلروفیل کل (۰/۴۰۶) در سطح احتمال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]



شکل ۳- اثر مدت زمان تابش فرابنفش و غلظت‌های مختلف ملاتونین بر میزان پروتئین (A) و پرولین (B)

جدول ۴- همبستگی صفات اثر تیمارهای زمان تابش فرابنفش و غلظت‌های مختلف ملاتونین در ارکیده دندروبیوم نوبل

	۱- ارتفاع ساقه	۲- تعداد برگ	۳- سطح برگ	۴- کلروفیل کل	۵- کاروتنوئید	۶- کاتالاز	۷- ظرفیت آنتی اکسیدانی	۸- سوپراکسید دیسموتاز	۹- مالون دی‌آلدئید	۱۰- پراکسید هیدروژن	۱۱- پروتئین محلول	۱۲- پرولین
۱	۱											
۲	۰/۳۰۳	۱										
۳	۰/۳۸۳*	۰/۷۸۸**	۱									
۴	۰/۰۶۲	۰/۷۳۰**	۰/۷۴۸**	۱								
۵	-۰/۶۵۷**	۰/۳۵۹*	۰/۳۰۱	۰/۴۰۶*	۱							
۶	-۰/۱۴۶	۰/۷۳۲**	۰/۴۸۳**	۰/۷۷۱**	۰/۵۸۴**	۱						
۷	-۰/۵۵۳**	۰/۴۷۸**	۰/۴۷۹**	۰/۶۶۶**	۰/۸۲۶**	۰/۶۴۰**	۱					
۸	-۰/۱۹۳	-۰/۲۰۱	-۰/۲۵۲	-۰/۴۵۰**	۰/۲۲۳	-۰/۳۳۹*	-۰/۰۸۲	۱				
۹	-۰/۶۹۴**	-۰/۲۲۷**	-۰/۷۹۴**	-۰/۴۹۹**	۰/۱۲۶	-۰/۲۵۸	-۰/۱۳۹	۰/۱۸۶	۱			
۱۰	-۰/۷۰۲**	-۰/۷۹۲**	-۰/۶۹۹**	-۰/۵۷۷**	۰/۱۷۱	-۰/۳۵۲*	-۰/۰۲۵	۰/۲۷۷	۰/۸۲۹**	۱		
۱۱	۰/۰۴۴	۰/۲۹۳	۰/۳۸۵*	۰/۵۲۹**	۰/۲۰۸	۰/۲۴۴	۰/۲۲۹	-۰/۰۰۶	-۰/۱۱۱	-۰/۳۳۰*	۱	
۱۲	-۰/۸۲۶**	-۰/۰۲۹	۰/۰۶۴	۰/۰۰۶	۰/۸۴۹**	۰/۱۸۷	۰/۶۲۱**	۰/۵۰۰**	۰/۴۰۴*	۰/۴۸۲**	۰/۰۴۲	۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

پنج درصد وابسته بود. افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد با تعداد برگ، سطح برگ، میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید همبستگی مثبتی داشت به‌طوری‌که با افزایش صفات ذکرشده افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایجاد شد. علاوه‌براین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز نیز همبستگی افزایشی در سطح احتمال یک درصد نشان داد. افزایش میزان پراکسید هیدروژن در سطح احتمال یک درصد با افزایش میزان مالون دی‌آلدئید (۰/۸۲۹) همراه بود. افزایش میزان پروتئین محلول به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد به سطح برگ (۰/۳۸۵) و کلروفیل کل (۰/۵۲۹) وابسته بود. میزان پرولین در سطح احتمال یک درصد با میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

کاروتنوئید (۰/۸۴۹)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۰/۶۲۱)، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۰/۵۰۰) و پراکسید هیدروژن (۰/۴۸۲) و در سطح احتمال پنج درصد با میزان مالون دی‌آلدئید (۰/۴۰۴) همبستگی مثبت معنی‌داری نشان داد.

نتیجه‌گیری

تابش فرابنفش A و استفاده از ملاتونین باعث افزایش کیفیت رشد و بهبود صفات در گیاهان می‌گردد. استفاده از مقادیر مناسب و مدت زمان‌های بررسی شده برای هر گونه گیاهی می‌تواند در تولید محصولات گلخانه‌ای، کارآمد و مفید باشد. در کنار استفاده از تابش‌های نوری مفید مکمل در گلخانه استفاده از مواد تنظیم‌کننده فیزیولوژیکی مانند ملاتونین در بهبود صفات و هم در افزایش عملکرد گیاهان مؤثر است. کاهش ارتفاع ۱۶/۰۴ درصدی با کاربرد نور فرابنفش A یک دستاورد مهم در عرصه گیاهان زینتی است زیرا گیاهان کم‌ارتفاع بازارپسندی بهتری داشته و در طول حمل‌ونقل نیز دچارآسیب کمتری می‌شوند و همچنین مناسب عرضه به‌صورت گیاه گلدانی نیز هستند. افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیمی در گیاهان و بهبود صفات ظاهری از جمله تعداد برگ و سطح برگ خود دستاورد مهمی در پژوهش حاضر است که استفاده از تابش فرابنفش A در مدت زمان حداقل ۲ ساعت به‌عنوان نور مکمل و محلول‌پاشی ملاتونین را برای استفاده در گلخانه ارکیده دندروبیوم نوبل توصیه می‌کند.

منابع

Abreu, A. L., Gratao, P. L., Rodriguez, C. A. V., & Sousa Junior, G. S. A. (2022). Novel mineral composition increases soybean crop yield by mitigating stress induced by ultraviolet-A and -B radiation. *Agronomy, 13*, 138.

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology, 105*, 121-126. https://doi.org/10.1016/S0076-6879 (84)05016-3-

Arnon, D. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24* (1), 1-15.

Ahmad, S., Muhammad, I., Wang, G. Y., Zeeshan, M., Yang, L., Ali, I., & Zhou, X. B. (2021). Ameliorative effect of melatonin improves drought tolerance by regulating growth, photosynthetic traits and leaf ultrastructure of maize seedlings. *BMC Plant Biology*, *21*(368), 1-14. https://doi.org/10.1186/s12870-021-03160-w

Ahmad, S., Su, W., Kamran, M. *et al.* (2020). Foliar application of melatonin delay leaf senescence in maize by improving the antioxidant defense system and enhancing photosynthetic capacity under semi-arid regions. *Protoplasma*, *257*, 1079-1092. DOI:10.1007/s00709-020-01491-3

Alenazi, M. M., El-Ebidy, A. M., El-shehaby, O. A., Seleiman, M. F., Aldhuwaib, K. J., & Abdel-Aziz, H. M. M.(2024). Chitosan and chitosan nanoparticles differentially alleviate salinity stress in *Phaseolus vulgaris* L. plants. *Plants, 13*, 398. DOI: 10.3390/plants13030398

Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell and Environment, 24*(12), 1337-1344. DOI:10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x

Arnao, M. B, & Hernandez-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: A review. *Journal of Pineal Research 59*(2), 133-150.

Arnao, M. B, & Hernandez-Ruiz, J. (2019). Melatonin: A new plant hormone and/or a plant master regulator? *Trends in Plant Science, 24*(1), 38-48. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.10.010

Badmus, U. O., Crestani, G., Cunningham, N., Havaux, M., Urban, O., & Jansen, M. A. K. (2022). UV radiation induces specific changes in the carotenoid profile of *Arabidopsis thaliana*. *Biomolecules, 12*, 1879. https://doi.org/10.3390/biom12121879

Bates, L., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil, 39*(2), 205-220. DOI: 10.1007/BF00018060

Beauchamp, C, & Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry, 44*, 276-287. https://doi.org/10.1016/0003-2697 (71)90370-8

Berli, F. J., Moreno, D., Piccoli, P., Hespanhol-Viana, L., Silva, M. F., Bresssan-Smith, R., Cavagnaro, J. B., & Bottini, R. (2010). Abscisic acid is involved in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation by enhancing ultraviolet-absorbing compounds, antioxidant enzymes and membrane sterols. *Plant, Cell and Environment, 33*, 1-10. doi: 10.1111/j.1365-3040.2009.02044.x

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

Chen, L., Fan, J., Hu, Z., Huang, X., Amombo, E., Liu, A., Bi, A., Chen, K., Xie, Y., & Fu, J. (2017). Melatonin is involved in regulation of bermudagrass growth and development and response to low K^+ stress. *Frontiers in Plant Science, 8*, 2038. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02038

Chen, L., Liu, L., Lu, B., Ma, T., Jiang, D., Li, J., & Li, C. (2020). Exogenous melatonin promotes seed germination and osmotic regulation under salt stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PloS One, 15*(1), 228-241. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228241

Chi, Y. H., Koo, S. S., Oh, H. T., Lee, E. S., Park, J. H., Phan, K. A. T., & Lee, S. Y. (2019). The physiological functions of universal stress proteins and their molecular mechanism to protect plants from environmental stresses. *Frontiers in Plant Science, 10*, 750. DOI: 10.3389/fpls.2019.00750

Choi, G. H., Lee, H. Y., & Back, K. (2017). Chloroplast overexpression of rice caffeic acid O-methyltransferase increases melatonin production in chloroplasts via the 5- methoxytryptamine pathway in transgenic rice plants. *Journal of Pineal Research, 63*, e12412. DOI: 10.1111/jpi.12412

Choudhury, S., Panda, P., Sahoo, L., & Panda, S. K. (2013). Reactive oxygen species signaling in plants under abiotic stress. *Plant Signaling and Behavior, 8*(4): e23681. Epub 2013 Feb 20. PMID: 23425848; PMCID: PMC7030282. doi: 10.4161/psb.23681

Crestani, G., Urbano, B., Morrison, A., & Jansen, M. (2025). Cropping beyond the visible; innovative, UV-Emitting LED applications for the horticultural industry. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, *4*(10). 1002/sae2.70083. https://Doi.org/10.1002/sae2.70083

Das, K, & Roychoudhury, A. (2016). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Redox Homeostasis Managers in Plants under Environmental Stresses, 53*. http://dx.doi.org/ 10.3389/fenvs.2014.00053.

Donato, C., Adriano, S., Stella, L., Vincenzo, C., & Antonio, S. (2017). Effects of UVC radiation on common dandelion and purple coneflower: First results. International *Journal of Plant Biology, 8*, 2755. https://doi.org/10.4081/pb.2017.7255

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Nabavi, S. M., & Eslami, B. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology, 5*(3), 338-345.

Ganesh, S., Jawaharlal, M., & Rajamani, K. (2022). Implications of light emitting diodes on photobiology and production of ornamental crops: A review. The *Pharma Innovation Journal*, *11*(3), 997-1002.

Ghorbani, A., Razavi, S. M., Omran, V. O. G., & Pirdashti, H. (2018). *Piriformospora indica* alleviates salinity by boosting redox poise and antioxidative potential of tomato. *Russian Journal of Plant Physiology, 65*, 898-907. https://doi.org/10.1134/s1021443718060079

Ghosh, U. K., Islam, M. N., Siddiqui, M. N., Cao, X., & Khan, M. A. R. (2022). Proline, a multifaceted signalling molecule in plant responses to abiotic stress: Understanding the physiological mechanisms. *Plant Biology, 24*(2): 227-239. DOI: 10.1111/plb.13363

Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., Selamat, A., Rafii, M. Y., & Lati, M. A. (2014). Biochemical and anatomical changes and yield reduction in rice (*Oryza sativa* L.) under varied salinity regimes. *BioMed Research International, 20*, 1-11. DOI: 10.1155/2014/208584

Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: A review. *Plant Signaling and Behavior, 7*, 1456-1466.

Hlatshwayo, M. S, & Wahome, P. K. (2010). Efects of shading on growth, fowering and cut fower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). *Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences, 6*(2), 34-8.

Horiguchi, G., Ferjani, A., Fujikura, U., & Tsukaya, H. (2006). Coordination of cell proliferation and cell expansion in the control of leaf size in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Research, 119*, 37-42. http://dx.doi.org/10.1007/s10265-005-0232-4

Horii, A., Mccup, P., & Shetty, K. (2007). Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. *Bioresour Technology, 98*, 623-632. http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.028

Jiang, C., Cui, Q., Feng, K., Xu, D., Li, C., & Zheng, Q. (2016). Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum, 38*, 82. DOI:10.1007/s11738-016-2101-2

Junglee, S., Urban, L., Sallanon, H., & Lopez-Lauri, F. (2014). Optimized assay for hydrogen peroxide determination in plant tissue using potassium iodide. *Journal of Analytical Chemistry, 05*, 730-736. DOI: 10.4236/ajac.2014.511081

Kim, Y. L., Yeom, M. S., Sim, H. S., Lee, G. O., Kang, I. J., Yang, G. S., Yun, J. G., & Son, K. H. (2024). Effect of Pre-harvest intermittent UV-B exposure on growth and secondary metabolites in *Achyranthes japonica* Nakai microgreens in a vertical farm. *Horticulturae, 10*, 1040. https://doi.org/10.3390/horticulturae10101040

Klem, K., Ac, A., Holub, P., Kovac, D., Spunda, V., Robson, T. M., & Urban, O. (2012). Interactive efects of PAR and UV radiation on the physiology, morphology and leaf optical properties of two barley varieties. *Environmental and Experimental Botany, 75*, 52-64. 0.1016/j.envexpbot.2011.08.008

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

Kumar, P, & Poehling, H. M. (2006). UV-blocking plastic films and nets influence vectors and virus transmission on greenhouse tomatoes in the humid tropics. *Environmental Entomology*, *35*(4), 1069-1082. https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.4.1069

Li, H., Chang, J., Chen, H., Wang, Z., GU, X., Wei, C., Zhang, Y., Ma, J., Yang, J., & Zhang, X. (2017). Exogenous melatonin confers salt stress tolerance to watermelon by improving photosynthesis and redox homeostasis. *Frontiers in Plant Science, 8*, 295. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00295

Liu, B., Guo, M., Li, F., & Shi, J. S. (2023). *Dendrobium nobile* Lindl. alkaloids (DNLA) inhibits d-galactose-induced hippocampal neuronal senescence through the SIRT1-FoxO1-autophagy axis. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine, 8*, 100288. https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100288

Mariz-Ponte, N., Mendes, R. J., Sario, S., Ferreira de Oliveira, J. M. P., Melo, P., & Santos, C. (2018). Tomato plants use non-enzymatic antioxidant pathways to cope with moderate UV-A/B irradiation: A contribution to the use of UV-A/B in horticulture. *Journal of Plant Physiology, 221*, 32-42. Available from: DOI: 10.1016/j.jplph.2017.11.013

Martinez, V., Nieves-Cordones, M., Lopez-Delacalle, M., Rodenas, R., Mestre, T. C., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F., Nortes, P. A., Mittler, R., & Rivero, R. M. (2018). Tolerance to stress combination in tomato plants: New insights in the protective role of melatonin. Molecules, *23*(3), 535. DOI: 10.3390/molecules23030535

Mishra, S, & Shukla, A. (2020). "Comparison of protein estimation methods: A review." *International Journal of Biological Macromolecules, 164*, 1960-1969.

Muhammad, I., Fahad, S., Khalofah, A., et al. (2025). Melatonin enhances antioxidant defense systems and stress tolerance in plants under variable environmental conditions. *Rice, 18*, 70. https://doi.org/10.1186/s12284-025-00825-0

Mumivand, H., Izadi, Z., Amirizadeh, F., Maggi, F., & Morshedloo, M. R. (2023). Biochar amendment improves growth and the essential oil quality and quantity of peppermint (*Mentha × piperita* L.) grown under waste water and reduces environmental contamination from waste water disposal. *Journal of Hazardous Materials, 446*, 130674. DOI:10.1016/j.jhazmat.2022.130674

Nawkar, G. M., Maibam, P., Park, J. H., Sahi, V. P., Lee, S. Y., & Kang, C. H. (2013). UV-induced cell death in plants. *International Journal of Molecular Sciences, 14*(1), 1608-1628. https://doi.org/10.3390/ijms14011608

Nazir, F., Fariduddin, Q., & Khan, T. A. (2020). Hydrogen peroxide as a signalling molecule in plants and its crosstalk with other plant growth regulators under heavy metal stress. *Chemosphere, 252*, 126486. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126486

Sadak, M. S., El-Enany, M. A. M., Bakry, B. A., Abdallah, M. M. S., & El-Bassiouny, H. M. S. (2020). Signal molecules improving growth, yield and biochemical aspects of wheat cultivars under water stress Asian. *Journal of Plant Sciences, 19*, 35-53. DOI: 10.3923/ajps.2020.35.53

Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry, 95*, 351-358. https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3

Olle, M, & Virsile, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science, 22*, 223-234.

Oloumi, H. (2022). Melatonin; Growth regulator and strong antioxidant in plants. *Journal of Plant Process and Function, 11*(5), 37-54.

Pelagio-Flores, R., Munoz-Parra, E., Ortiz-Castro, R., & Lopez-Bucio, J. (2012). Melatonin regulates Arabidopsis root system architecture likely acting independently of auxin signaling. *Journal of Pineal Research, 53*, 279-288. https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2012.00996.x

Qaderi, M. M., Yeung, E. C., & Reid, D. M. (2008). Growth and physiological responses of an invasive alien species, *Silene noctiflora*, during two developmental stages to four levels of ultraviolet B radiation. *Ecoscience, 15*, 150-159. DOI:10.2980/15-2-3052

Qian, M., Rosenqvist, E., Flygare, A. M., Kalbina, I., Teng, Y., Jansen, M. A. K., & Strid, A. (2020). UV-A light induces a robust and dwarfed phenotype in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) without affecting fruit yield. *Scientia Horticulturae, 263*, 109110. DOI:10.1016/j.scienta.2019.109110

Qian, M., Rosenqvist, E., Prinsen, E., Pescheck, F., Flygare, A. M., Kalbina, I. et al. (2021). Downsizing in plants-UV light induces pronounced morphological changes in the absence of stress. *Plant Physiology, 187*(1), 378-395. https://doi.org/10.1093/plphys/kiab262

Qian, M., Rosenqvist, E., Flygare, A. M., Kalbina, I., Teng, Y., Jansen, M. A. K., & Strid, A. (2020). UV-A light induces a robust and dwarfed phenotype in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) without affecting fruit yield. *Scientia Horticulture, 263*, 109110. DOI:10.1016/j.scienta.2019.109110

Rafo, A., Mozzanini, E., Ferrari Nicoli, S., Lupotto, E., & Cervelli, C. (2020). Efect of light intensity and water availability on plant growth, essential oil production and composition in *Rosmarinus ofcinalis* L. *European Food Research and Technology, 246*(1), 167-177. DOI:10.1007/s00217-019-03396-9

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

Rai, N., O'Hara, A., Farkas, D., Safronov, O., Ratanasopa, K., Wang, F., Lindfors, A. V., Jenkins, G. I., Lehto, T., Salojarvi, J., & Brosche, M. (2020). The photoreceptor UVR8 mediates the perception of both UV-B and UV-A wavelengths up to 350 nm of sunlight with responsivity moderated by cryptochromes. *Plant Cell and Environment, 43*(6), 1513-1527. https://doi.org/10.1111/pce.13752

Rasaei, B. (2018). Effect of low doses of UV radiation and exogenous application of abscisic acid on quantity and quality of yield of tomato under drought stress. Ph.D. Thesis. Razi University, Iran. (In Persian).

Salama, H. M. H., Al Watban, A. A., & Al-Fughom, A. T. (2011). Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants. *Saudi Journal of Biological Sciences, 18*, 79-86. DOI: 10.1016/j.sjbs.2010.10.002

Taylor, N. L., Day, D. A., & Millar, A. H. (2002). Environmental stress causes oxidative damage to plant mitochondria leading to inhibition of glycine decarboxylase. *Journal of Biological Chemistry, 277*, 42663-42668. https://doi.org/10.1074/jbc.M204761200

Tohidi-Moghadam, H. R., Ghooshchi, F., Jamshidpour, F., & Zahedi, H. (2012). Effect of UV radiation and elevated CO_2 on physiological attributes of canola (*Brassica napus* L.) grown under water deficit stress. *Polish Journal of Environmental Studies, 21*, 1417-1427. DOI: https://doi.org/10.15835/nbha3915534

Trivellini, A., Cocetta, G., Francini, A., & Ferrante, A. (2017). Reactive oxygen species production and detoxification during leaf senescence. reactive oxygen species and antioxidant systems in plants: Role and Regulation under Abiotic Stress. *e-Book Springer, Singapore*, 115-128. DOI:10.1007/978-981-10-5254-5_5

Varghese, N., Alyammahi, O., Nasreddine, S., Alhassani, A., & Gururani, M. A. (2019). Melatonin positively influences the photosynthetic machinery and antioxidant system of *Avena sativa* during salinity stress. *Plants, 8*(12), 610. https://doi.org/10.3390/plants8120610

Verdaguer, D., Jansen, M. A. K., Llorens, L., Morales, L. O., & Neugart, S. (2017). UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. *Plant Science, 255*, 72-81. DOI: 10.1016/j.plantsci.2016.11.014

Vidovic, M., Morina, F., Milic, S., Albert, A., Zechmann, B., Tosti, T., & Jovanovic, S. V. (2015). Carbon allocation from source to sink leaf tissue in relation to favonoid biosynthesis in variegated *Pelargonium zonale* under UV-B radiation and high PAR intensity. *Plant Physiology and Biochemistry, 93*, 44-55. DOI: 10.1016/j.plaphy.2015.01.008

Wang, P., Sun, X., Chang, C., Feng, F., Liang, D., Cheng, L., & Ma, F. (2013). Delay in leaf senescence of malus hupehensis by long-term melatonin application is associated with its regulation of metabolic status and protein degradation. *Journal of Pineal Research, 55*, 424-434. https://doi.org/10.1111/jpi.12091

Wang, Q., Bang, A., Haitao, S., Hongli, L., & Chaozu, H. (2017). High concentration of melatonin regulates leaf development by suppressing cell proliferation and endoreduplication in arabidopsis. *International Journal of Molecular, 18*, 991. doi: 10.3390/ijms18050991

Wang, L., Liu, J., Wang, W., & Sun, Y. (2016). Exogenous melatonin improves growth and photosynthetic capacity of cucumber under salinity-induced stress. *Photosynthetica, 54*, 19-27. DOI: 10.1007/s11099-015-0140-3

Wang, X. Y., Xu, X. M., & Cui, J. (2015). The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of *Cucumis sativus* grown under weak light. *Photosynthetica, 53*(2), 213-222. DOI:10.1007/s11099-015-0083-8

Wang, Z., Yang, Y., Yadav, V., Zhao, W., He, Y., Zhang, X., & Wei, C. (2022). Drought-induced proline is mainly synthesized in leaves and transported to roots in watermelon under water deficit. *Horticultural Plant Journal, 8*, 615-626. DOI:10.1016/j.hpj.2022.06.009

Wargent, J. J, & Jordan, B. R. (2013). From ozone depletion to agriculture: Understanding the role of UV radiation in sustainable crop production. *New Phytologist, 197*(4), 1058-1076. https://doi.org/10.1111/nph.12132

Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H., Zhang, W. K., Ma, B., Lin, Q., & Zhang, J. S. (2015). Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. *Journal of Experimental Botany, 66*(3), 695-707. DOI: 10.1093/jxb/eru392

Yang, X., Han, Y., Hao, J., Qin, X., Liu, C., & Fan, S. (2022). Exogenous spermidine enhances the photosynthesis and ultrastructure of lettuce seedlings under high-temperature stress. *Scientia Horticulturae, 291*, 110570. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110570

Ye, J., Wang, S., Deng, X., Yin, L., Xiong, B., and Wang, X. (2016). Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedling drought tolerance by alleviating drought-induced photosynthetic inhibition and oxidative damage. *Acta Physiologiae Plantarum, 38*, 48. DOI:10.1007/s11738-015-2045-

Yongcheng, C., Li, T., Yang, Q., Zhang, Y., Zou, J., Bian, Z., & Wen, X. (2019). UVA radiation is beneficial for yield and quality of indoor cultivated lettuce. *Frontiers in Plant Science, 10*, 1563. DOI: 10.3389/fpls.2019.01563

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

Yuan, R. C., Yao, W. M., Zhang, Y. Q., & Xian, Y. (2019). Effect of exogenous melatonin on photosynthesis and physiology of soybean during pod-ding stage under drought stress. *Chinese Journal of Ecology, 38*, 2709-2718.

Zhang, B., Hu, Y., Niu, Z., Li, C., Ou, J., Xue, Q., Liu, W., Chen, J., & Ding, X. (2022). Diversity evaluation of *Dendrobium nobile* germplasm resources based on phenotypic traits. *China Biotechnology, 42*, 5-17. DOI: 10.13523/j.cb.2209029

Zhang, S., Tu, H., Zhu, J., Liang, A., Huo, P., Shan, K., He, J., Zhao, M., Chen, X., & Lei, X. (2020). *Dendrobium nobile* Lindl. polysaccharides improve follicular development in PCOS rats. *International Journal of Biological Macromolecules, 149*, 826-834. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.196

Zhang, Y., Sun, X., Aphalo, P. J., Zhang, Y., Cheng, R., & Li, T. (2023). Ultraviolet-A1 radiation induced a more favorable lightintercepting leaf-area display than blue light and promoted plant growth. *Plant, Cell and Environment, 47*(1), 197-212. DOI: 10.1111/pce.14727

Zhang, Y. W., Shi, Y. C., & Zhang, S. B. (2023). Metabolic and transcriptomic analyses elucidate a novel insight into the network for biosynthesis of carbohydrate and secondary metabolites in the stems of a medicinal orchid *Dendrobium nobile*. *Plant Diversity, 3*, 326-336. DOI: 10.1016/j.pld.2022.10.004

Zhao, Y., Xing, J., Li, L., Zhan, M., Li, F., Lin, L., Wang, L., & Yang, W. (2023). Optimization of PEG 200 extraction process and in vitro antioxidant activity of polyphenols from Dendrobium nobile flowers. *Science and Technology of Food Industry, 44*, 260-267.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]

The effect of ultraviolet light and melatonin on some morphophysiological and enzymatic characteristics of *Dendrobium nobile* Lindl.

Fatemeh Ghorbanalizadeh Saadatabad[1], Khodayar Hemati[1*], Hossein Zarei[1], Hematollah Pirdashti[2] and Ali Dehestani[2]

[1] Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(Received: 2025/01/24, Accepted: 2025/04/08)

Abstract

A large part of the solar ultraviolet radiation that reaches the earth's surface consists of ultraviolet A radiation, which is in the wavelength range of 350 to 400 nm. Natural doses of ultraviolet radiation are important for morphogenesis in many plant species and can even be useful in many physiological and developmental processes of plants. Therefore, a factorial experiment in the form of a completely randomized design with four replications including ultraviolet A radiation at 3 levels (zero, 2, and 4 hours) and melatonin foliar spraying at three levels (zero, 50, and 100 µM) was designed and implemented to determine the effects of ultraviolet A radiation. Foliar application of melatonin and their interaction on some traits of Dendrobium nobile Lindl. According to the findings, plants treated with concentrations of 50 and 100 melatonin and without UV radiation had the highest (31.67 cm) plant height. In comparison, the lowest height belonged to the 4-hour ultraviolet radiation treatment without melatonin, which showed a lower height than other treatments. The highest increase in the amount of antioxidant activity (90.40%) was also obtained in the treatment of ultraviolet radiation for 2 hours + melatonin 100 µM. The activities of catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) enzymes increased compared to the control treatment. The highest level of catalase enzyme activity (0.248 U.mg protein^{-1}) was in the treatment of ultraviolet radiation for 2 hours + melatonin 50 µM. The highest level of superoxide dismutase enzyme activity (1.32 U.mg protein^{-1}) was obtained in 4 hours of ultraviolet radiation + 100 µM melatonin. The results showed that the use of ultraviolet A radiation in greenhouse management can bring many benefits, including increasing the quantity and quality of plant growth. Along with the use of supplementary light radiation in the greenhouse, the use of physiological regulating substances such as melatonin is also effective in increasing and improving the characteristics and performance of plants. Therefore, the results of the current research recommend the use of ultraviolet a radiation and melatonin foliar spraying for the production of greenhouse horticultural products, including Dendrobium nobile orchids. Reducing the height by 16.04% with the use of ultraviolet A light is an important achievement in the field of ornamental plants because low-height plants have better marketability, are less damaged during transportation, and are also suitable for supply as potted plants.

Keywords: Height, Dendrobium nobile orchid, Ultraviolet radiation, Enzyme activity, Melatonin

Corresponding author, Email: ebadi@uma.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.155]