



## ایجاد تنوع ژنتیکی به وسیله تابش پرتو گاما بر روی جوانه‌های نارس بنه زعفران

سیدجلال رستگاری\*<sup>۱</sup>، سیروس ودادی<sup>۱</sup>، سیدمحمود غفاری<sup>۲</sup>

۱- پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج-ایران  
۲- مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران-ایران

**چکیده:** در این طرح پژوهشی از ۵ سطح وزنی ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ گرمی بنه زعفران و پنج سطح ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰ گرمی پرتو گاما استفاده شد. پس از تکمیل اطلاعات سال اول تحقیق، با استفاده از تجزیه واریانس وضعیت بوته‌های سبز شده، طول گلپوشها و طول کلاله‌ها در مورد بنه‌های شاهد و تیمار شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از نظر آماری با انتخاب سطح معنی‌دار، ۵٪ سطوح مختلف وزن پیازها و سطوح مختلف پرتو دهی گاما به بوته‌های سبز شده و طول گلپوشها و کلاله‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند. بررسی کروموزوم‌ها در تقسیم میتوزی انتهای ریشه نشان داد که ناهنجاریهای کروموزومی در تیمارهای مربوط به بنه‌های ۸ و ۱۰ گرمی و در سطح ۷/۵ و ۱۰ گرمی تابش پرتو گاما به وفور دیده می‌شوند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که پرتو تابشی بیش از ۱۰ گرمی باعث توقف جوانه‌زنی در این گیاه می‌شود و بهترین دز پرتو تابشی از ۵ تا ۱۰ گرمی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** زعفران، موتاسیون، پرتو گاما، تنوع ژنتیکی

## Causing Mutagenesis Through the Gamma Rays Upon the Saffron Immature Corm Buds

J. Rastegari\*<sup>1</sup>, S. Vedadi<sup>1</sup>, M. Ghafari<sup>2</sup>

1- Agricultural, Medical and Industrial Research School, Science and Technology Research Institute, AEOL,  
P.O.Box: 31485-498, Karaj-Iran

2- Center Research IBB, Tehran University, Tehran-Iran

**Abstract:** In this research five levels of Saffron Corm weights (6-8-10-12 and 14 grams) and five dose of gamma radiation (0-2.5-5-7.5 and 10 GY) were used. There were 25 treatments with 4 replication. The statistical analysis were conducted on petiole and stigma length on both the irradiated and the controlled. There were no significant difference at 5% level and weight of Saffron Corms and the irradiation does on the petiole and stigma length. The chromosomal studies on the root tip showed the chromosome abnormality in corm weight of 8 and 10 grams and the doses of 7.5 and 10 GY. It can be concluded that irradiation of more than 10 GY will cause abnormality and stops the emergence of Saffron. The best does of irradiation was found to be 5-10 GY.

**Keywords:** Saffron, Mutation, Gamma Ray, Genetic Variation

\*email: jrastegari@nrcam.org

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۶/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۸/۱۴



## ۱- مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L به خانواده زنبقیان<sup>(۱)</sup> تعلق دارد. بیش از ۱۰۰ نوع زعفران در جنس *Crocus* وجود دارد که تنها گونه زراعی محسوب می شود [۱]. کشت زعفران از گذشته های دور، در بسیاری از نقاط فلات مرکزی ایران معمول بوده بطوریکه عده ای از محققان، خواستگاه زعفران را ایالت قدیم ماد می دانند. در عصر هخامنشیان برای ساختن انواع عطرها و روغن های معطر، و همچنین در تهیه نوعی نان از زعفران استفاده می کردند؛ در دوره پارتها نیز یکی از اقلام صادراتی ایران به روم محسوب می شد [۲]. قسمت قابل استفاده زعفران کلاله های آن است که صرف نظر از مصرف ادویه ای به عنوان گیاهی دارویی نیز بکار می رود.

بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت زعفران در ۱۰ سال گذشته زراعی از ۱۲۰۷۷ هکتار به ۳۰۳۷۶ هکتار و تولید سالیانه آن از ۵/۷ تن به ۱۳ تن افزایش یافته است. اما میزان عملکرد در هکتار از ۴/۸ به ۴/۳ کیلوگرم تقلیل یافته است. زراعت زعفران در طی سال های اخیر از مرزهای خراسان جنوبی (منطقه ای که قبلاً قهستان نامیده می شد) گذشته و در استان های تهران، سمنان، فارس، کرمان، مرکزی و یزد نیز کشت می شود. با توجه به اینکه ۶۰٪ تولید جهانی زعفران مربوط به کشور ایران است، هر کوششی که میزان تولید این گیاه را افزایش دهد کمک ارزشمند به مردم جنوب خراسان و سایر زعفران کاران کشور است. زعفران ایران علاوه بر اینکه از نظر کمی درصد بالایی از تولید جهانی را تشکیل می دهد از لحاظ کیفی نیز از مرغوبیت زیادی برخوردار است. کیفیت مطلوب زعفران ایران باعث شده است که بعضی از کشورها از جمله اسپانیا زعفران ایران را بصورت فله خریداری کرده و پس از بسته بندی مناسب، به نام خود به بازارهای بین المللی عرضه کند [۳].

عملکرد زعفران تحت شرایط مناسب و حاصل خیزی خاک سالیانه در کشور اسپانیا ۱۵ کیلوگرم، هند در شرایط آبی ۹ کیلوگرم، در شرایط دیم ۲ تا ۳ کیلوگرم، در ایران به طور متوسط ۵/۴ کیلوگرم و در منطقه Clyde در نیوزیلند تحت شرایط خاص از ۱۸/۲ تا ۲۴/۳ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است [۴].

جهش سوماتیکی یک تغییر ژنتیکی است که به وسیله مواد جهش زا در یک یاخته یا مجموعه ای از یاخته های یک بافت اتفاق می افتد و اگر در مراحل اولیه تقسیم یاخته ای از بین نرود ممکن است در یاخته های نسل آینده هم بروز کند [۵]. استفاده از مواد جهش زا فیزیکی و شیمیایی میزان جهش های سوماتیکی را تا چندین برابر افزایش می دهد. استفاده از این مواد به عنوان یک روش مناسب برای تولید تغییرات جزئی بدون برهم زدن کل ژنوم گیاه به کار می آید [۶]. Ghaffari در مطالعات خود به این نتیجه رسیده که زعفران در مرحله میوز و متافاز گامت هائی را ایجاد می کند که ممکن است بین ۱۶-۸ کروموزوم داشته باشند چنین وضعیتی موجب می شود، عده ای از یاخته ها دارای کروموزوم های نامتعادل باشند. با توجه به اتوتریپلوئید بودن زعفران و عدم ایجاد بذر، امکان تلقیح زعفران مزروعی با سایر زعفرانها منتفی است [۷]. اتوتریپلوئید بودن زعفران نه تنها موجب عقیمی این گیاه می شود بلکه عامل بازدارنده ای در مقابل به نژادی زعفران نیز محسوب می گردد. در تحقیق حاضر با استفاده از تابش پرتو گاما به منظور ایجاد تغییرات مطلوب در کیفیت و کمیت محصول بنه های زعفران، از تابش ذرات مختلف گاما استفاده شد. پس از گل دهی گیاه، تغییرات مشاهده شده با روشهای آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- تلقاء مونتاسیون

بنه های زعفران به مقدار کافی به منظور انتخاب وزن های مختلف از بیرجند تهیه و به کرج منتقل گردید. در این تحقیق از پنج سطح وزنی بنه (عامل A) بر حسب گرم شامل:  $A_1=6$  گرم،  $A_2=8$  گرم،  $A_3=10$  گرم،  $A_4=12$  گرم و  $A_5=14$  گرم و پنج سطح پرتو گاما (عامل B) بر حسب گری شامل:  $B_1=0$  گری،  $B_2=2/5$  گری،  $B_3=5$  گری،  $B_4=7/5$  گری و  $B_5=10$  گری استفاده شد (ذرات ۱۲ و ۱۴ گری به علت عدم جوانه زنی بنه ها از آزمایش حذف شدند). با این ترتیب، جمعاً ۲۵ تیمار در چهار تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. طبق رویه معمول قبل از پرتو دهی، می بایست رطوبت نمونه گیاهی به حدود ۱۳ درصد برسد تا شرایط مناسب برای پرتوگیری از چشمه  $Co^{60}$  فراهم شود. زیرا در صورت بالا بودن مقدار رطوبت، عمل یونیزاسیون آب شدت پیدا کرده و رادیکال های آزاد حاصل باعث

نداشتند. اختلاف مختصر بین میانگین‌ها مربوط به عوامل تصادفی بود (جدول ۲). رضانی فاکتور موثر بر عملکرد را وزن زیاد بنه‌ها دانسته است [۸]. Rees و Negbi نیز کشت بنه‌های بزرگ را دلیل گلدهی بیشتر و افزایش تولید زعفران دانسته‌اند [۹ و ۱۰].

### ۳-۲ بررسی اثرهای پرتوگاما بر کروموزوم‌ها

بررسی کروموزوم‌ها در تقسیم میتوزی انتهای ریشه نشان داد که ناهنجاری‌های کروموزومی در تیمارهای مربوط به بنه‌های ۸ و ۱۰ گرمی و در سطح ۷/۵ و ۱۰ گری تابش پرتو گاما به وفور دیده می‌شوند. این ناهنجاری‌ها در مرحله متافاز میتوز به صورت کروموزوم‌های حلقوی<sup>(۲)</sup> و قطعات کروموزومی<sup>(۳)</sup> قابل مشاهده بودند (شکل‌های ۲ و ۳). همچنین در مرحله آنافاز پل‌های کروماتیدی<sup>(۴)</sup> از یک تا ۵ عدد مشاهده شد به طوری که میزان پل‌ها با کاهش میزان پرتوتابی کاهش پیدا می‌کرد. همچنین تعداد پل‌های کروماتیدی نسبت معکوس با وزن بنه‌ها داشت، به طوری که بنه‌های درشت‌تر دارای پل‌های کروماتیدی کمتری نسبت به بنه‌های ریز بودند. نظر به این که مشاهده پل‌های کروماتیدی در ذره‌های ۲/۵ و ۵ گری پرتو گاما، و در گیاهان شاهد (شکل ۱) بسیار کم بود از ذکر آمار آنها خودداری شده است.

### ۴- بحث

موتاسیون‌ها تغییرات ناگهانی ارثی هستند که اساس تنوع ژنتیکی و ماده خام تکامل را بوجود می‌آورند. وظیفه اصلاحگر تشخیص و استفاده از آنها در اصلاح نباتات است. اگر چه به طور کلی وفور نسبی موتاسیون‌ها اندک است، لیکن بطور دائم موتاسیون اتفاق می‌افتد و تراکم بعضی از آنها در جامعه



شکل ۱- نمونه شاهد.

آسیب‌های کروموزومی می‌گردند. نظر به اینکه رطوبت بنه‌های زعفران بین ۱۸ تا ۲۰ درصد بود، عمل رطوبت‌دهی صورت نگرفت و بنه‌های تهیه شده پس از تمیز کردن، به وسیله چشمه  $Co^{60}$  در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی در معرض تابش گاما قرار گرفتند.

پس از آماده‌سازی زمین و پرتوتابی، بنه‌ها با فاصله  $40 \times 40$  سانتی‌متر در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع کاشته شدند. بعد از آبیاری و سایر مراقبت‌های لازم، در فصل گل‌دهی (از اول مهر ماه تا آخر آبان ماه) آمار برداری از تیمارهای مختلف به منظور مشاهده و مطالعه تغییرات حاصل و مقایسه با بنه‌های شاهد صورت گرفت.

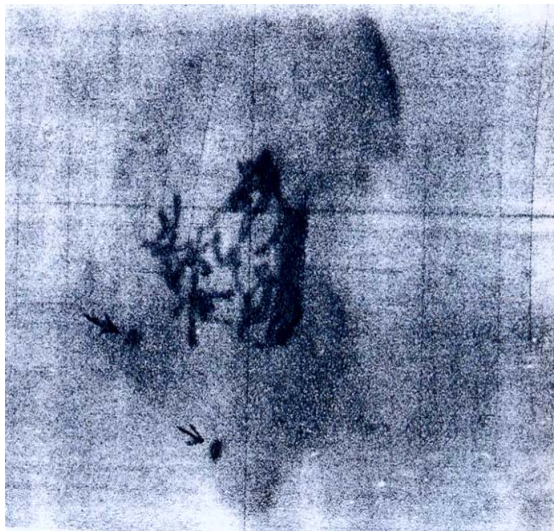
### ۲-۲ مطالعات سیتوژنتیکی

به منظور بررسی اثرهای پرتو گاما بر ساختار و تعداد کروموزوم‌ها، تعدادی از این بنه‌های تیمار شده به آزمایشگاه سیتوژنتیک منتقل گردید. ریشه‌های حاصل از این بنه‌ها پس از پیش تیمار با کلشیسین ۰/۱ در صد به مدت ۳ ساعت، در فیکساتور کارنوی (۳ قسمت الکل اتیلیک و یک قسمت اسیداسیتیک) به مدت ۲۴ ساعت تثبیت شدند. سپس با استفاده از رنگ فولگن و استوکارمن، کروموزوم‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند.

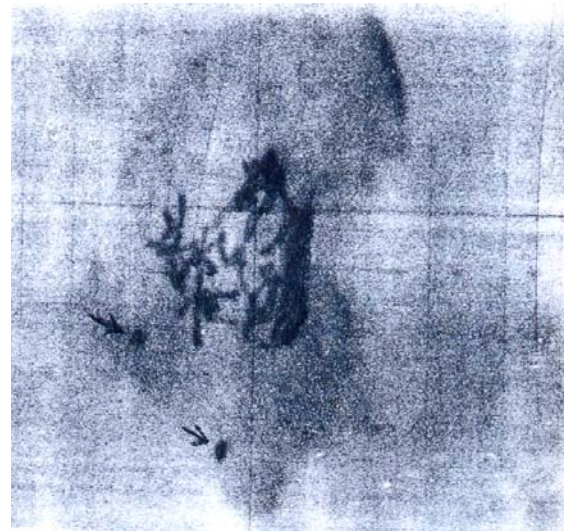
### ۳- مشاهدات و نتایج

#### ۳-۱ بررسی اثرهای پرتوگاما بر طول گلپوش‌ها، کلاله‌ها و تعداد بوته‌های سبز شده

پس از کشت تیمارها (۲۵ تیمار در چهار تکرار)، همچنین کشت بنه‌های شاهد (بنه‌های بدون تیمار با اشعه گاما)، تعداد بنه‌های سبز شده شمارش و آماربرداری شدند. سپس به هنگام گلدهی، طول گلپوش و کلاله‌های هر ردیف به طور جداگانه اندازه‌گیری و از روی آنها میانگین طول گلپوش‌ها و کلاله‌ها حساب شد (جدول ۱). پس از تکمیل اطلاعات با استفاده از تجزیه واریانس وضعیت بوته‌های سبز شده، طول گلپوش‌ها و طول کلاله‌ها در مورد بنه‌های شاهد و تیمار شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از نظر آماری با انتخاب سطح معنی دار ۵٪ سطوح مختلف وزن بنه‌ها و سطوح مختلف پرتودهی گاما در بوته‌های سبز شده و طول گلپوش و کلاله‌ها تأثیر معنی‌داری



شکل ۳- مرحله پروفاز میتوز، حلقه‌های کوچک کروموزومی.



شکل ۲- مرحله متافاز میتوز قطعات کروموزومی.

جدول ۱- میانگین طول گل پوشها، کلاله‌ها و بنه‌های سبز شده.

میانگین طول کاله	میانگین طول گلپوش	بوته‌های سبز شده	پیازهای کشت شده	تعداد بوته‌های سبز شده			
				تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار چهارم
۲/۸۶	۳/۷۶	۱۲۳	۲۰۰	۶۱	۸۰	۴۶	۲۴
۲/۹	۳/۸۱	۹۸	۱۶۴	۶۲	۷۹	۴۷	۰
۳/۱۷	۳/۸۹	۱۸۹	۲۰۰	۶۵	۷۸	۴۸	۴۹
۲/۹۳	۳/۷۶	۱۶۶	۲۰۰	۶۳	۷۷	۴۹	۴۵
۲/۹۳	۳/۸	۱۴۳	۱۵۹	۶۴	۷۶	۵۰	۴۳
۳/۰۲	۳/۹۵	۱۴۱	۲۰۰	۷۱	۸۶	۴۳	۲۶
۲/۹۶	۳/۹۳	۲۰۰	۲۰۰	۷۲	۹۰	۴۲	۵۰
۳/۲۲	۳/۷۵	۱۳۷	۲۰۰	۷۵	۸۹	۴۱	۱۱
۲/۹۶	۳/۸۳	۱۵۰	۲۰۰	۷۴	۸۸	۴۵	۵۰
۲/۹۶	۳/۷۲	۹۳	۱۵۸	۷۵	۸۷	۴۴	۴۰
۲/۹۷	۳/۷۹	۸۹	۲۰۰	۶۹	۹۸	۳۸	۱۲
۳/۱۷	۳/۹۱	۱۶۹	۲۰۰	۶۸	۹۹	۴۰	۴۷
۳/۰۱	۳/۷۸	۱۴۲	۲۰۰	۷۰	۱۰۰	۳۶	۰
۳/۰۳	۳/۸	۱۰۴	۲۰۰	۶۷	۹۷	۳۷	۲۶
۳/۰۱	۳/۸۳	۱۹۳	۲۰۰	۶۶	۹۶	۳۹	۴۸
۲/۸۴	۳/۷۱	۱۴۸	۲۰۰	۵۴	۹۲	۳۱	۲۶
۲/۸۸	۳/۷۵	۱۰۰	۲۰۰	۵۱	۹۳	۳۵	۵۰
۳/۰۱	۳/۸۹	۱۹۴	۲۰۰	۵۳	۹۱	۳۱	۴۹
۲/۸۸	۳/۶۷	۱۴۰	۲۰۰	۵۲	۹۵	۳۴	۴۵
۲/۷۳	۳/۷۳	۱۶۲	۶۰	۵۵	۹۴	۳۲	۲۵
۲/۹۱	۳/۷۶	۱۲۴	۲۰۰	۵۸	۸۱	۲۸	۴۵
۲/۹۰	۳/۷۶	۱۶۳	۲۰۰	۶۰	۸۲	۲۷	۳۸
۲/۹۱	۳/۸۸	۱۶۴	۲۰۰	۵۹	۸۳	۲۶	۲۵
۲/۹۴	۳/۸۹	۱۶۸	۲۰۰	۵۶	۸۴	۲۹	۴۹
۳/۰۶	۳/۷۸	۱۱۸	۱۵۰	۵۷	۸۵	۳۰	۰



جدول ۲- جدول تجزیه واریانس طول کلاله‌ها، طول گلپوش‌ها و بوته‌های سبز شده.

منابع Source of variation	میانگین مربعات طول گلپوش‌ها	میانگین مربعات طول کلاله‌ها	میانگین مربعات بوته‌های سبز شده
A(عامل وزن)	0.191 <sup>ns</sup>	0.087 <sup>ns</sup>	18 <sup>ns</sup>
B(عامل اشعه)	0.386 <sup>ns</sup>	0.513 <sup>ns</sup>	258 <sup>ns</sup>
اثرهای متقابل	0.694 <sup>ns</sup>	0.494 <sup>ns</sup>	334 <sup>ns</sup>
خطا	0.589	75	205

ns: غیر معنی دار

جدول ۳- میزان پل‌های کروماتیدی در ارتباط با اثر پرتو روی بنه‌ها در مرحله آنافاز میتوز.

درصد سلول‌های واجد پل‌های کروماتیدی	تعداد پل‌های کروماتیدی (B) در مرحله آنافاز سلولهای آنالیز شده						میزان پرتو و وزن بنه
	۵B	۴B	۳B	۲B	۱B	۰B	
۳۵/۷۱	-	۸	۱۰	۱۳	۱۹	۹۰	۱۰ گری، ۱۴ گرم
۴۳/۳۰	۳	۵	۹	۱۷	۲۱	۷۲	۱۰ گری، ۱۲ گرم
۵۲/۰۰	۲	۳	۱۰	۱۹	۲۹	۵۷	۱۰ گری، ۱۰ گرم
۶۲/۱۶	۴	۴	۱۲	۱۷	۳۲	۴۲	۱۰ گری، ۶ گرم
۶۴/۷۰	۳	۷	۱۷	۲۲	۲۸	۴۲	۷/۵ گری، ۱۴ گرم
۲۴/۱۳	۱	۱	۲	۴	۶	۴۴	۷/۵ گری، ۱۲ گرم
۲۵/۷۵	۲	-	۳	۳	۹	۴۹	۷/۵ گری، ۱۰ گرم
۳۰/۲۰	-	۱	۵	۱۰	۱۳	۶۷	۷/۵ گری، ۸ گرم
۳۲/۸۹	-	۲	۳	۹	۱۱	۵۱	۷/۵ گری، ۸ گرم
۳۲/۹۴	۲	۶	۷	۵	۸	۵۷	۱۰ گری، ۶ گرم

می‌گیرد و پس از برخورد با ماده وراثتی تغییراتی در آن ایجاد می‌کند. در زعفران نیز از پرتو پر قدرت گاما استفاده شده است [۱۰].

اثر پرتوتابی گاما به شدت‌های ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ گری بر سطح پیازها به وزنهای مختلف، تاثیر یکسانی بر این صفت داشت، ولی در دز ۱۰ گری باعث کاهش در این صفت در سطح ۵٪ شده است. آستانه تحمل زعفران به دز پرتو گاما، در این تخمین ۷/۵ گری بود و افزایش میزان دز باعث ایجاد ناهنجاریهای کروموزومی گردید. بیشترین ناهنجاریهای کروموزومی در دز ۱۰ گری مشاهده شد. اعمال دزهای بیش از ۱۰ گری سبب شد که هیچگونه جوانه‌زنی و سبز شدن بوته‌ها را

سبب تنوع در گیاهان اهلی و وحشی می‌شود. موتاسیون ممکن است در سطح ژن یا قطعه‌ای از کروموزوم و یا در یک یا چند کروموزوم و حتی در مجموعه‌ای از ژنوم‌ها به وجود آید. بطور کلی هدف از ایجاد موتاسیون‌های مصنوعی به وسیله تابشهای یونیزه کننده، تغییر یک یا چند ژن نزدیک به هم می‌باشد. با شناخت عوامل موتاسیون‌زا اصلاحگران نباتات نسبت به تولید فرمهای موتانت اقدام کرده‌اند.

به علت اتوتریپلوئید و عقیم بودن زعفران، تنوع ذخائر گیاهی در آن کم است. برای افزایش تنوع آن می‌توان از موتاژن‌های فیزیکی (پرتو گاما) استفاده کرد. منبع ایجاد اشعه گاما کبالت ۶۰ است. نفوذ اشعه گاما درون بافت‌های گیاهی به سهولت صورت



## References:

1. م.ر. بهنیا، "زراعت زعفران"، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۷۰).
2. ب. صادقی و م. رضوی. "اثر کودهای شیمیایی و حیوانی بر تولید برگ پیاز و بوی زعفران"، خلاصه مقالات دومین گردهمایی زعفران و زراعت گیاهان دارویی (گناباد). صفحه ۵۷ (۱۳۷۳).
3. ت. امیر، "زعفران طلای سرخ ایران"، نشر آیندگان (۱۳۸۰).
4. J.A. Mc Gimpsey and M.H. Douglas. "Evaluation of saffron (*Crocus sativus*) Production in New Zealand", New Zealand journal of crop and Horticultural Science. 25: 158-168 (1997).
5. ع. استیلائی، "بررسی مسایل مربوط به تولید دانه در زعفران و ایجاد ارقام جدید به کمک موتاسیون"، پژوهنده. علوم پایه. شماره ۲۱: ۲۷۲-۲۴۲ (۱۳۵۷).
6. ز. آقا محمدی، "بررسی تولید مثل غیرجنسی، ایجاد گوناگونی به کمک عوامل جهش‌زا، همچنین مطالعه عمیقی زعفران به کمک اندازه‌گیری درصد دانه رنگ‌پذیر و رویش مستقیم دانه گرده در رابطه با جفت شدن کروموزومها در میوز"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. دانشکده علوم (۱۳۵۵).
7. S.M. Ghaffari, "Assessment of variability in saffron (*Crocus sativus* L)," Plant systematics and Evolution. 128: 1-2.89-103 (2004).
8. ا. رمضانی، "بررسی اثر وزن پیاز روی عملکرد زعفران در اقلیم‌نیشابور"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۹).
9. A.r. Rees. "Saffron-an expensive plant product," Plants man. 9: 4, 210-217 (1988).
10. M. Negbi, B. Dagan, A. Dror, "Growth flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron (*Crocus sativus* L)," Israel Journal of botany. 38: 95-113 (1989).

در پی نداشته باشد. به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی باید دزهای پرتو گامای کمتر از ۱۰ گری را بکار برد. در سال اول، بیشتر روی ناهنجاریهای کروموزومی گیاه زعفران مطالعه شد و به منظور حصول اطمینان از ایجاد موتاسیون باید در سالهای بعد نتایج حاصل حداقل تا نسل چهارم مورد مطالعه قرار گیرد.

## پی‌نوشت‌ها:

۱- Iridaceae

۲- Ring Chromosome

۳- Fragment Chromosome

۴- Chromatid Bridge