

## بررسی تاثیرات پرتوتابی با پرتو گاما بر ویژگی‌های رشدی فرم غیر جنسی قارچ *Hypocrea lixii*

غزل سپهری<sup>۱</sup>، شیده موجرلو<sup>۲</sup>، حامد عسکری<sup>۱</sup>، مرضیه حیدریه<sup>۱</sup>، سمیرا شهبازی<sup>۱\*</sup>

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۱. پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، صندوق پستی ۳۱۴۶۵/۱۴۹۸، تهران - ایران

۲. استادیار گروه باغبانی و گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

\*نویسنده مسئول: سمیرا شهبازی، استادیار گروه گیاهپزشکی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، کرج،

ایران. صندوق پستی ۳۱۴۶۵/۱۴۹۸.

پست الکترونیکی: samira.shahbazi.aei@gmail.com

**چکیده:** ویژگی‌های ریخت‌شناسی فاز غیر جنسی قارچ‌ها شامل شکل پرگنه، رنگ پرگنه، زمان جوانه‌زنی و ابعاد اسپور و سرعت رشد شعاعی میسلیمی در قارچ *Hypocrea lixii* - به عنوان یک جنس آسکومیستی مطرح در تولید انواع متابولیت‌های مفید در صنایع وابسته به کشاورزی - گام اول در بهینه‌سازی انواع فرمانتورهای مایع و تولیدات بستر جامد از این قارچ می‌باشد. ضرورت دسترسی به منابع ژنتیکی مختلف برای توسعه انواع متابولیت‌های مفید قارچی همواره وجود داشته، و استفاده از روش القای جهش با پرتوتابی گاما یکی از راهکارهای موفق در ایجاد تنوع ژنتیکی در میکروارگانیسم هاست. با توجه به تعیین دامنه دز مورد نیاز برای القای جهش در عوامل قارچی غیر جنسی منتسب به جنس *Hypocrea lixii* در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج، این مقاله به منظور بررسی تاثیرات دامنه دز القای جهش بر ویژگی‌های رشدی مرحله غیر جنسی پرکاربردترین جنس آسکومیستی در کشاورزی ارگانیک انجام شده است. نتایج حاصل نشان داد تاثیر القای جهش در ویژگی‌های مورد مطالعه به میزان ۱۰۰٪ در تعداد اسپور، ۳۳٪ ابعاد اسپور، ۷۷٪ رشد شعاعی، ۴۴٪ مدت زمان جوانه‌زنی مطلوب بوده است.

**کلیدواژه‌ها:** پرتو گاما، جهش، ویژگی‌های ریخت‌شناسی، *Trichoderma lixii*.

## Investigation of gamma radiation effects on growth characteristics of *Hypocrea lixii* of asexual stage

Ghazal Sepehri<sup>1,2</sup>, Shideh Mojerlou<sup>2</sup>, Hamed Askari<sup>1</sup>, Marzieh Heydarieh<sup>1</sup>, Samira Shahbazi<sup>1\*</sup>

1,2 Department of Plant Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

1. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Atomic Energy Organization of Iran (AEOD), Alborz, Iran

2. Department of Horticulture and Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

**Abstract:** Morphological features of asexual phase of fungi including colony shape, colony color, germination time and spore dimensions and mycelia radial growth rate in *Hypocrea lixii* -as useful ascomycete genus in producing various metabolites in agricultural industries is the first step in optimization of various types of liquid fermenters and solid bed products of this fungus. The necessity of access to different genetic resources in order to develop a variety of beneficial fungal metabolites has always existed, and the use of gamma-ray-induced mutation induction is one of the most successful strategies for genetic diversity in microorganisms. Considering the dose range required for mutation induction in asexual fungal agents attributed to the genus *Hypocrea lixii* in Karaj Nuclear Research Institute, here we investigate the effects of dose range of mutation induction on growth characteristics of the asexual stage of the most widely used ascomycetes in organic agriculture. The results showed that induction of mutation had 100% effect on the number of spores, 33% on the dimensions of the spores, 77% on the radial growth, and 44% on the optimal germination time.

**Keywords:** Gamma ray, Mutation, Morphological features, *Trichoderma lixii*,

Email: Samira.shahbazi.aei@gmail.com

## ۱. مقدمه

قارچ‌ها گروه بزرگی از میکروارگانیسم‌ها هستند که کاربرد آن‌ها در زمینه‌های پزشکی، تولید غذا، کنترل آلودگی و کشاورزی و... می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های اساسی آن‌ها، قارچ‌ها یک مدل خاص برای تحقیقات ژنتیکی را نشان می‌دهند [۱-۲]. چرخه زندگی آن‌ها در دو فاز جنسی و غیرجنسی قرار دارد، و هریک از این دو فاز دارای خصوصیات بیولوژیک کاملاً متفاوتی هستند. اما غالباً کاربرد قارچ‌ها در صنایع مختلف در فاز غیرجنسی آنها صورت می‌گیرد، زیرا برای توسعه فرمانتورها ثبات ژنتیکی موجود زنده ضروری است و عدم بروز تفرق ژنتیکی ناشی از تولید مثل جنسی از طریق بررسی ریخت‌شناسی مرحله غیرجنسی قابل اثبات می‌باشد [۳]. *Trichoderma* مرحله غیرجنسی آسکومیست ریشه‌ای به نام *Hypocrea lixii* می‌باشد که در صنایع غذایی و تولید آفت‌کش‌های بیولوژیک در جهان سالهاست که به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمانتورهایی که با استفاده از مرحله غیرجنسی برای تولید انواع ترکیبات بیولوژیک استفاده می‌شوند (مثلاً تولید آنزیم‌های سلولازی، کیتینازی و پکتینازی از تریکودرما در خوراک دام و طیور یا صنایع نانوبی و آبمیوه‌سازی و...) همگی از جهش‌یافته‌هایی با قدرت تولید آنزیم بالاتر تریکودرما (برای افزایش کارایی فرمانتور) در فرآیند تولید خود استفاده می‌کنند [۴-۵]. لذا انجام مطالعاتی در مورد تاثیرات پرتودهی با پرتو گاما بر شاخص‌هایی مانند جوانه‌زنی، تولید اسپور و سرعت رشد ریشه‌ای گام اول برای طراحی فرمانتورهایی جهت تولید انواع ترکیبات بیولوژیک از قارچ‌های ریشه‌ای در فاز غیرجنسی است و کاربردهای زیادی در صنایع مختلف دارند [۶]. با توجه به دانش فنی موجود در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای در خصوص القای جهش در فاز غیرجنسی قارچ تریکودرما [۶]، که منبع غنی از انواع متابولیت‌های مهم در صنایع است (آنزیم‌های کیتیناز، پکتیناز، سلولاز، زایلاناز و همی سلولاز و...) و فاقد هر گونه ژنوم بیماری‌زا و دارای ایمنی زیستی بالایی برای انسان و دام و گیاهان است [۷]، هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیرات القای جهش در ژنوم فاز غیرجنسی *Hypocrea lixii* در *Trichoderma lixii* گونه بومی ایران است و برای این منظور تاثیر پرتوتابی با پرتو گاما بر تعدادی از خصوصیات ریخت‌شناسی و ژنتیکی مهم در تولید انبوه این قارچ بررسی شده است.

## ۲. مواد و روش

در این مطالعه جدایه آناگونیست *Trichoderma lixii* از کلکسیون قارچ گروه گیاهپزشکی-پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

### ۲-۱. پرتوتابی و خالص‌سازی جدایه‌های جهش یافته

القای جهش مطابق روش مرادی و همکاران [۶] انجام گرفت. بدین منظور، اسپورها از سطح کشت‌های ۵ روزه جدایه تریکودرما روی محیط کشت PDA که در دمای ۲۸ درجه سلسیوس نگهداری می‌شدند، با استفاده از محلول سیلین شسته شدند و به منظور انجام پرتوتابی سوسپانسیون آن‌ها در جمعیت  $1 \times 10^6$  Spore/ml تنظیم گردید. پرتوتابی با استفاده از دستگاه گاماسل با چشمه کبالت ۶۰ - اکتیویته مستقر در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج (پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای - سازمان انرژی اتمی ایران) با دز بهینه ۲۵۰ گری [۶] انجام گرفت. برای جداسازی اسپورهای جهش‌یافته با بکارگیری روش سریال رقت، سوسپانسیون اسپور با رقت‌های  $10^{-1}$ ،  $10^{-2}$ ،  $10^{-3}$ ،  $10^{-4}$  و  $10^{-5}$  از نمونه سوسپانسیون اسپور جدایه پرتوتابی شده تهیه و به صورت تکرار سه‌تایی از رقت‌های  $10^{-3}$ ،  $10^{-4}$ ،  $10^{-5}$  و  $10^{-6}$  روی محیط کشت PDA به صورت سطحی کشت شد و به مدت ۱۶ ساعت در دمای  $28^\circ\text{C}$  نگهداری شد. در مرحله بعد با استفاده از میکروسکوپ نوری (بزرگنمایی 40X) اسپورهای جوانه‌زده شناسایی، از سطح پلیت جداسازی و به محیط کشت تازه PDA منتقل شدند و در شرایط دمایی قبل بهبه مدت ۵ روز نگهداری شدند. سپس اسپورهای هر یک از گونه‌ها با استفاده از محلول سیلین استریل از سطح پلیت‌های کشت شده شسته و جمع‌آوری شدند و در پایان جمعیت اسپورها به میزان  $1 \times 10^4$  اسپور/ میلی لیتر تنظیم گردید و در داخل فالكون‌های مخصوص استریل قرار داده شد.

## ۲-۲. بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی جهش یافته‌های منتخب

### ۲-۲-۱. اندازه‌گیری اولین زمان جوانه‌زنی اسپور

بدین منظور برای هر یک از جدایه‌ها میزان  $0/5$  میلی‌متر از سوسپانسیون اسپور (جمع‌آوری شده با  $4$  میلی‌متر سیلین برای هر پلیت) به  $4/5$  میلی‌متر از محیط TCM اضافه گردید و در پلیت استریل به صورت یکنواخت پخش شد و در دستگاه شیکر-انکوبار با سرعت  $50$  دور در دقیقه و دمای  $25^{\circ}\text{C}$  قرار گرفت. هر یک ساعت یک بار  $100$  میکرولیتر از محیط را به همراه یک قطره از رنگ کاتن بلو در لام  $96$  خانه ترکیب نموده و در نهایت مقداری از محصول نهایی روی لام، زیر میکروسکوپ بررسی شد. بدین ترتیب روند جوانه‌زنی اسپورها در هر یک از جدایه‌ها در  $6$  ساعت اول مورد بررسی قرار گرفت.

### ۲-۲-۲. اندازه‌گیری ابعاد و تعداد اسپور تولید شده در واحد حجم (میلی لیتر)

برای سنجش ابعاد اسپور، اندازه طول و عرض اسپورها حداقل در  $5$  تکرار از هر جدایه با میکروسکوپ نوری و بزرگنمایی  $40X$  به کمک نرم افزار DinoCapture2 اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی تعداد اسپورهای موجود در هر یک از جدایه‌ها، سطح پلیت‌های کشت شده با استفاده از محلول سیلین استریل شسته و جمع‌آوری شد، به نسبت  $1:10$  رقیق و جمعیت اسپورها با استفاده از لام هماسیتومتر شمارش شد.

### ۲-۲-۳. بررسی ریخت‌شناسی (شکل و رنگ پرگنه) و اندازه‌گیری سرعت رشد شعاعی ریشه روی محیط کشت PDA در جدایه‌های جهش یافته و والد

منظور ارزیابی سرعت رشد ریشه قرص آگار به قطر  $5$  میلی‌متر از کشت تازه جدایه‌های جهش یافته قارچ *Trichoderma. lixii* به پتری‌دیش حاوی محیط کشت PDA منتقل و در دمای  $28^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند. سرعت رشد ریشه (mm/day) به وسیله کولیس دیجیتال مدل رایدر پرو در فواصل  $24$  ساعت به مدت سه روز ( $72$  ساعت) اندازه‌گیری شد. مقایسه شکل و رنگ پرگنه (سطح رویی و پشت پلیت) در جدایه‌های جهش یافته نیز انجام شد.

### ۲-۲-۴. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین نتایج حاصل از آزمایش‌ها به روش دانکن در سطح آماری  $0/05$  به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در  $3$  تکرار انجام گرفت.

## ۳. نتیجه‌گیری

پرتودهی با پرتو گاما روش موثری در ایجاد تنوع برگشت‌ناپذیر در قارچ‌هاست [۸] در مرحله غیرجنسی *Hypocrea lixii* القای جهش در دز  $250$  گری باعث ایجاد تنوع برگشت‌ناپذیر در ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ژنتیکی شد. با بررسی تعدادی از ویژگی‌های مهم ریخت‌شناسی موثر در انتخاب میکروارگانیسم موفق در تولید انبوه متابولیت‌های مفید و تهیه بستر جامد، به نتایج بدست آمده در این مطالعه پرداخته شد.

### بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ژنتیکی

از میان  $45$  جدایه جهش یافته تک اسپور شده از قارچ تریکودرما، تعداد  $10$  جدایه در این مطالعه بر اساس ثبات صفات ریخت‌شناسی انتخاب و در اینجا ارائه شد. این  $10$  جدایه طیف تنوع مختلفی نسبت به جدایه شاهد نشان دادند (جدول ۱).

### ۳-۱. ارزیابی ابعاد و میزان اسپور تولید شده در واحد حجم

با توجه به تفاوت ابعاد اسپور در جهش‌یافته‌های فاز غیرجنسی *Hypocrea lixii* نسبت به جدایه شاهد جدول ۱، جدایه‌های NAS-LM15، NAS-LM14 و NAS-LM13 به ترتیب بزرگترین اسپور را دارا می‌باشند. نتایج نشان داد که از نظر تنوع در ابعاد اسپور، القای جهش در اثر پرتودهی با پرتو گاما موجب بروز تغییرات معنی دار در ابعاد اسپور شده است. با توجه به اینکه افزایش ابعاد اسپور در فاز غیرجنسی مترادف با افزایش ذخیره غذایی اسپور و احتمال تولید پرگنه‌های فعال قارچی می‌باشد، القای جهش با استفاده از روش پرتوتابی با پرتو گاما در افزایش این شاخص ریخت‌شناسی تاثیر مطلوب داشته است (شکل ۱).

جدول ۱- مقایسه خصوصیات ریخت‌شناسی جدایه‌های جهش‌یافته گونه *Trichoderma. lixii*

رنگ پرگنه	شکل پرگنه	اولین ساعت جوانه زنی (ساعت)	سرعت رشد شعاعی (۲۴ ساعت) (میلی متر)	ابعاد اسپور (μm)		تعداد اسپور (×10 <sup>4</sup> ) Spore/ml	جدایه
				طول	عرض		
سفید	سبز تیره	۴ ± ۰/۲۰ <sup>c</sup>	۷/۸۲ ± ۰/۱۴ <sup>de</sup>	۳/۵۲ ± ۰/۳۴ <sup>ab</sup>	۳/۱۷ ± ۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۵/۵۵ ± ۰/۱۰ <sup>e</sup>	<i>T. lixii</i>
کرمی	سبز کم رنگ	۵ ± ۰/۲۵ <sup>b</sup>	۷/۸۸ ± ۰/۲۴ <sup>de</sup>	۳/۲۴ ± ۰/۲۳ <sup>b</sup>	۲/۹۸ ± ۰/۲۳ <sup>b</sup>	۵/۹۶ ± ۰/۰۴ <sup>bcd</sup>	NAS-LM8
کهربایی	سبز-زرد	۴ ± ۰/۲۰ <sup>c</sup>	۹/۳۴ ± ۰/۵۴ <sup>b</sup>	۳/۱۳ ± ۰/۲۱ <sup>b</sup>	۲/۸۸ ± ۰/۱۱ <sup>b</sup>	۶/۰۷ ± ۰/۰۵ <sup>b</sup>	NAS-LM9
کهربایی	سبز	۲ ± ۰/۱۰ <sup>e</sup>	۸/۵۷ ± ۰/۳۱ <sup>c</sup>	۳/۷۰ ± ۰/۳۹ <sup>a</sup>	۳/۵۵ ± ۰/۳۳ <sup>a</sup>	۶/۲۰ ± ۰/۰۳ <sup>a</sup>	NAS-LM13
کهربایی	سبز	۶ ± ۰/۳۰ <sup>a</sup>	۹/۵۵ ± ۰/۷۰ <sup>b</sup>	۳/۸۰ ± ۰/۲۱ <sup>a</sup>	۳/۵۵ ± ۰/۳۳ <sup>a</sup>	۵/۹۰ ± ۰/۰۷ <sup>d</sup>	NAS-LM14
کهربایی	سبز	۵ ± ۰/۲۵ <sup>b</sup>	۷/۹۸ ± ۰/۳۸ <sup>de</sup>	۳/۸۷ ± ۰/۴۸ <sup>a</sup>	۳/۵۵ ± ۰/۳۳ <sup>a</sup>	۶/۰۶ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>	NAS-LM15
کهربایی	سبز	۱ ± ۰/۰۵ <sup>f</sup>	۸/۲۲ ± ۰/۳۳ <sup>cd</sup>	۳/۲۹ ± ۰/۲۲ <sup>b</sup>	۳/۰۸ ± ۰/۳۶ <sup>b</sup>	۶/۰۳ ± ۰/۱۳ <sup>bc</sup>	NAS-LM33
کرمی	سبز کم رنگ	۶ ± ۰/۳۰ <sup>a</sup>	۷/۴۲ ± ۰/۲۷ <sup>ef</sup>	۳/۲۹ ± ۰/۱۱ <sup>b</sup>	۳/۱۳ ± ۰/۲۱ <sup>b</sup>	۵/۹۴ ± ۰/۰۶ <sup>cd</sup>	NAS-LM38
کهربایی	سبز	۳ ± ۰/۱۵ <sup>d</sup>	۶/۸۹ ± ۰/۳۲ <sup>f</sup>	۳/۴۸ ± ۰/۲۹ <sup>ab</sup>	۳/۱۹ ± ۰/۲۹ <sup>ab</sup>	۶/۰۱ ± ۰/۰۵ <sup>bcd</sup>	NAS-LM40
قهوه ای	سبز کم رنگ	۲ ± ۰/۱۰ <sup>e</sup>	۱۳/۲۳ ± ۰/۱۶ <sup>a</sup>	۳/۲۴ ± ۰/۱۲ <sup>b</sup>	۳/۰۳ ± ۰/۱۱ <sup>b</sup>	۶/۲۰ ± ۰/۰۱ <sup>a</sup>	NAS-LM44

یکی دیگر از خصوصیات ریخت‌شناسی موثر در ارتقای تولیدات بستر جامد، میزان تولید اسپور در جدایه می‌باشد، که نتایج جدول ۱ نشان داد القای جهش در بهبود این شاخص نتیجه مثبت داشته است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین تعداد اسپور در جدایه NAS-LM13 و پس از آن جدایه NAS-LM44 تولید شد.



شکل ۱. مقایسه گونه شاهد با سایر جدایه‌ها بجهش‌یافته از نظر ابعاد اسپور. الف: گونه شاهد (مادری)، ب: جدایه NAS-LM15، موتاسیون مثبت، ج: جدایه NAS-LM9، موتاسیون منفی، د: جدایه NAS-LM40، موتاسیون تقریباً بی اثر.

### ۳-۲. ویژگی‌های ریخت‌شناسی و سرعت رشد شعاعی ریشه روی محیط کشت PDA

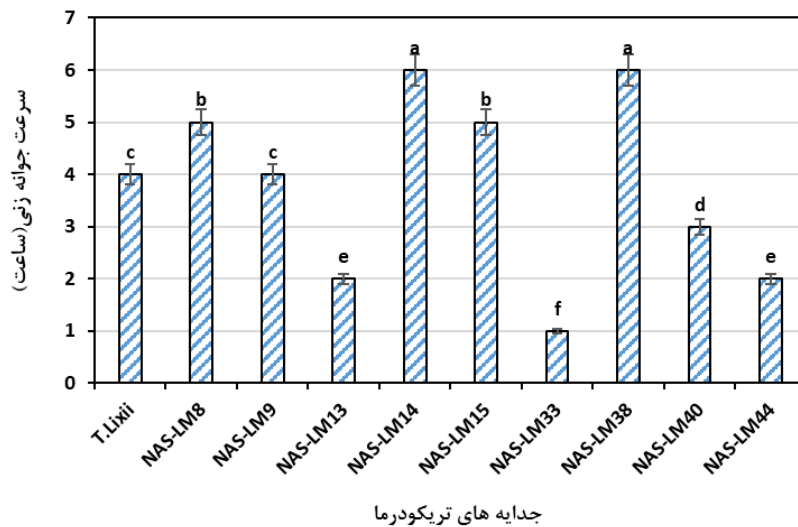
از ویژگی‌های موثر در تولیدات بستر جامد، مقایسه میانگین سرعت رشد شعاعی در محیط کشت PDA است. در بین جدایه‌های جهش‌یافته و شاهد نسبت به سایر جدایه‌ها، در جدول ۱ جدایه NAS-LM44 و NAS-LM14 به ترتیب رشد شعاعی بیشتر و جدایه NAS-LM40 کمترین رشد را داشته است. از بین ۴۵ جدایه جهش‌یافته، جدایه‌های جهش‌یافته به نسبت جدایه مادری شامل طیف رنگی (سبز کم رنگ - سبز - سبز تیره - نارنجی - سبز مایل به زرد) بوده است. همچنین از نظر شکل پرگنه تغییر نسبت به جدایه مادری در طیف (چمنی - گلبرگی - پنبه‌ای و ابری) مشاهده شد (جدول ۱، شکل ۲).



شکل ۲. ویژگی‌های ریخت‌شناسی جدایه‌های جهش‌یافته. الف: جدایه شاهد (مادری) پرگنه چمنی - سبز تیره، ب: جدایه NAS- پرگنه گلبرگی - نارنجی، ج: جدایه NAS-LM24 پرگنه چمنی - سبز

### ۳-۳. ارزیابی اولین ساعت جوانه‌زنی جوانه‌زنی اسپور

مقایسه اولین ساعت جوانه‌زنی همانطور که در جدول ۱ و شکل ۳ آمده است، جدایه‌ها را در چند گروه مختلف قرار داد. بر اساس نتایج، پرتودهی ۴۴٪ موجب اثر مطلوب بوده است. و سرعت جوانه زنی نسبت به شاهد به ترتیب در جدایه های NAS-LM33، NAS-LM40، NAS-LM44، LM13 سریع تر انجام گرفت.



شکل ۳. مقایسه سرعت جوانه‌زنی جدایه شاهد و جهش‌یافته روی محیط TCM.

### ۴. نتیجه گیری

تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص پرتوتابی قارچ‌ها با اشعه گاما صورت گرفته است. با توجه به این که اشعه گاما بسیار پر انرژی و دارای قدرت نفوذ بالایی می‌باشد، پرتوتابی با اشعه گاما روش موثری در ایجاد تنوع برگشت ناپذیر در قارچ‌ها می‌باشد بدین منظور از این ویژگی برای اصلاح موجودات به کار گرفته می‌شود. قارچ تریکودرما به عنوان یک کنترل کننده بیماری‌های گیاهی و گاه تقویت کننده رشد و همچنین به منظور تولیدات بستر جامد و متابولیت‌های مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه استفاده از پرتو گاما در جهت بهبود ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ژنتیکی و تولید متابولیت‌های موثر و تولیدات بستر جامد به کار گرفته شد. در نتیجه در بین جدایه‌های مورد بررسی تفاوت‌هایی در کلیه خصوصیات ریخت‌شناسی وجود داشت. دز بهینه القای جهش بر روی جدایه‌ها نشان داد که در دامنه دز ۲۵۰ گری ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ژنتیکی از جمله (جوانه‌زنی، تعداد و ابعاد اسپور، رشد شعاعی ریشه و شکل و رنگ پرگنه) تغییر

یافته‌است. سرعت رشد شعاعی یکی از فاکتورهای مهم در تولیدات بستر جامد می‌باشد، که در جدایه NAS-LM15 به نسبت سایر جدایه‌های منتخب بالاتر بوده و در مجموع ۴۵ جدایه القای جهش در جدایه‌های جهش‌یافته افزایش رشد ۴۸/۸ درصدی نسبت به جدایه شاهد نشان داده‌است. همچنین تاثیر القای جهش در ویژگی‌های مورد مطالعه با توجه به ۱۰ جدایه منتخب به میزان، ۱۰۰٪ در تعداد اسپور، ۳۳٪ ابعاد اسپور، ۷۷٪ رشد شعاعی، ۴۴٪ مدت زمان جوانه زنی مطلوب بوده است. در نهایت پرتو گاما به‌عنوان ابزاری ساده و کارآمد جهت برنامه‌های اصلاحی سویه‌های میکروبی به‌عنوان افزایش‌دهنده متابولیت‌های مفید به‌کار گرفته می‌شود.

#### منابع

1. A. Moretti and S. Sarrocco, Fungi, Encyclopedia of Food and Health. (Academic Press, 2016), pp. 162-168.
2. A. Roustaei, Plant pathology and plant diseases, 3rd ed. (University Jihad, Tehran Branch, 2015) (In Persian).
3. Liu, J., & Yang, J. Cellulase production by *Trichoderma koningii* AS3. 4262 in solid-state fermentation using lignocellulosic waste from the vinegar industry. *Food Technology and Biotechnology*, **45**(4), 420 (2007).
4. K. Bagheri *et al* .enzyme production enhancement in *Trichoderma viride* by Gamma induced mutation, *Nova Biologica Reperta*. 4 (4) 329(2018). (In Persian).
5. E. Mohammadi and M. Zabihi, S. Shahbazi, H. Ahri Mostafavi, H. Askari, R. Moradi, S. M. Mir Majlisi, M.A. Ebrahimi, in: (18<sup>th</sup> I N C),623-628(Radiation Application Research School, Yazd,22-23february,2012). (In Persian).
6. R. Moradi *et al*. Investigation of Gamma radiation effects on morphological and antagonistic characteristics of *Trichoderma harzianum* ,*J. of Nucl Sci. and Tech*. 71. 96(2015) . (In Persian).
7. S. Shahbazi *et al*. Enhancement in chitinase gene of *Trichoderma harzianum* by induced mutation with gamma radiation , *Crop Biotechnology*. 3(5).33( 2014). (In Persian).
8. S. Shahbazi *et al*. Detoxification of fusarium Deoxynivalenol Deoxynivalenol using Glucosyl-transferase. The First National Conference on Sustainable Agriculture, Azad University. 1 (2011). (In Persian).