پیامدهای پرتودهی با نور فرابنفش A بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، سینارین و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک سه رقم آرتیشو (*Cynara scolymus* L.)

علیرضا شاهبداغلو[۱]، علی عزیزی[۱*]، حسن ساری‌خانی[۱] و محسن رجبی[۲]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۴)
DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.7.4.97

چکیده

آرتیشو به دلیل داشتن خواص دارویی، از جایگاه ویژه‌ای بین سبزی‌ها برخوردار است. مطالعات نشان داده که تابش نور فرابنفش باعث تحریک تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شود. در پژوهش حاضر، اثر نور فرابنفش A (۳۶۰ نانومتر) بر محتوای کل ترکیبات فنلی، میزان فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان سینارین و برخی صفات مورفو فیزیولوژیک برگ آرتیشو مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت گلخانه‌ای روی یک توده کشت شده از اصفهان و دو رقم اصلاح شده از آمریکا (گرین گلوب) و ایتالیا (وایت جاینت) با چهار تیمار تابش اشعه فرابنفش A (صفر، ۱، ۲ و ۴ ساعت در روز) انجام شد. تیمارها در مدت ۱۶ ساعت روشنایی در روز، هر ۲ ساعت یکبار اعمال شد. نتایج نشان داد که وزن‌تر و خشک گیاهان با افزایش تابش نور فرابنفش A افزایش یافته است. میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل در تمامی ژنوتیپ‌ها در اثر پرتودهی با نور فرابنفش A کاهش یافت. بیشترین میزان کلروفیل a در نمونه‌های شاهد رقم وایت جاینت مشاهده شد و کمترین آن مربوط به گیاهان همین رقم بود که ۴ ساعت در روز نور UV-A دیده بودند. اشعه UV-A اثر افزایشی معنی‌داری روی محتوای فنل کل، میزان فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هر سه ژنوتیپ آرتیشو داشت. بیشترین میزان فنل کل در تیمار ۴ ساعت تابش اشعهٔ UV در رقم وایت جاینت مشاهده شد. کمترین میزان مربوط به گیاهان شاهد رقم وایت جاینت بود. بیشترین و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در رقم گرین گلوب و توده اصفهان مشاهده شد. با این وجود، نتایج نشان داد که میزان سینارین برگ در نمونه‌ها با افزایش مقدار تابش نور فرابنفش کاهش یافته است که با توجه به افزایش میزان فنل کل در شرایط مذکور، احتمالاً میزان تولید دیگر ترکیبات فنلی برگ افزایش داشته است.

کلمات کلیدی: کنگر فرنگی، اشعه UV-A، ترکیبات فنلی، فلاونوئید کل

مقدمه

گیاه آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) یا کنگر فرنگی، به عنوان یک سبزی توسط بسیاری از مردم دنیا مصرف می‌شود. آرتیشو یک منبع غذایی سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و میزان زیادی از پلی‌فنل‌ها در آن وجود دارد. عصاره آرتیشو ظرفیت بسیار زیادی آنتی‌اکسیدانی را نشان داده است (۱، ۳ و ۲۵). امروزه مشخص شده که خواص آنتی‌اکسیدانی گیاهان، از جمله آرتیشو، مربوط به ترکیبات فنلی، ترکیبات سولفوره و

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲. مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، همدان
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Azizi@basu.ac.ir

برخی ویتامین‌ها مثل توکوفرول و آسکوربیک اسید است (۱۰، ۱۴ و ۱۷). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدهای همراه، غذاهای دارای فلاونوئیدها را از تخریب اکسیدی حفاظت کرده و نگهداری را طولانی‌تر نموده، کیفیت را حفظ کرده و باعث بهبود طعم غذا می‌شود (۵).

بخش مهمی از تشعشعات خورشیدی را امواج فرابنفش (UV) تشکیل می‌دهد. حساسیت گیاهان به اشعهUV بسته به گونه گیاهی، رقم کشاورزی، مراحل رشد و نمو، شرایط رشد و میزان نور UV و همچنین طول موج آن، متفاوت است (۱۰ و ۱۸). پرتو فرابنفش را براساس طول موج به سه بخش UV-A (۳۲۰–۴۰۰ نانومتر)، UV-B (۲۸۰–۳۲۰ نانومتر) و UV-C (کمتر از ۲۸۰ نانومتر) تقسیم‌بندی می‌کنند که طول موج‌های کم آن برای گیاهان و جانوران می‌تواند خطرناک باشد (۱۸). رادیکال‌های آزاد تولید شده تحت تیمار UV برای پروتئین‌ها خطرناک بوده و باعث تخریب آنها می‌شود (۱۵ و ۲۷). کاهش پروتئین‌ها در گیاهان زراعی اهمیت فراوانی دارد، زیرا ارزش تغذیه‌ای این گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۵). اشعه UV-A (۳۶۰nm) قسمت کم‌خطر پرتوهای فرابنفش می‌باشد و می‌تواند سبب انواع واکنش‌های رشدی شود (۱۸ و ۲۳).

مافی و همکاران (۲۳) طی تحقیقات خود نشان دادند که گیاهان نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) تابش‌دهی شده با UV-A، به همراه نور مرئی، تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر ارتفاع نسبت به گیاهان شاهد نشان ندادند. از نظر شاخص سطح برگ (LAI)، گیاهان تابش داده شده در روز نسبت به همه شاهدها و هم گیاهان تابش‌دهی شده با UV-A در شب، برتری نشان دادند. مقدار کل ترکیبات فنولیک و میزان کلروفیل a/b نیز با تابش‌دهی با نور UV-A افزایش یافت. همچنین، ساری‌خانی (۷) نشان داد که در گیاه نعناع فلفلی تحت تابشUV-A، با آنکه عملکرد کاهش می‌یابد، ولی محتوای اسانس (درصد) افزایش می‌یابد. برازاتیت و همکاران (۱۲) اظهار کردند که تیمار نور UV-A (۳۸۰nm) در مقایسه با شاهد، سبب کاهش ارتفاع دانهال خیار گردید. در همین راستا، تجمع فلاونوئیدها برای محافظت از بافت مزوفیل در لایه اپیدرمی گیاهان تحت UV نیز صورت می‌گیرد که برخی از این ترکیبات نیز دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند (۲۹). نظر به اینکه بخش‌هایی از طیف نور UV دارای اثرهای تنشی شدید روی گیاهان است، ولی استفاده از تنش ملایم در مواردی ممکن است باعث افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گردد، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نور فرابنفش A بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای ترکیبات فنلی، میزان سینارین (Cynarin، یکی از پلی‌فنل‌های مهم دارویی) و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک در گیاه آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) انجام شده است.

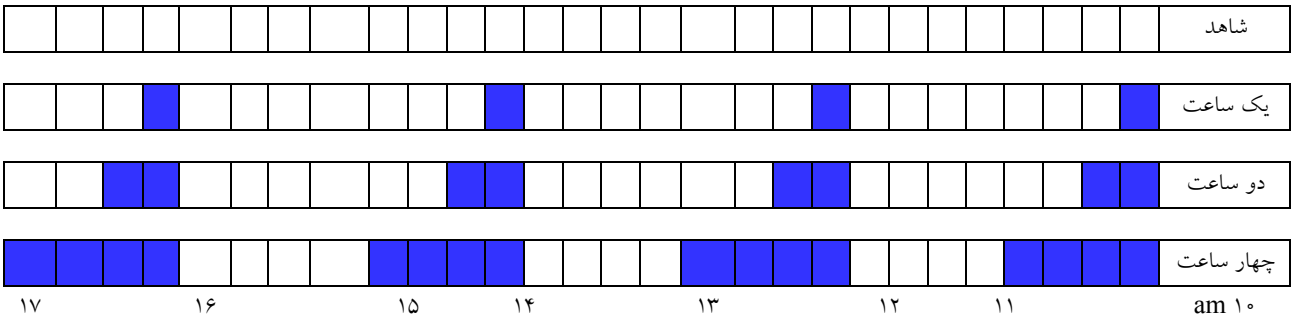
مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، بذرهای توده اصفهان از باغ گیاهان دارویی اصفهان، رقم وایت جاینت (White Giant) (رقم ایتالیا) از شرکت سوبا- یونیکو کشور ایتالیا و رقم سبزی گرین گلوب (Green Globe) (رقم آمریکا) از شرکت بوتانیکال اینترست (Botanical Interests) ایالات متحده آمریکا تهیه شد. پژوهش به صورت گلخانه‌ای طراحی شد و از فروردین تا شهریورماه سال ۱۳۹۱ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا (N ۳۴/۸۰۰۳۸°، E ۴۸/۴۸۱۴۶°) انجام گرفت. میزان روشنایی گلخانه طی روز حدود ۳۰۰۰۰ لوکس و میانگین دمای هوای گلخانه ۲۴ تا ۲۸ درجه سلسیوس در روز و ۱۸ تا ۲۰ درجه سلسیوس در شب بود.

بذرها در فروردین‌ماه ۱۳۹۱ در گلدان‌های ۷ لیتری پلاستیکی حاوی ترکیب مساوی از ماسه، کود دامی و خاک باغچه کشت شدند. تجزیه خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام گرفت (جدول ۱). پس از رشد گیاهان، به مدت ۴۰ روز گیاهچه‌های آرتیشو تحت تیمارهای UV-A با طول موج ۳۶۰ نانومتر به صورت تکمیلی، به همراه نور خورشید، قرار گرفتند.

جدول ۱. ویژگی‌های خاک گلدان‌های کشت آرتیشو

اسیدیته (pH)	۶/۶
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۸۵
درصد شن	۶۳
درصد رس	۱۷
درصد لای (سیلت)	۲۰



شکل ۱. روش اعمال تیمار تابش اشعه UV-A. پرتودهی از ساعت ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ برای تمامی گیاهان، بجز گیاهان شاهد، شروع شد. در هر کدام از این زمان‌ها، گیاهان به مدت ۱۵، ۳۰، ۶۰ دقیقه تحت تابش UV-A قرار گرفتند.

آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (شاهد= بدون نوردهی اضافه، تیمارهای ۱، ۲ و ۴ ساعت نوردهی UV-A) و سه تکرار انجام شد. بدین‌منظور، تعداد ۱۲ گیاهچه از هر رقم یا توده انتخاب و در گلدان‌ها به صورت مجزا کشت شدند. آبیاری گیاهان مزبور دو بار در هفته انجام شد. دفع علف‌های هرز و آفات طی مدت تیمار صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای مختلف روی گیاهان از LED های تولیدکننده UV-A با طول موج ۳۶۰ نانومتر استفاده شد. LED ها روی نوارهای مخصوصی قرار گرفته بودند. روی هر نوار تعداد ۲۴ عدد LED (با شدت نور ۵۲۷ لوکس برای هر رشته) و برای هر تیمار سه ردیف از این نوارها استفاده شده بود. فاصله منبع نوری از گیاهان cm ۵۰ بود. گیاهان در ۴ دوره در روز: ساعت ۱۰ صبح، ۱۲ ظهر، ۱۴ بعد از ظهر و ۱۶ بعد از ظهر تحت تأثیر نور UV-A قرار گرفتند (شکل ۱).

در نهایت، پس از ۴۰ روز اعمال تیمارها، گیاهان ابتدا مورد سنجش صفات مورفوفیزیولوژیک (طول و عرض برگ) قرار گرفتند. سپس، برداشت شده و وزن‌تر و خشک آنها سنجیده شد و نمونه‌های خشک شده پودر گردیدند و برای اندازه‌گیری‌های بعدی نگهداری شدند.

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل از روش پورا (۲۸) استفاده شد که میزان جذب نمونه در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر اندازه‌گیری شد و غلظت کلروفیل با استفاده از روابط زیر و براساس میلی‌گرم در گرم وزن‌تر برگ محاسبه شد:

$$Chla = 12.25\ A_{664} - 2.55\ A_{647} \quad [۱]$$

$$Chlb = 20.31\ A_{647} - 4.91\ A_{664} \quad [۲]$$

$$Chl(a+b) = 7.34\ A_{664} + 17.76\ A_{647} \quad [۳]$$

که در آنها *Chla* محتوای کلروفیل a (میلی‌گرم بر لیتر)، *Chlb* محتوای کلروفیل b (میلی‌گرم بر لیتر)، A_{664} جذب محلول در طول ۶۶۴ نانومتر و A_{647} جذب محلول در طول ۶۴۷ نانومتر است.

برای عصاره‌گیری، از روش خیساندن استفاده شد. در هر مرحله از ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره، رقت‌های مورد نظر از طریق انحلال عصاره خام مربوطه در حلال خودش تهیه گردید.

برای اندازه‌گیری میزان فنل کل نمونه‌ها از معرف فولین سیوکالتو (مرک) استفاده شد (۲۴). در این روش، مقدار ۵ میلی‌لیتر از معرف فولین سیوکالتو با ۴ میلی‌لیتر از محلول Na_2CO_3 یک مولار مخلوط گردید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول هر عصاره گیاهی یا اسید گالیک (ترکیب استاندارد فنل) به مخلوط اضافه شد. ترکیب حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. بعد، به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در سه تکرار بررسی شدند و منحنی استاندارد توسط غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) از محلول اسید گالیک تهیه گردید. مقدار فنل کل در گیاهان به صورت معادل میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن ماده خشک محاسبه شد. سنجش میزان فلاونوئید کل نیز با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم انجام شد (۱۳). مقدار فلاونوئید کل به صورت معادل میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک محاسبه و بیان شد (۴). در این آزمایش، قدرت عصاره در به دام انداختن رادیکال‌های دی‌پی‌پی‌اچ (۲ و ۲-دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) براساس روش استویچویچ و همکاران (۳۱) صورت گرفت. در این روش، برای محاسبه میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی (RSA: Radical Scavenging Activity)، مقادیر جذب سه نمونه (تیمار، شاهد و نمونهٔ Blank) اندازه‌گیری شد و درصد فعالیت آنتی‌رادیکالی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RSA(\%) = 100[1 - (AS - Ab / Ac)] \qquad [۴]$$

که در آن، AS جذب نمونه تیمار حاوی محلول عصاره و دی‌پی‌پی‌اچ (۲/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره+۱ میلی‌لیتر محلول دی‌پی‌پی‌اچ)، Ac جذب نمونه شاهد (۲/۵ میلی‌لیتر از محلول دی‌پی‌پی‌اچ+۱ میلی‌لیتر متانول) و Ab جذب نمونه بلنک (۲/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره+۱ میلی‌لیتر متانول) بود.

به منظور تعیین میزان ماده سینارین، ۱ گرم پودر خشک برگ آرتیشو در ۱۲ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ ریخته و پس از مخلوط شدن و قرار دادن در حمام اولتراسونیک به مدت ۳۰ ثانیه، در ۵۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول رویی از فیلتر با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد و ۲۰ میکرولیتر از این محلول به دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) مدل unicam-crystal-200 ساخت کشور انگلستان با ردیاب از نوع Photodiode-array در دامنه فرابنفش با طول موج ۳۲۰ نانومتر، تزریق گردید. ستون C18 فاز معکوس به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر با ذرات دارای قطر ۴ میکرون بود. فاز متحرک با سرعت ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه شامل دو محلول اسید فورمیک ۱٪ و استونیتریل بود که تا ۱۰ دقیقه نسبت ۸۰ به ۲۰ از این دو محلول استفاده شد و در ۶۰ دقیقه بعدی این دو نسبت برعکس گردید. مقدار ماده براساس زمان بازداری و سطح زیر منحنی استاندارد تعیین گردید.

تجزیه داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱، کارولینای شمالی) انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel 2007 انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن‌تر و خشک گیاه

نتایج نشان داد که ژنوتیپ (رقم و توده)، مدت تابش نور فرابنفش A و اثر متقابل آنها در سطح ۱٪ بر وزن‌تر و خشک بوته مؤثر می‌باشد (جدول ۲). با افزایش تابش نور UV-A روی نمونه‌های توده اصفهان و رقم گرین گلوب، تولید وزن‌تر و ماده خشک آنها روند افزایشی را نشان داد. در حالی که در رقم وایت جاینت، روند افزایشی مشاهده نشد. بیشترین میزان وزن‌تر مربوط به گیاهان رقم وایت جاینت بود که به ترتیب در تیمار دو ساعت (۲۶۷/۷ g/plant) و ۴ ساعت(۲۳۱/۰ g/plant) نور UV-A به دست آمد. کمترین میزان وزن‌تر (۶۶/۰ g/plant) مربوط به گیاهان توده اصفهان بود که یک ساعت نور UV-A طی شبانه روز دریافت کرده بودند (جدول ۳).

بیشترین میزان وزن خشک (۲۵/ ۵۶ g/plant) نیز مربوط به

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر مدت تابش نور فرابنفش، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها بر صفات مورفوفیزیولوژیک در آرتیشوهای مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن تر	وزن خشک	طول برگ	عرض برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	فلاونوئید کل	فنل کل
ژنوتیپ	۲	۴۳۰۲/۷**	۱۸۷/۷**	۵۷۵/۳**	۱۶۰/۶**	۰/۰۸۶۱**	۰/۰۲۷۹**	۰/۲۱۷۳**	۱۲/۹۳*	۵۱/۰۳**	۲۱/۴۰^{ns}
مدت تابش UV	۳	۱۷۴۹۴/۱**	۱۱۸/۷**	۹۸/۹۶ ^{ns}	۳۱/۸۴*	۱/۲۰۹۰**	۰/۱۷۹۹**	۲/۳۲۳۱**	۱۴۴/۶**	۲۹۰/۸**	۲۶۰۶/۵**
ژنوتیپ × UV	۶	۹۱۳۵/۳**	۳۳/۸۴**	۴۳/۶۱^{ns}	۲۵/۸۲*	۰/۱۳۴۹**	۰/۰۲۰۸**	۰/۲۵۸۷**	۳/۲۴ ^{ns}	۱/۱۹^{ns}	۳۷/۵۲*
خطای آزمایش	۲۴	۲۱۰/۱	۵/۰۶	۵۸/۹۱	۷/۶۹۴	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹۳۲	۲/۳۱	۴/۷۳	۱۲/۶۲

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیک در گیاه آرتیشو، تحت اثر تابش نور فرابنفش، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها

منابع تغییرات		صفات مورد مطالعه						
		وزن تر (g/plant)	وزن خشک (g/plant)	طول برگ (cm)	عرض برگ (cm)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کلروفیل کل (mg/g)
توده اصفهان	شاهد	۱۲۵/۰g	۱۲/۲۱ef	۶۹/۳۳ab	۲۲/۵۴bcd	۱/۳۴۱b	۰/۴۴۸۴b	۱/۷۹۱۳b
	یک ساعت	۶۶/۰h	۹/۱۰f	۶۵/۵۸abc	۲۴/۱۲bc	۱/۰۵۹c	۰/۲۷۶۴de	۱/۳۵۱۴c
	دو ساعت	۱۷۳/۰ef	۱۷/۴۲cd	۶۰/۲۵abc	۱۷/۳۹d	۰/۶۸۶e	۰/۲۴۸۳de	۰/۹۲۴۴d
	چهار ساعت	۲۱۳/۰bc	۱۹/۵۱bc	۶۶/۲۱ab	۲۶/۶۲ab	۰/۷۱۴e	۰/۱۵۲۷ef	۰/۸۵۶۴d
رقم وایت جاینت (ایتالیایی)	شاهد	۱۲۳/۰g	۱۴/۹۳de	۶۸/۹۶ab	۳۰/۳۳a	۱/۶۸۲a	۰/۵۸۱۸a	۲/۲۸۵۸a
	یک ساعت	۱۰۶/۳g	۱۰/۸۷f	۷۴/۳۳a	۳۰/۱۶a	۱/۳۳۵b	۰/۴۴۱۴b	۱/۷۸۱۷b
	دو ساعت	۲۶۷/۷a	۲۴/۵۶a	۵۹/۰۰bc	۲۴/۴۱bc	۰/۹۷۱cd	۰/۳۷۱۱bc	۱/۳۳۹۶c
	چهار ساعت	۲۳۱/۰b	۱۷/۹۴cd	۶۶/۰۸ab	۲۴/۲۰bc	۰/۳۲۴f	۰/۰۶۶۰f	۰/۳۸۹۶e
رقم گرین گلوب (آمریکایی)	شاهد	۱۵۵/۷f	۲۲/۹۶ab	۵۷/۲۵bc	۲۰/۷۵cd	۱/۳۲۰b	۰/۴۰۰۰b	۱/۷۲۰۹b
	یک ساعت	۱۹۰/۳de	۲۰/۲۹bc	۵۴/۰۸bc	۲۰/۳۷cd	۱/۳۰۹b	۰/۴۵۲۹b	۱/۷۵۶۱b
	دو ساعت	۱۱۴/۰g	۲۰/۴۵bc	۵۵/۰۸bc	۲۰/۴۲cd	۰/۹۷۸cd	۰/۳۹۶۰b	۱/۳۸۲۶c
	چهار ساعت	۲۰۳/۰cd	۲۵/۵۶a	۵۰/۸۷c	۱۸/۶۷d	۰/۸۳۵de	۰/۲۱۰۴de	۱/۰۴۵۷d

در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد.

رقم گرین گلوب بود که میزان ۴ ساعت در طی روز نور UV-A دریافت کرده بود. کمترین میزان وزن خشک نیز به ترتیب در گیاهان توده اصفهان (۹/۱۰ g/plant) که طی روز یک ساعت نور UV-A دیده بودند و گیاهان شاهد توده اصفهان (۱۲/۲۱ g/plant) که هیچ نور UV-A دریافت نکرده بودند، ثبت گردید (جدول ۳). واکنش رشدی گیاهان به نور فرابنفش بسیار متفاوت است. در گیاهان متعددی مشاهده شده که نوردهی نور UV-A نقش زیانباری بر رشد گیاهان ندارد. در حالی که نور فرابنفش B سبب کاهش سطح برگ و رشد گیاهان می‌گردد (۱۸). نور فرابنفش B به طور مستقیم سبب کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و تثبیت کربن، کاهش تولید ماده خشک و نشاسته و به طور غیر مستقیم باعث بسته شدن روزنه‌ها، تغییر ضخامت برگ و کاهش سطح کانوپی می‌شود که این موضوع می‌تواند باعث کاهش رشد گیاهان شده و از این طریق در نهایت منجر به کاهش عملکرد وزن تازه و خشک گیاه گردد. با این وجود، در مواردی، اثر کاهشی نور فرابنفش A بر رشد گیاهان نیز گزارش شده است (۲۲). نتایج پژوهش مهدویان و همکاران (۸) نیز نشان داد که وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تیمار UV-A به مدت ۱۷ دقیقه در روز نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کمتر بود که نشانگر اثر کاهشی نور UV-A روی وزن خشک گیاه در مدت تیمار می‌باشد که با نتایج این پژوهش با توجه به کاهش ماده خشک گیاه در تیمار دوم نسبت به تیمار شاهد همخوانی دارد. ضمناً، افزایش میزان ماندگاری گیاه تحت شرایط پرتودهی UV-A بیش از یک ساعت (تیمار سوم و چهارم) باعث افزایش ماده خشک گیاه گردید. با این وجود نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش‌های برازاتیت و همکاران (۱۲) روی گیاه خیار و سلاما و همکاران (۳۰) روی برخی گیاهان خودروی کویری مطابقت داشت.

طول و عرض برگ

اثر ژنوتیپ بر طول و عرض برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. اما اثر مدت تیمار نور UV-A و اثر متقابل ژنوتیپ و مدت تابش معنی‌دار نشد. در حالی که اثر مدت تیمار نور UV-A و اثر متقابل ژنوتیپ و مدت تابش بر عرض برگ در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین طول برگ مربوط به گیاهان

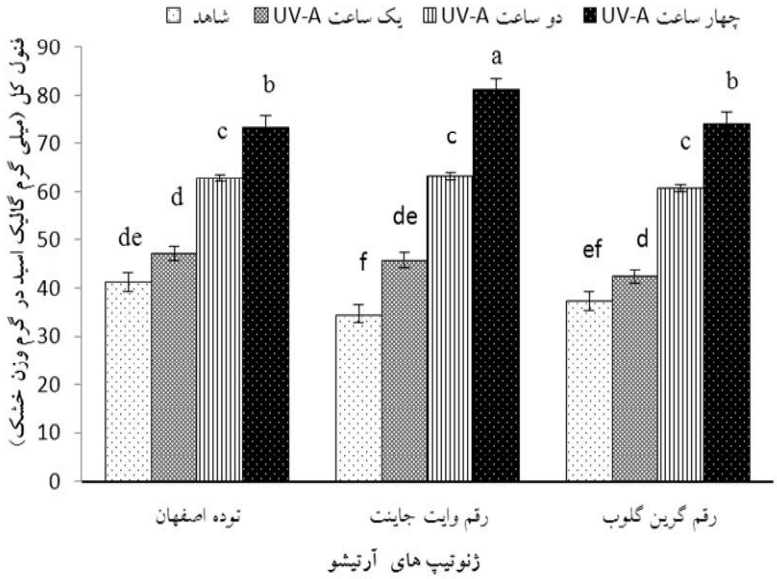
رقم وایت جاینت (۷۴/۳۳ cm) و کمترین طول برگ مربوط به گیاهان رقم گرین گلوب بود (جدول ۳). بیشترین عرض برگ در گیاهان شاهد (۳۰/۳۳ cm) و یک ساعت نوردهی فرابنفش (۳۰/۱۶ cm) رقم وایت جاینت مشاهده شد و کمترین آن در توده اصفهان که ۲ ساعت نوردهی فرابنفش شده بودند (۱۷/۳۹ cm) و رقم گرین گلوب که ۴ ساعت در طی روز تیمار نوری شده بودند (۱۸/۶۷ cm) مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج فوق با نتایج پژوهش تورونن و همکاران (۳۳) روی گیاه کاج اسکاتلندی، کاتاریا و همکاران (۲۱) روی گیاه پنبه و سلاما و همکاران (۳۰) روی برخی گیاهان خودروی کویری مطابقت داشت. بیشتر گیاهان، زمانی که تحت تأثیر اشعه UV-A قرار می‌گیرند، در ساختمان تشریحی برگ‌هایشان تغییراتی ایجاد می‌شود که یکی از این تغییرات کاهش سطح برگ می‌باشد. احتمالاً تابش نور UV-A باعث کاهش تقسیم سلولی و کاهش تعداد سلول در گیاه می‌شود. از طرفی، کاهش توسعه سلولی در اثر اکسیداسیون نوری هورمون اکسین تحت تأثیر این اشعه نیز می‌تواند در این زمینه مؤثر بوده و در نتیجه کاهش سطح برگ را به دنبال داشته باشد. نتایج این پژوهش با نتایج مهدویان و همکاران (۸) نیز همخوانی دارد.

میزان کلروفیل

نتایج آزمایش سنجش کلروفیل نمونه‌ها نشان داد که میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاه آرتیشو، تحت تأثیر تیمار تابش نور UV-A، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها (در سطح ۱٪) قرار گرفته است (جدول ۲). در مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان کلروفیل a در نمونه‌های شاهد رقم وایت جاینت (۱/۶۸۲ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد و کمترین میزان مربوط به گیاهان رقم وایت جاینت بود که ۴ ساعت در طی روز نور UV-A دیده بودند (۰/۳۲۴ میلی‌گرم بر گرم) (جدول ۳). نتایج نشان داد که تابش نور UV-A به گیاهان برای زمانهای بیشتر سبب کاهش میزان کلروفیل a می‌شود. بیشترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل در نمونه‌های شاهد رقم وایت جاینت اندازه‌گیری شد (به ترتیب ۰/۵۸۱۸ و ۲/۲۸۵۸ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان این دو صفت هم در رقم وایت جاینت که ۴ ساعت در طی روز نور UV-A دریافت کرده بودند (به ترتیب ۰/۰۶۶ و ۰/۳۸۹۶ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. مانند کلروفیل a، از نتایج چنین بر می‌آید که تابش بیشتر نور UV-A در طی زمان باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل b شده بود (جدول ۳) و به تبع آن، تابش بیشتر نور UV-A به گیاهان آرتیشو به طور معنی‌داری باعث کاهش سطح کلروفیل کل این گیاهان شده بود (جدول ۳). با وجود انرژی کمتر فوتون‌های UV-A نسبت به UV-B، به دلیل نفوذ عمقی بیشتر فوتون‌های UV-A در برگ (۳۴)، احتمال بیشتری دارد که به لایه‌های درونی‌تر مزوفیل برگ برسند و در نتیجه تجزیه نوری کلروفیل تحت تأثیر نور UV-A افزایش یابد. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های هولوسی (۱۸) و سلاما و همکاران (۲۹) هماهنگی و انطباق دارد. نتایج انتشاری و همکاران (۲) نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل بین گیاهان سویای تیمار شده با اشعه UV-A با گیاهان شاهد وجود نداشت که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. کاهش میزان کلروفیل a و b در اثر اشعه UV-A احتمال دارد به علت اثر کاهشی این اشعه در پیش‌سازهای سنتز کلروفیل یا تخریب کلروفیل موجود باشد. نتایج پژوهش ساری‌خانی (۷) نیز نشان‌دهنده کاهش میزان کلروفیل در اثر افزایش میزان ماندگاری گیاه نعناع فلفلی در برابر نور UV-A بود.

محتوای فنل و فلاونوئید کل

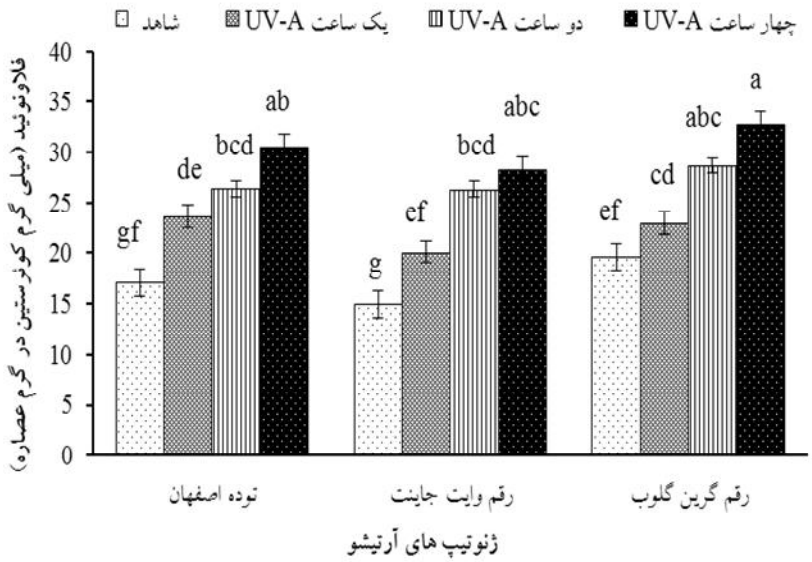
ترکیبات فنلی از جمله متابولیت‌های ثانویه می‌باشند که در بسیاری از گیاهان سنتز می‌شوند. میزان ساخته شدن این ترکیبات در واکنش به شرایط نامساعد، از جمله تنش‌های خشکی، گرما، تابش اشعه فرابنفش، حمله بیماری‌ها و حشرات افزایش می‌یابد. تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که



شکل ۲. اثر تابش اشعه UV-A بر میزان تجمع فنل کل در برگ ژنوتیپ‌های آرتیشو مورد بررسی

تابش اشعهٔ UV سبب افزایش میزان ترکیبات ثانویه در گیاه می‌شود (۳۶ و ۳۷). اما مواردی هم دیده شده که تابش اشعه UV نه تنها سبب افزایش این ترکیبات نشده، بلکه باعث کاهش آنها شده و یا بی‌تأثیر بوده است (۲۱، ۳۰ و ۳۳).

بیشترین میزان فنل کل (۸۱/۰۸ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم عصاره) در تیمار ۴ ساعت تابش اشعهٔ UV در طی روز و در رقم وایت جاینت مشاهده شد. کمترین میزان مربوط به گیاهان شاهد رقم وایت جاینت (۳۴/۶۱ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم عصاره) بود. اثر تیمارهای مختلف اشعه UV-A روی میزان فنل کل عصاره برگ سه ژنوتیپ آرتیشو نشان داد که تیمار اشعه UV-A باعث افزایش معنی‌داری (در سطح ۱٪) بر میزان فنل کل در ژنوتیپ‌های مختلف آرتیشو شد (جدول ۲). همزمان با افزایش مدت ماندگاری در معرض اشعه UV-A به تدریج از تیمار یک ساعت تا ۴ ساعت، میزان فنل کل در رقم وایت جاینت به مقدار بیشتری افزایش یافت که حاکی از توانایی بیشتر این رقم برای مقابله با مقادیر بالای اشعه UV-A و سنتز بیشتر ترکیبات فنلی برای محافظت سلول‌ها تحت تنش UV-A اضافی می‌باشد (شکل ۲). افزایش معنی‌دار غلظت ترکیبات فنلی جذب کننده اشعه UV در آرتیشو تحت تنش UV-C و نهال‌های توس نقره‌ای رشد یافته در شرایط تیماری اشعه UV-A+UV-B مشاهده شده است که تأییدی بر یافته‌های این مطالعه است (۲۶ و ۳۲). همچنین، رحیمی‌ریزی و همکاران (۶) مشخص کردند که پرتودهی با اشعه UV-A باعث افزایش فنل کل در گیاه رُزماری گردید. به نظر می‌رسد که تیمار ۴ ساعت با اشعه UV-A باعث بیان ژن‌های خاص و راه اندازی مسیرهای متابولیک مرتبط با ساخت ترکیبات جاذب اشعه فرابنفش (متابولیت‌های ثانویه) در گیاه شده تا از این طریق بر آسیب‌های تنش فرابنفش غلبه کند (۳۴). میزان فلاونوئید نیز تحت تأثیر تیمارهای اشعه UV-A قرار گرفت. بیشترین میزان فلاونوئید کل (۳۲/۷۵ میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره) در تیمار ۴ ساعت با اشعه UV-A و در رقم گرین گلوب مشاهده شد. کمترین میزان فلاونوئید کل (۱۴/۹۷میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره) مربوط به گیاهان شاهد رقم وایت جاینت بود. همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، در توده اصفهان، با افزایش مدت زمان تابش اشعه UV-A، میزان فلاونوئید افزایش یافت. ولی در تیمارهای یک و دو ساعت تابش UV-A اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، در رقم وایت جاینت، بین تیمار دو و چهار ساعت

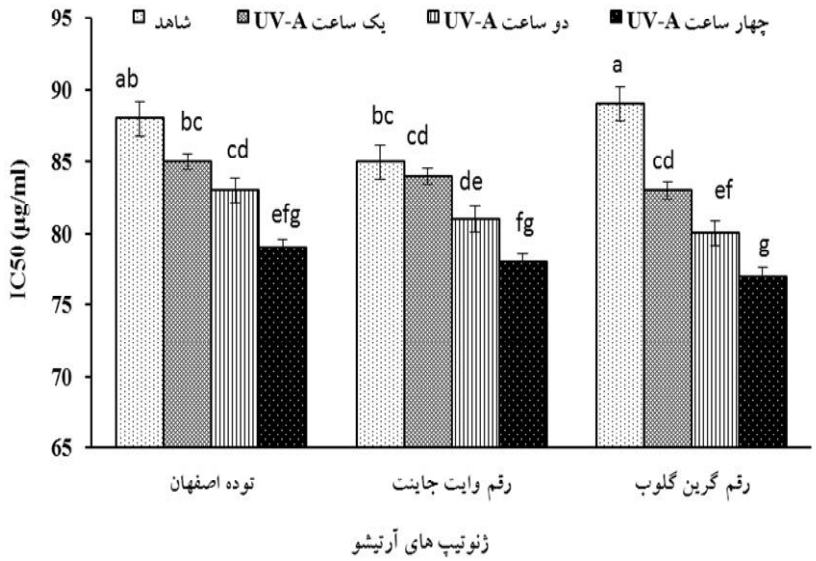


شکل ۳. اثر تابش اشعه UV-A بر میزان تجمع فلاونوئید در برگ ژنوتیپ‌های آرتیشو مورد بررسی

تابش اشعه UV-A اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش فلاونوئید در واکوئل سلول‌های مزوفیل برگ در پاسخ به تنش اشعه UV در بسیاری از گیاهان گزارش شده است که یکی از مکانیسم‌های معمول در گیاهان برای کاهش اثرهای مخرب تنش UV می‌باشد (۹ و ۱۶). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نیز حاکی از این است که احتمالاً تابش اشعهٔ UV-A در شارهای بالا باعث افزایش میزان فلاونوئیدهای دارویی و سایر ترکیبات فنلی مهم در گیاهان مورد تیمار قرار گرفته می‌شود. چنین به نظر می‌رسد که جذب‌کننده‌های نور UV-A نسبت به سایر طول موج‌ها، از جمله امواج UV-B، متفاوت بوده و جذب اشعه فوق توسط آنها سبب تحریک مسیرهای متابولیک متفاوت در گیاه می‌شود (۳۴). به‌عبارت دیگر، می‌توان چنین پیش‌بینی کرد که تابش نور UV-A می‌تواند باعث بیان شدن پاره‌ای از ژن‌های ویژه شده و ساخت مواد معینی را باعث شود. از جمله این مواد می‌توان فلاونوئیدهای رنگین یا فلاونوئیدهای پیوند یافته با مولکول‌های قند یا پروتئین و یا زنجیره‌های لیگنین که مشتقات سینامات به عنوان پیش‌ماده آنها شناخته می‌شوند را نام برد. از آن رو که گیاهان تحت تابش UV در شرایط بحران قرار می‌گیرند، می‌توان چنین در نظر گرفت که استفاده از ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات فیلترکننده UV در گیاه امری محتمل می‌باشد. نتایج ویلسون و همکاران (۳۴) نیز مؤید این امر می‌باشد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

تیمارهای اشعه UV-A اثر معنی‌داری در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ ارقام آرتیشو داشتند (جدول ۲). به طوری که با افزایش تابش از تیمار یک تا چهار ساعت اشعه UV-A، میزان IC_{50} کاهش یافت که حاکی از افزایش فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH در برگ ارقام تحت تنش اشعه UV-A می‌باشد. در تمامی ژنوتیپ‌ها، کمترین مقدار IC_{50} که بیانگر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر عصاره است در تیمار ۴ ساعت اشعه UV-A مشاهده شد. رقم گرین گلوب (IC_{50} : ۷۷ µ g/ml) فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشت. البته بیشترین مقدار IC_{50} نیز در گیاهان شاهد رقم گرین گلوب (۸۹ µ g/ml) مشاهده شد (شکل ۴). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تنش UV در گیاهان مختلف گزارش شده است (۱۹). در این مطالعه، تجمع بیشتر ترکیبات فنلی و فلاونوئید در تیمار ۴ ساعت



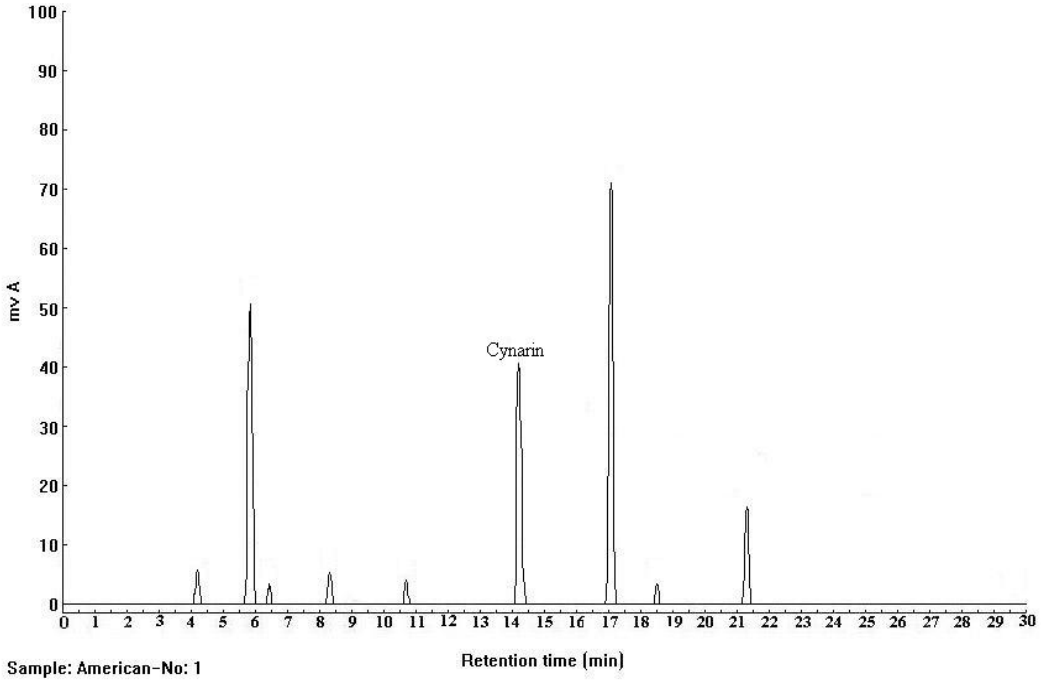
شکل ۴. مقادیر IC_{50} مربوط به فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH در عصاره ژنوتیپ‌های آرتیشو مورد بررسی تحت تابش اشعه UV-A

اشعه UV-A در ژنوتیپ‌های آرتیشو منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این تیمار شد که با مطالعات کاتلینیک و همکاران (۲۰) همخوانی دارد.

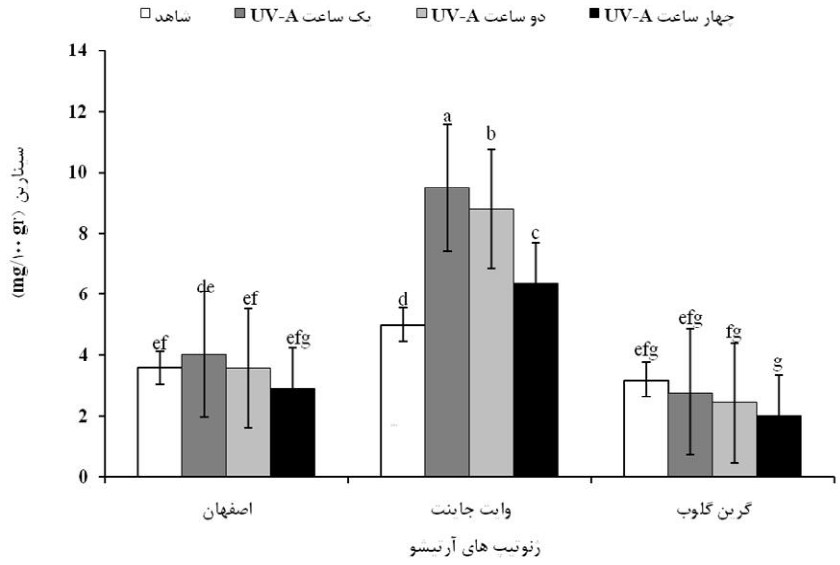
مطالعه حاضر نشان داد که سنتز ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرتبط با آن در آرتیشو تحت تأثیر تیمار اشعه UV-A تحریک می‌شود. بیشترین تجمع فنل کل، فلانوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ۴ ساعت در روز اشعه UV-A مشاهده شد که حاکی از تحریک بیشتر سیستم محافظتی گیاه برای سازگار شدن گیاه به تنش اشعه فرابنفش در این شرایط می‌باشد. یکی از عواملی که روی میزان ترکیبات فنلی در آرتیشو تأثیر می‌گذارد ژنوتیپ گیاه است. فراتیانی و همکاران (۱۷) نشان دادند که حتی محل تجمع ترکیبات مختلف فنلی و فلانوئیدها نیز با توجه به ژنوتیپ، متفاوت می‌باشد که این موضوع حتی می‌تواند این مورد را متصور سازد که با وجود تجمع یک پلی‌فنل و یا فلانوئید خاص در یک اندام، میزان ترکیب مذکور در سایر بافت‌ها تغییری نیافته و یا حتی کاهش یابد. بسیاری از گونه‌های گیاهی قادرند نسبت به تغیرات تابش پرتو فرابنفش سازگار شوند. گیاهان برای روند فوق، مکانیسم‌های حفاظتی متفاوتی را بروز می‌دهند. از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان افزایش بیوسنتز ترکیبات جاذب اشعه UV، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت سیستم‌های اصلاح DNA را نام برد. مطالعات گذشته نشان داده است که گیرنده‌های نوری UV-A و UV-B در متابولیسم فنیل پروپانوئید نقش دارند. بنابراین، در بیوسنتز فلانوئیدها تعامل دارند. این تأثیر هم از جهت تأثیر بر چاکلون سنتتاز و فنیل‌آلانین آمونیوم لیاز اتفاق می‌افتد و هم در سطح ذخیره فلانوئید تجمع یافته در اپیدرم می‌باشد (۱۸). بنابراین، ساخته شدن زیستی ترکیبات فوق می‌تواند دلیل افزایش ویژگی آنتی اکسیدانی در گیاه پرتو دیده باشد.

میزان سینارین

این ترکیب در دقیقه ۱۴/۲ از ستون کروماتوگرافی خارج شد (شکل ۵). با توجه به نتایج کروماتوگرام و غلظت محاسبه شده زیر منحنی، هم اثر رقم و هم اثر تیمار تابش نور UV-A بر گیاهان آرتیشو مورد مطالعه در بارهٔ تغییر میزان سینارین در سطح ۱٪ معنی‌دار شده بود. اثر متقابل دو فاکتور مذکور هم در سطح ۱٪ معنی‌دار شده بود. بیشترین میزان این ترکیب



شکل ۵. کروماتوگرام HPLC مربوط به گیاه آرتیشو رقم گرین گلوب (۴ ساعت تیمار UV-A)



شکل ۶. اثر تابش اشعه UV-A در میزان سینارین در برگ ژنوتیپ‌های آرتیشو مورد بررسی

(۹/۵۰۶ mg/۱۰۰ g) مربوط به گیاهان رقم وایت جاینت (ایتالیایی) بود که میزان یک ساعت در طی شبانه روز نور UV-A دریافت کرده بودند. کمترین میزان این ترکیب (۲/۰۲۶ mg/۱۰۰ g) نیز در گیاهان رقم گرین گلوب (سبزی) که در طی روز چهار ساعت نور UV-A دریافت کرده بودند مشاهده گردید (شکل ۶). شکل ۵ نیز کروماتوگرام HPLC رقم گرین گلوب که در طی روز چهار ساعت نور UV-A دریافت کرده بود را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش می‌تواند نشان‌دهنده این مطلب باشد که میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش از گیاه آرتیشو، با تیمارهای تابش UV-A، به‌خصوص تیمار ۴ ساعت در روز، افزایش یافته است که می‌تواند از نظر فیزیولوژیک و دارویی در این گیاه مورد توجه قرار گیرد. همچنین، در مجموع می‌توان مشاهده نمود که در شرایط گلخانه‌ای، تابش UV-A، یعنی ملایم‌ترین نوع اشعه فرابنفش، می‌تواند باعث افزایش ماده خشک در تولید گیاه آرتیشو شود. اما کلروفیل a، b و کل کاهش نسبی می‌یابد.

منابع مورد استفاده

۱. امیدبیگی، ر. ۱۳۹۲. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات به نشر، مشهد، ۳۴۷ صفحه.

۲. انتشاری، ش.، خ. منوچهری کلانتری، م. قربانلی و م. ترک زاده. ۱۳۸۴. تأثیر باندهای مختلف اشعه ماوراء بنفش بر رنگیزه‌های موجود در برگ سویا (*Glysine max* L.). مجله زیست‌شناسی ایران ۱۸(۱): ۷۷-۸۴.

۳. پیوست، غ. ۱۳۸۸. سبزیکاری. انتشارات دانش‌پذیر، تهران، ۵۷۷ صفحه.

۴. جلالی، م.، غ. اصغری، د. عابدی و ز. رضایی. ۱۳۸۶. بررسی اثر ضد میکروبی چند عصاره مختلف میوه گیاه *Pycnocycla spinosa*. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران ۵۹: ۷۶-۸۵.

۵. حسندخت، م. ۱۳۹۱. تکنولوژی تولید سبزی‌ها. انتشارات سلسله، قم، ۵۷۶ صفحه.

۶. رحیمی‌ریزی، م.، ع. عزیزی و ح. ساری‌خانی. ۱۳۹۳. پاسخ‌های گیاه دارویی رُزماری به افزایش تشعشع فرابنفش UV-A با تغییر در صفات اگرومورفولوژیک، تولید ترکیبات فنلی و ویژگی‌های ضد اکسایشی. دومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، ۱ شهریور، همدان.

۷. ساری‌خانی، ح. ۱۳۹۲. تأثیر نور فرابنفش A بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک نعناع فلفلی (*Mentha piperita*). مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی ۱۳(۲): ۳۵-۴۴.

۸. مهدویان، ا.، م. قربانلی، خ. منوچهری کلانتری و غ. محمدی. ۱۳۸۵. تأثیر باندهای مختلف اشعهٔ ماوراء بنفش بر عوامل فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی فلفل (*Capsicum annuum*). فصلنامه زیست شناسی ایران ۱۹(۱): ۴۳-۴۸.

9. Agati, G., S. Biricolti, L. Guidi, F. Ferrini, A. Fini and M. Tattini. 2011. The biosynthesis of flavonoids is enhanced similarly by UV radiation and root zone salinity in *Ligusterum vulgare* leaves. J. Plant. Physiol. 168: 204-212.
10. Barnes, P.W., S.D. Flint and M.M. Caldwell. 1990. Morphological responses of crop and weed species of different growth form to ultraviolet-B radiation. Am. J. Bot. 77: 1354-1360.
11. Bonaccorosi, P., C. Caristi, C. Gargiulli and U. Leuzzi. 2008. Flavonol glucosides in *Allium* species: A comparative study by means of HPLC-DAD-ESI-MS-MS. Food Chem. 107: 1668-1673.
12. Brazaityte, A., P. Duchovskis, A. Urbonaviciute, G. Samuoliene, J. Jankauskiene, A. Kasiuleviciute-Bonakore, Z. Bliznikas, A. Novickovas, K. Breive and A. Zukauskas. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. Zemdirbyste 96(3): 102-118.
13. Chang, C., M. Yang, H. Wen and J. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food. Drug Anal. 10: 178-182.
14. Chua, M., Y. Tung and S. Chang. 2008. Antioxidant activities of ethanolic extracts from the twigs of *Cinnamomum osmophlocum*. Bioresour. Technol. 99: 1918-1925.
15. Costa, H., S.M. Gallego and M.L. Tomaro. 2002. Effect of UV-B radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons. Plant Sci. 162: 939-945.
16. Feng, H., L. Shiwen, L. Xue, L. An and X. Wang. 2007. The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat. S. Afr. J. Bot. 73(10): 429-434.
17. Fratianni, F., M. Tucci, M. De Palma, R. Pepe and F. Nazzaro. 2007. Polyphenolic composition in different parts of

some cultivars of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori). Food Chem. 104: 1282-1286.
18. Hollosy, F. 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. Micron. 33: 179-197.
19. Huyskens-Keil, S., I. Eichholz, L.W. Kroh and S. Rohn. 2007. UV-B induced changes of phenol composition and antioxidant activity in black currant fruit (*Ribes nigrum* L). J. Appl. Bot. Food Qual. 81: 140-144.
20. Katalinic, V., M. MIlos, T. Kulisic and M. Jukic. 2006. Screening of 70 medical plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. Food Chem. 94: 550-577.
21. Kataria, S., P. Dehariya, K.N. Guruprasad and G.P. Pandey. 2012. Effect of exclusion of ambient solar UV-A/B components on growth and antioxidant response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Acta Biol. Cracov. Ser. Bot. 54(2): 47-53.
22. Krizek, D.T., S.J. Britz and R.M. Mirecki. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiol. Plant. 103: 1-7.
23. Maffei, M., D. Canova, C.M. Bertea and S. Scannerini. 1999. UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*. J. Photoch. Photobiol. B. 52: 105-110.
24. McDonald, S., P.D. Prenzler, M. Autolovich and Robards, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chem.73: 73-84.
25. Mehmetcik, G., G. Olzdemirler, N. Kocak-toker, U. Cevikbas and M. Uysal. 2008. Effect of pretreatment with artichoke extract on carbon tetrachloride-induced liver injury and oxidative stress. Exp. Toxicol. Pathol. 60: 745-480.
26. Moglia, A., S. Lanteri, C. Comino, A. Acquadro R. De Vos and J. Beekwilder. 2008. Stress-induced biosynthesis of dicaffeoylquinic acids in globe artichoke. J. Agric. Food Chem. 56(18): 8641-9.
27. Palma, J.M., L. M. Sandalio, F. J. Corpas, M. C. Romero-puertas and L.A. Del Rio. 2002. Plant proteases, protein degradation and oxidative stress: Role of peroxisoms. Plant Physiol. Biochem. 40: 521-530.
28. Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynth. Res. 73: 149-156.
29. Rice-Evans, C.A., N.J. Miller and G. Papanga. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci. 2: 152-159.
30. Salama, H.M.H., A. Al Watban A.T. and Al-Fughom. 2011. Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants. Saudi J. Biol. Sci. 18: 79-86.
31. Stojichevich, S.S., I.V. Stanisavljevich, D.T. Velichkovich, V.B. Veljkovich and M.L. Lazich. 2008. Comparative of the antioxidant and antimicrobial activities of *Sempervivum marmoreum* L. extracts obtained by various extraction techniques. J. Serb. Chem. Soc. 73(6): 597-607.
32. Tegelberg, R., P.J. Aphalo and R. Julkunen-Tiitto. 2002. Effects of long-term, elevated ultraviolet-B radiation on phytochemicals in the bark of silver birch (*Betula pendula*). Tree Physiol. 22: 1257-1263.
33. Turunen, M., W. Heller, S. Stich, H. Sandermann, M.L. Sutinen and Y. Norokorpi. 1999. The effects of UV exclusion on the soluble phenolics of young Scots pine seedlings in the Subarctic. Environ. Pollut. 106: 219-228.
34. Wilson, K.E., J.E. Thompson, N.A.P. Huner and B.M. Greenberg. 2001. Effects of ultraviolet-A exposure on ultraviolet-B–induced accumulation of specific flavonoids in *Brassica napus***.** Photochem. Photobiol. 73(6): 678-684.
35. Wilson, M.I. and B.M. Greenberg. 1993. Specificity and photomorphogenic nature of ultraviolet-B induced cotyledon curling in *Brassica napus* L. Plant. Physiol. 102: 671-677.
36. Zancan, S., I. Suglia, N. La Rocca and R. Ghisi. 2008. Effects of UV-B radiation on antioxidant parameters of iron-deficient barley plants. Environ. Exp. Bot. 63: 71-79.
37. Zapolska-Downar, D., A. Zapolski-Downar, M. Naruszewicz, A. Siennicka, B. Krasnodebska and B. Kolodziej. 2002. Protective properties of artichoke (*Cynara scolymus*) against oxidative stress induced in cultured endothelial cells and monocytes. Life Sci. 71: 2897-908.