مقاله پژوهشی

تأثیر انواع پرتوهای فرابنفش بر رشد و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی گیاه خرفه (*Porulaca oleracea* L.)

الهام ایزی[۱]، احمد مجد[۲]، محمدرضا واعظی کاخکی[۳*]، طاهر نژادستاری[۱]، سکینه کاظمی نورعینی[۳]

[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران.

[۲] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران.

[۳] گروه‌زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۵/۱۵)

چکیده

تخریب لایه ازن و پیامدهای ناشی از آن از جمله تابش مستقیم اشعه ماورای بنفش بر کره زمین و اثرات آن بر گیاهان زراعی و دارویی از جمله مباحثی است که مطالعات بسیار کمی روی آن صورت گرفته است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر پرتوهای فرابنفش بر رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه (*Porulaca oleracea* L.) بود. این پژوهش در شرایط یکنواخت محیطی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. گیاهان خرفه بعد از مرحله شش برگی به‌صورت یک روز در میان و به‌مدت ۱۵ روز در معرض پرتوهای فرابنفش (پرتو UV-A و UV-B در سه زمان ۲۰، ٤٠ و ٦٠ دقیقه، و پرتو UV-C در پنج زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠، ٦٠ دقیقه) قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان داد که هیچ یک از تیمارهای به‌کار برده شده بر رشد ریشه اثر چندانی ندارند، ولی سه تیمار ٦٠ دقیقه UV-A، ٦٠ دقیقه UV-B و ۱۰ دقیقه پرتو UV-C باعث افزایش رشد طولی ساقه، وزن تر و خشک کل گیاه در مقایسه با شاهد می‌شود. بیشترین فعالیت آنزیم‌های دفاعی، محتوای فنولی، فلاونوئیدی و آنتی‌اکسیدانی در تیمار پرتو UV-B در مدت زمان ٦٠ دقیقه مشاهده شدند. به‌طورکلی نتایج بیانگر آن است که گیاه خرفه گیاهی حساس به پرتو فرابنفش است. در عین حال، اعمال تنش نوری فرابنفش به‌صورت کنترل‌شده می‌تواند یک استراتژی جایگزین جدید برای افزایش بهره‌وری گیاه دارویی خرفه ارائه دهد که همان کاربرد پرتو UV-B در مدت زمان ٦٠ دقیقه به‌عنوان تقویت‌کننده جدید رشد گیاه، در مقایسه با تیمار UV-A و تیمار UV-C است.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پرتو فرابنفش، رنگیزه، گیاه خرفه

مقدمه

اشعه‌ی فرابنفش در طبیعت فقط در شدت‌های کم اتفاق میافتد، اما اگر اثر ممانعت کننده‌ی لایه اُزن در استراتوسفر به‌طور قابل توجهی درنتیجه‌ی اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌های هالوژنه تضعیف شود، مقدار آن افزایش می‌یابد (Farokh *et al.*, 2010). از حدود ۵۰ تا ۱۵۰ سال قبل افزایش آلودگی‌های جوی کاهش ضخامت لایه‌ی اُزن را به‌دنبال داشته، اثرات آن بر موجودات زنده نمایان می‌گردد. اولین بار افزایش اشعه‌ی فرابنفش در اثر کاهش لایه‌ی اُزن استراتوسفر در سال ۱۹۷۰ گزارش شد (Strid *et al.*, 1994). اشعه ماورای بنفش بخشی از

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: vaezi@hsu.ac.ir; m.r.vaezi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

طیف الکترومغناطیسی است که حدود ۸ تا ۹٪ کل اشعه خورشیدی را تشکیل می‌دهد و از لحاظ طول‌موج به سه ناحیه تقسیم می‌شود: ناحیه UV-C (طول‌موج ۲۲۰ تا ۲۸۰ نانومتر)، ناحیه UV-B (طول‌موج ۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر)، ناحیه UV-A (طول‌موج ۳۲۰ تا ٤۰۰ نانومتر) (Wu *et al.*, 2019). گیاهان همانند سایر موجودات زنده تحت تأثیر پرتو فرابنفش قرار می‌گیرند و هر گونه گیاهی پاسخی متفاوت به این پرتو می‌دهد (Hasanuzzaman *et al.*, 2012). تابش UV-B پر انرژی‌ترین جز نور خورشید است که به سطح زمین می‌رسد. سیستم‌های زیستی نسبت به طول‌موج‌هایی که در ناحیه ۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر قرار می‌گیرند، حساس هستند. آسیب‌های ناشی از تابش UV بر گیاهان به‌علت نیاز آن‌ها به نور خورشید برای بقا و عدم توانایی گیاهان در حرکت باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد (Mpoloka, 2008). بنابراین سازوکارهای دفاعی در گیاهان، شامل سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی تکامل یافته است که آنها را در مقابل پرتوهای UV حفاظت می‌کند (Hollosy, 2002). مکانیسم‌های آنزیمی شامل فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، گلوتاتیون ردوکتاز و غیره است (Mittler, 2002). در حفاظت غیرآنزیمی تولید آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی، چون آسکوربیک اسید، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و آلکالوئیدها افزایش می‌یابد. این ترکیبات که پرتو UV را در اپیدرم گیاهان عالی جذب می‌کنند، اغلب، فرآورده‌های مسیر فنیل پروپانوئید هستند (Prasad *et al.*, 2005). مؤثرترین مکانیسم حفاظتی غیرآنزیمی تحریک‌شده در یک رژیم نوری، بیوسنتز فلاونوئیدها و ترکیب‌های فنلی جذب‌کننده UV-B است (Kumari *et al.*, 2015). مطالعات نشان داده است که مقادیر کم پرتو فرابنفش سبب افزایش تولید پروتئین‌هایی می‌شود که در گیاه مقاومت بیشتری در برابر تنش ایجاد می‌کنند، اما مقادیر بالای آن باعث تخریب پروتئین‌های سلول، از جمله پروتئین‌های اسکلت سلولی می‌شود. علاوه بر اینکه پرتو UV بسیاری از پروتئین‌ها را تخریب می‌کند، در مسیر سنتز آن‌ها نیز اختلال ایجاد کرده و سنتز آن‌ها را کاهش می‌دهد (Ulm and Nagy, 2005).

از دیگر مکانیسم‌های سازگاری گیاهان در برابر اشعه فرابنفش می‌توان برگ‌های ضخیم‌تر و کوچک‌تر، مقدار بیشتر کرک‌ها، تغییر زاویه‌ی برگ‌ها نسبت به اشعه‌ی تابشی و افزایش اختصاصات منعکس‌کننده‌ی سطح برگ‌ها را نام برد (Ghanati *et al.*, 2007). با تخریب اُزن استراتوسفر افزایش اشعه‌ی ماورای بنفش در سطح زمین مشاهده می‌شود. برخی محققان دریافتند که پرتو UV-B سبب افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌های فنلی شده است و این افزایش احتمالاً از افزایش میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیازیا سایر آنزیم‌های درگیر در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنلی از جمله فنیل پروپانوئیدها ناشی شده است (Ranjbar, 2018). همچنین گزارش شده است که هر دو رشد ریشه و ساقه نخود به وضوح با افزایش اشعه UV-B کاهش می‌یابد. اشعه ماوراء بنفش B به‌طور معنی‌داری هر دو کلروفیل a و b را نسبت به گروه شاهد کاهش داد. با این حال، نسبت کلروفیل a/b به‌طورکلی افزایش یافته است. تجمع قابل توجه فنل‌های کل در پاسخ به اشعه UV-B رخ می‌دهد. سطوح بالای آنتوسیانین‌ها و فلاون‌ها نشان می‌دهد که به‌عنوان یک مکانیسم محافظتی برای اشعه UV-B عمل می‌کنند. به‌طورکلی، رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی به اشعه UV-B در زمان‌های بالاتر قرارگرفتن در معرض پرتو بیشتر بود (Mishra, 2015). همچنین گزارش دیگری در رابطه با تأثیر تنش پرتوهای فرابنفش بر ترکیب‌های دارویی کالوس‌های پنیرک اظهار داشت که ترکیب‌های مهم دارویی پنیرک شامل موسیلاژ و ترکیب‌های فلاونوئیدی و آنتوسیانینی خواص آنتی‌اکسیدانی دارند و در محافظت از سلول‌های گیاهی در برابر پرتوهای فرابنفش نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. نتایج این گزارش حکایت از تغییرات قابل ملاحظه فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها به‌عنوان ترکیب‌های جاذب پرتوهای فرابنفش در مقایسه با سلول‌های شاهد داشت. مقدار آپیژنین و دلفینیدین در سلول‌های پنیرک تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش C و B کاهش یافت، درحالی‌که مالویدین در این سلول‌ها تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش C و B افزایش یافت. تابش پرتوهای فرابنفش C و B همچنین سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء گردید (Khatami and Ghanati,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

2014). بنابراین می‌توان گفت که بررسی اثر اشعه‌ی UV بر گیاهان برای شناخت آسیب‌ها و مکانیسم‌های تدافعی گیاهان کاملاً ضروری است.

خرفه (*Portulaca oleracea* L.) به‌عنوان یک گیاه خوراکی به لحاظ تغذیه‌ای و دارویی با اهمیت است. این گیاه دارویی که معمولاً به‌صورت خودرو در باغچه منازل، کنار جوی‌ها و در مناطق مرطوب می‌روید، شاید زیاد مورد توجه نباشد، اما اکنون کشف‌های مهمی در مورد آن انجام شده که توسط سازمان بهداشت جهانی لقب اکسیر جهانی به آن داده شده است. این گیاه به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و مقدار بالای مواد مغذی آن از سوی این سازمان متداول‌ترین گیاه دارویی مورد استفاده در جهان ذکر شده است (Hollosy, 2002; Mpoloka, 2008).

به‌دلیل تجمع زیاد آب در برگ‌ها برای رفع گرمازدگی، التهاب، آفتاب سوختگی و یا دردهای سوختگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از منابع خواص درمانی دیگری از جمله درمان کوفتگی، رفع میخچه و خواص تب‌بری را برای آن ذکر کرده‌اند و این خواص ضدالتهابی را به اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-٦ در آن نسبت داده اند (Xu *et al.*, 2006). عصاره‌ی الکلی و آبی این گیاه دارای اثرات مختلفی بر روی سیستم عصبی است که شامل کاهش فعالیت حرکتی، اثرات ضدتشنجی (Hassan, 2014)، مهار انقباضات عصبی عضلانی به‌دنبال تحریک الکتریکی و فعالیت شل‌کنندگی عضلانی در رت‌های هوشیار (Smrkolj *et al.*, 2006) است. این گیاه به‌عنوان آنتی‌سپتیک، ضداسکوربوت، ضداسپاسمودیک، ضددیورتیک، ضدکرم روده‌ای، ضدتب، شل‌کننده‌ی عضلانی، آنتی‌اکسیدان، تصفیه‌کننده‌ی خون و در جلوگیری از حمله قلبی و تقویت سیستم ایمنی کاربرد درمانی دارد (Kataria *et al.*, 2014; Simioni *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای برای فلاوونوئیدهای خرفه نیز اثر ضددردی و ضدالتهابی گزارش شده است (Surjadinata *et al.*, 2017). با توجه به ارزش دارویی و غذایی گیاه خرفه و همچنین اثرات سو مصرف کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی، انجام تحقیقات وسیع و گسترده به‌منظور ارزیابی تنش‌های مختلف در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاهان دارویی از جمله محرک جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در کشور امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. لذا با توجه به خواص دارویی و آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدی خرفه در سلامتی انسان و همچنین، با توجه به نقش دفاعی که این ترکیب‌ها در برابر پرتو فرابنفش برای گیاهان ایفا می‌نمایند، بر این اساس، هدف این پژوهش بررسی تأثیر پرتوهای فرابنفش بر رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارویی خرفه است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی، طراحی آزمایش و تیمارها: این پژوهش در شرایط یکنواخت محیطی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار برای هر تیمار در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه حکیم سبزواری انجام شد. بذرهای گیاه خرفه (*Porulaca oleracea* L.) با کد هرباریومی ۰۰۱/۰۰۱/۱۵۱ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و سپس بذرهای سالم و یکنواخت برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بذور با محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد ضدعفونی شدند. سپس سه بار با آب‌مقطر شست‌وشو داده شدند. در هر گلدان (سیستم رشد هیدروپونیک) حاوی ترکیب ۱:۱ ماسه و پرلیت، ۱۰ بذر در عمق ۱ سانتی‌متر، کاشته شدند. گلدان‌ها در اتاقک‌های رشد با دمای ۱°C± ۲۵درجه سانتی‌گراد، شدت نوری ۱۵۰ $\mu molm^{-2}\ s^{-1}$ و دوره ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. گلدان‌ها به‌صورت یک روز در میان با ۲۰ سی‌سی آب‌مقطر آبیاری می‌شدند. محلول غذایی هوگلند هر ۱۰ روز یکبار به گلدان‌ها داده شد. گیاهان خرفه بعد از مرحله شش برگی به‌صورت یک روز در میان و به‌مدت ۱۵ روز در معرض پرتوهای فرابنفش قرار گرفتند.

پرتو UV-A (Hitachi TLD UV-A Philips 40 W / با طول‌موج ۳۸۰ نانومتر) در سه زمان ۲۰، ٤٠ و ٦٠ دقیقه معادل ٤٢٥، ۸۵۰ و ۱۲۷۵ ژول بر مترمربع، پرتو UV-B

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

(Hitachi TLD UV-B Philips 40 W / با طول‌موج ۳۱۲ نانومتر) در سه زمان ۲۰، ٤۰ و ٦۰ معادل ۲۸۸، ٥۷٦ و ۸٦٤ ژول بر مترمربع و پرتو UV-C (UV-C Philips 30 W Hitachi TLD/ با طول‌موج ۲٥٤ نانومتر) در پنج زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ٦۰ دقیقه معادل ۲۰٤، ٤۰۸، ٦۱۲، ۸۱٦ و ۱۲۸٤ ژول بر مترمربع به‌کار برده شد. گلدان‌ها در اتاقک چوبی حاوی لامپ UV قرار گرفته و تحت تیمار پرتوهای فرابنفش قرار گرفتند. لامپ‌ها در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری بالای بذرها قرار داده شد. از آنجا که زمان‌های بیشتر از یک ساعت رشد گیاه را متوقف می‌کرد دوره زمانی ٦۰ دقیقه و کمتر به‌صورت کاملاً تصادفی برای این تیمار در نظر گرفته شد. بذور بدون پرتودهی به‌عنوان کنترل در نظر گرفته شد. صفات ریخت‌شناسی قابل مشاهده بعد از ٦۰ روز کاشت بذور خرفه در معرض تیمار پرتوهای UV شامل طول ساقه و طول ریشه به میلی‌متر توسط خط‌کش دقیق اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر کل گیاه توسط ترازوی دقیق دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۰۱، برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا پایان خشک‌شدن کامل نمونه‌ها (مدت ٤۸ تا ۷۲ ساعت) (به‌علت محتوای رطوبتی بالای آنها) قرار گرفته و بعد توزین شدند. وزن خشک کل گیاه به این روش اندازه‌گیری شدند. نمونه‌برداری برای آنالیزهای بیوشیمایی نیز پس از ٦۰ روز کاشت گیاه صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی، اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئیدها: محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها با استفاده از روش توصیف‌شده توسط Arnon اندازه‌گیری شد(Arnon, 1949). ابتدا ۰/۰٥ گرم از اندام هوایی هر یک از گیاهان تیمار به دقت توزین نموده و داخل یک هاون چینی قرار گرفت. سپس حدود ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ (حجمی / حجمی) به آن افزوده و خوب ساییده شد. پس از صاف‌کردن برای تعیین میزان کلروفیل a و کلروفیل b جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ٦٦۳ و ٦٤٥ نانومتر و برای تعیین میزان کاروتنوئید در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. جهت تنظیم دستگاه، استون ۸۰٪ مورد استفاده قرار گرفت. سطح کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با استفاده از معادلات ارائه‌شده توسط Lichthentaler به شرح زیر تعیین شده و به‌صورت mg g $^{-1}$ FW بیان شد (Lichthentaler, 1987).

$$Chla = \frac{12.3 \times A663 - 0.86 \times A645}{a \times 1000 \times W}$$

$$Chlb = \frac{19.3 \times A645 - 3.6 \times A663}{a \times 1000 \times W}$$

$$Car. = \frac{[1000 \times OD - (1.8Chla \times 85.02Chlb)]}{198}$$

Chla: کلروفیل a، Chlb: کلروفیل b، A_{663}: میزان جذب خوانده شده در طول‌موج ٦٦۳ نانومتر، A_{645}: میزان جذب خوانده شده در طول‌موج ٦٤٥ نانومتر، W: وزن تر نمونه برداشت‌شده به میلی‌گرم، a: طول مسیر عبور نور که معمولاً ۱ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود، Car: کاروتنوئید و OD: جذب نوری

اندازه‌گیری فلاونوئید: محتوای فلاونوئید با استفاده از معادله ارائه‌شده توسط Krizek و همکاران در ۱۹۹۸ اندازه‌گیری شد. دیسک‌های برگی تهیه‌شده از گیاه به وزن ۰/٥ گرم در هاون چینی و مقداری اتانول اسیدی به نسبت حجمی ۱:۹۹ (الکل اتیلیک ۹۹ و اسید استیک گلاسیال ۱) کاملاً ساییده و پس از سانتریفوژ به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. شدت جذب در طول‌موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد و با رابطه زیر محاسبه و برحسب درصد جذب بیان شد.

$$100\frac{v}{700}\,\mathrm{Fla} = ABS(300nm)$$

v: حجم عصاره، Fla: فلاونوئید، ABS: میزان جذب

اندازه‌گیری محتوای فنولی: برای تعیین محتوای فنولی از روش Nicholson و Hammerschmidt (۱۹۹۲) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ را در ٥ میلی‌لیتر اتانول ۹٥٪ ساییده و به‌مدت ۲٤ تا ۷۲ ساعت در تاریکی نگهداری شد. سپس به ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی، ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹٥٪ اضافه شد و با آب‌مقطر دو بار تقطیر حجم محلول به ٥ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۰/٥ میلی‌لیتر معرف فولین ٥۰٪ و ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ٥٪ به آن اضافه و مخلوط حاصل به‌مدت ۱ ساعت در تاریکی نگهداری و بعد درصد جذب هر نمونه در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

طول‌موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک مقدار این ماده برحسب $\mu g\ g^{-1}$ FW اعلام شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین: میزان آنتوسیانین با روش Wagner در سال ۱۹۷۹ اندازه‌گیری شد. دیسک‌های برگی تهیه‌شده از گیاه به وزن ۰/۵ گرم در هاون چینی و مقداری متانول اسیدی به نسبت حجمی ۱:۹۹ (متانول خالص ۹۹ و اسید کلریدریک خالص ۱) کاملاً ساییده و عصاره در لوله‌های سرپیچ‌دار ریخته شد و به‌مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و جذب روشناور در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقدار آنتوسیانین از رابطه زیر استفاده گردید.

$A = \varepsilon BC$

A: آنتوسیانین، ε: ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول، B: عرض کووت برابر ۱ سانتی‌متر، C: غلظت کمپلکس بر حسب $\mu g\ g^{-1}$ FW

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل به روش FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) انجام شد و بر طبق روش Benzie و Strain در سال ۱۹۷۹ اندازه‌گیری شد. برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره به هر لوله آزمایش ۱/۸ میلی‌لیتر از معرف FRAP، ٤۰ میکرولیتر آب‌مقطر و ۱۰ میکرولیتر عصاره آبی اضافه شد و لوله‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در شرایط بدون نور و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند و در پایان مقدار جذب نوری لوله‌ها در طول‌موج ۵۹۳ نانومتر در مقابل بلانک با اسپکتروفتومتر خوانده شد. قدرت آنتی‌اکسیدانی احیاکننده‌ی فریک بر روی نمونه مجزا و سه مرتبه تکرار و میانگین عدد جذب پاسخ‌ها در مقایسه با منحنی استاندارد فریک سولفات هپتا هیدرات محاسبه و تعیین شد. به لوله‌های استاندارد ۵۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف محلول سولفات آهن و یا ویتامین C و به لوله‌ی بلانک ۵۰ میکرولیتر از حلال یعنی آب‌مقطر اضافه شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز: عصاره پروتئینی حاوی آنزیم‌ها توسط روش Chen و همکاران (۲۰۱٤) استخراج شد. پس از استخراج، فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Pereira و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH = ۷ و ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳٪ را در حمام یخ با ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و پس از ۲ دقیقه تغییرات جذب در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد و برحسب $\Delta A\ min^{-1}\ g^{-1}$ FW بیان گردید. فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نیز به روش Dimkpa و همکاران (۲۰۱۲) اندازه‌گیری شد. مقدار ۲ میلی‌لیتر بافر تریس ۱۰۰ میلی‌مولار با pH = ۷، ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار و ۰/۲ میلی‌لیتر پیروگالل ۱۰ میلی‌مولار، در حمام یخ با ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی مخلوط و پس از ۲ دقیقه تغییرات جذب در طول‌موج ٤۲۵ نانومتر خوانده شد و بر حسب $\Delta A\ min^{-1}\ g^{-1}$ FW بیان گردید.

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲٤ استفاده گردید با استفاده از آزمون دانکن با ضریب اطمینان ۹۵٪ مقایسه بین میانگین‌ها انجام گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت. $P <$ ۰/۰۵ به‌عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

نتایج

شاخص‌های رشد: نتایج نشان داد که طول ریشه در همه‌ی تیمارهای پرتوی UV نسبت به کنترل (۰/۵۷ ± ۲٤/۳۳ میلی‌متر) کاهش یافت. تیمار ٦۰ دقیقه UV-A کاهش کمتری (۲/۰۰ ± ۱۰/۰۰ میلی‌متر) نسبت به سایرین را نشان داد. تغییرات معنی‌دار برای تمام تیمارهای سه نوع پرتو فرابنفش با زمان‌های مختلف بجز یک تیمار نسبت به کنترل مشاهده شد. سطح معنی‌داری در دو تیمار ۲۰ و ٦۰ دقیقه UV-B به‌صورت $P<0.01$ و در بقیه تیمارها به‌صورت $P<0.001$ بود. تغییرات مشاهده‌شده برای ٤۰ دقیقه پرتو UV-B نسبت به کنترل به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. طول ساقه در سه تیمار ٦۰ دقیقه UV-A، ٦۰ دقیقه UV-B و ۱۰ دقیقه پرتو UV-C نسبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

به کنترل (۰/۵۱ ±۲ ۸۲/٦٦ میلی‌متر) افزایش یافت ولی در بقیه تیمارها کاهش در مقایسه با کنترل مشاهده شد. بیشترین افزایش مربوط به ٦۰ دقیقه UV-B (۰/۵۱ ± ۱۰۸/۲٦٦میلی‌متر) بود. تغییرات معنی‌دار در سه تیمار ٤۰ دقیقه UV-B، ٤۰ دقیقه UV-A و ۱۰ دقیقه پرتو UV-C نسبت به کنترل مشاهده نشد ولی برای سایر تیمارها مشاهده شد(P<0.01). وزن تر کل گیاه در تیمارهای UV-A (۲۰ و ٤۰ دقیقه)، UV-B (۲۰ و ٤۰ دقیقه) و UV-C (۳۰ و ٦۰ دقیقه) کاهش و در تیمارهای ٦۰ دقیقه UV-A، ٦۰ دقیقه UV-B و UV-C (۱۰، ۲۰ و ٤۰ دقیقه) افزایش در مقایسه با کنترل (۰/۰۰۷۰ ± ۰/۲۸ گرم) را نشان داد. بیشترین افزایش مربوط به ٦۰ دقیقه UV-B (۰/۰۰۸۳ ± ۰/۵٦ گرم) و بیشترین کاهش مربوط به ٦۰ دقیقه UV-C (۰/۰۰۰۵ ± ۰/۰۳ گرم) بود. تغییرات معنی‌دار برای ٤۰ دقیقه UV- C (P<0.01) و همچنین بقیه تیمارها نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.001). وزن خشک کل گیاه به مانند وزن تر کل گیاه بود با این تفاوت که در مقایسه با کنترل (۰/۰۰۰۳ ± ۰/۰۰۹۵ گرم) در تیمار ٤۰ دقیقه UV-C کاهش مشاهده شد. تغییرات معنی‌دار برای ٤۰ دقیقه UV-B (P<0.01) و تیمارهای ٦۰ دقیقه UV-A، ۲۰ و ٦۰ دقیقه UV-B و UV-C (۱۰، ۳۰ و ٦۰ دقیقه) نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.01) (جدول ۱).

همبستگی شاخص‌های رشد نشان داد که طول ساقه با وزن تر (r^2= ۰/۸۷۳**) و خشک (r^2= ۰/۷٤۵**) گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. همچنین بین وزن تر و خشک گیاه (r^2= ۰/۹۲٤**) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: مقایسه آماری نتایج نشان داد که مقدار کلروفیل a و کلروفیل b در همه تیمارهای پرتو UV نسبت به کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است (P<0.001). کمترین کاهش در تیمار ۲۰ دقیقه پرتو UV-A و بیشترین کاهش در تیمار ٦۰ دقیقه پرتو UV-C مشاهده گردید. همچنین نتایج نشان داد که مقدار کاروتنوئید در همه تیمارهای پرتو UV نسبت به کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است (P<0.001). در عین حال کمترین کاهش در تیمار ۲۰ دقیقه پرتو UV-A و بیشترین کاهش در تیمار ٦۰ دقیقه پرتو UV-C مشاهده گردید (جدول ۳). همبستگی صفات بیوشیمیایی نشان داد که بین هر سه رنگیزه کلروفیل a و کلروفیل b و کاروتنوئید همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (جدول ٤).

محتوای فنول، فلاونوئید، آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: براساس نتایج حاصله، مقدار آنتوسیانین در همه تیمارهای پرتو UV نسبت به کنترل به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. بیشترین افزایش در تیمار ٦۰ دقیقه پرتو UV-B مشاهده گردید. تغییرات معنی‌دار در همه تیمارهای پرتو UV مشاهده شد. به‌نحوی‌که در گروه تیمار ۲۰ دقیقه پرتو UV-A به‌صورت P<0.01 و در بقیه گروه‌ها به صورت P<0.001 مشاهده گردید (جدول ۳).

مقایسه آماری نتایج نشان داد که مقدار فلاونوئید و محتوای فنولی در همه تیمارهای پرتو UV نسبت به کنترل به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. بیشترین افزایش در تیمار ٦۰ دقیقه پرتو UV-B مشاهده گردید. تغییرات معنی‌دار در همه تیمارهای پرتو UV مشاهده شد (P<0.001) (جدول ۳).

همچنین نتایج نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در همه تیمارهای پرتو UV نسبت به کنترل به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است (P<0.001). بیشترین افزایش در تیمار ٦۰ دقیقه UV-B مشاهده گردید. این مقادیر در تیمارهای دیگر نیز به مقدار کمتر افزایش یافت (جدول ۳).

همبستگی صفات بیوشیمیایی نشان داد که بین فلاونوئید، محتوای فنولی، آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت و معنی‌دار برقرار است ولی مابین همه این صفات با هر سه رنگیزه کلروفیل a و کلروفیل b و کاروتنوئید همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد (جدول ٤).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌طورکل در برگ بیشتر و در ریشه کمترین مقدار را داشت. با این حال در مقایسه‌ی تیمارها، فعالیت آنزیم پراکسیداز در ریشه، ساقه و برگ در همه تیمارها نسبت به کنترل افزایش یافت. تغییرات معنی‌دار در ریشه و برگ برای تمام تیمارها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد خرفه بعد از ٦٠ روز کاشت در تیمارهای مختلف پرتوهای فرابنفش (پرتو UV-A و UV-B در سه زمان ۲۰، ٤٠ و ٦٠ دقیقه، و پرتو UV-C در پنج زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠، ٦٠ دقیقه) براساس آزمون دانکن

تیمارها	وزن خشک گیاه (گرم)	وزن ترگیاه (گرم)	طول ریشه (میلی‌متر)	طول ساقه (میلی‌متر)
control	۰/۰۰۹۵±۰/۰۰۰۳^{fg}	۰/۲۸±۰/۰۰۷۰^{g}	۲٤/۳۳±۰/۵۷^{c}	۸۲/٦٦±۲/۵۱^{g}
UV-A 20min	۰/۰۰٦۸±۰/۰۰۰۲^{de}	۰/۱۹±۰/۰۰۱٦^{e}	۱۰/۰۰±۲/۰۰^{a}	۵۱/٦٦±۲/۰۸^{c}
UV-A 40min	۰/۰۰۷۷±۰/۰۰۰٤^{ef}	۰/۲٤±۰/۰۰۰۵^{f}	۱۰/۰۰±۱/۷۳^{a}	۷۷/۳۳±۲/۰۸^{f}
UV-A 60min	۰/۰۲٦۰±۰/۰۰۱٤^{i}	۰/۵۵±۰/۰۰٦٤^{j}	۸/٦٦±۲/۸۸^{a}	۱۰۸/٦٦±۲/۵۱^{i}
UV-B 20min	۰/۰۰۲۹±۰/۰۰۰۲^{b}	۰/۱۲±۰/۰۰۰۹^{b}	۱۸/٦٦±۳/۲۱^{b}	۵۷/٦٦±۱/۵۲^{d}
UV-B 40min	۰/۰۰۵٤±۰/۰۰۰۲^{cd}	۰/۱۸±۰/۰۰۷۵^{d}	۲۲/۰۰±۱/۷۳^{c}	۷٦/٦٦±۳/۲۱^{f}
UV-B 60min	۰/۰۲۷۱±۰/۰۰۳۲^{i}	۰/۵٦±۰/۰۰۸۳^{j}	۱۸/٦٦±۱/۵۲^{b}	۱۱۰/۳۳±۲/۰۸^{i}
UV-C 10min	۰/۰۱۵۸±۰/۰۰۰۹^{h}	۰/٤٦±۰/۰۰٦۵^{i}	۹/٦٦±۰/۵۷^{a}	۸۸/٦٦±۱/۵۲^{h}
UV-C 20min	۰/۰۱۰۸±۰/۰۰۱٤^{g}	۰/۳۱±۰/۰۱۰۰^{h}	۱۱/٦٦±۰/۵۷^{a}	٦۸/۳۳±۱/۵۲^{e}
UV-C 30min	۰/۰۰۳۸±۰/۰۰۰۰^{bc}	۰/۱٤±۰/۰۰۷۰^{c}	۱۱/۳۳±۱/۱۵^{a}	۵۱/۰۰±۳/٦۰^{c}
UV-C 40min	۰/۰۰۸۹±۰/۰۰۱۱^{efg}	۰/۳۰±۰/۰۰۱٦^{h}	۹/۳۳±۰/۵۷^{a}	۳٤/٦٦±٤/۵۰^{b}
UV-C 60min	۰/۰۰۰۸±۰/۰۰۰۰^{a}	۰/۰۳±۰/۰۰۰۵^{a}	۸/۳۳±۱/۵۲^{a}	۲۱/٦٦±۱/۵۲^{a}

*** داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار است. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن انجام گرفته است و حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری با هم ندارند.**

جدول ۲- همبستگی ساده (پیرسون) بین برخی صفات ریخت‌شناسی قابل مشاهده خرفه بعد از ٦٠ روز کاشت در تیمار پرتو فرابنفش

	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر گیاه	وزن خشک گیاه
طول ساقه	۱			
طول ریشه	-۰/۱۸٦	۱		
وزن تر گیاه	۰/۸۷۳**	۰/۰۵٦	۱	
وزن خشک گیاه	۰/۷٤۵**	۰/۱٤۵	۰/۹۲٤**	۱

** نشان‌دهنده معنی‌داری همبستگی در سطح P< ۰/ ۰۱ است.

نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.001). تغییرات معنی‌دار در ساقه نیز برای تمام تیمارها نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.001). تنها تغییرات مشاهده‌شده برای ۲۰ دقیقه پرتو UV-A نسبت به کنترل به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱).

فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ به‌طورکل بیشترین مقدار و در ساقه کمترین مقادیر را داشته است. همچنین فعالیت کاتالاز در همه تیمارها نسبت به کنترل کاهش یافت. تغییرات معنی‌دار در ریشه و برگ برای تمام تیمارها نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.001). تغییرات معنی‌دار در ساقه نیز برای تمام تیمارها نسبت به کنترل مشاهده شد (P<0.001). برای ۲۰ دقیقه پرتو UV-A نسبت به کنترل معنی‌داری در سطح P<0.01 بود. تغییرات مشاهده‌شده برای ٤٠ و ٦٠ دقیقه پرتو UV-A نسبت به کنترل به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲). همبستگی صفات بیوشیمیایی نشان داد که کاتالاز با پراکسیداز در هر سه سطح ریشه، ساقه و برگ همبستگی منفی را نشان می‌دهد، که این همبستگی منفی تنها در پراکسیداز ریشه با کاتالاز ریشه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

جدول ۳- مقایسه میانگین مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، آنتوسیانین، فلاونوئید، محتوای فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل خرفه در تیمارهای مختلف فرابنفش (پرتو UV-A و UV-B در سه زمان ۲۰، ٤۰ و ٦۰ دقیقه، و پرتو UV-C در پنج زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ٦۰ دقیقه) براساس آزمون دانکن

تیمارها	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (mg dl^{-1}Vitamin C)	محتوای فنولی (µg g $^{-1}$ FW)	فلاونوئید (µg g $^{-1}$ FW)	آنتوسیانین	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a
				(mg.g^{-1}fresh weight)			
control	۱۲/۸٤±۰/۲۳۸^{a}	۳۱/٤٥±۰/۵۷۱^{a}	۰/۱٦±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۷۱±۰/۰۰۳۰^{a}	۰/۳۳۲±۰/۰۰۵٦^{i}	۰/۰٦۱±۰/۰۰۱۵^{i}	۰/٦۵±۰/۰۲٤^{j}
UV-A 20min	۱٤/۷۳±۰/۲۰۱^{b}	۳٤/۱۲±۱/۰۰۵^{b}	۰/۲۰±۰/۰۰۲^{b}	۰/۰۸٦±۰/۰۰۳۵^{b}	۰/۲٦٤±۰/۰۱۰۵^{h}	۰/۰۳۷±۰/۰۰۱۱^{h}	۰/۵۰±۰/۰۱۵^{i}
UV-A 40min	۱۵/۰٦±۰/۰۸۵^{cd}	۳۸/۳۸±۰/٦٤۰^{c}	۰/۲۲±۰/۰۰۲^{c}	۰/۱۰۱±۰/۰۰۳۰^{c}	۰/۲۱۲±۰/۰۰۳۰^{g}	۰/۰۲۸±۰/۰۰۱۰^{g}	۰/٤٦±۰/۰۲٦^{h}
UV-A 60min	۱۵/۸۳±۰/۱۳٤^{e}	۳۹/٤۵±۰/۵۷۱^{cd}	۰/۲٤±۰/۰۱۷^{d}	۰/۱۱۸±۰/۰۰۷٦^{d}	۰/۲۰۰±۰/۰۰۰۵^{f}	۰/۰۲٤±۰/۰۰۰۵^{f}	۰/٤۱±۰/۰۰۳^{g}
UV-B 20min	۱۵/۹٤±۰/۰۵۵^{e}	٤۰/۱۷±۰/۰٦۵^{d}	۰/۳۰±۰/۰۰۷^{fg}	۰/۱٤۲±۰/۰۰٦٦^{e}	۰/۱۹۷±۰/۰۰۲۰^{f}	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰۷^{e}	۰/۳۸±۰/۰۰٤^{f}
UV-B 40min	۱٦/٦۷±۰/۰۲۰^{g}	٤۲/٤۱±۰/۲٦٤^{e}	۰/٤۱±۰/۰۰۹^{h}	۰/۱۵۷±۰/۰۰۲٦^{f}	۰/۱۹۱±۰/۰۰۲۸^{f}	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۵^{e}	۰/۳۵±۰/۰۰٦^{e}
UV-B 60min	۱۷/۹۸±۰/۰۳۲^{h}	٤۸/۳۷±۱/۵۰۰^{f}	۰/۵۸±۰/۰۰٦^{i}	۰/۱۷۲±۰/۰۰۲۰^{g}	۰/۱۲۸±۰/۰۰۸۰^{e}	۰/۰۰۸±۰/۰۰۰٤^{d}	۰/۲٤±۰/۰۰۸^{d}
UV-C 10min	۱۵/۰۱±۰/۰۲۰^{c}	۳۹/٦۳±۰/۵۵٤^{d}	۰/۲٤±۰/۰۰۲^{d}	۰/۰۹۷±۰/۰۰۱۱^{c}	۰/۱۰۸±۰/۰۰٦٦^{d}	۰/۰۰۷±۰/۰۰۰۳^{cd}	۰/۲۲±۰/۰۰٤^{c}
UV-C 20min	۱۵/۰۹±۰/۰۱۰^{cd}	٤۰/۰۲±۰/۰٦۲^{d}	۰/۲٦±۰/۰۰۷^{e}	۰/۱۰۰±۰/۰۰۱۵^{c}	۰/۱۰۳±۰/۰۰۱۵^{cd}	۰/۰۰٦±۰/۰۰۰۳^{bc}	۰/۲۱±۰/۰۰۳^{bc}
UV-C 30min	۱۵/۳۱±۰/۰۹۵^{d}	٤۰.۰۱±۰.۰۰۵^{d}	۰/۲۹±۰/۰۰۷^{f}	۰/۱۱۲±۰/۰۰۱۱^{d}	۰/۰۹٦±۰/۰۰۱۵^{bc}	۰/۰۰٦±۰/۰۰۰۲^{bc}	۰/۲۰±۰/۰۱۰^{ab}
UV-C 40min	۱۵/۹۱±۰/۰۵۸^{e}	٤۰/٦۲±۰/۳٦۳^{d}	۰/۳۱±۰/۰۰٦^{g}	۰/۱۳٦±۰/۰۰۲٦^{e}	۰/۰۹۱±۰/۰۰۲۰^{b}	۰/۰۰۵±۰/۰۰۰۳^{ab}	۰/۲۰±۰/۰۰۹^{ab}
UV-C 60min	۱٦/۳۹±۰/۳۳۱^{f}	٤۲/۰۸±۰/٤٦٤^{e}	۰/٤۱±۰/۰۱۱^{h}	۰/۱۵۲±۰/۰۱۰۱^{f}	۰/۰۷۸±۰/۰۰٦۰^{a}	۰/۰۰٤±۰/۰۰۰٤^{a}	۰/۱۹±۰/۰۰۵^{a}

*** داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار است. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن انجام گرفته است و حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری با هم ندارند.**

(r^2= -۰/۷۲۳**)، ساقه (r^2= -۰/۷۱۷**) و برگ (r^2= -۰/۸۷۷**) و نیز پراکسیداز ساقه با کاتالاز برگ (r^2= -۰/۷۳۸**) معنی‌دار است (جدول ٤).

بحث

نتایج این پژوهش در رابطه با کاهش طول ریشه و ساقه با بررسی اثر UV-B و UV-C بر روی گیاه بادرنجبویه (Abedzadeh and Pourakbar, 2013)، اثر باندهای مختلف اشعه فرابنفش بر روی گیاه بامیه (Kargar *et al.*, 2013)، اثر UV-A روی گیاه نعناع فلفلی (Sarikhani, 2014) و اثر UV-B بر گیاه نخود (Mishra, 2015) مطابقت دارد. علت این امر کاهش تقسیم سلولی درنتیجه‌ی اثر پرتوهای فرابنفش بر همانندسازی DNA است. پرتوهای فرابنفش عمدتاً منجر به تغییر شکل نوری (فتوترانسفورماسیون) و تشکیل دیمرهای پریمیدین سیکلوبوتانت و پریمیدین (٦-٤) پریمیدون می‌گردند (Yao *et al.*, 2011). DNA و RNA پلیمراز قادر به خواندن این تولیدات نوری نیست. پس حذف آنها برای همانندسازی و رونویسی و درنتیجه برای بقا ضروری است (Frohnmeyer and Staiger, 2003). همچنین مشخص شده است که فاکتورهای محیطی نامطلوب مثل خشکی، سرما و اشعه فرابنفش منجر به تغییرات سریع در تعادل هورمون‌های گیاهی، نه تنها از طریق تجمع اسید آبسیزیک بلکه با کاهش سطوح هورمونهای فعال‌کننده‌ی رشد مثل اکسین و سیتوکینین می‌شوند (Zhang and Li, 2012). کاهش اکسین می‌تواند عاملی برای کاهش رشد طولی باشد. در جایی دیگر علت کاهش رشد در اثر تابش اشعه UV افزایش فیتوهورمون‌ها به‌ویژه اتیلن و تخریب نوری می‌داند (Teramura, 1983). Krizek و همکاران یکی از علت‌های افزایش تولید اتیلن را تولید گونه‌های فعال

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

جدول ٤- همبستگی بین رنگیزه‌های گیاهی، مقدار فلاونوئید، محتوای فنولی، فعالیت آنزیمی (کاتالاز و پراکسیداز) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در تیمار پرتو فرابنفش

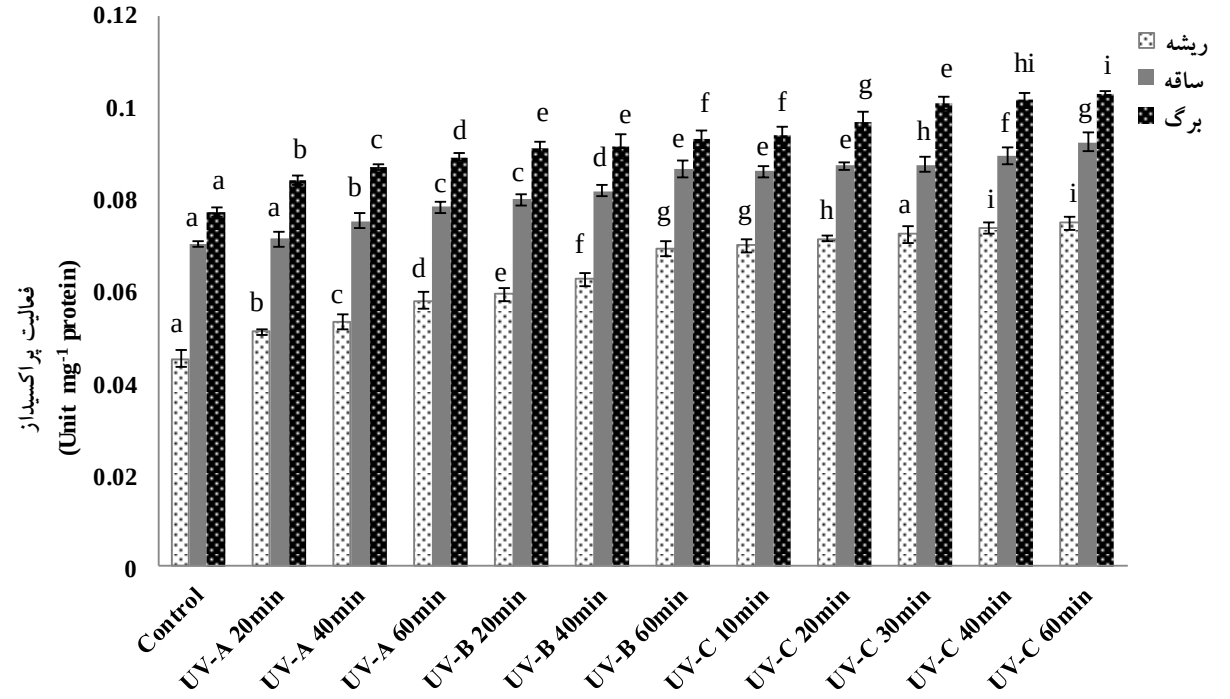
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فلاونوئید	فنول کل	آنتی‌اکسیدان کل	کاتالاز ریشه	کاتالاز ساقه	کاتالاز برگ	پراکسیداز ریشه	پراکسیداز ساقه	پراکسیداز برگ
۱	۱												
۲	۰/۹۷۹**	۱											
۳	۰/۹۸۸**	۰/۹۷٥**	۱										
٤	-۰/٥٤٦**	-۰/٥٦۸**	-۰/٥۱۰**	۱									
٥	-۰/٥۲۷**	-۰/٥۸۷**	-۰/٤۹۸**	۰/۹۰۸**	۱								
٦	-۰/۷۱۹**	-۰/۷۷٤**	-۰/۷۰۰**	۰/۹۷۲**	۰/۸۳۱**	۱							
۷	-۰/٦۰۰**	-۰/٦۸۰**	-۰/٥٦۹**	۰/۹۰۱**	۰/۹۹۱**	۰/۸۹۱**	۱						
۸	۰/۸۳٤**	۰/۷۹۱**	۰/۸۳۰**	-۰/۱۰۸	۰/۲٦۹	-۰/۲۷٤	۰/۲۷۹	۱					
۹	۰/۷۹٥**	۰/۷٤٥**	۰/۷۸۰**	-۰/۱۲٦	۰/۲٤۲	-۰,۲۸٦	۰/۲٥٤	۰/۹۹۷**	۱				
۱۰	۰/۸٤۹**	۰/۸۸٦**	۰/۸۳۳**	-۰/٤۰۰	-۰/۰۱	-۰/٥۲۲	-۰/۰۰۸	۰/۹۳٥**	۰/۹٤۲**	۱			
۱۱	-۰/۹۸۸**	-۰/۹٥۲**	-۰/۹۸۰**	۰/٤٤۰	۰/۰٤۳	۰/٥۰۳	۰/۰۷۱	-۰/۷۲۳**	-۰/۷۱۷**	-۰/۸۷۷**	۱		
۱۲	-۰/۹٦۱**	-۰/۹۲۷**	-۰/۹٦۰**	۰/٦٤۱*	۰/۳۰۸	۰/٦٥۲*	۰/۳۲۹	-۰/٤۹۱	-۰/٤۹۱	-۰/۷۳۸**	۰/۹٤۱**	۱	
۱۳	-۰/۹٥٥**	-۰/۹۳۲**	-۰/۹٥٦**	۰/۹٤٤**	۰/۷۷٦**	۰/۹۰٦**	۰/۷۸۷**	-۰/۱۸۳	-۰/۱۹۹	-۰/٥۰۷	۰/٦٥۰*	۰/۸۳۷**	۱

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری همبستگی در سطح P< ۰/۰٥ و P< ۰/۰۱ می‌باشد.

اکسیژن اعلام کرده‌اند. طبق نظر آنان گونه‌های فعال اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدها شده و این پراکسیداسیون باعث افزایش مقدار اتیلن می‌شود. افزایش اتیلن سبب کاهش رشد طولی و افزایش رشد شعاعی می‌شود (Krizek *et al.*, 1998). این در حالی است که در راستای نتایج به‌دست‌آمده راجع به افزایش طول ساقه در ٦۰ دقیقه UV-A و UV-B و ۱۰ دقیقه UV-C، Rajendiran و همکاران (۲۰۱٥) با بررسی اثر UV-B بر روی گیاه خرفه نشان داده‌اند طول ساقه به مقدار ۱٦/۱۱٪ افزایش می‌یابد (Rajendiran *et al.*, 2015). این احتمال وجود دارد که سازگاری گیاه به قرارگرفتن در معرض طولانی مدت UV-A و UV-B باعث ترمیم و افزایش رشد ساقه شده است.

بررسی نتایج راجع به کاهش وزن تر و خشک کل گیاه به‌دنبال تیمار پرتوهای فرابنفش با بررسی اثر UV-B و UV-C بر روی گیاه بادرنجبویه (Abedzadeh and Pourakbar, 2013) ، اثر UV-B بر روی دو گیاه *Phaseolus vulgaris* و *Hordeum vulgare* (Moussa and Khodary, 2008) و اثر باندهای مختلف اشعه فرابنفش بر روی گیاه بامیه (Kargar *et al.*, 2013) مطابقت دارد. کاهش وزن تر و خشک کل گیاه بیانگر تولید بیوماس در تیمارهای فرابنفش است و این یک پاسخ عمومی در بسیاری از گونه‌های گیاهی است. یکی از دلایل کاهش وزن در تیمارهای فرابنفش، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و کاهش فتوسنتز است (Hassan *et al.*, 2012). همچنین می‌توان گفت که این کاهش وزن تر و خشک احتمالاً به‌علت کاهش رشد طولی القاشده توسط اشعه فرابنفش است . Krizek و همکاران (۱۹۹۸) کاهش در مقدار وزن تر و خشک درمعرض تیمارهای اشعه UV را اختلال در بیوسنتز و انتقال تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین (IAA) و ژیبرلین (GA) می‌دانند (Krizek *et al.*, 1998). مطالعات انجام‌شده روی خردل و لوبیا توسط Pal و همکاران (۱۹۹۸ و ۱۹۹۹) نشان داد که اشعه UV تولید بیوماس گیاهی را کاهش می‌دهد (Pal *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]



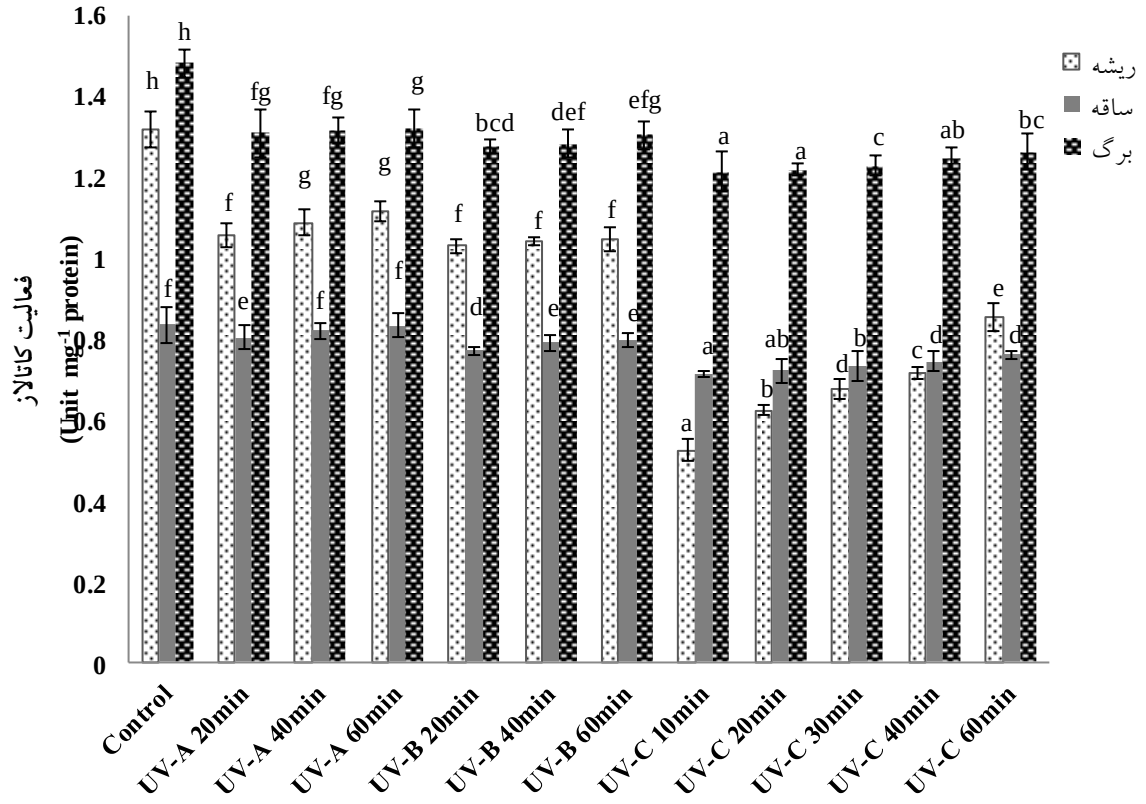
شکل ۱- اثر پرتوهای UV بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاه. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار میانگین نشان داده شده‌اند. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری با هم ندارند. در گروه کنترل و گروه‌های تیمار n برابر ۳ است.

(Pal and Sengupta, 1998; *al.*, 1999).

بررسی‌ها نشان داد که مقدار رنگیزه‌های کلروفیل a، b و کاروتنوئید در همه گروه‌های در معرض تیمار با پرتوهای فرابنفش در مقایسه با گیاه شاهد کاهش یافت. یافته‌های پژوهش حاضر همسو با اثر اشعه UV-C و UV-A بر روی گیاه مرزه (Rahimzadeh *et al.*, 2011)، اثر تابش UV-B بر گیاه نخودفرنگی (*Pistum sativum* L.) (Mishra, 2015)، اثر UV-B و UV-C بر روی گیاه بادرنجبویه (Abedzadeh and Pourakbar, 2013)، اثر اشعه UV-C و UV-A بر روی گیاه فلفل قلمی (Hosseini Sarghein *et al.*, 2011) و اثر باندهای مختلف اشعه فرابنفش بر روی گیاه بامیه (Kargar *et al.*, 2013) است. کاهش مقدار کلروفیل به‌دلیل ممانعت از سنتز آن و یا افزایش فعالیت کلروفیلاز (Piri *et al.*, 2011) و همچنین فتواکسیداسیون غیرآنزیمی کلروفیل (Mahdavian *et al.*, 2008) در اثر تابش پرتوهای فرابنفش اتفاق می‌افتد. از دلایل دیگر کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی توسط اشعه‌ی UV، می‌توان افزایش در مقدار اتیلن را ذکر کرد، این هورمون سبب راه‌اندازی تخریب کلروفیل می‌گردد (Zhang and Kirkham, 1996). همچنین درآزمایش‌هایی که توسط Allen و همکاران (۱۹۹۸) بر روی رابطه‌ی طول‌موج‌های پایین نور و کاهش کاروتنوئیدها انجام گرفته است، اظهار شده است که کاهش کاروتنوئیدها می‌تواند به‌علت تبدیل آنها به اسید آبسیزیک باشد، این تبدیل در بسیاری از تنش‌های محیطی صورت می‌گیرد (Allen *et al.*, 1998).

برخی محققان گزارش کردند که مقدار کاروتنوئیدها در تیمارهای تابش فرابنفش کاهش چندانی نیافت، که بیانگر مقاوم‌تر بودن این رنگیزه‌ها در مقابش پرتو فرابنفش است و نیز به‌نظر می‌رسد که می‌توانند نقش حفاظتی در برابر آن ایفا کنند (Li *et al.*, 2010). کاهش در محتوای کاروتنوئید می‌تواند درنتیجه‌ی یا مهار سنتز رنگیزه‌ها یا شکستن و تخریب آنها باشد. از آنجایی که کاروتنوئیدها درگیر در برداشتن و حفاظت کلروفیل از تخریب اکسیداتیو هستند، کاهش در کاروتنوئید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]



شکل ۲- اثر پرتوهای UV بر فعالیت آنزیم کاتالاز گیاه. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار میانگین نشان داده شده‌اند. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌دار آماری با هم ندارند. در گروه کنترل و گروه‌های تیمار n برابر ۳ است.

می‌تواند پیامدهای جدی بر روی رنگیزه‌های کلروفیل داشته باشد (Ravindran *et al.*, 2010). در مقابل نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنها مقدار آنتوسیانین در همه گروه‌های در معرض تیمار با پرتوهای فرابنفش در مقایسه با گیاه شاهد افزایش یافت. افزایش آنتوسیانین بر روی گیاه مرزه در معرض اشعه UV-C و UV-A (Rahimzadeh *et al.*, 2011)، گیاه نخودفرنگی (*Pistum sativum* L.) درمعرض تابش UV-B (Mishra, 2015)، مطالعه در رابطه با اثر تابش UV-B بر گیاه بادرنجبویه (Pourakbar and Abedzadeh, 2015) و مطالعه در رابطه با اثر اشعه UV-C و UV-A بر روی گیاه فلفل قلمی (Hosseini Sarghein *et al.*, 2011) نیز مشاهده شد. گزارش شده است که آنتوسیانین‌ها از مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید هستند که می‌توانند در اپیدرم تجمع یابند و در واکوئل سلول‌ها یا به‌صورت باند به دیواره یا کوتیکول قرار بگیرند که تجمع آنها به‌عنوان نوعی سازوکار حفاظتی سلول‌های برگ گیاه را از تخریب اکسیداتیو و اشعه زیاد نور و UV محافظت می‌کنند (Turcsanyi and Vass, 2000; Rahimzadeh *et al.*, 2011).

مطالعه بر روی اثر UV-A و UV-B بر مقدار فعالیت کاتالاز در برگ گیاه *Rosularia elymaitica* (Habibi and Hajiboland, 2011) و مطالعه در رابطه با اثر تابش UV-B و UV-C بر مقدار فعالیت کاتالاز و پراکسیداز در ساقه و ریشه گیاه بادرنجبویه (Pourakbar and Abedzadeh, 2014) با نتایج ما مطابقت می‌کند. گزارش شده است که آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گیاهان را در برابر تنش اکسیداتیو با تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن محافظت می‌کنند (Scandalios, 1993).

بررسی‌ها نشان داد که محتوای فنولی و مقدار فلاونوئیدها در همه گروه‌های در معرض تیمار با پرتوهای فرابنفش در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

مقایسه با گیاه شاهد افزایش یافت. یافته‌های ما همسو با اثر UV-B و UV-C بر محتوای فنولی و فلاونوئیدی گیاه مرزه (Abrun *et al.*, 2016)، اثر UV-A، UV-B و UV-C بر محتوای فنولی و فلاونوئیدی گیاه *Lactuca sativa* (Lee *et al.*, 2014)، اثر UV-B بر مقدار فلاونوئیدهای گیاه نخودفرنگی (Choudhary and Agrawal, 2014)، اثر UV-B بر مقدار فلاونوئیدهای گیاه *Lolium perenne* (Comont *et al.*, 2013)، اثر تابش UV-B بر مقدار فلاونوئیدهای گیاه نخودفرنگی (*Pistum sativum* L.) (Mishra, 2015)، اثر UV-C بر مقدار فلاونوئیدهای گیاه یونجه تاجی (Noori *et al.*, 2012) و اثر UV-A روی محتوای فنلی گیاه نعناع (Sarikhani, 2014) است. برخی گیاهان در معرض اشعه UV، قادرند که ترکیبات جذب‌کننده UV مثل فلاونوئید، که مرتبط با بیان ژن‌های متناظر با آنهاست، را تولید و انباشته کنند. فلاونوئیدها از دسته ترکیبات پلی‌فنولیک در گیاهان هستند که با بالاترین تعداد گروه‌های هیدروکسیل می‌توانند در رادیکال‌های آزاد شرکت کنند (Dawar *et al.*, 1998). بیان بالا در آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که اولین آنزیم در مسیر فنیل پروپانوئید است و منجر به تبدیل فنیل آلانین به فنیل پروپانوئید سینامیک اسید ترانس می‌شود که پیش‌ساز ترکیبات فعال مثل فلاونوئیدهاست (Li *et al.*, 2007)، که مرتبط با بیوسنتز فلاونوئیدهاست (Wang *et al.*, 2006). گزارش شده که فلاونوئیدها به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان نقش حفاظتی برعلیه رادیکال‌های آزاد مضر ایجاد شده توسط UV ایفا می‌کنند (Hilal *et al.*, 2004). همچنین اشعه UV موجب افزایش سنتز ایزومراز Chalcon می‌شود، که نقش اساسی در بیوسنتز فلاونوئید دارد (Sakihama *et al.*, 2002). ترکیبات فنولی سلول‌ها را برعلیه تنش اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Rozema *et al.*, 2002). ترکیبات فنولی آمینواسیدهای آروماتیک (فنیل آلانین و تیروزین) برای کاهش اثرات تخریبی پرتو فرابنفش از طریق مسیر فنیل پروپانوئید تولید می‌شوند (Bieza and Lois, 2001). مطالعات شاهبداغلو و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده است که اپیدرم برگ گیاهان عالی به‌دلیل داشتن ترکیبات جاذب مانند فلاونوئیدهای موجود در واکوئل‌های سلول‌های اپیدرمی، به‌عنوان یک لایه محافظ در برابر پرتوهای UV عمل می‌کند. همچنین این مطالعات ثابت کرده است که پرتوهای UV سبب کاهش درصد اسانس در ریحان می‌شود که می‌تواند به‌دلیل تغییر مسیر پیش ساختهای ترکیبات اسانس باشد، یعنی اسیدهای آمینه آروماتیک که پیش‌ساز مشترک ترکیبات فنلی اسانس و فلاونوئیدها هستند بیشتر به سمت سنتز ترکیبات جاذب UV مانند فلاونوئیدها هدایت می‌شوند (Shahbodaghlo *et al.*, 2017). برمبنای مطالعات نوری و همکاران (۲۰۰۷) فلاونوئیدها از جمله ترکیبات فیتوشیمیایی هستند که برای دفاع و مقابله با شرایط نامساعد محیطی مانند نور شدید، کم آبی و آلاینده‌ها و همچنین کاهش آسیب در برخی گیاهان ساخته شده و یا دچار تغییر می‌شوند. چنین مطالعاتی نقش فلاونوئیدها را به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی، سازش و مقابله گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مانند پرتوهای UV نشان می‌دهد (Noori *et al.*, 2007; Noori *et al.*, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که گیاه خرفه تحت تأثیر سه نوع پرتو فرابنفش به لحاظ مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دچار تغییراتی شد. کاهش طول ریشه، افزایش طول ساقه و افزایش وزن تر و خشک، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش میزان ترکیبات جاذب UV مانند محتوای فنول، فلاونوئید، آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و افزایش پراکسیداز و کاهش کاتالاز در تیمار ۶۰ دقیقه UV-B مشخص‌تر رخ داد. با توجه به ارزش دارویی و غذایی گیاه خرفه و همچنین اثرات سو مصرف کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی، انجام تحقیقات وسیع و گسترده به‌منظور ارزیابی تنش‌های مختلف در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاهان دارویی و کاربرد پرتو فرابنفش به‌عنوان یک محرک جهت افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در کشور امری ضروری است. با توجه به خواص دارویی و آنتی‌اکسیدانی ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدی خرفه در سلامتی انسان و همچنین، با توجه به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

نقش دفاعی که این ترکیب‌ها در برابر پرتو فرابنفش برای گیاهان ایفا می‌نمایند، می‌توان به‌طور مؤثر از پرتوهای UV برای افزایش این ترکیب‌های مفید در گیاهان بهره برد.

منابع

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.

Abrun, A., Fattahi, M., Hassani, A. and Avestan, S. (2016) Salicylic acid and UV-B/C radiation effects on growth and physiological traits of *Satureja hortensis* L. Notulae Scientia Biologicae 8: 170-175.

Allen, D. J., Nogues S. and Baker, N. R. (1998) Ozone depletion and increased UV-B radiation: is there a real threat to photosynthesis? Journal of Experimental Botany 49: 1775-1788.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1.

Benzie, I. F. and Strain, J. J. (1979) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry 239: 70-76.

Bieza, K. and Lois, R. (2001) An Arabidopsis mutant tolerant to lethal ultraviolet-B levels shows constitutively elevated accumulation of flavonoids and other phenolics. Plant Physiology 126: 1105-1115.

Chen, J., Xiao, Q., Wang, C., Wang, W. H., Wu, F. H., He, B. Y., Zhu, Z., Ru, Q. M., Zhang, L. L. and Zheng, H. L. (2014) Nitric oxide alleviates oxidative stress caused by salt in leaves of a mangrove species, *Aegiceras corniculatum*. Aquatic Botany 117: 41-47.

Choudhary, K. K. and Agrawal, S. (2014) Ultraviolet-B induced changes in morphological, physiological and biochemical parameters of two cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety 100: 178-187.

Comont, D., Winters, A., Gomez, L. D., McQueen-Mason, S. J. and Gwynn-Jones, D. (2013) Latitudinal variation in ambient UV-B radiation is an important determinant of *Lolium perenne* forage production, quality, and digestibility. Journal of Experimental Botany 64: 2193-2204.

Dawar, S., Vani, T. and Singhal, G. (1998) Stimulation of antioxidant enzymes and lipid peroxidation by UV-B irradiation in thylakoid membranes of wheat. Biologia Plantarum 41: 65-73.

Dimkpa, C. O., McLean, J. E., Latta, D. E., Manangon, E., Britt, D. W., Johnson, W. P., Boyanov, M. I. and Anderson, A. J. (2012) CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat. Journal of Nanoparticle Research 14: 1125.

Farokh, P., Mahmoodzadeh, H. and Satari, T. (2010) Response of seed germination of safflower to UV-B radiation. Research Journal of Environmental Sciences 4: 70-74.

Frohnmeyer, H. and Staiger, D. (2003) Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants. Balancing damage and protection. Plant Physiology 133: 1420-1428.

Ghanati, F., Ahmadi, Z. and Abd, A. P. (2007) The effects of ultraviolet C radiation on some physiological parametes of *Aloe vera* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 315-331.

Habibi, G. and Hajiboland, R. (2011) Comparison of water stress and UV radiation effects on induction of CAM and antioxidative defense in the succulent *Rosularia elymaitica* (Crassulaceae). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 53: 15-24.

Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., da Silva, J. A. T. and Fujita, M. (2012) Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: Antioxidant defense is a key factor. Crop stress and its management: Perspectives and strategies. Springer 261-315.

Hassan, A. (2014) Chemical and remedial effects of purslane (*Portulaca oleracea*) plant. Life Sciences Journals 11: 31-42.

Hassan, I., Basahi, J., Kadi, M. and Zeid, H. A. (2012) Physiological and biochemical impairment in bean plants due to supplementary ultraviolet radiation and water stress: Possible protective roles of secondary metabolites. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 552-561.

Hilal, M., Parrado, M. F., Rosa, M., Gallardo, M., Orce, L., Massa, E. M., Gonzalez, J. A. and Prado, F. E. (2004) Epidermal lignin deposition in quinoa cotyledons in response to UV-B radiation. Photochemistry and Photobiology 79: 205-210.

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

Hosseini Sarghein, S., Carapetian, J. and Khara, J. (2011) The effects of UV radiation on some structural and ultrastructural parameters in pepper (*Capsicum longum* A. DC.). Turkish Journal of Biology 35: 69-77.

Kargar, K. S., Jamei, R. and Hosseini, S. S. (2013) Changes in physiological anatomical and parameters of Okra (*Hibiscus esculentus* L.) under different ultraviolet radiation. Iranian Journal of Plant Biology 5: 13-26.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

Kataria, S., Jajoo, A.and Guruprasad, K. N. (2014) Impact of increasing ultraviolet-B (UV-B) radiation on photosynthetic processes. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 137: 55-66.

Khatami, F. and Ghanati, F. (2014) The effects of ultraviolet B and C radiation on natural compounds of *Malva neglecta* Wallr. calli." Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30: 30-41.

Krizek, D. T., Britz, S. J. and Mirecki, R. M. (1998) Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum 103: 1-7.

Kumari, R., Prasad, M. and Agrawal, S. (2015) Growth and defense metabolism of plants exposed to ultraviolet-B radiation. Sustainable Agriculture Reviews, Springer 263-305.

Lee, M. J., Son, J. E. and Oh, M. M. (2014) Growth and phenolic compounds of *Lactuca sativa* L. grown in a closed-type plant production system with UV-A,-B, or-C lamp. Journal of the Science of Food and Agriculture 94: 197-204.

Li, F. R., Peng, S. L., Chen, B. M. and Hou, Y. P. (2010) A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation. Acta Oecologica 36: 1-9.

Li, Z., Wang, X., Chen, F. and Kim, H. J. (2007) Chemical changes and overexpressed genes in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) upon methyl jasmonate treatment. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 706-713.

Lichthentaler, H. (1987) Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in Enzymology (eds. Colowick, S. P. and Kaplan, N. O.) Academic Press, Sandiego, New York.

Mahdavian, K., Ghorbanli, M. and Kalantari, K. M. (2008) The Effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. Turkish Journal of Botany 32: 25-33.

Mishra, A. (2015) Effect of UVB radiation on seed germination, seedling growth, photosynthetic pigments and biochemical responses of *Pistum sativum* (L.). Zenith International Journal of Multidisciplinary Research 5: 124-129.

Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science 7: 405-410.

Moussa, H. R. and Khodary, S. (2008) Changes in growth and $14CO_2$ fixation of *Hordeum vulgare* and *Phaseolus vulgaris* induced by UV-B radiation. Journal of Agriculture and Social Science 4: 59-64.

Mpoloka, S. W. (2008) Effects of prolonged UV-B exposure in plants. African Journal of Biotechnology 7.

Nicholson, R. L. and Hammerschmidt, R. (1992) Phenolic compounds and their role in disease resistance. Annual Review of Phytopathology 30: 369-389.

Noori, M., Chehreghany, A. and Hatami, A. (2007) Nitrotoxins in three genera of Papilionoideae (Leguminosae) found in the Central of Iran and potential health implications. Toxicological and Environmental Chemistry 89: 479-485.

Noori, M., Malayeri, B. and Jafari, M. (2009) Determination of fluoride and its effects on flavonoids in some legumes. Toxicological and Environ Chemistry 91: 409-418.

Noori, M., Pourimani, R. and Khodaei, M. (2012) Studies of UV-C effects on *Coronilla varia* L. chlorophyll and flavonoids. Journal of Cell and Tissue 3: 43-53.

Pal, M., Sengupta, U., Srivastava, A., Jain, V. and Meena, R. (1999) Changes in growth and photosynthesis of mungbean induced by UV-B radiation. Indian Journal of Plant Physiology 4: 79-84.

Pal, M. and Sengupta, V. A. K. (1998) Influence of enhanced UV-B radiation on Mustard: Cultivar respose. Indian Journal of Plant Physiology 3: 188-193

Pereira, G., Molina, S. M. G., Lea, P. and Azevedo, R. A. d. (2002) Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in *Crotalaria juncea*. Plant and Soil 239: 123-132.

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

Pourakbar, L. and Abedzadeh, M. (2014) Effects of UV-B and UV-C radiation on antioxidative enzymes activity of *Melissa officinalis* and influences of salicylic acid in UV-stress ameliorations. Journal of Plant Biology (2008-8264) 6: 23-34.

Pourakbar, L. and Abedzadeh, M. (2015) Investigating the effects of magnetic field and salicylic acid on *Melissa officinalis* (Lamiaceae) under UV-B stress. Nova Biologica Reperta 1: 40-56.

Prasad, S., Dwivedi, R. and Zeeshan, M. (2005) Growth, photosynthetic electron transport, and antioxidant responses of young soybean seedlings to simultaneous exposure of nickel and UV-B stress. Photosynthetica 43: 177-185.

Rahimzadeh, P., Hosseini, S. and Dilmaghani, K. (2011) Effects of UV-A and UV-C radiation on some morphological and physiological parameters in Savory (*Satureja hortensis* L.). Annals of Biological Research 2: 164-171.

Rajendiran, K., Shanmathy, M., Sudaroli Sudha, J. and Kokilavani, V. (2015) Assessment of ultraviolet-B tolerance in *Portulaca oleracea* L. for in vitro propagation. International Journal of Biotechnology 4: 32-42.

Ranjbar, A., Mousavi, S. A. (2018) The effects of enhanced ultraviolet-b radiation and heavy metal cadmium on some physiological parameters of lettuce (*Lactuca sativa*). Journal of Plant Research 30:853-61.

Ravindran, K., Indrajith, A., Pratheesh, P., Sanjiviraja, K. and Balakrishnan, V. (2010) Effect of ultraviolet-B radiation on biochemical and antioxidant defence system in *Indigofera tinctoria* L. seedlings. International Journal of Engineering, Science and Technology 2: 226-232.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

Rozema, J., Bjorn, L. O., Bornman, J., Gaberscik, A., Hader, D. P., Trost, T., Germ, M., Klisch, M., Groniger, A. and Sinha, R. (2002) The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems—an experimental and functional analysis of the evolution of UV-absorbing compounds. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 66: 2-12.

Sakihama, Y., Cohen, M. F., Grace, S. C. and Yamasaki, H. (2002). Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: Phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. Toxicology 177: 67-80.

Sarikhani, H. (2014) Effect of UV-A radiation on growth and some physiological properties of peppermint (*Mentha piperita*). Plant Production Technology 5: 35-44.

Scandalios, J. G. (1993) Oxygen stress and superoxide dismutases. Plant Physiology 101: 7.

Shahbodaghlo, A. S., Azizi, A. A., Sarikhani, H. S. and Rajabi, M. R. (2017) Influences of UV-A radiation on antioxidant capacity, cynarin content and some morphophysiological properties of three genotypes of artichoke (*Cynara scolymus* L.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology 7: 97-110.

Simioni, C., Schmidt, E. C., Felix, M. R. d. L., Polo, L. K., Rover, T., Kreusch, M., Pereira, D. T., Chow, F., Ramlov, F. and Maraschin, M. (2014) Effects of ultraviolet radiation (UVA+ UVB) on young gametophytes of G elidium floridanum: Growth rate, photosynthetic pigments, carotenoids, photosynthetic performance, and ultrastructure. Photochemistry and Photobiology 90: 1050-1060.

Smrkolj, P., Stibilj, V., Kreft, I. and Germ, M. (2006) Selenium species in buckwheat cultivated with foliar addition of Se (VI) and various levels of UV-B radiation. Food Chemistry 96: 675-681.

Strid, A., Chow, W. S. and Anderson, J. M. (1994) UV-B damage and protection at the molecular level in plants. Photosynthesis Research 39: 475-489.

Surjadinata, B., Jacobo-Velazquez, D. and Cisneros-Zevallos, L. (2017) UVA, UVB and UVC light enhances the biosynthesis of phenolic antioxidants in fresh-cut carrot through a synergistic effect with wounding. Molecules 22: 668.

Teramura, A. H. (1983) Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants. Physiologia Plantarum 58: 415-427.

Turcsanyi, E. and Vass, I. (2000) Inhibition of photosynthetic electron transport by UV-A radiation targets the photosystem II complex. Photochemistry and Photobiology 72: 513-520.

Ulm, R. and Nagy, F. (2005) Signalling and gene regulation in response to ultraviolet light. Current Opinion in Plant Biology 8: 477-482.

Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y. and Tan, R. X. (2006) Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunnanensis* cell suspension cultures. Nitric Oxide 15: 351-358.

Wu, L., Liu, B., Zhang, J. and Han, B. (2019) A novel UV-emitting Ce^{3+}-doped chloroborate $Ba_2GaB_4O_9Cl$ phosphor. Optik 184: 241-246.

Xu, X., Yu, L. and Chen, G. (2006) Determination of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by capillary electrophoresis with electrochemical detection. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 41: 493-499.

Yao, Y., Danna, C. H., Zemp, F. J., Titov, V., Ciftci, O. N., Przybylski, R., Ausubel, F. M. and Kovalchuk, I. (2011) UV-C–irradiated Arabidopsis and tobacco emit volatiles that trigger genomic instability in neighboring plants. The Plant Cell 23: 3842-3852.

Zhang, J. and Kirkham, M. (1996). Antioxidant responses to drought in sunflower and sorghum seedlings. New Phytologist 132: 361-373.

Zhang, L. and Li, X. (2012) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates ultraviolet-B radiation stress in soybean seedlings. Information Technology and Agricultural Engineering, Springer 889-894

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]

Effects of UV radiations on growth and some physiological and biochemical parameters of *Portulaca oleracea* L.

Elham Iziy[1], Ahmad Majd[2], Mohammad Reza Vaezi-Kakhki[3]*, Taher Nejadsattari[1], Sakineh Kazemi Noureini[3]

[1] Department of Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Biology, Faculty of Life Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3] Department of Biology, Faculty of Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
(Received: 04/02/2020, Accepted: 05/08/2020)

Abastract

Detsimental effects of UV radiation have resulted in the reduction of ozone layer with increasing atmospheric pollution. The aim of this study was to investigate the effects of UV radiations on growth and some physiological and biochemical parameters of *Portulaca oleracea* L. Experiments were performed under controlled greenhouse conditions using a completely randomized design with three replications. Purslane plants were treated with UV rays (UV-A at three times 20, 40 and 60 minutes, UV-B at three times 20, 40 and 60 minutes, and UV-C at five times 10, 20, 30, 40, 60 minutes). The results indicated that changes in root growth were not significant, but shoot length, wet and dry weight of plant increased compared to the control in the three groups treated with 60 min UV-A, 60 min UV-B and 10 min UV-C. The treatment with 60 min UV-B increased the activity of defense enzymes, phenolic, flavonoid and antioxidant contents significantly more than the other UV treatments. In general, the results indicated that the purslane plant was sensitive to UV radiation. However, applying controlled UV light can provide a new alternative strategy to increase crop productivity, that is the same application of 60 min UV-B as a novel plant growth booster, in comparison with UV-A and UV-C treatment.

Keywords: Antioxidant, UV ray, pigment, purslane.

Corresponding author, Email: Email: m.r.vaezi@gmail.com; vaezi@hsu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.12.1]