بررسی اثر متقابل تأثیر پرتوهای UV-B و UV-C و سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)

مهدی عابدزاده و لطیفه پور اکبر

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۰۵)

چکیده:

اثرات ناشی از کاهش لایه اوزون و افزایش اشعه فرابنفش امروزه توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر پرتوهای UV-B و UV-C بر روی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) و تأثیر سالیسیلیک اسید در کاهش اثرات زیان‌بار این پرتوها بر روی این گیاه بود. گیاهان بادرنجبویه به مدت ۶۰ روز کشت شدند. تیمار فرابنفش بعد از مرحله ۶ برگی اعمال گردید و پرتو UV-B به مدت ۱۵ روز به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه و پرتو UV-C به مدت ۱۵ روز و به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۸ دقیقه اعمال گردید. اسید سالیسیلیک نیز بعد از مرحله ۶ برگی با غلظت ۱ میلی‌مول به مدت یک هفته بر روی گیاهان پاشیده شد. نتایج نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث کاهش وزن تر و خشک، رشد طولی ریشه و اندام هوایی شد. این پرتوها هم‌چنین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید) میزان قندها و پروتیئن‌های محلول را کاهش دادند. میزان مالون-دی‌آلدئید و فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز و ترکیبات جاذب UV نیز تحت تأثیر پرتوهای UV-B و UV-C افزایش نشان داد. بررسی نتایج نشان داد تیمار با سالیسیلیک اسید باعث کاهش آسیب‌های وارده به گیاه شد که در اثر پرتوهای UV-B و UV-C به وجود آمده بودند و توانست فاکتورهایی که تحت تابش‌های فرابنفش تغییر یافته بودند را جبران کنند.

کلمات کلیدی: پرتو فرابنفش، گیاه بادرنجبویه، رنگیزه های فتوسنتزی، فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز، ترکیبات جاذب UV.

مقدمه:

امروزه فعالیت‌های صنعتی بشر باعث افزایش ترکیبات آلوده کننده‌ی اتمسفر به خصوص ترکیبات هالوژن‌دار شده است که این ترکیبات به دلیل پایداری زیادی که دارند به سطح استراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه‌ی اوزون می‌شوند. کاهش لایه‌ی اوزون باعث افزایش میزان پرتوهای فرابنفش در سطح زمین شده و مشکلاتی را برای موجودات زنده به وجود آورده است (Buchholz, *et al.*, 1995).

پرتوهای فرابنفش ۸ تا ۹ درصد طیف خورشید را شامل می‌شود و به سه باند (UV-A ۳۲۰ – ۴۰۰ nm)، (UV-B ۲۸۰ – ۳۲۰ nm) و (UV-C ۲۰۰ – ۲۸۰ nm) تقسیم می‌شود که به دلیل داشتن طول موج پایین نسبت به نور مرئی دارای انرژی زیادی برای نفوذ به بافت‌ها می باشند. در میان موجودات زنده، گیاهان به دلیل احتیاج اجتناب ناپذیرشان به نور برای انجام فتوسنتز، بیشتر تحت تأثیر پرتوهای فرا بنفش قرار می

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: l.pourakbar@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

گیرند و آسیب پذیر تر هستند (Booji- James, *et al*., 2000).

کاهش لایه‌ی اوزون منجر به افزایش تابش اشعه فرابنفش به سطح زمین شده است. پرتوهای UV-B و UV-C اثرات زیان باری را برای موجودات زنده و به خصوص گیاهان دارند (Paul and Gwynn-jones, 2003). در گیاهان پرتوهای فرابنفش باعث اختلال در عمل کمپلکس تجزیه کننده‌ی آب، تخریب فتوسیستم II، پلاستوکوئینون، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و آنزیم ATP سنتاز می‌شود. همچنین با القای بسته شدن روزنه‌ها و تغییر در ضخامت و آناتومی برگ می‌تواند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد. تخریب رنگیزه های فتوسنتزی توسط پرتوهای فرابنفش نیز از دلایل کاهش میزان فتوسنتز می‌باشد (Lutz *et al*., 2005) .

گیاهان در مقابل اشعه‌ی UV مکانیسم‌های دفاعی از خود بروز می‌دهند. ساختارهایی مانند اپیدرم که معمولاً به وسیله‌ی کرک پوشیده شده است و حاوی ترکیبات جاذب UV است نقش حفاظتی در برابر اشعه‌ی UV دارند. همچنین موم موجود در سطح اپیدرم می‌تواند تا ۸۰ درصد اشعه را منعکس سازد (Balouchi *et al*., 2009).

ترکیبات فنیل پروپانوئیدی مانند مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید و فلاوونوئیدها مثل فلاوون‌ها، فلاوونول‌ها و همچنین آنتوسیانین‌ها باعث جذب اشعه‌ی ماورای بنفش می‌شود (Hoque and Remus, 1999). همچنین گزارش شده است که فلاوونوئیدها دارای نقش آنتی‌اکسیدانی بوده و باعث سمیت زدایی گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود (Hollosy, 2002). آنتوسیانین‌ها هم در برگ‌های بالغ و هم در برگ‌های جوان وجود دارند و از نظر ساختمانی وابسته به فلاوونوئیدها و از ترکیبات فنولی گیاهان می باشند. تحقیقات انجام گرفته نشانگر آن است که، آلکیله شدن آنتوسیانین‌ها و اسیدهای آلی آروماتیک باعث افزایش جذب آنها در ناحیه‌ی ۳۲۰ – ۳۱۰ نانومتر می‌شود (Hosseini Sarghein *et al*., 2008).

سالیسیلیک اسید یک تنظیم کننده¬ی رشد درونی از گروه ترکیبات فن ولی طبیعی می¬باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش مهمی دارد (Sakhababudinova *et al*., 2003). هم‌چنین این ترکیب به عنوان یک سیگنال داخل گیاهی باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های شوری، خشکی، سرما و گرما می‌شود (Chakraboyty and Tongden, 2005).

القای گل دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها، تنفس، جذب یون، توسعه گیاه، فتوسنتز و جوانه‌زنی (El-Tayeb *et al*., 2006) از نقش‌های مهم سالیسیلیک اسید به شمار می‌رود. سالیسیلیک اسید همچنین باعث فعال شدن سیستم مقاومت اکتسابی سیستمیک، سنتز متابولیت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می شود (Eraslan *et al*., 2008). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید در تنظیم و ایجاد علامت‌هایی برای بیان ژن‌ها در زمان پیری در گیاه آرابیدوپسیس دخالت دارد (Morris *et al*., 2000). همچنین سالیسیلیک اسید رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد (Srivastava and Dwivedi, 2000). سالیسیلیک اسید در گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی از قبیل شوری، خشکی، فلزات سنگین، گرمازدگی و سرمازدگی هستند، نقش حفاظتی دارد (Chakraboyty and Tongden, 2005). هم‌چنین القای تولید سالیسیلیک اسید از مکانیسم‌های دیگر دفاعی در گیاهان است. گزارش شده است که اسپری کردن سالیسیلیک اسید روی برگ‌ها در طول تابستان اثرات اشعه‌ی UV را در توتون کاهش می‌دهد (Moosavi *et al*., 2009).

بادرنجبویه با نام علمی *Melissa officinalis* L. گیاهی از خانواده‌ی نعناعیان (*Lamiaceae*) بوده و از گیاهان دارویی می‌باشد که از مهم‌ترین خواص دارویی آن می‌توان به آرام بخشی، تقویت اعصاب، ضد نفخ و تقویت کننده‌ی حافظه اشاره کرد (Kennedy *et al*., 2006). با توجه به تهیه عرق از این گیاه و استفاده از آن در تهیه انواع شربت و شیرینی، بادرنجبویه در سطح وسیعی در آذربایجان کشت می‌شود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

نقش سالیسیلیک اسید در رشد گیاهی نسبت به هورمون‌های دیگر کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. لذا هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و نقش سالیسیلیک اسید به عنوان یک ماده شیمیایی در تخفیف آثار زیان‌بار این پرتوها بر روی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) بود.

مواد و روش‌ها:

مواد گیاهی و شرایط رشد: ابتدا خاک و ماسه مورد استفاده جهت کشت در اتوکلاو و در شرایط دمایی ۱۲۱ درجه سانتیگراد و فشار یک اتمسفر به مدت ۵ ساعت استریل شدند. خاک و ماسه به نسبت ۱ به ۴ باهم مخلوط شدند. بذرهای سالم و یکنواخت بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) به مدت ۱۵ دقیقه در محلول ۱۰٪ هیپوکلریت سدیم استریل و سپس با آب مقطر کاملاً شست و شو داده شد و برای جوانه‌زنی در داخل پتری دیش قرار گرفتند. رطوبت از طریق کاغذ صافی‌های خیس شده توسط آب مقطر تأمین شد. بذرهای جوانه زده در ۱۸ عدد گلدان پلاستیکی و در عمق ۲ سانتی‌متری از خاک و قرار داده شدند. در هر گلدان ۴ بذر جوانه‌زده قرار گرفت. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در اتاقک کشت و دمای متوسط ۲±۲۸ درجه سانتیگراد و شدت نوری ۱۵۰ μ mol m^{-2} s^{-1} به مدت ۶۰ روز کشت یافتند. دوره شبانه روزی روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت بود. گلدان‌ها به طور متناوب با محلول هوگلند با رقیق سازی ۱/۲ (Hoagland and Arnon, 1950) و آب مقطر آبیاری شدند. گیاهان بادرنجبویه بعد از مرحله ۶ برگی در معرض تابش فرابنفش B و C قرار گرفتند. اشعه مورد نیاز برای تیمار UV-Bتوسط دو لامپ ۱۵ وات (LF-UV-B = 2(15) (215m. 312nm) با میزان تابشی ۱۸/۳ KJ m^{-2} اعمال شد. تابش فرابنفش C از طریق یک لامپ فرابنفش C (TUV/G30T8- Philips, Holland) با میزان تابشی در حدود ۱۷/۲ KJ m^{-2} تأمین شد. گیاهان به مدت ۱۵ روز به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه در معرض تابش فرابنفش B قرار گرفتند. هم‌چنین تابش فرابنفش C طی ۱۵ روز به صورت یک روز در میان و هر بار به مدت ۸ دقیقه اعمال گردید. اسید سالیسیلیک بعد از مرحله ۶ برگی با غلظت یک میلی مول به مدت یک هفته و به طور متوالی بر روی برگ گیاهان پاشیده شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از: ۱- گیاهان شاهد (بدون اعمال اشعه فرابنفش و سالیسیلیک اسید) ۲- گیاهان شاهد + محلول ۱ mM سالیسیلیک اسید ۳-گیاهان در معرض تابش فرابنفش B ۴- گیاهان در معرض تابش فرابنفش B + محلول ۱ mM سالیسیلیک اسید ۵- گیاهان در معرض تابش فرابنفش C. ۶- گیاهان در معرض تابش فرابنفش C + محلول ۱ mM سالیسیلیک اسید. پس از گذشت ۶۰ روز کشت نمونه‌ها برداشت شده و دو پایه گیاه از هر گلدان بعد از جداسازی اندام هوایی از ریشه‌ها در داخل پاکت‌های مجزا قرار داده شد و برای تعیین وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. و سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها توسط ترازویی با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. دو پایه دیگر از هر گلدان برای آنالیزهای بی و شیمیایی و فیزیولوژیک که نیاز به وزن تر داشتند، بعد از جداسازی اندام هوایی و ریشه‌ها و توزین آنها، به فریزر ۸۰- درجه سانتیگراد منتقل گردیدند.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید: میزان کلروفیل a (Chla)، b (Chlb) و کاروتنوئیدهای کل (C_{x+c}) با روش Lichtenthaler and Wellburn (۱۹۸۳)اندازه‌گیری شد. ۱ گرم از بافت تر برگ توزین و با ۳۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ سائیده شد. بعد از صاف کردن، عصاره به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۲۵۰۰ rpm سانتریفوژ گردید. برای تعیین میزان کلروفیل a و b جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و۶۴۵ نانومتر و برای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

تعیین میزان کاروتنوئیدها در طول موج ۴۷۰ نانومتر، اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقادیر کلروفیل a و b و کاروتنوئید از فرمول Lichtenthaler and Wellburn (۱۹۸۳) به شرح زیر استفاده گردید:

$$Chl_a = (11.75\ A_{663} - 2.350\ A_{645})$$
$$Chl_b = (18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{663})$$
$$C_{x+c} = (1000A_{470} - 2.270\ Chl_a - 81.4\ Chl_b) / 227$$

A میزان جذب خوانده شده هر طول موج، توسط اسپکتروفتومتر می‌باشد.

اندازه‌گیری میزان قندهای محلول: برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول از روش فنل سولفوریک (Kochert, 1978) استفاده شد. ابتدا ۰/۰۱ گرم ماده خشک گیاهی در داخل هاون چینی که محتوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود ساییده شد. عصاره حاصل در لوله‌های سانتریفوژ ریخته شده و به مدت ۱۰ دقیقه با ۶۰۰۰ xg سانتریفوژ گردید. به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی، آب مقطر اضافه شده و حجم آن به ۲ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به هر یک از لوله‌های آزمایش، ۱ میلی‌لیتر فنل ۵٪ اضافه نموده و بعد از ده دقیقه ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ روی هر کدام اضافه شد. بعد از نیم ساعت میزان جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت قندهای محلول با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز تعیین گردید.

اندازه گیری میزان پروتئین کل: برای اندازه‌گیری میزان پروتئین‌ها از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) استفاده. بدین ترتیب که ۰/۰۱ گرم ماده خشک گیاهی در داخل هاون چینی که محتوی ۵ میلی‌لیتر محلول تریس – اسید کلریدریک بود، ساییده شد. سپس عصاره‌های گیاهی ساییده شده هر تیمار، به صورت جداگانه در لوله‌های سانتریفوژ ریخته شده و به مدت ده دقیقه با دور ۴۰۰۰ xg سانترالیسم شدند. ۱ میلی‌لیتر از محلول بالایی هر نمونه در لوله‌های آزمایش جداگانه ریخته شده و بر روی هر کدام ۴ میلی‌لیتر از محلول C اضافه شد. محلول C به ترتیب زیر تهیه شد:

محلول A: ۴ گرم کربنات کلسیم، ۰/۴ گرم هیدروکسید سدیم، ۰/۲ گرم سدیم پتاسیم تارتارها که مجموعاً در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد.

محلول B: حاوی سولفات مس ۰/۵ درصد (W/V). محلول C: ۵۰ میلی‌لیتر محلول A + ۱ میلی‌لیتر محلول B.

بعد از ده دقیقه، ۱.۵ میلی‌لیتر محلول فولن رقیق شده با آب مقطر (۹:۱) به نمونه‌ها اضافه شده و به مدت نیم ساعت در تاریکی قرار گرفتند. در نهایت جذب نوری آنها در طول موج ۶۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biowave S200 خوانده شده و با استفاده از منحنی استاندارد آلبومین، میزان پروتئین نمونه‌ها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک محاسبه گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز : برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز از روش Beaudion –Eagan and Thorpe (۱۹۸۹) استفاده شد. مخلوط واکنش شامل بافر تریس ۰/۵ میلی‌مولار با pH = ۸ و فنیل‌آلانین ۶ میکرومولار بود. ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به هر مخلوط واکنش افزوده شد و به مدت ۶۰ دقیقه در درجه حرارت ۳۷ درجه سانتیگراد قرار گرفت و بعد از ۶۰ دقیقه واکنش با افزودن ۵۰ میکرو لیتر HCl نرمال متوقف شد و سپس جذب نمونه‌ها در ۲۹۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biowave S200 اندازه-گیری شد. برای رسم منحنی استاندارد از اسید سینامیک به عنوان استاندارد استفاده شد و در نهایت فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز بر حسب میکروگرم سینامات تولیدی به ازای هر میکرو گرم پروتئین برای هر یک از نمونه‌ها محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان فلاوونوئیدها: برای اندازه‌گیری فلاوونوئیدها، از روش Jia و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. ۰/۱ گرم از وزن تر برگ، در هاون چینی که حاوی ۱۰ میلی‌لیتر متانول بود، سائیده شد. سپس به ۱ میلی‌لیتر از عصاره استخراج شده، ۱ میلی‌لیتر محلول ۲ درصد آلومینیوم تری‌کلراید ($AlCl_3$) اضافه شده و حجم آن با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

اتانول به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۳۰۰۰ ×g سانتریفوژ شده و بعد از ۴۰ دقیقه جذب نمونه‌ها (فاز بالایی نمونه‌های سانتریفوژ شده) در طول موج ۳۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/Visible مدل Biowave S200 اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت فلاوونوئیدهای کل از ضریب خاموشی ۳۳۰۰۰ $mMcm^{-1}$ استفاده شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین، از روش Wagner (۱۹۷۹) استفاده شد. ۰/۱ گرم نمونه‌تر برگ در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (۹۹ درصد متانول و ۱ درصد اسید کلریدریک) سائیده شد. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰ g سانتریفوژ شده و فاز بالایی آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه و در تاریکی قرار گرفت. جذب هر یک از نمونه‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیانین از ضریب خاموشی ۱۵۰ $mM\ cm^{-1}$ استفاده شد.

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید: اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از روش Heath and Packer (۱۹۶۸) اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم از بافت تر گیاه در ۲ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید ۱۰ درصد توسط هاون ساییده شد و در ۱۵۰۰۰ ×g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. بعد از عمل سانتریفوژ، حجم مساوی از عصاره و تیوباربیوتیک اسید ۰/۵٪ در تری کلرواستیک اسید ۲۰٪ به داخل لوله آزمایش منتقل شده و به مدت ۳۰ دقیقه در داخل بن ماری ۹۶ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد. در نهایت لوله‌ها را به مدت ۵ دقیقه وارد آب یخ نموده و بعد به مدت ۵ دقیقه با نیروی ۱۰۰۰۰ g سانتریفوژ شد. جذب محلول حاصل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر اندازه گیری گردید ($mM^{-1}\ cm^{-1}$ ۱۵۵ = ضریب خاموشی).

آنالیز آماری: برای آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها از برنامه‌های رایانه‌ای SPSS و Excel استفاده گردید. در کلیه نمودارها نتایج به صورت مقادیر میانگین سه تکرار بیان شد و بارهای عمودی نشان دهنده SE ± برای سه تکرار می‌باشد. اختلاف بین تیمارها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آنالیز واریانس ANOVA دو طرفه و آزمون دانکن در سطح آماری $P \leq 0/05$ انجام شد.

نتایج:

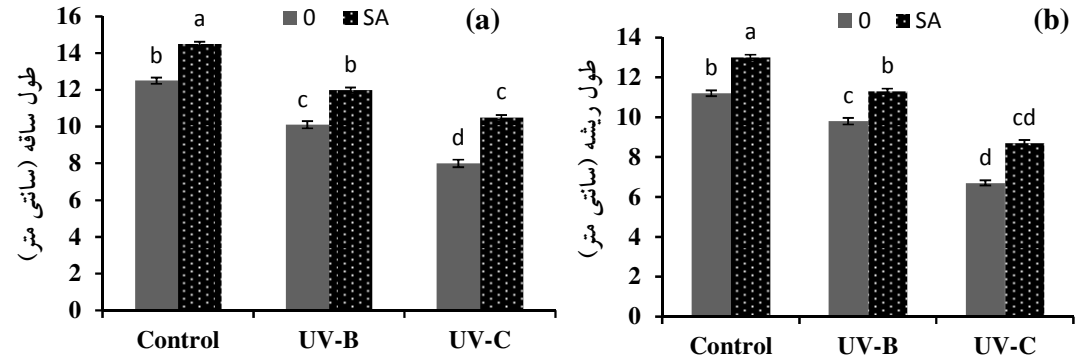
شاخص‌های رشدی: بر اساس نتایج بدست آمده طول ریشه و ساقه تحت تأثیر پرتوهای UV- C و UV- B کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد پیدا کرد. اما در نمونه هایی که پرتوهای فرابنفش به همراه سالیسیلیک اسید تیمار شده بودند این کاهش طول نسبت به تیمار پرتوهای فرابنفش بدون سالیسیلیک اسید به طور معنی‌دار کمتر بود (شکل ۱).

اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک گیاهان پرتو دیده و مقایسه‌ی آن با گیاهان شاهد نشان داد که اعمال پرتوهای UV- C و UV- B باعث کاهش معنی دار وزن تر و خشک در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل ۲). در نمونه‌های تیمار یافته با پرتوهای UV به همراه سالیسیلیک اسید مقدار این کاهش نسبت به گیاهان پرتو دیده بدون سالیسیلیک اسید به طور معنی‌دار کمتر بود .

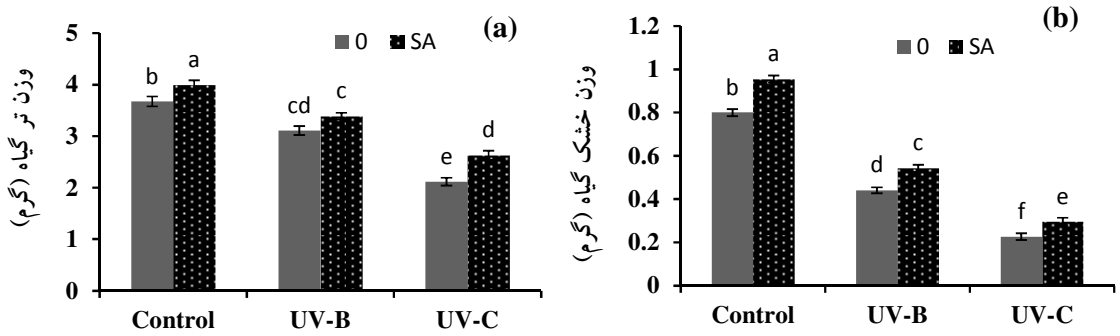
رنگیزه‌های فتوسنتزی: بر اساس نتایج بدست آمده میزان کلروفیل a (شکل ۳ a)و b (شکل ۳ b) تحت تأثیر پرتوهای UV- C , UV- B کاهش معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد یافت. اما در نمونه‌هایی که با سالیسیلیک اسید تیمار شده بودند میزان هر دو کلروفیل نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی داری نشان داد. در تیمار توأم پرتوهای UV-B و UV-C با سالیسیلیک اسید میزان کلروفیل a و کلروفیل b نسبت به اعمال به تنهایی هر دو پرتو فرابنفش افزایش معنی‌داری نشان داد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]



شکل ۱- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر روی طول ساقه (a) و ریشه (b) در گیاه بادرنجبویه. ۰ = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.



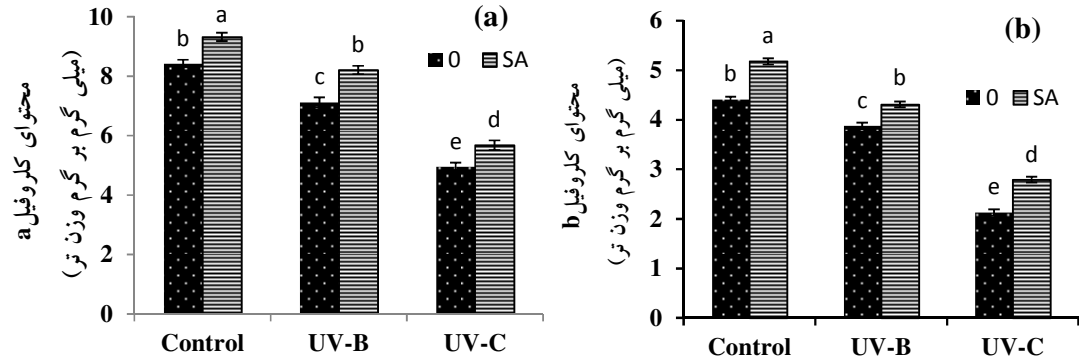
شکل ۲- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر روی وزن تر (a) و وزن خشک (b) در گیاه بادرنجبویه. ۰ = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.

بر اساس نتایج حاصله، محتوای کاروتنوئیدها کل در گیاهان تحت تیمار با UV-B و UV-C نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌دار یافت (شکل ۴). سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار سطح کاروتنوئید کل در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به گیاهان شاهد شد. اعمال توأم پرتوهای فرابنفش به همراه سالیسیلیک اسید موجب افزایش معنی‌دار محتوای کاروتنوئید کل نسبت به گیاهان پرتو دیده بدون سالیسیلیک اسید شد.

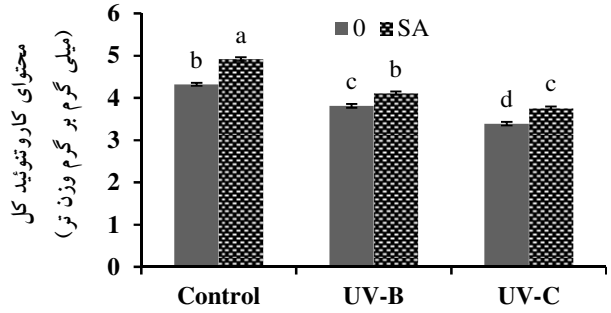
قندهای و پروتئین کل محلول: بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان قندها و پروتئین‌های کل محلول نشان داد که پرتوهای UV-B , UV-C باعث کاهش معنی دار میزان قندهای محلول (شکل ۵ a) و پروتئین‌های کل محلول (شکل ۵ b) در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به گیاهان شاهد شد. تیمار با سالیسیلیک اسید به همراه پرتوهای فرابنفش این کاهش را نسبت به گیاهان تیمار دیده با پرتوهای فرابنفش بدون سالیسیلیک اسید جبران کرد.

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]



شکل ۳- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل a (a) و کلروفیل b (b) در گیاه بادرنجبویه. 0 = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.

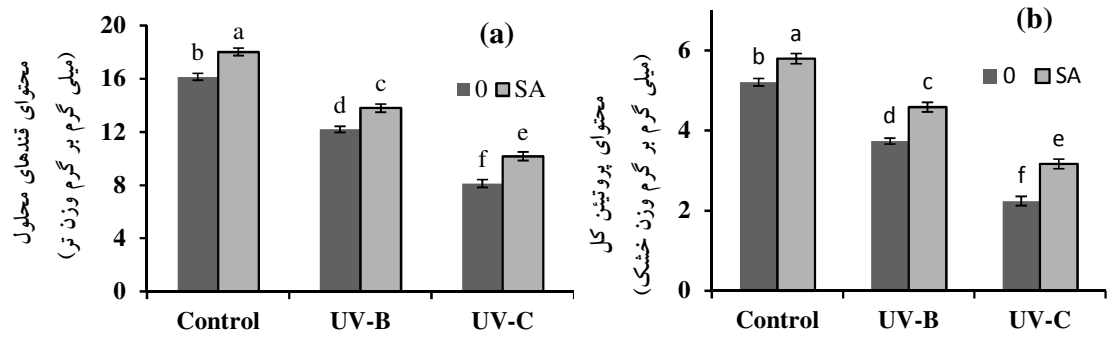


شکل ۴- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر محتوای کاروتنوئید کل در گیاه بادرنجبویه. 0 = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.

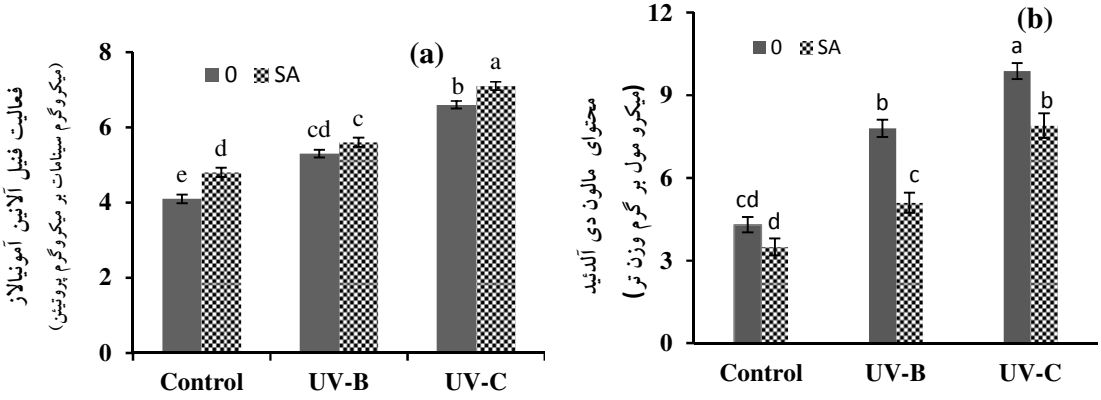
آلانین‌آمونیالیاز تحت تابش پرتوهای UV-B , UV-C نشان داد که پرتوهای فرابنفش باعث افزایش معنی دار فعالیت این آنزیم می‌شوند (شکل ۶ a). تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش بیشتر فعالیت این آنزیم نسبت به گیاهان شاهد شد. اعمال توأم سالیسیلیک اسید با پرتوهای فرابنفش موجب افزایش معنی‌دار میزان فنیل‌آلانین‌آمونیالاز نسبت به اعمال پرتوهای فرابنفش بدون سالیسیلیک اسید گردید.

نتایج حاصل از بررسی میزان مالون‌دی‌آلدئید نشانگر افزایش معنی‌دار سطح مالون‌دی‌آلدئید در گیاهان تحت تیمار با UV-B , UV-C نسبت به گیاهان شاهد بود (شکل ۶ b) . تیمار با سالیسیلیک اسید کاهش معنی‌داری را در سطح مالون‌دی‌آلدئید در گیاهان تحت تیمار هر دو پرتو UV و سالیسیلیک اسید نسبت به گیاهان تحت تیمار پرتوهای UV بدون سالیسیلیک اسید نشان داد. نتایج بدست آمده نشان داد که پرتوهای UV-B , UV-C باعث افزایش معنی دار سطح ترکیبات جاذب پرتوهای فرابنفش شد. طبق نتایج حاصله، میزان فلاونوئیدها (شکل ۷ a) و آنتوسیانین‌ها (شکل ۷ b) در گیاهان پرتو دیده نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری یافت. تیمار با سالیسیلیک اسید در گیاهان پرتو دیده نیز باعث افزایش معنی دار محتوای فلاونوئیدها و آنتوسیانین نسبت به گیاهان پرتو

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]



شکل ۵- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر محتوای قندهای محلول (a) و پروتئین‌های کل محلول (b) در گیاه بادرنجبویه. ۰ = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.



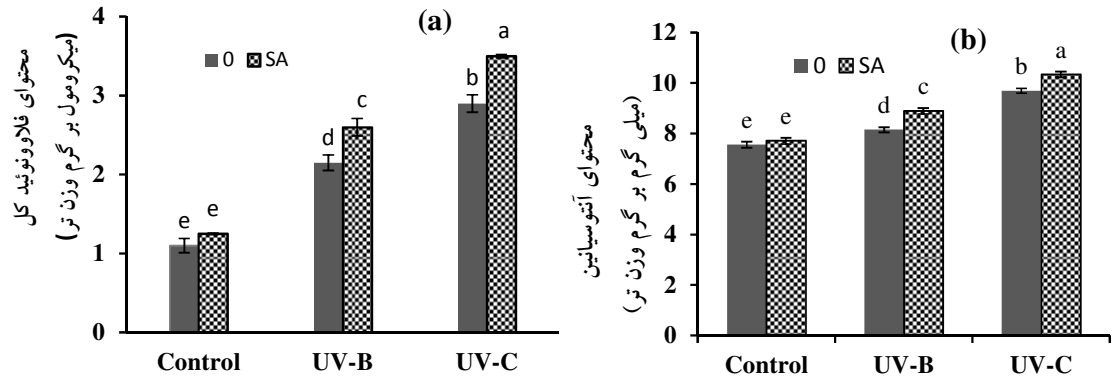
شکل ۶- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر محتوای فعالیت فنیل‌آلانین‌آمونیالاز (a) و محتوای مالوندی‌آلدئید (b) در گیاه بادرنجبویه. ۰ = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.

دیده بدون سالیسیلیک اسید شد.

بحث:

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری طول ریشه و ساقه نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه و ساقه می‌شوند. علت این امر کاهش تقسیم سلولی در نتیجه‌ی اثر پرتوهای فرابنفش بر همانند سازی DNA است. پرتوهای فرابنفش عمدتاً منجر به تشکیل دیمرهای پریمیدین سیکلوبوتانت و پریمیدین (۶-۴) پریمیدون می‌گردد (Yeo *et al.*, 2011). DNA و RNA پلیمراز قادر به خواندن این تولیدات نوری نیست پس حذف آنها برای همانند سازی و رونویسی و در نتیجه برای بقا ضروری است (Frohnmeyer *et al.*, 2003). تحقیقات نشان داده است که، رشد طولی در گیاه لوبیا نیز تحت تابش UV-B کاهش می‌یابد (Hassan *et al.*, 2012). فاکتورهای محیطی نامطلوب مثل خشکی، سرما و اشعه فرابنفش منجر به تغییرات سریع در تعادل هورمون‌های گیاهی، نه تنها از طریق تجمع آبسزیک اسید بلکه با کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]



شکل ۷- تأثیر پرتوهای UV-B، UV-C و سالیسیلیک اسید بر محتوای فلانووئیدها (a) و آنتوسیانین (b) در گیاه بادرنجبویه. ۰ = بدون سالیسیلیک اسید و SA = به همراه سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مول. ستون‌ها نماینده میانگین سه تکرار و بارهای عمودی نشانگر انحراف استاندارد بوده و در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با استفاده از آزمون دانکن هستند.

سطوح هورمون‌های فعال کننده رشد مثل اکسین و سیتوکنین می‌شوند (Zhang and Li, 2012).

افزایش رشد طولی ریشه و ساقه تحت تأثیر تیمار با سالیسیلیک اسید مشاهده شد. اثر سالیسیلیک اسید بر رشد گیاهان بستگی به گونه گیاهی، مرحله توسعه‌ای و غلظت سالیسیلیک اسید دارد (Rivas-SanVicente and Plasencia, 2011). سازوکاری که اسید سالیسیلیک رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد به خوبی شناخته نشده است اما احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). پیشنهاد شده است که اثرات تحریکی رشد سالیسیلیک اسید می‌تواند در ارتباط با تغییرات هورمونی (Abreu and Munne-Bosch, 2009) و یا بهبود فتوسنتز، تنفس و هدایت روزنه‌ای باشد (Stevens *et al*., 2006). شواهد نشان می‌دهد که هم‌بستگی قوی بین مسیرهای علامت دهی سالیسیلیک اسید و اکسین وجود دارد. مطالعه بر روی گیاه گندم تحت تنش شوری نشان داده است که اعمال سالیسیلیک اسید از کاهش اکسین و سیتوکنین جلوگیری کرده و از این طریق، مهار رشد ناشی از تنش شوری را کاهش می‌دهد (Sakhabutdinova *er al*., 2003).

افزایش سرعت تقسیم سلولی مشاهده شده در دانه رست های گندم تیمار شده با ۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید با افزایش سطح درون زا اکسین هم‌بستگی نشان می‌دهد (Shakirova *et al*., 2003). این نشان دهنده آن است که احتمالاً سالیسیلیک اسید با وساطت پاسخ‌های اکسین وارد عمل می‌شود (Rivas-SanVicente and Plasencia, 2011).

اندازه‌گیری وزن تر و خشک گیاهان پرتو دیده و مقایسه‌ی آن با گیاهان شاهد نشان داد که اشعه‌ی UV باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی شد. مطالعات نشان داده است که، در گیاهان *Hordeum vulgare* و *Phaseolus vulgaris* وزن تر ریشه و اندام هوایی تحت تابش UV-B کاهش می‌یابد (Moussa and Khodry, 2008). کاهش وزن ریشه و اندام هوایی تحت تأثیر اشعه‌ی UV به خصوص UV-B و UV-C بیانگر کاهش تولید بیوماس در این تیمارها است و این یک پاسخ عمومی در بسیاری از گونه‌های گیاهی است. یکی از دلایل کاهش وزن ریشه و اندام هوایی در تیمارهای UV، ;کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و کاهش فتوسنتز است (Hassan *et al*., 2012). کاهش سطح برگ در اثر تابش UV نیز از دلایل دیگر این کاهش می‌باشد (Balouchi *et al*., 2009).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری وزن تر و خشک را در گیاهان بادرنجبویه افزایش می‌دهد. اصلی‌ترین دلیل برای این افزایش می‌تواند مربوط به توانایی آن در افزایش ظرفیت فتوسنتزی باشد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد برگ‌ها، افزایش سطح برگ، افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود و بدین ترتیب باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تولید بیوماس و افزایش رشد و وزن گیاهی می‌شود. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه گندم می‌شود (Kaydan *et al.*, 2007). همچنین افزایش وزن خشک در گیاهان ذرت و سویا تحت تأثیر سالیسیلیک اسید گزارش شده است (Khan *et al*., 2003).

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث کاهش محتوای آنها می‌شود. کاهش معنی‌دار سطح رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ‌های فلفل قلمی تحت تابش UV-B و UV-C در مقایسه با گیاهان شاهد گزارش شده است (Hosseini sarghein *et al*., 2008). کاهش میزان کلروفیل به دلیل ممانعت از سنتز آن و یا افزایش فعالیت کلروفیلاز (Piril *et al*., 2011) و همچنین فتو اکسیداسیون غیر آنزیمی کلروفیل (Mahdavian *et al*., 2008) در اثر تابش پرتوهای فرابنفش اتفاق می‌افتد.

نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود. در گیاهانی که به صورت توأم تحت تیمار سالیسیلیک اسید و UV قرار داشتند میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئید اگر چه از گیاهان شاهد کمتر بود ولی نسبت به گیاهانی که فقط در معرض پرتوهای UV قرار داشتند بیشتر بود. این نتایج با یافته‌های Moosavi و همکاران (۲۰۰۹) هم سویی نشان می‌دهد. گزارش شده است که در گیاه لوبیا، اسپری برگی سالیسیلیک اسید بر مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها افزوده است (Turkyilmaz *et al*., 2005). علت اصلی افزایش میزان رنگیزه-های فتوسنتزی در این گیاه توسط سالیسیلیک اسید، تحریک سنتز کلروفیل بیان گردیده است.

نتایج حاصل از بررسی میزان قندهای محلول تحت تابش پرتوهای فرابنفش نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث کاهش معنی‌دار سطح قندهای محلول در اندام هوایی می‌شوند. کاهش محتوای قندهای محلول تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش در گیاه فلفل قلمی توسط Hosseini sarghein و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. کاهش میزان قند در تیمارهای UV نشان دهنده‌ی کاهش فتوسنتز است و این کاهش فتوسنتز به دلایلی از جمله پراکسیداسیون غشای تیلاکوئیدی (Mazza *et al*., 2000)، جذب UV توسط فتوسیستم II و تخریب پروتئین‌های D_1 و D_2 تخریب آنزیم روبیسکو رخ می‌دهد (Moussa and Khodary, 2008).

نتایج نشان داد، سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای قندهای محلول می‌شود. Popova و همکاران (۱۹۹۷) بیان کرده‌اند که سالیسیلیک اسید باعث تأخیر در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود. بنابراین به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالاً حفظ ساختار و فعالیت روبیسکو باعث افزایش مقدار قندها می‌شود (Khodary, 2000).

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان پروتئین نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث کاهش معنی‌دار محتوای پروتئین‌های محلول می‌شود. آمین و اسیدهای حلقوی مانند فنیل‌آلانین، تیروزین و تریپتوفان جذب بالایی در ناحیه‌ی فرابنفش دارند و به شدت تحت تأثیر پرتوهای UVتخریب می‌شوند. سنتز پروتئین نیز از طریق آسیب رسیدن به مولکول‌های RNA دچار اختلال می‌شود (Moosavi *et al*,. 2009). پروتئین‌های روبیسکو، ATP آز، ویولاگزانتین‌داپوکسیداز و زیر واحدهای پروتئینی فتوسیستم‌های I وII از مهم‌ترین پروتئین‌هایی هستند که تحت تأثیر پرتوهای UV دچار تخریب می‌شوند. کاهش محتوای پروتئین در گیاه فلفل تحت تیمار پرتوهای UV در توسط Mahdavian و همکاران (۲۰۰۸)گزارش شده است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

در این آزمایش سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای پروتئین در گیاهان بادرنجبویه شد و کاهشی را که در گیاهان با تیمار UV ایجاد شده بود را به خوبی جبران کرد. سالیسیلیک اسید بر تشکیل پروتئین‌های دفاعی، پروتئین کینازها و روبیسکو اثر گذاشته و همچنین سنتز پروتئین‌های مهار کننده‌ی پروتئازها را القا می‌کند (Horvath *et al*., 2007). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به القای بیان ژن‌های پروتئین‌های عامل مقاومت می‌شود (Senaratna *et al*., 2000). همچنین گزارش شده است که سالیسیلیک اسید با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و توان آنتی-اکسیدانی از اکسیداسیون پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند (Eraslan *et al*., 2008).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که محتوای مالون‌دی‌آلدئید تحت تأثیر تابش پرتوهای UV-B و UV-C به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. پرتوهای فرابنفش باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شوند که یکی از موارد آسیب آنها پراکسیداسیون لیپیدهای غشای پلاسمایی و سایر غشاهای درونی اندامک‌هایی مانند کلروپلاست و میتوکندری می‌باشد. حاصل این پراکسیداسیون لیپیدی ترکیباتی مانند مالون‌دی‌آلدئید، هپتانال، بوتانال و هگزانال می‌باشد. مالون‌دی‌آلدئید حاصل تجزیه‌ی اسیدهای چرب غیر اشباع است که به عنوان شاخص زیستی پراکسیداسیون لیپیدها زمانی که در معرض ROS قرار گرفته‌اند، شناخته می‌شود (Bartosz, 1997).

کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید در گیاهان تحت تیمار سالیسیلیک اسید در این آزمایش مشاهده شد که‌امی توان دلیل آن را توانایی سالیسیلیک اسید در ممانعت از تولید رادیکال‌های آزاد دانست. نقش سالیسیلیک اسید به عنوان ربانده رادیکال‌های هیدروکسید در گیاهان پیشنهاد شده است (El-Tayeb *et al*., 2006). کاهش محتوای مالون‌دی-آلدئید در دو گونه چغندر که تحت تیمار شوری و سالیسیلیک اسید قرار گرفته بودند نیز، گزارش شده است (Jana and Choudhuri, 1981).

نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز تحت تأثیر پرتوهای UV –B و UV – C افزایش یافت. تیمار سالیسیلیک اسید نیز باعث افزایش فعالیت این آنزیم گردید. فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئیدها است که تبدیل L – فنیل-آلانین به ترانس سینامیک اسید، اولین مرحله در متابولیسم ترکیبات فنولی را انجام می‌دهد. این مرحله یک واکنش بیوشیمیایی کلیدی در نمو و دفاع گیاهان به شمار می‌رود (Chang *et al*., 2008). بنابراین افزایش میزان ترکیبات فنولی، فلاوونوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌تواند مربوط به افزایش فعالیت آنزیم PAL باشد. افزایش میزان و فعالیت آنزیم PAL تحت تنش UV می‌تواند ناشی از افزایش بیان ژن مسئول سنتز این آنزیم باشد. تیمار سالیسیلیک اسید نیز باعث القای شدید ژن سازنده‌ی آنزیم PAL می‌شود که منجر به سنتز ترکیباتی مانند فلاوونوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌گردد، که باعث محافظت از بافت‌های گیاهی می‌شود (Chang *et al*., 2008).

بررسی نتایج حاصل نشان داد که محتوای فلاوونوئید و آنتوسیانین به طور معنی‌داری تحت تابش‌های UV-B و UV- C افزایش یافت. افزایش محتوای فلاوونوئید و آنتوسیانین در گیاه فلفل قلمی تحت تیمار UV-A و UV-C نیز گزارش شده است (Hosseini sarghein *et al*., 2008). ترکیبات جذب کننده‌ی UV که اغلب فلاوونوئیدها یا مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید مثل آنتوسیانین هستند می‌توانند در اپیدرم و در واکوئل سلول‌ها تجمع یابند و یا به صورت باند به دیواره یا کوتیکول قرار بگیرند که تجمع آنها نوعی مکانیسم حفاظتی برای جلوگیری از نفوذ پرتوهای فرابنفش است (Balouchi *et al*., 2009). نقش حفاظتی این ترکیبات در تحقیقاتی که Li و همکاران (۱۹۹۳) انجام داده‌اند مشخص شده است. به طوری که موتان‌های آرابیدوپسیس که قدرت ساختن فلاوونوئیدها را ندارند نسبت به تیپ وحشی حساسیت زیادی در برابر تابش‌های UV-B دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

مطالعات نشان می‌دهد که پرتوهای فرابنفش باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌شوند و در نتیجه باعث تولید سینامیک اسید و فعال شدن مسیر بیوسنتز فلاوونوئیدها می‌شود. افزایش در غلظت فلاوونوئیدها ناشی از فعالیت زیاد آنزیم PAL و یا سرعت بالای سنتز این آنزیم گزارش شده است (Wang *et al*., 2006). گزارش‌ها نشان می‌دهند که مقدار و فعالیت آنزیم کالکون سنتاز که نقش اساسی در بیوسنتز فلاوونوئیدها را دارد تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش افزایش می‌یابد (Sakihama *et al*., 2002). آنتوسیانین‌ها از ترکیبات فنولی مشتق شده از مسیر بیوسنتز فلاوونوئیدها هستند که خاصیت فیلتر کردن پرتوهای UV را دارند (Balouchi *et al*., 2009). افزایش میزان آنتوسیانین‌ها تحت تنش UV ناشی از تحریک بیان ژن‌های کد کننده‌ی آنزیم‌های درگیر در مسیر بیوسنتز این ترکیبات است. اثر شدت‌ها و زمان‌های مختلف پرتو UV-C بر افزایش میزان آنتوسیانین‌ها در توت فرنگی گزارش شده است (Erkan *et al.*, 2008).

بر طبق نتایج بدست آمده تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای فلاوونوئیدها و آنتوسیانین در گیاهان تحت تیمار شد. آنزیم PAL به عنوان اولین آنزیم در مسیر فنیل پروپانوئید موجب تبدیل فنیل‌آلانین به ترانس سینامیک اسید می‌شود که این ترکیب پیش‌ساز فعال ترکیبات فلاوونوئیدی است (Chang *et al*., 2008). سالیسیلیک اسید بیان و فعالیت این آنزیم را تحریک می کند. تیمار سالیسیلیک اسید باعث القای شدید ژن آنزیم های کالکون–سنتاز، کالکون‌ایزومراز و فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز می‌شود که در نهایت منجر به افزایش بیوسنتز ترکیبات جاذب می‌گردد و این ترکیبات به عنوان جاذب پرتوهای فرابنفش در اپیدرم عمل کرده و بافت‌های گیاهی را از صدمات پرتوهای فرابنفش محافظت می‌کنند (Rivas-San Vicente and Plasencia, 2011).

نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که پرتوهای UV-B و UV-C باعث وارد آمدن آسیب‌هایی به گیاه بادرنجبویه شد و گیاه از لحاظ مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دچار تغییراتی گردید. آسیب‌های وارده به گیاه تحت تأثیر پرتوهای UV-C بیشتر از پرتوهای UV-B بود. کاهش وزن، کاهش رشد طولی، کاهش میزان رنگیزه‌ها، قندها و پروتئین‌ها در اثر پرتوهای فرابنفش در گیاه ایجاد شد. افزایش میزان ترکیبات جاذب UV مانند فلاوونوئید و آنتوسیانین و نیز افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز یک مکانیسم دفاعی در برابر پرتوهای فرابنفش است، مشاهده گردید. تیمار با سالیسیلیک اسید به عنوان یک روش شیمیایی باعث جبران آسیب‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و افزایش مکانیسم‌های دفاعی مثل افزایش ترکیبات جاذب پرتوهای فرابنفش در گیاه بادرنجبویه شد و از این طریق آسیب‌های ناشی از تابش هر دو نوع پرتو فرابنفش را کاهش داد. این نتایج نشانگر نقش مفید استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی بر روی اندام هوایی در کاهش اثرات زیان‌بار پرتوهای فرابنفش در گیاه بادرنجبویه بود.

منابع:

Abreu, M. E. and Munne -Bosch, S. (2009) Salicylic acid deficiency in *Nah G* transgenic lines and *sid2* mutants increases seed yield in the annual plant *Arabidopsis thaliana*. Journal of Experimental Botany 60: 1261–1271.

Balouchi1, H. R., Sanavy, S. A. M., Emam, Y. and Dolatabadian, A. (2009) UV radiation, elevated CO_2 and water stress effect on growth and photosynthetic characteristics in durum wheat. Plant Soil and Environment 55: 443-453.

Beaudion -Eagan, L. D. and Thorpe, T. A. (1989) Tyrosine and phenylalanine ammonialyase activities during shoot initiation in *Tobacco callus* cultures. Plant Physiology 78:438-441.

Booji- James, I. S., Dube, S. K., Jansen, M. A. K., Edelman, M. and Mattoo, A. K. (2000) Ultraviolet-B radiation impacts light-mediated turnover of the photosystem II reaction center heterodimer

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

signaling. Plant Growth Regualation 26: 290-300.

Hosseini sarghein, S., Carapetia, J. and Khara, J. (2008) Effects of UV radiation on photosynthetic pigments and UV-absorbing compounds in *Capsicum longum* L. International Journal of Botany 4:486-490.

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

Jana, S. and Choudhuri, M. A. (1981) Glycolate metabolism of three submerged aquatic anagiosperms during aging. Aquatic Botany 12: 345-354.

Jia, Z., Tang, M. and Wu, J. (1999) The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry 64: 555-559.

Kaydan, D., Yagmur, M. and Okut, N. (2007) Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi 13: 114-119.

Kennedy, D. O., Little, W., Haskell, C. and Scholey, A.B. (2006) Anxiolytic effects of a combination of *Melissa officinalis* and *Valeriana officinalis* during laboratory induced Stress. Phytotherapy Research 20: 96–102.

Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D. L. (2003) Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiology 160:485-492.

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed *Maize* plant. International Journal of Biology 6: 5-8.

Kochert, G. (1978) Carbohydrate determination by phenol-sulfuric acid method. In: Handbook of physiological and biochemical methods (eds. Hellebust, J. A. and Craige, J. S.) pp. 95–97. Cambridge University Press, London.

Li, J., Ou-Lee, T. M., Raba, A., Amundson, R. G. and Last, R. L. (1993) *Arabidopsis* flavonoid mutants are hypersensitive to UV-B irradiation. Plant Cell 5: 171-179.

Lichtenthaler H.K. and Wellburn A. (1983) Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 603: 591–592

Lowry, O. H., rosebrough, N. J., Farr, A. L., and Randal, R. J. (1951) Folin cioalleu. Biochemistry 193**:** 265-7.

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

Mahdavian, K., Ghorbanli, M. and Kalantari, M. K. (2008) The effects of ultraviolet radiation on contents of chlorophyll, flavonoid anthocyanin in Arabidopsis mutant altered in phenolic metabolism. Plant Physiology 124: 1275-1283.

Buchholz, G., Ehmann, B, and Wellman, E. (1995) Ultraviolet light inhibition of phytochorome-induced flavonoid biosynthesis and DNA photolyase formation in mustard cotyledones (*Synapis alba* L.). Plant Physiology 108: 227-234.

Chakraboyty, U. and Tongden, C. (2005) Evaluation of heat acclimation and salicylic acid treatments as potent inducers of thermotolerance in *Cicer arietinum* L. Current Science 89: 384-389

Chang, A., Lim, M. H., Lee, S. W., Robb, E. J. and Nazar, R. N. (2008) Tomato PAL gene family: highly redundant but strongly underutilized. Journal of Biology and Chemistry 283: 33591-33601.

El-Tayeb, M. A., EL-Enany, A. E. and Ahmed, N. L. (2006) Salicylic acid -induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Growth Regulation 50 :191-199.

Eraslan, F., Inal, A., David, J. and Gunes, A. (2008) Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L.cv .Matado) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulation 55 :207-219.

Erkan, M., Wang, S. Y. and Wang, C. Y. (2008) Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 48: 163-171.

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

Hassan, I. A., Basahi, J. M. and Kadi, M. W. (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: 552-563.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189–198.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950) The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station 347: 23-32.

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

Hoque, E. and Remus, G. (1999) Natural UV-screening mechanisms of Norway spruce (*Picea abies* L. karts) needles. Photochemistry and Photobiology 69: 177-192.

Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. (2007) Induction of abiotic stresses tolerance by salicylic acid

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

damage mediated by metals in plants. Toxicology 177: 67-80.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn E. and Dixon K. (2000) Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulation 30:157–161.

Shakirova, F. M. and Sahabutdinova D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. (2000) Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science 158: 87–96.

Stevens, J., Senaratna, T. and Sivasithamparam, K. (2006) Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv.Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation 49: 77–83.

Turkyilmaz, B., Aktas, L. Y. and Guven, A. (2005) Salicylic acid induced some biochemical and physiological changes in *phaselous vulgris* L. Science and Engineering Journal of Firat University 17:319-326.

Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, ferr aminoacids and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology 64: 87-93.

Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y. and Tan, R. Y. (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-Biology and Chemistry 15: 351-358.

Yeo, y., Danna, C. H., Zemp, F. J., Titov, V., Nazem Ciftci, O. and Przybyiski, R. (2011) UV-C–irradiated Arabidopsis and Tobacco emit volatiles that trigger genomic instability in neighboring Plants. The Plant Cell 23: 3842–3852.

Zhang, L. and Li, X. (2012) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates ultraviolet-B radiation stress in soyabean seedling. Information Technology and Agricultural Engineering 134: 889-894.

and proline in *Capsicum annum* L. Turk Journal of Botany 32: 25-33.

Mazza, C. A., Boccalandro, H. E., Girodano, C. V., Battista, D., Scopel, A. L. and Ballare, C. L. (2000) Functional significance and induction by solar radiation of ultraviolet- absorbing sunscreens in field-grown soy bean crops. Plant physiology 122: 117-125.

Moosavi, S. M., Khara, J. and Heidari, R. (2009) Effects of salicylic acid on photosynthetic pigment content in *Ocimum basillicum* L. under UV radiation stress. Ferdowsi University International Journal of Biological Sciences 1: 57-60.

Morris, K., Mackerness, S. A., Page, T., John, C. F., Murphy, A. M., Carr, J. P. and Buchanan-Wollaston, V. (2000) Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. The Plant Journal 23: 677–685.

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

Paul, N. D., and Gwynn-jones, D. (2003) Ecological roles of solar ultraviolet radiation: towards an integrated approach. Trends in Ecology and Evolution 18: 48-55.

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

Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. Plant Physiology 23: 85-93.

Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. (2003) Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Spicial Issue 314-319.

Rivas-San Vicente, M and Plasencia, J. (2011) Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany 62: 3321–3338.

Sakihama, Y., Cohen, M. F., Grace, S. C. and Yamasaki, H. (2002) Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolic-induced oxidative

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]

The interactions of UV-B and UV-C radiation and salicylic acid on some physiological and biochemical parameters in *Melissa officinalis* L.

Mehdi Abedzadeh and Latifeh Pourakbar*

Department of Biology, Faculty of Sciences, Urmia University, Iran.

(Received: 3 March 2013; Accepted: 27 July 2013)

Abstract:

Nowdays, effects of decreased ozone and increased UV radiation have been studied by many researchers. The aim of this study was to investigate the effects of UV-B and UV-C radiations on *Melissa officinalis* L and to study the impact of salicylic acid in reducing the harmful effects of radiation on plants. The *Melissa officinalis* L. plants were treated with 28±2 ºC temperature for about 60 days. The light intensity was 150 µ mol m^{-2} S^{-1} and the photoperiod condition was 8-16 hours. UV treatment was applied after the six-leaf stage and UV-B radiation was applied for a period of 15 days application for 20 minutes. But UV-C radiation was applied every other days for 15 days in and time of each application was 8 minutes. Salicylic acid was sprayed on the plants after the six-leaf stage with a concentration of 1 mM. The results indicated that the UV-B and UV-C radiations led to reduction in dry and fresh weight, root elongation and shoots. The radiations also reduced the photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid) sugar content and total soluble proteins amount. The malondialdehyde and phenylalanine ammonialyase compounds content and UV- absorbing compounds were increased under the effect of UV-B and UV-C radiations. The results showed that treatment with salicylic acid reduced. The damage to the plant which had been created due to UV-B and UV-C radiations and was able to compensate for modified factors that had been changed because of ultra violet radiations.

Key words: UV radiation, *Mmelissa officinalis* l, Photosynthetic pigments, UV- absorbing compounds, Phenylalanine ammonialyase.

* Corresponding author: l.pourakbar@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1392.2.5.1.3]