گل و گیاهان زینتی (۱۳۹۸)، ٤ (۲): ۱۵٦-۱٤۳
نوع مقاله: پژوهشی

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]

[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی شقایق (*Papaver macrostomum* Boiss. and A. Huet)

فاطمه مینایی[۱]، ابوالفضل جوکار[۱*]، مهدی زهتابیان[۲]

۱. بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲. بخش مهندسی هسته‌ای، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

ajowkar@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۲۵، تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۲۵

چکیده

شقایق یک گیاه زینتی علفی است که به‌صورت وحشی در نواحی مختلف ایران رشد می‌کند و ترکیب های گوناگون دارویی دارد. برای بررسی اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی این گیاه آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل اتیل متان سولفونات در چهار سطح صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳٪) و پرتو گاما در چهار سطح صفر، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ گری بود. ویژگی‌های مورد بررسی میزان سبزینه، کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، فنول و قند بود. بیشتر تیمارها سبب افزایش میزان شاخص های مورد بررسی شدند. بیشترین میزان سبزینه در تیمار ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات دیده شد و بیشترین مقدار کاروتنوئید در تیمار ۵۰ گری گاما و همچنین تیمار ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. بیشینه فعالیت آنتی‌اکسیدانی و قند در تیمار ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات ثبت شد. بیشترین میزان فنول و فلاونوئید در تیمار ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات دیده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد که استفاده از عوامل جهش زا می تواند ویژگی های فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی *P. macrostomum* را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، عامل جهش زایی اتیل متان سولفونات به تنهایی موثرتر از سایر تیمارها بود.

واژه‌های کلیدی: انگیزش جهش، پرتودهی، شقایق، مواد شیمیایی جهش‌زا، *Papaver macrostomum*.

مقدمه

شقایق با نام علمی *Papaver macrostomum* Boiss. and A. Huet گیاهی علفی، یک‌ساله، با گل‌های قرمز رنگ زود افت، برگ‌های تکی با تقسیم‌های عمیق دندانه‌دار و به ارتفاع ۱۵ تا ٤۵ سانتی‌متر است که به‌صورت وحشی در مناطق مختلف ایران می‌روید (Sharifnia *et al.*, 2010). این گیاه دارای گل های زیبایی می باشد و ظرفیت استفاده به عنوان گیاه زینتی را دارد. این گونه به‌عنوان یک داروی مسکن و ضد سرفه در طب سنتی کاربرد داشته است (Baytop, 1999). استخراج

آلکالوئیدهای Benzylisoquinoline، Aporphine، Protopine، Rhoeadine، Isopavin و Quercetin از عصاره این گیاه گزارش شده است (Sarıyar *et al.*, 2002). جهش در گیاهان ابزار مؤثری برای بهنژادگران گیاهان زینتی به‌ویژه در محصولاتی که پایه ژنتیکی محدودی دارند، می‌باشد. به‌طور کلی هدف از ایجاد جهش انگیزشی، تغییر یک یا چند ژن نزدیک به هم و شکستن همبستگی بین آن‌ها و افزایش کراسینگ‌اور بین ژن‌ها است (Broertjes, 2012; Kharkwal *et al.*, 2004; Tulmann *et al.*, 2011). جهش در صورتی‌که موجب سازگاری شود و به حفظ زنده مانی موجودات در محیط‌های متغیر نیز کمک نماید، بیشینه گوناگونی قابل وراثت برای عمل گزینش را فراهم می‌کند. بهنژادی به‌وسیله جهش، مقرون به‌صرفه بوده و زمان بهنژادی یک رقم را کوتاه می کند (Siddiqui & Khan, 1999). هدف اصلی در بهنژادی بر پایه جهش ایجاد سریع ارقام گیاهی با عملکرد و کیفیت بهتر است (Ahloowalia *et al.*, 2004; Stamo *et al.*, 2007).

انگیزش جهش با استفاده از جهش‌زاهای فیزیکی و شیمیایی ایجاد می‌شود. اتیل متان سولفونات یک ماده شیمیایی جهش‌زا است که عامل آلکیلی آن یک گروه متیل یا اتیل به کربن شماره ۷ باز گوانین در رشته DNA می افزاید. اگر باز گوانینی (G) که زیر اثر عامل آلکیلی اتیل متان سولفونات قرارگرفته از رشته DNA جدا نشود، در جفت شدن همانند آدنین (A) عمل می‌کند و می‌تواند با تیمین (T) یا سیتوزین (C) جفت شود که این موجب می‌شود دی نوکلئوتید GC به AT تبدیل شود (Sujay *et al.*, 2010). در گیاهان اتیل متان سولفونات به‌طور معمول منجر به جهش‌های نقطه‌ای می‌شود (Naderi Shahab *et al.*, 2007).

پرتوهای یون‌ساز از جمله پرتو گاما با ورود به درون بافت و یاخته با اتم‌ها و مولکول‌های مختلف واکنش داده و گونه‌های فعال را در یاخته‌ها تولید می‌کند و بسته به شدت پرتو، باعث تغییرهای مثبت یا منفی در فرایندهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی در گیاهان ایجاد می‌شود (Wi *et al.*, 2007). گزارش شده که پرتو گاما از راه ایجاد تغییرهای ساختاری، اکسیداسیون و تشکیل گونه‌های فعال مانند آنیون سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و گونه های آزاد فعال هیدروکسیل، مولکول‌های زیستی را زیر اثر قرار می‌دهد. گونه های فعال آزاد می‌توانند از راه ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو تغییرات ساختاری در پروتئین‌های محلول ایجاد کنند. پرتوتابی بذرها با دُز بالای این پرتو ساخت پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها را نیز مختل می‌سازد (Kiong *et al.*, 2008). جهش‌های حاصل از این پرتو بیشتر در گیاهان باعث برداشت یا افزوده شدن یک‌رشته نوکلئوتیدی و بروز جهش‌یافته‌هایی با کارکرد از دست‌رفته ژن‌ها می‌شود (Naderi Shahab *et al.*, 2007).

در جهان تاکنون رقم‌های جهش‌یافته بسیاری در گیاهان با ویژگی‌های زینتی بهنژادی یافته معرفی شده است. فن جهش به‌تقریب برای بهبود تمام ویژگی‌های مهم ظاهری، زینتی، تحمل به تنش‌های نازیوا (مانند شوری، سرما، اسیدیته و ...)، مقاومت به بیماری‌ها و افزایش کیفیت غذایی تا بازارپسندی و عملکرد محصول به کار گرفته شده است (Fu *et al.*, 2008; Okamura *et al.*, 2012; Shu & Lagoda, 2007). در همین راستا، در پژوهش حاضر برای نخستین بار در ایران اثر مواد شیمیایی

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

جهش‌زا و پرتودهی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی شقایق بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پلاستیکی بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با میانگین دمای روز/شب ۲۲/۲٦ °C و میانگین رطوبت نسبی ۵۰ تا ٦۰٪ در سال های ۱۳۹۷- ۱۳۹٦ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار و چهار مشاهده در هر تکرار انجام شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/٤) واکاوی و میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ≥ ۵٪ مقایسه شدند. شاخص ها شامل ماده شیمیایی اتیل متان سولفونات (EMS) در ٤ سطح ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳٪ و پرتو گاما در ٤ سطح ۰، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ گری بود.

بذرها به مدت ۱۲ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. سپس آب ظرف تخلیه شده و به مدت شش ساعت در محلول اتیل متان سولفونات با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳٪ روی همزن با سرعت ۹۰ دور در دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. پس از آن نمونه‌ها به زیر هود انتقال داده شده و ۵ بار و هر بار به مدت ۲ دقیقه با آب مقطر شسته شدند. در پایان، بذرها ۱۰ دقیقه زیر آب جاری شستشو شدند تا باقیمانده احتمالی اتیل متان سولفونات از سطح بذرها به‌طور کامل از بین برود (Chatterjee *et al.*, 2012).

پرتودهی در آزمایشگاه مرکز تحقیقات تابش بخش هسته‌ای دانشکده مکانیک دانشگاه شیراز انجام شد. برای پرتودهی به‌وسیله پرتو گاما از چشمه رادیوتراپی Cs^{137} با شرایط ٦٦۲ کیلو الکترون ولت و در فاصله ۳۱ سانتی‌متری از چشمه با آهنگ دُز ۰/۱۱ گری در دقیقه استفاده شد و دُزهای ۰، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ گری به کار رفت . برای تیمارهای ترکیبی، بذرها نخست پرتودهی شدند و سپس زیر تیمار اتیل متان سولفونات قرار گرفتند.

پس از کاربرد تیمارها، بذرها درون سینی‌های نشا ۱۱۲ تایی دارای آمیخته کوکوپیت، پیت ماس و پرلایت با نسبت برابر کشت شدند و پس از گذشت ۵۰ روز نشاها به لیوان‌های یک‌بار مصرف با آمیخته ماسه و خاکبرگ با نسبت برابر انتقال داده شدند. دانهال‌ها پس از گذشت ۳۰ روز به گلدان‌های پلاستیکی اندازه ۱٤ انتقال داده شدند که با آمیخته ماسه، خاکبرگ و خاک لومی به نسبت برابر پر شده بودند.

اندازه‌گیری سبزینه و کاروتنوئید برگ

مقدار سبزینه و کاروتنوئید از طریق جذب نوری عصاره‌های برگی به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Epoch در طول‌موج‌های ٤۷۰، ٦٦۳ و ٦٤۵ نانومتر خوانده شد. غلظت سبزینه a، سبزینه b، سبزینه کل و کاروتنوئید با استفاده از رابطه های زیر به دست آمد (Arnon, 1949).

Chlorophyll a = (19/3* A663 – 0/86 * A645) V/100W

Chlorophyll b = (19/3 * A645 – 3/6 * A 663) V/100W

Chl. Total = Chl. a + Chl. b

Carotenoids = 100(A 470) – 3/27(mg chl. a) – 104 (mg chl. b)/227

V= حجم محلول

A= جذب نور در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر

W= وزن تر نمونه برحسب گرم

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به وسیله مهار گونه فعال آزاد DPPH

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر Epoch در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و با رابطه زیر محاسبه شد (Brand-Williams *et al.,* 1995).

I %= (A blank- A sample/A blank)*100

A = جذب نور در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر

Sample = نمونه

Blank = شاهد

اندازه‌گیری مقدار ترکیب های فلاونوئیدی کل

برای تعیین فلاونوئید از روش تشکیل کمپلکس $AlCl_3$ و استاندارد کوئرستین استفاده شد. جذب نوری محلول در طول موج ۵۱۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Epoch خوانده شد (Khalighi-Sigaroodi *et al.,* 2012; Yoo *et al.,* 2008). منحنی استاندارد فلاونوئید با کاربرد کوئرستین در غلظت‌های ۲۵ تا ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر خوانده و رسم شد. سپس غلظت ترکیب های فلاونوئیدی کل به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک به دست آمد.

اندازه‌گیری مقدار ترکیب های فنولی کل

تعیین ترکیب های فنولی به روش فولین – سیوکالتیو انجام شد. جذب نوری هر نمونه در طول موج ۷۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Epoch خوانده شد (Khalighi-Sigaroodi *et al.,* 2012; Kim *et al.,* 2003). منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های ۲۵ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در طول موج ۷۵۰ نانومتر خوانده و رسم شد و با قرارگیری مقدارهای به‌دست آمده در معادله مقدار فنول برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک گزارش شد.

اندازه‌گیری قندهای محلول

برای اندازه گیری قندهای محلول روش دوبویس به کار برده شد (Dubois *et al.,* 1995). جذب نور در طول موج ٤۹۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر Epoch اندازه‌گیری شد (Dubois *et al.,* 1995). منحنی استاندارد قند با استفاده از دی گلوکز با غلظت‌های ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و در طول موج ٤۹۰ نانومتر خوانده و رسم شد و محتوای واقعی قند بر حسب میلی‌گرم بر وزن خشک ارزیابی شد.

نتایج و بحث

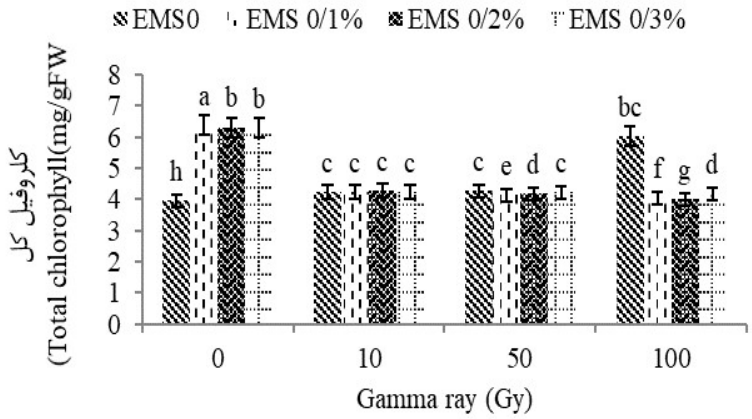
سبزینه کل

اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان سبزینه کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و منجر به افزایش سبزینه کل شد، به‌طوری که بیشترین سبزینه کل بر اساس نتایج در غلظت ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ٦/۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) به دست آمد که دارای اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها بود و کمترین میزان سبزینه کل در تیمار شاهد (با میانگین ۳/۹۵ میلی‌گرم در وزن‌تر) به دست آمد که با دیگر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۱).

استفاده از پرتو گاما روی آویشن (Salehi *et al.,* 2015)، *Cyamopsis tetragonoloba* L. (Taub.) (Patil & Rane, 2015) و *Vigna unguiculata* Walp. (Abu *et al.,* 2006) و همچنین تیمارهای پرتو گاما و اتیل متان سولفونات در فلفل (Sood *et al.,* 2017) سبب افزایش سبزینه شده است. به نظر می‌رسد که گیاهان برای کاهش اثرهای مخرب ناشی از پرتودهی به نگهداری رنگدانه‌ها و در نتیجه ظرفیت نورساختی خود پرداخته‌اند. گزارش شده است که پرتوهای با دُز کم با ایجاد تغییر در سیستم

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

هورمون‌های انتقال‌دهنده پیام در یاخته‌های گیاه و یا افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی یاخته برای رویارویی با عوامل تنش زا مانند نوسان شدت نور و دما در هنگام رشد، منجر به افزایش میزان سبزینه و ظرفیت نورساختی و در پایان، رشد گیاهان می‌شوند (Kovacs & Keresztes, 2002). بر اساس بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی گزارش شده است که کلروپلاست ها نسبت به دیگر اجزای درون‌یاخته‌ای از حساسیت بالایی نسبت به جهش‌زاهای فیزیکی برخوردار هستند، به‌ویژه تیلاکوئیدها که در اثر پرتودهی دچار آماس و تورم شدید می‌شوند. در نتیجه رنگدانه‌های نورساختی بر اثر پرتودهی تخریب‌شده و سبب کاهش ظرفیت نورساختی گیاه می‌شوند (Strid *et al.*, 1990).



پرتو گاما (گری)

شکل ۱- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان سبزینه کل *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف (حروف) مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

Figure 1- Interaction of ethyl methane sulfonate and gamma ray on total chlorophyll content of *P. macrostomum*. Means with the same letter(s) are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

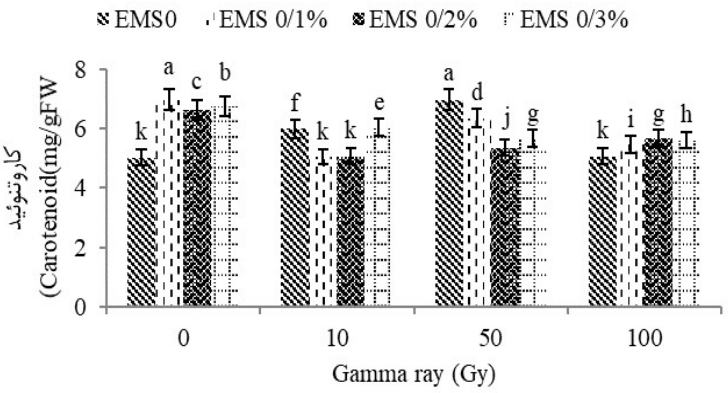
کاروتنوئید

کاربرد اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر مقدار کاروتنوئید تأثیر معنی‌دار در سطح یک درصد داشته است به‌طوری که بیشترین مقدار کاروتنوئید در تیمار ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات و همچنین ۵۰ گری پرتو گاما با میانگین ٦/۹۷ و ٦/۹٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین میزان کاروتنوئید در تیمار شاهد با میانگین ۵/۰۳ میلی‌گرم کاروتنوئید در وزن تر به دست آمد که با تیمارهای ترکیبی ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات با ۱۰ گری پرتو گاما، ۰/۲٪ اتیل متان سولفونات با ۱۰ گری پرتو گاما و تیمار ۱۰۰ گری پرتو گاما با میانگین ۵/۰٤، ۵/۰۷ و ۵/۰۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲).

کاربرد پرتو گاما منجر به افزایش میزان کاروتنوئید گلبرگ زنبق شد (Joz-Ghasemi & Rabiei, 2016).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

کاروتنوئیدها تتراترپن‌هایی هستند که در بافت‌های نورساختی و غیر نورساختی یافت می‌شوند و در بافت‌های نورساختی به‌عنوان رنگدانه کمکی بوده و دارای نقش آنتی‌اکسیدانی و جمع‌کنندگی گونه های فعال آزاد اکسیژن می‌باشند (Li *et al.*, 1998). برای خنثی کردن اثر سمی گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد شده در تنش، یک سیستم آنتی‌اکسیدانی با کارایی بالا نیاز است. به خوبی مشخص شده است که کاروتنوئیدها می‌توانند سیستم جمع‌کننده نور دستگاه نورساختی را از آسیب گونه های فعال آزاد اکسیژن حفظ نمایند. افزون بر این کاروتنوئیدها می‌توانند به‌طور مستقیم اتم اکسیژن را غیر فعال کنند و یا به‌وسیله اتم اکسیژن اکسید شوند. بنابراین به‌طور غیرمستقیم تولید گونه‌های اکسیژن را کاهش می‌دهند. از سوی دیگر کاروتنوئیدها از راه سازوکاری که چرخه زانتوفیل نامیده می‌شود منجر به حفاظت از سبزینه در مقابل اکسیداسیون نوری با مصرف اکسیژن می‌شوند (Kafi *et al.*, 2009).



پرتو گاما (گری)

شکل ۲- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان کاروتنوئید *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

Figure 2- Interaction of ethyl methane sulfonate and gamma ray on carotenoid content of *P. macrostomum*. Means with the same letter are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اتیل متان سولفونات و پرتو گاما و برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ۸۹/۱۹٪) به دست آمد که تفاوت معنی‌دار با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ۸۸/۲۸ و ۸٦/٤۵٪) نداشت و کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ترکیبی ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات با ۱۰۰ گری پرتو گاما (با میانگین ٦۲/٦٤٪) به دست آمد که با تیمارهای ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

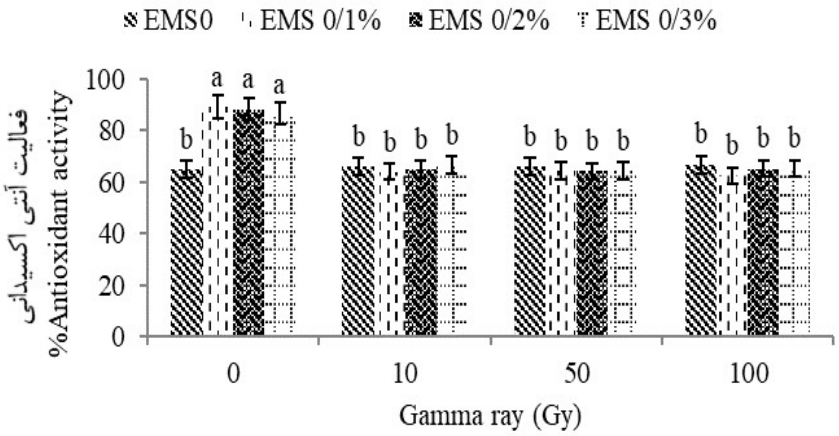
[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]

[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

دارای تفاوت معنی‌دار بود اما با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳).

نتایج به دست آمده از پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که کاربرد پرتو گاما روی گیاه *Amoora rohituka* (Roxb.) Wight & Arn. (Rajurkar & Gaikwad, 2012)، و زیره سبز (Kim *et al.*, 2009) سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده است. گزارش شده است که با پرتودهی، مولکول‌هایی که بر سر راه پرتو قرار گرفته‌اند با پرتو واکنش داده و چندین مولکول برانگیخته‌شده و شماری یون و گونه فعال آزاد بسیار فعال در مسیر پرتو به وجود می‌آید. بنابراین تولید گونه‌های اکسیژنی فعال سبب فعال شدن سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Kovacs & Keresztes, 2002). اما کاربرد آن روی مامیران اثر معنی‌داری نداشته است (Fatemi *et al.*, 2015)، و کاربرد پرتو گاما روی آویشن سیاه، آویشن باغی و مرزه منجر به کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده است (Gumus *et al.*, 2011).



شکل ۳- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

Figure 3- Interaction of ethyl methane sulfonate and Gamma ray on antioxidant activity of *P. macrostomum*. Means with the same letter are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

فلاونوئید

اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان فلاونوئید به‌طور اثرگذاری معنی‌دار بود و بیشترین فلاونوئید کل مربوط به تیمار ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ٦٦٦٦/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) بود و کمترین میزان فلاونوئید کل در تیمار ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ۳۱۵۹/٦ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) بود (شکل ٤).

نتایج به دست آمده از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد پرتو گاما روی گیاهان درمنه کوهی (Jalili *et al.*, 2017)، زیره سیاه (Dadkhah *et al.*, 2009) و گیاه *Centella asiatica* (Urban.) L. (Moghaddam *et al.*, 2011) منجر به

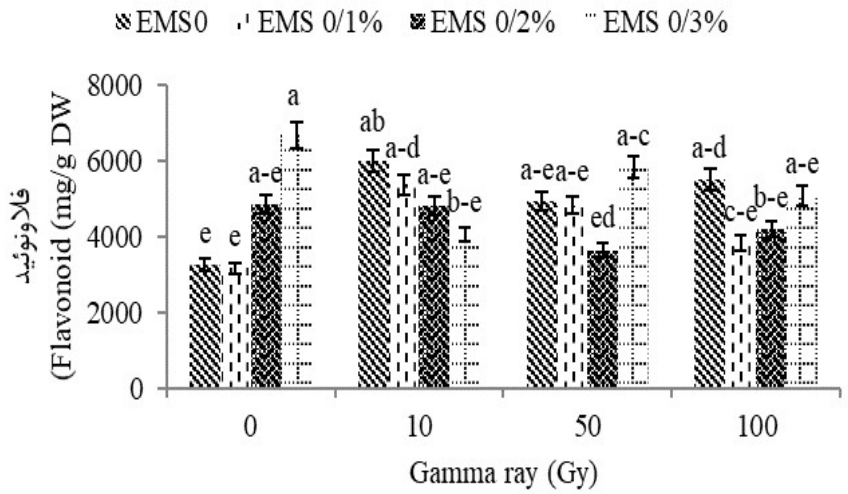
[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]

[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

افزایش فلاونوئیدها شده است. گزارش شده است که فلاونوئیدها از راه پیشگیری از ساخت و شکل‌گیری مالون دی آلدئید منجر به پایداری غشا در نمونه‌های پرتو دیده می‌شوند (Seddik *et al.*, 2010). در واقع افزایش فلاونوئیدها در شرایط تنش‌زا نوعی سازش با شرایط نامساعد محیطی است (Fini *et al.*, 2011). یکی از دلایل افزایش زیست‌ساخت فلاونوئید کل به‌احتمال افزایش مقدار آمینواسید فنیل‌آلانین و همچنین افزایش بیان آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالایز می‌باشد (El-Beltagi *et al.*, 2011). بنابراین به نظر می‌رسد که با پرتودهی به‌عنوان یک پیام محیطی آنزیم DAHP synthase فعال شود و افزایش بیان ژن در پاسخ این تغییرهای محیطی صورت گیرد و در نتیجه منجر به افزایش فعالیت آنزیم کلیدی مسیر زیست‌ساخت فنول‌ها یعنی فنیل‌آلانین‌آمونیالایز شود. نتیجه فعالیت این آنزیم موجب ساخت فلاونوئید بیشتر در پاسخ به پرتودهی می‌باشد (Fini *et al.*, 2011). آنزیم دیگری که در زیست‌ساخت فلاونوئیدها نقش دارد، چالکون سینتیز می‌باشد. به نظر می‌رسد که فعالیت این آنزیم در اثر پرتودهی افزایش‌یافته، در نتیجه باعث افزایش زیست‌ساخت فلاونوئیدها به‌عنوان یک عامل دفاعی می‌شود (Dao *et al.*, 2012).

کاهش فلاونوئیدها می‌تواند به علت کاهش فعالیت آنزیم‌های مهمی مانند فنیل آلانین‌آمونیالایز و چالکون سینتیز باشد و یا شاید به دلیل ایجاد جهش ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی باشد. پرتوها توانایی ایجاد انواع جهش و دیگر تغییرها در یاخته را دارند. بنابراین احتمال ایجاد جهش نامطلوب وجود دارد، زیرا در دُزهای بالا فرصت جهش بسیار افزایش یافته و جهش ایجاد شده باعث کاهش میزان این ترکیب ها شده است (Chung *et al.*, 2006).



پرتو گاما (گری)

شکل ٤- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما روی میزان فلاونوئید *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف (حروف) مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

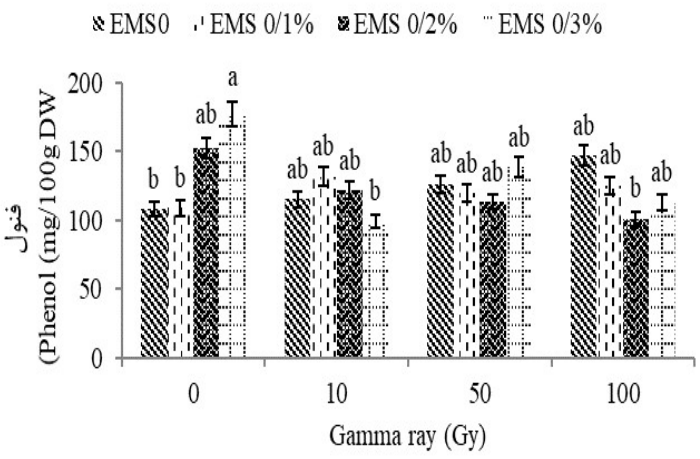
Figure 4- Interaction of ethyl methane sulfonate and gamma ray on flavonoid content of *P. macrostomum*. Means with the same letter(s) are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

فنول

اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان فنول به طور اثرگذاری معنی دار بود و بیشترین فنول مربوط به تیمار ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ۱۷۷/۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) بود و کمترین میزان فنول کل در تیمار ترکیبی ۰/۳٪ اتیل متان سولفونات با ۱۰ گری پرتو گاما (با میانگین ۹۹/۱۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) بود (شکل ۵).

نتایج به دست آمده از پژوهش های دیگر نشان می‌دهد که استفاده از پرتو گاما روی گیاه رُزماری (Koseki *et al.,* 2002)، گیاه *Cymbopogon schoenanthus* L. (Musa *et al.,* 2010)، گیاه *Amoora rohituca* (Rajurkar & Gaikwad, 2012) و زیره سبز (Kim *et al.,* 2009) سبب افزایش ترکیب های فنولی شده است. همچنین گزارش شده است که تنش اکسیداتیو وارد شده توسط پرتو، ساخت ترکیب های فنولی را افزایش می‌دهد. این افزایش می‌تواند به دلایل گوناگونی توجیه شود. به‌احتمال در اثر پرتودهی فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالایز که مسئول ساخت ترکیب های فنولی است و اسیدآمینه فنیل‌آلانین را به سینامیک اسید تبدیل می‌کند، افزایش‌یافته است. بنابراین وجود یک همبستگی مثبت بین دُز پرتو و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالایز سبب افزایش میزان فنول‌ها شده است (El-Beltagi *et al.,* 2011). از سوی دیگر به‌احتمال پرتودهی و فرآیندهای پیاپی اکسیداسیون سبب تجزیه ترکیب‌های فنولی بزرگ‌تر به ترکیب های فنولی محلول با وزن مولکولی کمتر شده است و شاید پرتودهی بتواند سبب تجزیه گلیکوزیدها و آزاد شدن ترکیب های فنولی از اجزای گلیکوزیدی شده باشد (El-Beltagi *et al.,* 2011; Variyar *et al.,* 2004). پرتودهی دارای اثرهای مستقیم و غیرمستقیمی است. رادیولیز آب باعث تولید گونه‌های فعال مانند سوپراکسید، هیدروکسید و پراکسیدهیدروژن می‌شود. به‌احتمال این رادیکال‌ها با شکستن پیوندهای گلیکوزیدی میزان فنول‌ها را افزایش داده است (Lee *et al.,* 2013). کاهش مقدار فنول می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر تولید آن باشد (Gumus *et al.,* 2011).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]



پرتو گاما (گری)

شکل ۵- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما روی میزان فنول *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف (حروف) مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

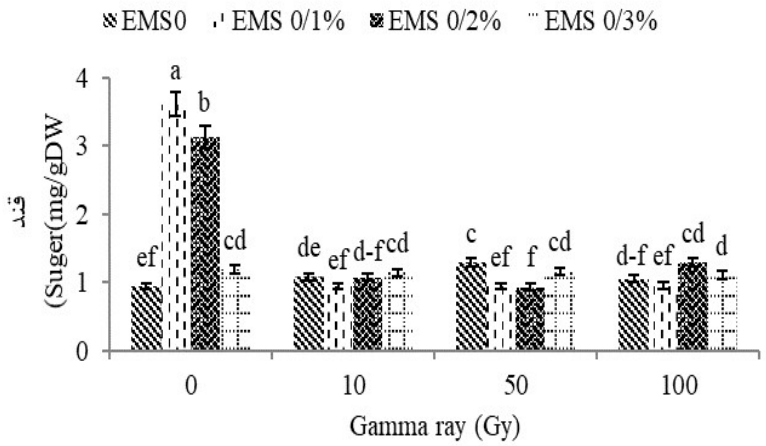
Figure 5- Interaction of ethyl methane sulfonate and gamma ray on phenol content of *P. macrostomum*. Means with the same letter(s) are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

قند

اثر اتیل متان سولفونات و پرتو گاما بر میزان قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری که بیشترین قند در غلظت ۰/۱٪ اتیل متان سولفونات (با میانگین ۳/٦۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) به دست آمد که تفاوت معنی‌دار با دیگر تیمارها داشت و کمترین میزان قند در تیمار ترکیبی ۰/۲٪ اتیل متان سولفونات با ۵۰ گری پرتو گاما (با میانگین ۰/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) به دست آمد (شکل ٦).

افزایش قند در زنبق (Austin, 2005) و گندم (Borzouei *et al.*, 2013) پس ازپرتودهی با پرتو گاما گزارش شده است که در فرایند یونیزاسیون، مولکول‌های آب هیدرولیز می‌شوند و گونه‌های فعال اکسیژن مانند پراکسید هیدروژن، آنیون سوپراکسید و گونه‌های فعال هیدروکسیل در اثر پُلاریزه شدن مولکول‌های آب تولید می‌شوند. با بررسی اثر پرتوهای یونیزه‌کننده بر یاخته‌های گیاه گزارش شده که پرتوها توانایی این را دارند که به‌طور مستقیم با مولکول‌های آب واکنش دهند و آن‌ها را هیدرولیز کنند (Kovacs & Keresztes, 2002). وجود یا نبود اکسیژن در اثر هیدرولیز آب، عاملی اثرگذار در تغییر pH، دما و رقیق‌شدگی ترکیب های محلول یاخته‌ای است (Kovacs & Keresztes, 2002). افزایش قندهای محلول به‌عنوان یکی از اسمولیت‌های سازگار به‌عنوان عامل مهمی در حفظ تعادل اسمزی، ادامه جذب آب، حفظ ساختارهای یاخته‌ای و ترکیب های پروتئینی و آنزیمی می‌تواند اثرگذار باشد. همچنین گزارش شده که گروه‌های هیدروکسیل قندها جایگزین آب غشاها و پروتئین‌ها می‌شود و با آن‌ها پیوندهای هیدروژنی تشکیل داده و از تغییر شکل آن‌ها و به دنبال آن هیدرولیز آب پیشگیری می‌کند (Kafi *et al.*, 2009).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]



شکل ٦- برهمکنش اتیل متان سولفونات و پرتو گاما روی میزان قند *P. macrostomum*. میانگین های دارای حرف (حروف) مشترک تفاوت معنی داری ندارند (آزمون LSD در سطح ۵٪). روی ستون ها خطای استاندارد آورده شده است.

Figure 6- Interaction of ethyl methane sulfonate and gamma ray on sugar content of *P. macrostomum*. Means with the same letter(s) are not significantly different (LSD test at 5% level). Columns are with SE.

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که نتایج این پژوهش نشان داد تیمارهای جهش‌زای اتیل متان سولفونات و پرتو گاما توانستند در ویژگی‌های فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه *P. macrostomum* تغییراتی ایجاد کنند و بستر مناسبی برای گزینش جهش‌یافته‌هایی با ویژگی‌های بهبود یافته فراهم کنند. بنابراین می‌تون نتیجه گرفت که استفاده از جهش برای ایجاد گیاهان مختلف با توانایی های گوناگون فیزیولوژیک و فتوشیمیایی مناسب بوده و می تواند بستر لازم را برای معرفی شقایق با ویژگی‌های زینتی و دارویی بهبود داده شده فراهم کند.

منابع

Abu, J.O., Müller, K., Duodu, K.G., Minnaar, A. (2006). Gamma irradiation of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) flours and pastes: Effects on functional, thermal and molecular properties of isolated proteins. *Food Chemistry, 95*(1), 138-147.

Ahloowalia, B., Maluszynski M., Nichterlein, K. (2004). Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica, 135*(2), 187-204.

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24*(1), 1-15.

Austin C. (2005). Irises. *A Gardener's Encyclopedia*: Timber Press, Inc.

Baytop, T. (1999). *Therapy with Medicinal Plants in Turkey (Past and Present*). Publication of the Istanbul University.

Borzouei, A., Kafi, M., Sayahi, R., Rabiei, E., Sayad, P. (2013). Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gamma radiation. *Pakistan Journal Botany, 45,* 473-477.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology, 28*(1), 25-30.

Broertjes, C. (2012). *Application of Mutation Breeding Methods in the Improvement of Vegetatively Propagated Crops* (Vol. 2): Elsevier.

Chatterjee, A., Shukla, S., Mishra, B.K., Rastogi, A., Singh, S.P. (2012). Induction of variability through mutagenesis in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36*(1), 1-11.

Chung, B., Lee, Y.B., Baek, M.H., Kim, J.H., Wi, S., Kim, J.S. (2006). Effects of low-dose gamma-irradiation on production of shikonin derivatives in callus cultures of *Lithospermum erythrorhizon* S. *Radiation Physics and Chemistry, 75*(9), 1018-1023.

Dadkhah, A., Khalafi, H., Rajaee, R., Allameh, A., Rezaei, M., Seyhoon, M. (2009). Study of the effects of gamma-irradiation on microbial load and efficient extracts of caraway seeds. *Journal of Nuclear Science and Technology,* 27-34.

Dao, T., Linthorst, H., Verpoorte, R. (2011). Chalcone synthase and its functions in plant resistance. *Phytochemistry Reviews, 10*(3), 397.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T., Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry, 28*(3), 350-356.

El-Beltagi, H.S., Ahmed, O.K., El-Desouky, W. (2011). Effect of low doses γ-irradiation on oxidative stress and secondary metabolites production of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) callus culture. *Radiation Physics and Chemistry, 80*(9), 968-976.

Fatemi, F., Asri, Y. Naji, Y. (2015). The effect of gamma irradiation on the biological property of hydroalcoholic extract and essential oils derived from *Chelidonium majus* L. *Journal of Plant Research, 29* (3), 567-577. (In Persian with English abstract).

Fini, A., Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Ferrini, F., Tattini, M. (2011). Stress-induced flavonoid biosynthesis and the antioxidant machinery of plants. *Plant Signaling and Behavior, 6*(5), 709-711.

Fu, H.W., Li, Y.F., Shu, Q.-Y. (2008). A revisit of mutation induction by gamma rays in rice (*Oryza sativa* L.): implications of microsatellite markers for quality control. *Molecular Breeding, 22*(2), 281-288.

Gumus, T., Albayrak, S., Sagdic, O., Arici, M. (2011). Effect of gamma irradiation on total phenolic contents and antioxidant activities of *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris*, and *Thymbra spicata* from Turkey. *International Journal of Food Properties, 14*(4), 830-839.

Jalili, Sh., Ehsanpour, A., Asghari, Gh,R., Abdi, M.R. (2017). Effect of Gamma radiation on physiologic and antioxidant factor on and *Artemisia aucheri* Boiss. *Journal of Plant Research, 29* (4), 741-750 (In Persian with English abstract).

Joz-Ghasemi, S., Rabiei, V. (2016). Detection and Feasibility of Iranian Iris Correction Using Gamma ray. *Breeding Agronomic and Horticultural Crop, 4* (1), 89-75. (In Persian with English abstract).

Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, C. (2009). *Physiology of Environmental Stresses in Plants*. Mashhad University Press Publications. (In Persian).

Khalighi-Sigaroodi, F. Ahvazi, M. Yazdani, D., Kashefi, M. (2012). Cytotoxicity and antioxidant activity of five plant species of Solanaceae family from Iran. *Journal Medicinal Plants, 11*(43), 41-53.

Kharkwal, M., Pandey, R., Pawar, S. (2004). Mutation Breeding for Crop Improvement. In *Plant Breeding*, Springer.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

Kim, D.O., Jeong, S.W., Lee, C.Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry, 81*(3), 321-326 .

Kim, J.H., Shin, M.H., Hwang, Y.J., Srinivasan, P., Kim, J.K., Park, H.J., Lee, J. W. (2009). Role of gamma irradiation on the natural antioxidants in cumin seeds. *Radiation Physics and Chemistry, 78*(2), 153-157 .

Kiong, A.L.P., Lai, A.G., Hussein, S., Harun, A.R. (2008). Physiological responses of Orthosiphon stamineus plantlets to gamma irradiation. *American-Eurasian journal of sustainable agriculture, 2*(2), 135-149 .

Koseki, P.M., Villavicencio, A.L.C., Brito, M.S., Nahme, L.C., Sebastião, K.I., Rela, P.R., Freitas, P.C. (2002). Effects of irradiation in medicinal and eatable herbs. *Radiation Physics and Chemistry, 63*(3-6), 681-684 .

Kovacs, E., Keresztes, A. (2002). Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron, 33*(2), 199-210 .

Lee, M.B., Kim, D.Y., Jeon, W.B., Hong, M.J., Lee, Y.J., Bold, O., Kim, D.S. (2013). Effect of gamma radiation on growth and lignin content in *Brachypodium distachyon*. *Journal of Crop Science and Biotechnology, 16*(2), 105-110 .

Li, L., Staden, J.V., Jäger, A. (1998). Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in seedlings of two maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regulation, 25*(2), 81-87 .

Moghaddam, S.S., Jaafar, H., Ibrahim, R., Rahmat, A., Aziz, M.A., Philip, E. (2011). Effects of acute gamma irradiation on physiological traits and flavonoid accumulation of *Centella asiatica*. *Molecules, 16*(6), 4994-5007.

Musa, H.A.A., Ahmed, E.E., Osman, G., Ali, H., Müller, J. (2010). Microbial load and phytochemicals stability of camel hay (*Cymbopogon schoenanthus* L.) leaves as affected by gamma irradiation. *Agriculture and Biology Journal of North America, 1*(4), 662-670 .

Naderi Shahab, M.A., Mehrpor, Sh., Jebeli, M., Jafari, A.A. (2007). Mutagenesis effects of EMS and UV-C eradiation doses on *Medicago sativa* L. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15*(3), 183-195 (In Persian with English abstract).

Okamura, M., Umemoto, N., Onishi, N. (2012). Breeding glittering carnations by an efficient mutagenesis system. *Plant Biotechnology, 12.0104 a . 29*(3), 1-6).

Patil, B., Rane, G. (2015). Gamma radiation induced chlorophyll mutations in cluster bean *Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub Var. NCB-12. *International Journal of Allied, Practice Research and Review, 2*(2), 75-85 .

Rajurkar, N., Gaikwad, K. (2012). Effect of gamma irradiation on antioxidant activity of *Amoora rohituka*. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 293*(1), 409-413 .

Salehi, F., Khairi, A.S.E., Eskandari, A.S., Satisfaction, M.B. (2015). Effect of gamma irradiation on morphological and phytochemical traits of medicinal plant *Thymus vulgaris* L. *Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants, 3* (3), 21-10. (in Persian)

Sarıyar, G., Mat, A., Ünsal, Ç., Özhatay, N. (2002). Biodiversity in the Alkaloids of 7 Annual *Papaver* species of Turkish origin. *Acta Pharmaceutica Sciencia, 44*(3), 159-168.

Seddik, K., Nadjet, I., Daoud, B.A.H., Lekhmici, A. (2010). Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba* alba Asso. leaves and some phenolic compounds. *Journal of Medicinal Plants Research, 4*(13), 1273-1280 .

Sharifnia, F., Heydarian, S., Salimpour, F. (2010). Biosystematic study of some *Papaver* (Papaveraceae) species from Iran. *The Iranian Journal of Botany,16*(1), 54-68 .

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

Shu, Q.Y., Lagoda, P.J.L. (2007). Mutation techniques for gene discovery and crop improvement. *Molecular Plant Breeding. 2*: 193-195.

Siddiqui, B., Khan, S. (1999). Breeding in crop plants, mutations and in vitro mutation breeding. *Journal of Cytological and Genetical, 34*(1), 75-78.

Sood, S., Jambhulkar, S., Singh, Y., Gupta, N., Sharma, S. (2017). Induced chlorophyll mutations in bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. grossum). *Journal of Applied and Natural Science, 9*(2), 1085-1089 .

Stamo, I., Ylli, A., Dodbiba, A. (2007). Induced mutations for improving production on bread and durum wheat. *Paper presented at the American Institute of Physics Conference Proceedings, 899*(1), 747-747.

Strid, Å., Chow, W., Anderson, J. M. (1990). Effects of supplementary ultraviolet-B radiation on photosynthesis in *Pisum sativum*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics, 1020*(3), 260-268 .

Sujay, R., Kanzaki, H., Matsumura, H., Arunita, R., Fujibe, T., Okuyama, Y., Utsushi, H. (2010). *Use of TILLING for reverse and forward genetics of rice*. The handbook of plant mutation screening: mining of natural and induced alleles, 187-197 .

Tulmann, N., Ando, A., Figueira, A., Latado, R., Dos Santos, P., Correa, L., Ishiy, T. (2011). Genetic improvement of crops by mutation techniques in Brazil. *Plant Mutation Reports, 2*(3), 24-37 .

Variyar, P.S., Limaye, A., Sharma, A. (2004). Radiation-induced enhancement of antioxidant contents of soybean (*Glycine max* Merrill). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(11), 3385-3388.

Wi, S.G., Chung, B.Y., Kim, J.S., Kim, J.H., Baek, M.H., Lee, J.W., Kim, Y.S. (2007). Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. *Micron, 38*(6), 553 - 564.

Yoo, K.M., Lee, C.H., Lee, H., Moon, B., Lee, C.Y. (2008). Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry, 106*(3), 929-936 .

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]

[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]

Flower and Ornamental Plants (2020), 4(2):143-156
Article type: Research article

Effect of ethyl methane sulfonate and gamma ray on physiological and phytochemical characteristics of papaver (*Papaver macrostomum* Boiss. and A. Huet)

Fatemeh Minaei[1], Abolfazl Jowkar[1*], Mehdi Zehtabian[2]

1. Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Nuclear Engineering, School of Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran
ajowkar@shirazu.ac.ir

Abstract

Papaver macrostomum Boiss. and A. Huet is a herbaceous ornamental plant that grows as a wild flower in different areas of Iran. It produces different medicinal compounds. Experiment was conducted to study the effect of ethyl methane sulfonate and gamma ray on physiological and phytochemical characteristics of papaver. The experiment was carried out as a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in greenhouse conditions from 2017-2018. Experimental treatments included ethyl methane sulfonate at four levels (0, 0.1, 0.2 and 0.3%) and Gamma ray at four levels (0, 10, 50 and 100 Gy). Characteristics of chlorophyll, carotenoid, flavonoid, phenol, and sugar content as well as antioxidant activity were measured. The results showed that treatments had a significant effect on the studied factors. Mutation treatments increased the characteristics and the highest amount of chlorophyll, carotenoids, antioxidant activity, and sugar were belonged to the treatment of 0.1% ethyl methane sulfonate and the highest amount of phenol and flavonoid was observed in the treatment of 0.3% ethyl methane sulfonate. Overall, the results showed that the use of mutagenic agents can affect the physiological and phytochemical traits of *P. macrostomum*. However, the mutagenic agent of ethyl methane sulfonate alone was more effective than the other treatments.

Keywords: Chemical mutagens, Mutation induction, Papaver flower, *Papaver macrostomum*, Radiation.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.26765993.1398.4.2.1.7]
[DOI: 10.29252/flowerjournal.4.2.143]