

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

علیرضا شاه‌دراغلو^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 مورفوفیزیولوژیک 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 جایت) با چهار تیمار تابش اشعه فرابنفش A (صفر، ۱، ۲ و ۴ ساعت در روز) انجام شد. تیمارها در مدت ۱۶ ساعت روشنائی در روز، هر ۲ ساعت یکبار اعمال شد. نتایج نشان داد که وزن تر 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 جایت 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 اشعه UV در رقم وایت جایت مشاهده شد. کمترین میزان مربوط به گیاهان شاهد رقم وایت جایت 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

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 سولفور و

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

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 اشعه UV 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 تابش UV-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.

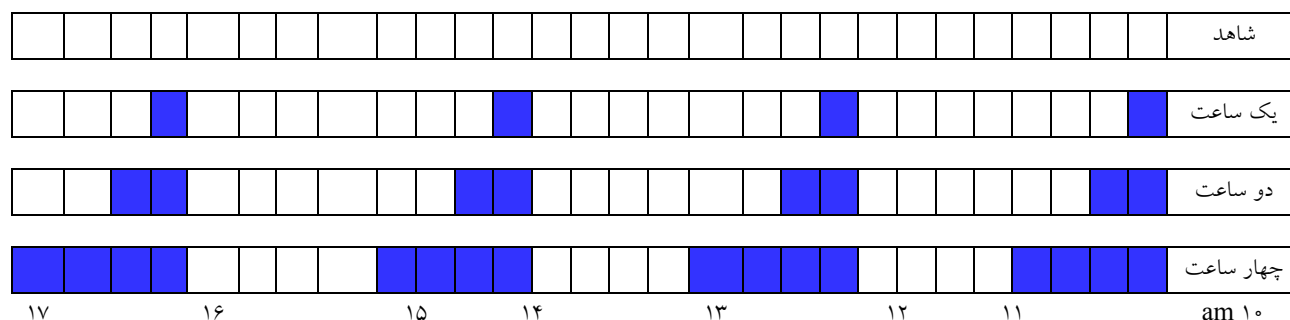
مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، بذره‌های توده اصفهان از باغ گیاهان دارویی اصفهان، رقم وایت جایت (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 بوعلی سینا (۳۴°/۸۰°۳۸' N، ۴۸°/۴۸'۴۶' E) 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 بوعلی سینا 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

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



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.

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 میلی گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد:

$$Chla = 12.25 A_{664} - 2.55 A_{647} \quad [1]$$

$$Chlb = 20.31 A_{647} - 4.91 A_{664} \quad [2]$$

$$Chl(a + b) = 7.34 A_{664} + 17.76 A_{647} \quad [3]$$

که در آنها $Chla$ محتوای کلروفیل a (میلی گرم بر لیتر)، $Chlb$ محتوای کلروفیل b (میلی گرم 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 آنتی اکسیدانی عصاره، رقت‌های مورد نظر از طریق انحلال عصاره خام مربوطه در حلال خودش تهیه گردید.

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. بدین منظور، 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 ۵۰ cm 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)

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 ۵/۰ 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 دی‌پی‌ای (۲) و ۲-دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) براساس روش استوچیویچ و همکاران (۳۱) صورت گرفت. در این روش، برای محاسبه میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی (RSA: Radical Scavenging Activity)، مقادیر جذب سه نمونه (تیمار، شاهد و نمونه Blank) اندازه‌گیری شد و درصد فعالیت آنتی‌رادیکالی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RSA(\%) = 100[1 - (AS - Ab / Ac)] \quad [4]$$

که در آن، AS جذب نمونه تیمار حاوی محلول عصاره و دی‌پی‌ای (۲/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره + ۱ میلی‌لیتر محلول دی‌پی‌ای)، AC جذب نمونه شاهد (۲/۵ میلی‌لیتر از محلول دی‌پی‌ای + 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 ریباب 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

وزن تر و خشک گیاه

نتایج نشان داد که ژنوتیپ (رقم و توده)، مدت تابش نور فرابنفش A و اثر متقابل آنها در سطح ۱٪ بر وزن تر و خشک بوته مؤثر می‌باشد (جدول ۲). با افزایش تابش نور UV-A روی نمونه‌های توده اصفهان و رقم گرین گلوب، تولید وزن تر و ماده خشک آنها روند افزایشی را نشان داد. در حالی که در رقم وایت جاینت، روند افزایشی مشاهده نشد. بیشترین میزان وزن تر 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 وزن تر (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	میانگین مربعات										درجه آزادی
	فنل کل	فلاونوئید کل	فعالیت آنتی اکسیدانی	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	عرض برگ	عروض برگ	طول برگ	وزن خشک	وزن تر
ژنوتیپ	۲۱/۴۰ ^{ns}	۵۱/۰۳ ^{**}	۱۲/۹۳ [*]	۰/۲۱۱۳ ^{**}	۰/۰۲۷۹ ^{**}	۰/۰۸۶۱ ^{**}	۱۶۰/۶ ^{**}	۵۷۵/۳ ^{**}	۱۸۷/۷ ^{**}	۴۳۰۲/۷ ^{**}	۲
مدت تابش UV	۲۶۰۶/۵ ^{**}	۲۹۰/۸ ^{**}	۱۴۴/۶ ^{**}	۲/۳۳۳۱ ^{**}	۰/۱۷۹۹ ^{**}	۱/۲۰۹۰ ^{**}	۳۱/۸۴ [*]	۹۸/۹۶ ^{ns}	۱۱۸/۷ ^{**}	۱۷۴۹۴/۱ ^{**}	۳
ژنوتیپ × UV	۳۷/۵۲ [*]	۱/۱۹ ^{ns}	۳/۲۴ ^{ns}	۰/۲۵۸۷ ^{**}	۰/۰۲۰۸ ^{**}	۰/۱۳۴۹ ^{**}	۲۵/۸۲ [*]	۴۳/۶۱ ^{ns}	۳۳/۸۴ ^{**}	۹۱۳۵/۳ ^{**}	۶
خطای آزمایش	۱۲/۶۲	۴/۷۳	۲/۳۱	۰/۰۱۹۳۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۲۴	۷/۶۹۴	۵۸/۹۱	۵/۰۶	۲۱۰/۱	۲۴

*** و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

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

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

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

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 برازانتیت 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 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 رویسکو و تثبیت کربن، کاهش تولید ماده خشک و نشاسته و به طور غیر مستقیم باعث بسته شدن روزنه‌ها، تغییر ضخامت برگ و کاهش سطح کانوبی 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

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 تورون 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 می گیرند، در ساختمان تشریحی برگ هایشان تغییراتی ایجاد می شود که یکی از این تغییرات کاهش سطح برگ می باشد. احتمالاً تابش نور UV-A باعث کاهش تقسیم سلولی و کاهش تعداد سلول در گیاه می شود. از طرفی، کاهش توسعه سلولی در اثر اکسیداسیون نوری هورمون اکسین تحت تأثیر این اشعه نیز می تواند 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.

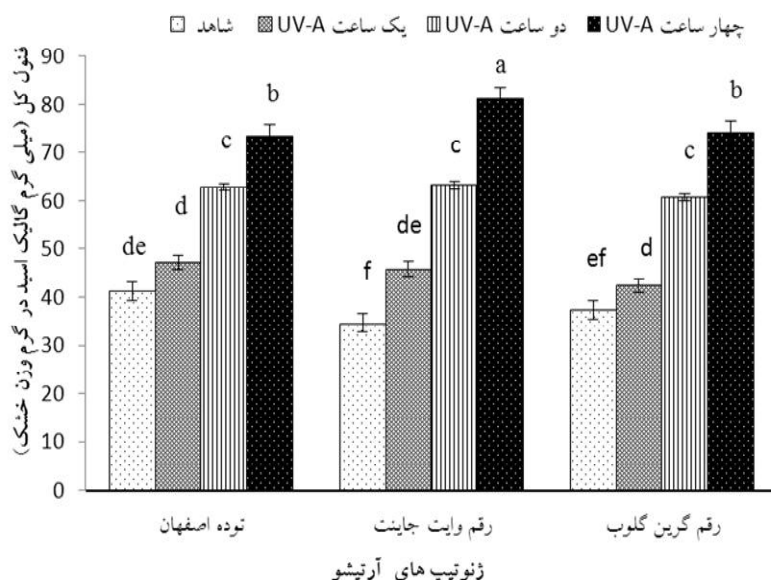
میزان کلروفیل

نتایج آزمایش سنجش کلروفیل نمونه ها 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 میانگین ها، بیشترین میزان کلروفیل a در نمونه های شاهد رقم وایت جاینت (۱/۶۸۲ میلی گرم 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 میلی گرم بر گرم) (جدول ۳). نتایج نشان داد که تابش نور UV-A به گیاهان برای زمانهای بیشتر سبب کاهش میزان کلروفیل a می شود. بیشترین میزان

کلروفیل b و کلروفیل کل در نمونه های شاهد رقم وایت جاینت اندازه گیری شد (به ترتیب ۰/۵۸۱۸ و ۲/۲۸۵۸ میلی گرم 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 میلی گرم بر گرم) به دست آمد. مانند کلروفیل a، از نتایج چنین بر می آید که تابش بیشتر نور UV-A در طی زمان باعث کاهش معنی داری در میزان کلروفیل b شده بود (جدول ۳) و به تبع آن، تابش بیشتر نور UV-A به گیاهان آرتیشو به طور معنی داری باعث کاهش سطح کلروفیل کل این گیاهان شده بود (جدول ۳). با وجود انرژی کمتر فوتون های UV-A نسبت به UV-B، به دلیل نفوذ عمقی بیشتر فوتون های UV-A در برگ (۳۴)، احتمال بیشتری دارد که به لایه های درونی تر مزوفیل برگ برسند و در نتیجه تجزیه نوری کلروفیل تحت تأثیر نور UV-A افزایش یابد. نتایج به دست آمده با یافته های هولوسی (۱۸) و سلاما و همکاران (۲۹) هماهنگی و انطباق دارد. نتایج انتشاری و همکاران (۲) نیز نشان داد که تفاوت معنی داری 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 پیش سازهای سنتز کلروفیل یا تخریب کلروفیل موجود باشد. نتایج پژوهش ساری خانی (۷) نیز نشان دهنده کاهش میزان کلروفیل در اثر افزایش میزان ماندگاری گیاه نعنای فلفلی در برابر نور UV-A بود.

محتوای فنل و فلاونوئید کل

ترکیبات فنلی از جمله متابولیت های ثانویه می باشند که در بسیاری از گیاهان سنتز می شوند. میزان ساخته شدن این ترکیبات در واکنش به شرایط نامساعد، از جمله تنش های خشکی، گرما، تابش اشعه فرابنفش، حمله بیماری ها و حشرات افزایش می یابد. تحقیقات بسیاری نشان داده اند که

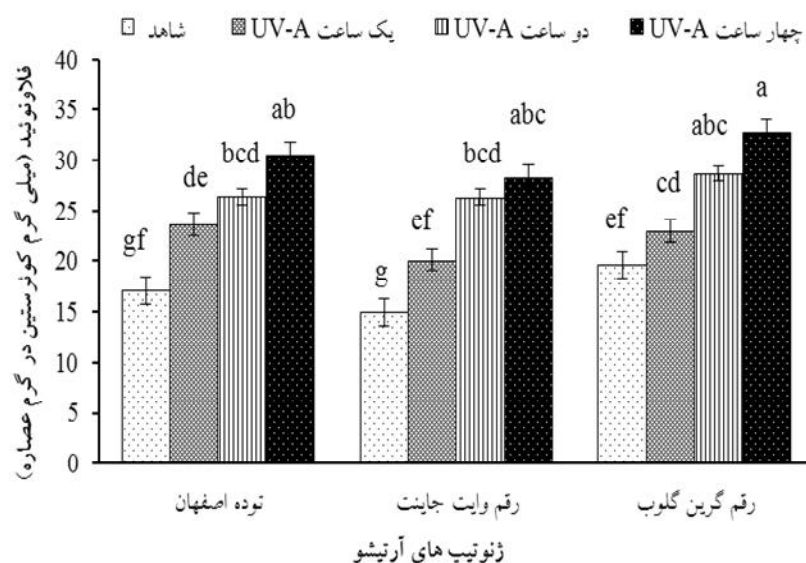


شکل ۲. اثر تابش اشعه UV-A بر میزان تجمع فنل کل در برگ توتوپ‌های آرتیشو مورد بررسی

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 رزماری 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 میلی گرم کوئرستین در گرم عصاره) در تیمار ۴ ساعت با اشعه UV-A و در رقم گرین گلوب مشاهده شد. کمترین میزان فلاونوئید کل (۱۴/۹۷ میلی گرم 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

تابش اشعه 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 میلی گرم گالیک اسید در گرم عصاره) در تیمار ۴ ساعت تابش اشعه UV در طی روز و در رقم وایت جاینت مشاهده شد. کمترین میزان مربوط به گیاهان شاهد رقم وایت جاینت (۳۴/۶۱ میلی گرم 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



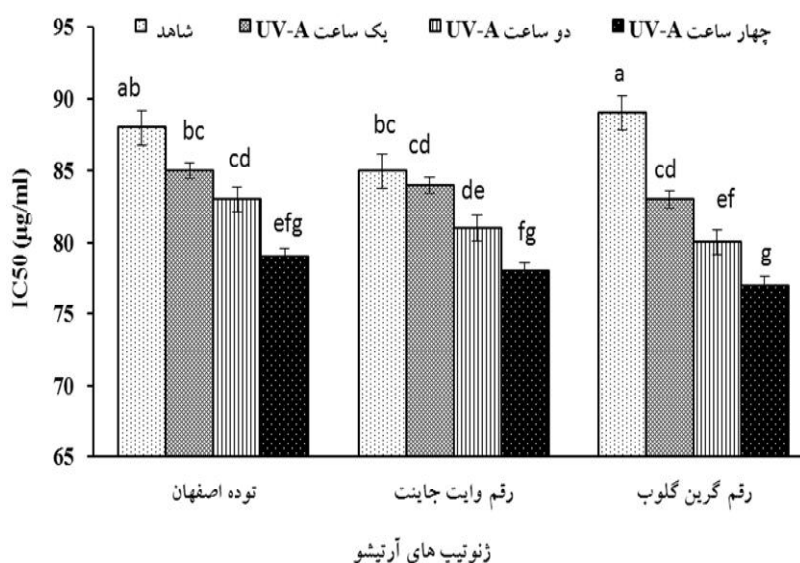
شکل ۳. اثر تابش اشعه UV-A بر میزان تجمع فلاونوئید در برگ ژنوتیپ های آرتیشو مورد بررسی

چنین در نظر گرفت که استفاده از ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات فیلترکننده UV در گیاه امری محتمل می باشد. نتایج ویلسون و همکاران (۳۴) نیز مؤید این امر می باشد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی

تیمارهای اشعه UV-A اثر معنی داری در افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی 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 خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH در برگ ارقام تحت تنش اشعه UV-A می باشد. در تمامی ژنوتیپ ها، کمترین مقدار IC_{50} که بیانگر فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر عصاره است در تیمار ۴ ساعت اشعه UV-A مشاهده شد. رقم گرین گلوب ($77 \mu g/ml$: IC_{50}) فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به دیگر ژنوتیپ ها داشت. البته بیشترین مقدار IC_{50} نیز در گیاهان شاهد رقم گرین گلوب ($89 \mu g/ml$) مشاهده شد (شکل ۴). افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی تحت تنش UV در گیاهان مختلف گزارش شده است (۱۹). در این مطالعه، تجمع بیشتر ترکیبات فنلی و فلاونوئید در تیمار ۴ ساعت

تابش اشعه UV-A اختلاف معنی داری مشاهده نشد. افزایش فلاونوئید در واکوئل سلول های مزوفیل برگ در پاسخ به تنش اشعه UV در بسیاری از گیاهان گزارش شده است که یکی از مکانیسم های معمول در گیاهان برای کاهش اثرهای مخرب تنش UV می باشد (۹ و ۱۶). نتایج به دست آمده از این پژوهش نیز حاکی از این است که احتمالاً تابش اشعه UV-A در شارهای بالا باعث افزایش میزان فلاونوئیدهای دارویی و سایر ترکیبات فنلی مهم در گیاهان مورد تیمار قرار گرفته می شود. چنین به نظر می رسد که جذب کننده های نور UV-A نسبت به سایر طول موج ها، از جمله امواج UV-B، متفاوت بوده و جذب اشعه فوق توسط آنها سبب تحریک مسیرهای متابولیک متفاوت در گیاه می شود (۳۴). به عبارت دیگر، می توان چنین پیش بینی کرد که تابش نور UV-A می تواند باعث بیان شدن پاره ای از ژن های ویژه شده و ساخت مواد معینی را باعث شود. از جمله این مواد می توان فلاونوئیدهای رنگین یا فلاونوئیدهای پیوند یافته با مولکول های قند یا پروتئین و یا زنجیره های لیگنین که مشتقات سینامات به عنوان پیش ماده آنها شناخته می شوند را نام برد. از آن رو که گیاهان تحت تابش UV در شرایط بحران قرار می گیرند، می توان



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

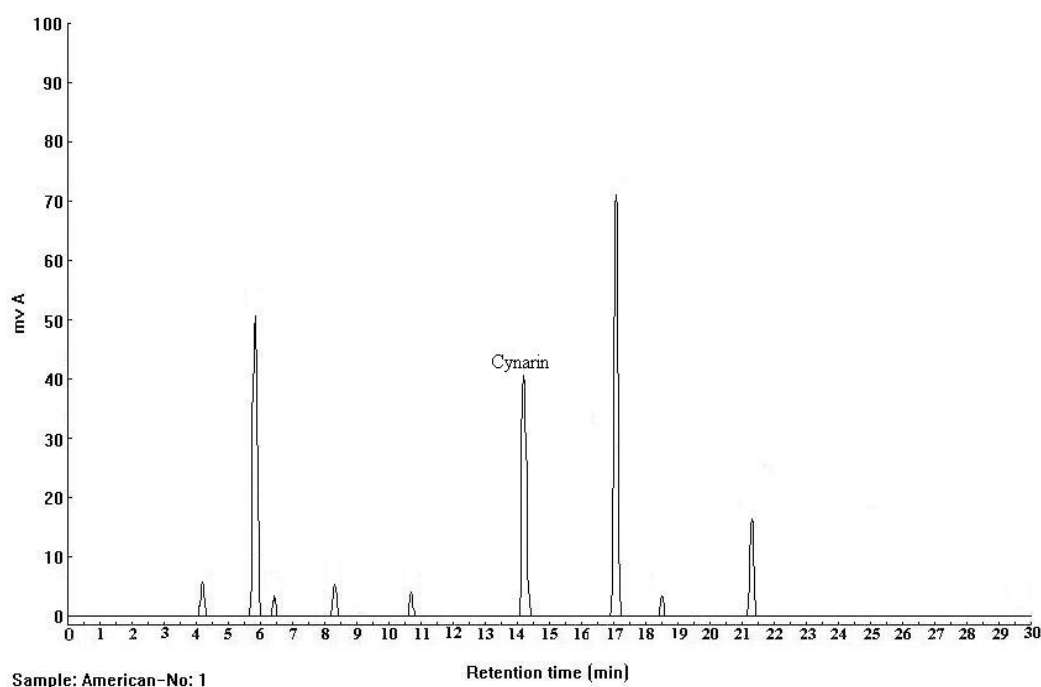
مکانیسم‌ها می‌توان افزایش بیوستز ترکیبات جاذب اشعه UV، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت سیستم‌های اصلاح DNA را نام برد. مطالعات گذشته نشان داده است که گیرنده‌های نوری UV-A و UV-B در متابولیسم فنیل پروپانویید نقش دارند. بنابراین، در بیوستز فلاونوئیدها تعامل دارند. این تأثیر هم از جهت تأثیر بر چاکلون سنتتاز و فنیل‌آلانین آمونیوم لیاز اتفاق می‌افتد و هم در سطح ذخیره فلاونوئید 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

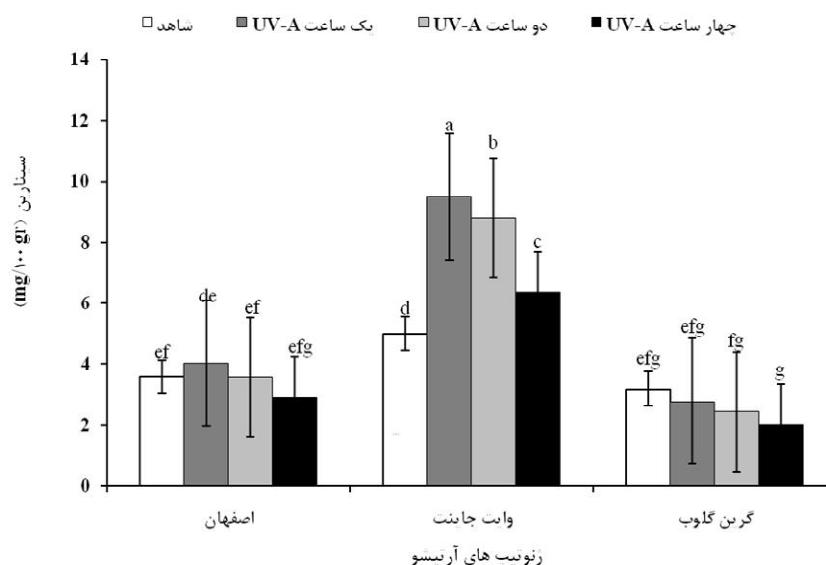
این ترکیب در دقیقه ۱۴/۲ از ستون کروماتوگرافی خارج شد (شکل ۵). با توجه به نتایج کروماتوگرام و غلظت محاسبه شده زیر منحنی، هم اثر رقم و هم اثر تیمار تابش نور UV-A بر گیاهان آرتیشو مورد مطالعه در باره تغییر میزان سینارین در سطح ۱٪ معنی‌دار شده بود. اثر متقابل دو فاکتور مذکور هم در سطح ۱٪ معنی‌دار شده بود.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

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، فلاونوئید 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 فلاونوئیدها 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 فلاونوئید خاص در یک اندام، میزان ترکیب مذکور در سایر بافت‌ها تغییری نیافته و یا حتی کاهش یابد. بسیاری از گونه‌های گیاهی قادرند نسبت به تغییرات تابش پرتو فرابنفش سازگار شوند. گیاهان برای روند فوق، مکانیسم‌های حفاظتی متفاوتی را بروز می‌دهند. از جمله این



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

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.

(۹/۵۰۶ mg/۱۰۰ g) مربوط به گیاهان رقم وایت جانت (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)

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. امیدبگی، ر. ۱۳۹۲. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات به نشر، مشهد، ۳۴۷ صفحه.
۲. انتشاری، ش.، خ. منوچهری کلانتری. م. قربانی و م. ترک زاده. ۱۳۸۴. تأثیر باندهای مختلف اشعه ماوراء بنفش بر رنگیزه‌های موجود در برگ سویا (*Glycine 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 آگرومورفولوژیک، 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 لعلی (*Mentha piperita*). مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی ۱۳(۲): ۳۵-۴۴.
۸. مهدویان، ا.، م. قربانی، خ. منوچهری کلانتری و غ. محمدی. ۱۳۸۵. تأثیر باندهای مختلف اشعه ماوراء بنفش بر عوامل فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی لعل (*Capsicum annuum*). فصلنامه زیست‌شناسی 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. Bonaccorsi, 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. Berteà 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.