نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نهم، شماره ۲(۳۴)، تابستان ۱۳۹۴، صفحه ۲۳۰-۲۱۵

تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی حاصل از پرتوتابی با اشعه گاما در رقم کایزر

داود حسن‌پناه[1*]، مسعود رحیمی[2] و سیروس ودادی[2]

چکیده

این پژوهش به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی حاصل از پرتوتابی با اشعه گاما در رقم کایزر برای برخی صفات کمّی و رنگ گوشت غده، در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی هسته‌ای کرج، شرکت بهپرور سبلان اردبیل و ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ اجرا گردید. پس از پرتوتابی گیاهچه‌ها با دز ۲۵ گری اشعه گاما، سه نسل در محیط MS واکشت گردیده و سپس به گلخانه انتقال داده شدند. تعداد ۳۰۰۰ گیاهچه در گلدان‌های پلاستیکی ۱۰×۱۰ سانتی‌متر محتوی پیت‌ماس میکسکار و پوکه معدنی به نسبت ۱:۱ در گلخانه کشت شدند. از ۳۰۰۰ گیاهچه پرتوتابی شده، تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ با ۱۴۲۴ عدد مینی‌تیوبر به وزن ۴۸۲۱/۷ گرم با شدت گزینش ۵/۸ درصد انتخاب گردیدند. میانگین تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته به‌ترتیب برابر ۸/۱۴ عدد و ۲۷/۵۵ گرم و در شاهد ۴ عدد و ۱۷/۴۰ گرم بودند. در سال ۱۳۹۲، ژنوتیپ‌های انتخابی به همراه شاهد (ارقام کایزر و آگریا) براساس طرح آماری آگمنت کشت و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. عملکرد غده در والد (رقم کایزر) ۲۷/۴۲ تن در هکتار و در ژنوتیپ‌ها بین ۶۰-۳ تن در هکتار، تعداد و وزن غده در بوته در والد، ۵۵۵ گرم و ۶ عدد و در ژنوتیپ‌ها ۱۲۰۰-۶۰ گرم و ۲۸-۲ عدد مشاهده شدند. صفات عملکرد غده، تعداد و وزن غده در بوته، متوسط وزن غده و تعداد ساقه اصلی در بوته دارای تنوع بالایی بودند. در تجزیه عامل‌ها، ۳ عامل مستقل از هم مجموعاً ۸۳/۰۷ درصد از تنوع را توجیه نمودند. عامل اول، عملکرد و اجزای آن (صفات عملکرد غده، تعداد و وزن غده در بوته)، عامل دوم، یکنواختی غده (صفت متوسط وزن غده) و عامل سوم، ساختار بوته (صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته) نام‌گذاری شدند. ژنوتیپ‌های انتخابی (به تعداد ۴۶ ژنوتیپ) دارای عملکرد غده بالا، تعداد و وزن غده در بوته بیشتر، غده‌های یکنواخت، عمق چشم سطحی و رنگ پوست و گوشت غده زرد تا زرد تیره بودند.

واژگان کلیدی: پرتوتابی، تجزیه عامل‌ها، تنوع ژنتیکی، *Solanum tuberosum*.

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) D.Hassanpanah@spii.ir

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده تحقیقات کشاورزی هسته‌ای کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۶

مقدمه

یکی از روش‌های ایجاد موتاسیون در چند دهه اخیر پرتوتابی است. در این روش سعی می‌شود صفتی مطلوب بدون تغییر در سایر صفات گیاه ایجاد شود (Ahloowalia, 1982). ترکیب روش‌های مختلف کشت بافت (نظیر ریزازدیادی) با پرتوتابی برای ایجاد تغییرات ژنتیکی در جهت افزایش کیفیت گیاهان رویشی توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی پیشنهاد گردیده است (Ahloowalia, 1990). از جمله موتاژن‌های فیزیکی برای ایجاد تغییرات ژنتیکی (جهش) اشعه گاما می‌باشد. منابع اشعه گاما، کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ است. در گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (Anonymous, 2001) دز مطلوب اشعه گاما برای گیاهچه‌های سیب‌زمینی تتراپلوئید ۲۰ گری، برای گیاه منوپلوئید ۸-۶ گری، برای گیاهچه‌های سیب‌زمینی شیرین ۲۵-۲۰ گری و برای کالوس سیب‌زمینی شیرین ۵ گری تعیین شده است. مطالعات نشان داده‌اند که پرتوتابی با اشعه گاما در افزایش میزان نشاسته (Anonymous, 2001; Shin *et al.*, 2011)، میزان قند محلول، میزان کربوهیدرات‌ها و مقاومت به بیماری‌ها (Wang *et al.*, 2007)، صفات رنگ پوست و گوشت (Ahloowalia, 1982)، مقاومت به بیماری فیتوفترا (Gosal *et al.*, 2001; Anonymous, 2001; Haverkort and Bicamumpaka, 1986) و افزایش تحمل به شوری (Saif-Ur-Rasheed *et al.*, 2001; Sharabash, 2001) و گرما (Gosal *et al.*, 2001; Anonymous, 2001) در سیب‌زمینی موثر بوده است. سانق و کانگ (Song and Kang, 2003) گزارش کردند پرتوتابی در گیاهان مختلف زراعی و زینتی موفق می‌باشد. همچنین گزارش شده است که پرتوتابی با اشعه گاما باعث ایجاد تنوع ژنتیکی جدید می‌شود (Schum, 2003 ; Wang *et al.*, 2007). شاراباش (Sharabash, 2001) با بررسی دزهای مختلف اشعه گاما (۰، ۲۰ و ۴۰ گری در ۲۷/۷ rad/sec) به منظور ایجاد تنوع برای تحمل به شوری در گیاهچه‌های رقم دیامانت در شرایط درون شیشه‌ای با اضافه کردن ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام کلرید سدیم، نتیجه گرفت که تعداد میکروتیوبر در دز ۲۰ گری بیشتر از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود. نامبرده، همچنین گزارش کرد استفاده از پرتوتابی در محیط درون‌شیشه‌ای باعث افزایش تنوع ژنتیکی برای تحمل به شوری در گیاه سیب‌زمینی می‌شود. چتان و همکاران (Chetan *et al.*, 2007) با بررسی تاثیر دزهای مختلف اشعه گاما (۳۰ تا ۱۲۰ گری) بر افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی بافت سیب‌زمینی نتیجه گرفتند که با افزایش دز، نفوذپذیری دیواره سلولی کاهش می‌یابد. آنها گزارش کردند در صورت پیش تیمار کردن با کلسیم، میزان خسارت بافت در اثر اشعه کاهش نشان می‌دهد. شین و همکاران (Shin *et al.*, 2011) با بررسی تاثیر دزهای مختلف اشعه گاما (شامل ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۲۰ گری) بر میزان نشاسته و قند آمیلوز سیب‌زمینی شیرین گزارش کردند که در دز ۵۰ گری بیشترین میزان نشاسته و قند آمیلوز تولید شد. کیخاآخر و همکاران (Keykha Akhar *et al.*, 2011) به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به سرما با استفاده از اشعه گاما در دزهای مختلف (۶۰، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ گری) نتیجه گرفتند با افزایش دز اشعه، درصد زنده ماندن بیش از ۵۰ درصد و تحمل به سرما افزایش می‌یابد. آنها همچنین گزارش کردند که پرتوتابی در ایجاد تنوع ژنتیکی برای تحمل به سرما در لاین‌های نخود مناسب می‌باشد. وان‌اینکورت و همکاران (van Enckevort *et al.*, 2001) با بررسی سیب‌زمینی‌های دیپلوئید و منوپلوئید در شرایط درون‌شیشه‌ای پرتوتاپی با دزهای

مختلف اشعه گاما (صفر تا ۱۶ گری) نتیجه گرفتند که دز مطلوب بین ۸-۴ گری می‌باشد. در این آزمایش تعداد ۵۸۲ گیاه مقاوم انتخاب شد. لوکو و آموتی (Lokko and Amoatey, 2001) برای ایجاد تنوع ژنتیکی در آناناس در شرایط درون‌شیشه‌ای با استفاده از پرتوتابی با اشعه گاما در ۴۵ گری، تعداد ۲۵۰۰ گیاه تولید نمودند که اکثرا آناناس‌های بزرگ بودند. مجید و همکاران (Majid *et al.*, 2001) با استفاده از پرتوتابی در دزهای مختلف ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گری با اشعه گاما برای مقاومت به بیماری پوسیدگی ریشه نیشکر، تعداد ۲۹۵۴ گیاه تولید کردند که تعداد ۳۷ گیاه مقاوم و تعداد ۱۵۱ گیاه نیمه مقاوم بودند. شیف یور راشد و همکاران (Saif-Ur-Rasheed *et al.*, 2001) با بررسی گیاه سیب‌زمینی در دزهای ۵، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گری اشعه گاما در شرایط درون‌شیشه‌ای برای تحمل به شوری نتیجه گرفتند که دز بیشتر از ۲۰ گری برای گیاهچه‌های سیب‌زمینی کشنده می‌باشد. گوسال و همکاران (Gosal *et al.*, 2001) با بررسی گیاهچه‌های سیب‌زمینی ارقام کوفری جیوتی[۱] و کوفری چاندراموخی[۲] در شرایط درون‌شیشه‌ای با دزهای ۲۰ و ۴۰ گری اشعه گاما برای تحمل به بیماری فیتوفترا نتیجه گرفتند در دز ۴۰ گری، رقم کوفری جیوتی ۳۶ درصد و رقم کوفری چاندراموخی ۴۲ درصد به بیماری فیتوفترا مقاومت بیشتری نشان دادند. همچنین، این مواد برای تحمل به گرما نیز بررسی شد و نتایج نشان داد که مواد به‌دست آمده برای گرما تحمل نشان می‌دهند.

موسی‌پور گرجی و همکاران (Mousapour Gorji *et al.*, 2009) با استفاده از پرتوتابی با اشعه گاما در دزهای مختلف (۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ گری) در دو رقم سیب‌زمینی کنبک[۳] و بانبا[۴] به منظور بهبود صفت رنگ گوشت غده، نتیجه گرفتند دزهای مناسب ۲۰ و ۲۵ گری می‌باشد. در سال ۱۳۹۰ تعداد ۱۰۰۰ گیاهچه پرتوتابی شده از هر رقم در گلخانه پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج کشت و پس از ارزیابی حدود ۲۰۰۰ مینی‌تیوبر از هر رقم (جمعا ۴۰۰۰ مینی‌تیوبر) انتخاب گردید. در بین مینی‌تیوبرهای انتخابی تنوع رنگ پوست و گوشت وجود داشت. راست بوربانک[۵] (بوربانک حنایی) از جمله ارقامی می‌باشد که در سال ۱۸۹۰ در آمریکا از طریق موتاسیون تولید شده و در حال حاضر ۴۰ الی ۴۵ درصد سطح زیرکشت سیب‌زمینی در آمریکا را به خود اختصاص داده است.

اهلووالیا (Ahloowalia, 1990) در طی اجرای آزمایش‌هایی جهت بررسی امکان القای جهش ژنتیکی در چهار رقم سیب‌زمینی رکورد، پینک، کرد و ردکاردکار به تغییر در رنگ پوست، رنگ چشم، عمق چشم، کیفیت بافت و شکل غده دست یافت. سونهانو آنکرا و لوکاردی (Sonnhno Ancra and Locardi, 1985) با پرتوتابی بر روی قلمه‌های تک‌جوانه دزیره به تغییراتی بر روی موتانت‌های حاصله دست یافت که مهم‌ترین آنها عبارت از اندازه غده، شکل برگ، رنگ برگ، رنگ و شکل ساقه، رنگ پوست غده، رنگ گوشت و بافت غده بوده است. کیم و همکاران (Kim *et al.*, 1993) میزان وراثت‌پذیری شاخص سطح برگ، تعداد گره، ارتفاع گیاه، تعداد برگچه، طول ساقه، مقدار ماده خشک و اندازه غده را بیش از ۷۰ درصد گزارش کردند. لین (Lin, 1983) گزارش کرد که میزان وراثت‌پذیری وزن ماده خشک بیش از ۶۵ درصد می‌باشد. زینگ و همکاران (Zheng *et al.*,

۱- Kufri Jyoti
۲- Kufri Chandramukhi
۳- Kennebec
۴- Banba
۵- Russet Burbank

1985) بیان داشتند که رنگ قرمز پوست بر رنگ سفید غالب است و رنگ زرد گوشت دارای بالاترین میزان وراثت‌پذیری می‌باشد. زرد بودن رنگ گوشت سیب‌زمینی یکی از فاکتورهای تأثیرگذار برای انتخاب و معرفی ارقام در داخل کشور می‌باشد. صفات کیفی از جمله رنگ گوشت توسط معدود ژن کنترل می‌شوند و امکان اصلاح آنها به مراتب بیشتر از صفات کمّی می‌باشد و از طرفی صفات کیفی مذکور حایز اهمیت هستند. براساس نتایج آزمایش‌های سال‌های قبل، رقم کایزر پر محصول و متحمل به تنش کم آبی ولی رنگ گوشت غده سفید متمایل به رنگ زرد می‌باشد (Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007). با تغییر رنگ سفید گوشت غده به رنگ زرد (مورد پسند بازار) این رقم در اثر پرتوتابی، می‌توان باعث افزایش سطح زیرکشت آن و کمک به تولید داخل و در نهایت باعث افزایش سطح درآمد زارعین شد.

در برنامه‌های به‌نژادی، گزینش بر اساس تعداد زیادی صفت زراعی انجام می‌شود که ممکن است بین آنها همبستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد، بنابراین روش‌های تجزیه و تحلیل آماری که تعداد صفات مؤثر در عملکرد را کاهش دهند برای اصلاح‌گران با ارزش هستند (Johnson and Wichern, 1988). تجزیه به عامل‌ها یک روش آماری مؤثر در کاهش حجم داده‌ها و نتیجه‌گیری از داده‌هایی است که همبستگی بالایی را بین متغیرهای اولیه نشان می‌دهند (Moghadam *et al.*, 1994). وتیلاینین و همکاران (Vetelainen *et al.*, 2005) با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۲ رقم سیب‌زمینی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، گزارش کردند که در مؤلفه اول صفات میزان رنگ و توزیع رنگدانه‌ها در بافت‌ها و در مؤلفه دوم صفات مربوط به اندازه و شکل غده و گل دارای اهمیت بیشتری بودند. بارتوس و همکاران (Bartos *et al.*, 1984) با بررسی اثر متغیرهای اکولوژیکی بر محصول سیب‌زمینی گزارش کردند که عامل اول بیانگر رابطه بین خاک و عملکرد (۵۹/۸۰ درصد)، عامل دوم نشان دهنده تأثیر کیفیت خاک (۲۶/۴۰ درصد) و عامل سوم نقش مؤثر کود نیتروژن (۱۳/۸۰ درصد) می‌باشند. شارما و چودهاری (Sharma and Choudhary, 1985) با بررسی ۴۰ ژنوتیپ سیب‌زمینی نتیجه گرفتند عامل اول اندازه و وزن میوه و دانه، عامل دوم تعداد میوه و دانه و عامل سوم تعداد میوه در ساقه می‌باشد. طاهری طریق و همکاران (Taheri Tarigh *et al.*, 2007) با بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مهم کمّی و کیفی در ۲۸۵ کلون با منشا آمریکای جنوبی از مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی از طریق تجزیه عامل‌ها گزارش کردند که سه عامل اول ۶۰/۲۰ درصد از تغییرات را تبیین می‌کند که در ارتباط با فرم بوته و اجزا عملکرد بوده است. ربیعی و همکاران (Rabiei *et al.*, 2008) با انجام تجزیه عامل‌ها بر روی ارقام سیب‌زمینی، دو عامل مهم که عامل اول سطح برگ و عامل دوم وضعیت ساختاری بود، را تعیین نمودند.

هدف از این پژوهش، بررسی تنوع ژنتیکی برای برخی صفات کمّی و رنگ گوشت غده در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی حاصل از پرتوتابی با اشعه گاما در رقم کایزر با استفاده از تجزیه عامل‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ایجاد تنوع ژنتیکی به روش پرتوتابی و اصلاح رنگ گوشت غده رقم کایزر، در آزمایشگاه پژوهشکده تحقیقات کشاورزی هسته‌ای کرج، آزمایشگاه و گلخانه شرکت تعاونی بهپرور سبلان اردبیل و مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ اجرا گردید. در اسفند ماه سال ۱۳۹۰ جهت به‌دست آوردن گیاهچه‌های سالم، ابتدا غده‌های سیب‌زمینی سوپرالیت رقم کایزر را در شرایط تاریکی و رطوبت بالا

قرار داده تا جوانه‌ها رشد نمایند. در مرحله بعد، از مریستم جوانه‌ها برای تهیه گیاهچه سالم در محیط کشت استفاده شد. پس از تکثیر گیاهچه‌های سالم رقم کایزر به تعداد ۳۰۰۰ گیاهچه، با دز ۲۵ گری اشعه گاما مورد پرتوتابی قرار گرفتند (Anonymous, 2001 ; Sharabash, 2001 ; Mousapour Gorji *et al.*, 2009). پس از سه نسل واکشت در محیط MS، به گلخانه انتقال داده شدند. در سال ۱۳۹۱، گیاهچه‌های تولید شده در آزمایشگاه، در گلخانه در گلدان‌های پلاستیکی ۱۰×۱۰ سانتی‌متر محتوی پیت‌ماس میکسکار و پوکه معدنی به نسبت ۱:۱ کشت شدند. در جدول ۱ مشخصات والد جمعیت پرتوتابی شده نشان داده شده است. در طی مراحل رشد، عملیات آبیاری به طور منظم انجام گرفت. برای مبارزه با آفات از سم کنفیدور به مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر در ۱۰۰ مترمربع و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش مانکوزب به مقدار ۱۰ گرم در ۱۰۰ مترمربع استفاده شد.

شرایط رشد محیطی در کلیه مراحل تحقیق در گلخانه با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۲-۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵-۶۵ درصد بود. اندام‌های هوایی ۱۰ روز قبل از برداشت مینی‌تیوبرها سربرداری شدند. پس از سپری شدن ۹۰ روز، کلیه مینی‌تیوبرها برداشت شدند. بعد از برداشت صفات شکل ظاهری غده، عمق چشم، تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، متوسط وزن مینی‌تیوبر، تعداد و وزن مینی‌تیوبرهای بزرگ‌تر از ۵ گرم، بین ۵-۲ گرم و کوچک‌تر از ۲ گرم در بوته و یکنواختی مینی‌تیوبرها اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد. در سال ۱۳۹۲، تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ انتخابی با ۱۴۲۴ مینی‌تیوبر، در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل کشت شدند. با توجه به تعداد غده، هر ژنوتیپ در یک ردیف به طول ۴-۳ متر با تراکم ۷۵×۲۵ سانتی‌متر و در ۶ بلوک بر اساس طرح آماری آگمنت[1] با دو رقم کایزر و آگریا به عنوان شاهد کشت و مورد بررسی قرار گرفتند. در ابتدا و انتهای هر بلوک یک ردیف رقم آگریا به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بر اساس آزمون خاک، کودهای سولفات پتاسیم در یک نوبت به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، فسفات آمونیوم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت و اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت مصرف گردید. بدین‌ترتیب ۲۵ درصد کود اوره، ۵۰ درصد کود فسفات آمونیوم و کل کود سلفات پتاسیم را با هم مخلوط و در کف فاروی ایجاد شده قرار داده و روی آن با ۵ سانتی‌متر خاک مزرعه پوشش داده شد. سپس مینی‌تیوبرها را روی بستر خاک به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر قرار داده و به روی آنها حدود ۵ سانتی‌متر خاک داده شد تا گیاهچه‌های جوان به وسیله قسمت‌های برآمده پشته‌ها (خاک اطراف فاروها) از آسیب باد محافظت گردند. زمانی که بوته‌ها به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر رسیدند، خاک‌های برآمده از دو طرف فارو به طرف پای بوته‌های کوچک (بدون ایجاد خسارت برگی) به همراه ۵۰ درصد کود اوره جهت ایجاد پشته در اطراف گیاهچه‌ها کشیده شد. مصرف ۵۰ درصد بقیه کود فسفات آمونیوم در دوره تشکیل غده به طور یکنواخت مورد استفاده قرار گرفت. پشته‌سازی و دادن ۲۵ درصد نوبت سوم کود اوره بلافاصله پس از تشکیل غده مورد مصرف قرار گرفته و به تدریج فارو به پشته و پشته‌ها به فارو تبدیل شد. بقیه عملیات داشت از قبیل وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در کلیه کرت‌ها به طور یکنواخت انجام شد. در طی دوره رشد، صفات تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد و وزن غده در بوته، متوسط وزن

۱- Augmented Designs

غده، شکل غده، رنگ پوست و گوشت غده، یکنواختی غده، وضع ظاهری غده و عمق چشم اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در ارقام (شاهد) در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS 9.1 و ژنوتیپ‌ها و ارقام در نرم‌افزار "آنالیز طرح آگمنت[۱]" در وب سایت "موسسه تحقیقات آمار کشاورزی هند[۲]" آنالیز شدند. به علت معنی‌دار بودن بلوک، میانگین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌ها در بلوک‌های مختلف تصحیح شدند. میانگین، حداقل و حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 برآورد گردید. به منظور درک روابط داخلی صفات و تعیین گروهی متغیرهای با بیشترین همبستگی، تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس با نرم‌افزار SPSS 16 انجام گردید. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که مقادیر ویژه آنها بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب شدند. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد (Lawley and Maxwell, 1963). ضریب KMO و بارتلت با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 برآورد گردید. مقدار KMO همواره بین صفر و ۱ متغیر است. در صورتی که KMO کمتر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد داده‌ها متوسط بوده و اگر مقدار این شاخص، بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. در نهایت پس از ارزیابی، ژنوتیپ‌های برتر انتخاب گردید. این مقاله مستخرج از نتایج پروژه شماره ۹۰۱۴۹-۰۳-۳۷-۴ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد.

نتایج و بحث

در سال ۱۳۹۱، از ۳۰۰۰ گیاهچه پرتوتابی شده رقم کایزر، تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ با ۱۴۲۴ عدد مینی‌تیوبر به وزن ۴۸۲۱/۷ گرم انتخاب گردید (جدول ۲). میانگین تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته ۸/۱۴ عدد و ۲۷/۵۵ گرم و در شاهد (رقم کایزر) ۴ عدد و ۱۷/۴۰ گرم بود. از لحاظ تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، تعداد مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم و وزن مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵ گرم بین ژنوتیپ‌ها و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

با توجه به نتایج آمار توصیفی، صفات تعداد مینی‌تیوبر در بوته، تعداد و وزن مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم، بین ۵-۲ گرم و بزرگ‌تر از ۵ گرم با ضریب تغییرات بیشتر، دارای تنوع بالا و صفت وزن مینی‌تیوبر در بوته تنوع کمتر داشتند (جدول ۳). براساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که کلیه صفات مورد مطالعه به جز وزن مینی‌تیوبر در بوته دارای تنوع بالا هستند.

به منظور درک روابط داخلی صفات و تعیین گروهی متغیرهای با بیشترین همبستگی از تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس استفاده گردید. از تجزیه به عامل‌ها جهت شناسایی روابط موجود بین صفات و گروه‌بندی آنها بر اساس این روابط استفاده شد. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که مقدار ویژه آنها بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب شدند. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد (Lawley and Maxwell, 1963). با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها و تعداد مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک، تعداد ۳ عامل مشخص شد. در جدول ۵ نتایج حاصل از تجزیه

۱-Analysis of Augmented Design

۲-Indian Agricultural Statistics Research Institute (IASRI)

عامل‌ها، شامل بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و مقادیر ویژه مربوط به هر عامل نشان داده شده است. در این تجزیه ۳ عامل مستقل از هم مجموعاً ۹۴/۸۱ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. عامل اول با توجیه ۳۶/۲۹ درصد از تغییرات و مقدار ویژه برابر با ۲/۹۰۳، شامل ضرایب عاملی مثبت و بزرگ برای صفات تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، تعداد و وزن مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم بودند. عامل دوم با ۳۱/۲۴ درصد از تغییرات و مقدار ویژه‌ای برابر با ۲/۴۹۹، صفات تعداد و وزن مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵ گرم و عامل سوم با توجیه ۲۷/۸۶ درصد از تغییرات و مقدار ویژه برابر با ۲/۱۸۰ شامل ضرایب عاملی مثبت برای صفت تعداد و وزن مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم بود (جدول ۴). آنچه که می‌توان از بررسی‌ها نتیجه‌گیری نمود این است که در انتخاب ژنوتیپ سیب‌زمینی، ابتدا صفات مربوط به تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، تعداد و وزن مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم و سپس تعداد و وزن مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم، و صفات تعداد و وزن مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم در درجه سوم اهمیت قرار دارد.

در سال ۱۳۹۲، نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات تعداد و وزن غده در بوته، متوسط وزن غده، ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به علت معنی‌دار بودن بلوک، میانگین صفات اندازه‌گیری شده، در ژنوتیپ‌ها تصحیح شدند (جدول ۵).

عملکرد غده در والد ژنوتیپ‌ها (رقم کایزر) ۲۷/۴۲ تن در هکتار (جدول ۶) و در ژنوتیپ‌ها بین ۶۰-۳ تن در هکتار (جدول ۷)، وزن غده در بوته در والد ژنوتیپ‌ها ۵۵۵ گرم (جدول ۶) و ژنوتیپ‌ها ۱۲۰۰-۶۰ گرم (جدول ۷) مشاهده شد. از تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ، تعداد ۴۶ ژنوتیپ دارای عملکرد غده و وزن غده در بوته بیشتر از والد ژنوتیپ‌ها (رقم کایزر) بودند. تعداد غده در بوته در والد ژنوتیپ‌ها ۶ غده (جدول ۶) و در ژنوتیپ‌ها ۲۸-۲ غده (جدول ۷) بود. از تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ، تعداد ۱۳۷ ژنوتیپ دارای تعداد غده در بوته بیشتر از والد (رقم کایزر) بودند. والد ژنوتیپ‌ها دارای ارتفاع بوته ۵۹ سانتی‌متر و تعداد ساقه اصلی در بوته ۲ عدد (جدول ۶) و در ژنوتیپ‌ها ۸۰-۳۸ سانتی‌متر و تعداد ساقه اصلی در بوته ۷-۱ عدد (جدول ۷) بودند. از تعداد ۱۷۵ ژنوتیپ، تعداد ۱۴۲ ژنوتیپ دارای تعداد ساقه اصلی در بوته بیشتر از والد (رقم کایزر) بودند.

نتایج آمار توصیفی مربوط به صفات اندازه‌گیری شده در مزرعه در سال ۱۳۹۲، شامل برآورد میانگین، حداقل و حداکثر، واریانس، انحراف معیار و ضریب تغییرات در جدول ۷ نشان داده شده است. صفات عملکرد غده، تعداد و وزن غده در بوته، متوسط وزن غده و تعداد ساقه اصلی در بوته با ضریب تغییرات به‌ترتیب ۴۸/۱۶، ۴۶/۸۸، ۵۲/۱۶، ۳۷/۳۸ و ۵۳/۴۹ درصد دارای تنوع بالا و صفت ارتفاع بوته دارای تنوع پایین بودند (جدول ۷). بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که کلیه صفات مورد مطالعه به جز صفت ارتفاع بوته، دارای تنوع بالایی هستند که این تنوع می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی سیب‌زمینی به کار گرفته شود.

با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها و تعداد مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، تعداد ۳ عامل مشخص شد. در جدول ۸ نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها شامل بردار بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و مقادیر ویژه مربوط به هر عامل نشان داده شده است. در این تجزیه ۳ عامل مستقل از هم مجموعاً ۸۳/۰۷ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. عامل اول

با ۴۳/۲۱ درصد از تغییرات و مقدار ویژه‌ای برابر با ۲/۵۹، صفات عملکرد غده، تعداد و وزن غده در بوته دارای بار عامل بزرگ و مثبت بودند و به عنوان "عامل عملکرد و اجزای آن" نام‌گذاری شد. عامل دوم با توجیه ۲۲/۷۴ درصد از تغییرات و مقدار ویژه برابر با ۱/۳۶، شامل ضرایب عاملی مثبت برای صفت متوسط وزن غده بود که این عامل به عنوان "عامل یکنواختی غده" انتخاب گردید. عامل سوم با توجیه ۱۷/۱۲ درصد از تغییرات و مقدار ویژه برابر با ۱/۰۳، شامل ضرایب عاملی مثبت و بزرگ برای صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته که در نتیجه می‌توان این عامل را "عامل ساختاری" نامید (جدول ۸). آنچه که می‌توان از بررسی‌ها نتیجه‌گیری نمود این است که در انتخاب ژنوتیپ سیب‌زمینی در مزرعه، ابتدا می‌بایست به صفات مربوط به عملکرد و اجزای آن توجه نمود و عامل یکنواختی غده در درجه دوم و عامل ساختاری در درجه سوم اهمیت قرار دارد. در تجزیه عامل‌ها، صفات مؤثر در هر عامل شناسایی شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری می‌شوند. این روش، بهبود ژنتیکی عوامل را به واسطه صفات مرتبط با آنها امکان‌پذیر می‌سازد (Tadesse and Bekele, 2001). شارما و چودهاری (Sharma and Choudhary, 1985) با استفاده از ۴۰ ژنوتیپ سیب‌زمینی، سه عامل مهم اندازه و وزن میوه و دانه، تعداد میوه و دانه و تعداد میوه در ساقه را گزارش نمودند. طاهری طریقی و همکاران (Taheri Tarigh *et al.*, 2007) با بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مهم کمی و کیفی در ۲۸۵ کلون با منشا آمریکای جنوبی از مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی از طریق تجزیه به عامل‌ها گزارش کردند که سه عامل اول ۶۰/۲۰ درصد از تغییرات را تبیین می‌نمود که در ارتباط با فرم بوته و اجزای عملکرد بوده‌اند. ربیعی و همکاران (Rabiei *et al.*, 2008) با انجام تجزیه عامل‌ها بر روی ارقام سیب‌زمینی، دو عامل مهم که عامل اول سطح برگ و عامل دوم وضعیت ساختاری تعیین نمودند. نیک‌منش (Nickmanesh, 2014) با بررسی تنوع ژنتیکی ۱۲۹ ژنوتیپ سیب‌زمینی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، نتیجه گرفت عامل اول به عنوان "عملکرد غده"، عامل دوم "ساختار گیاه" و عامل سوم "یکنواختی شکل غده" نام‌گذاری شدند و در نهایت، پس از بررسی از لحاظ پرمحصولی و برخی صفات کیفی، تعداد ۲۴ ژنوتیپ انتخاب نمود. ژنوتیپ‌های انتخابی دارای رنگ پوست و گوشت زرد تا زرد روشن، عمق چشم سطحی، غده یکنواخت بودند.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، صفات عملکرد غده، تعداد و وزن غده در بوته، متوسط وزن غده و تعداد ساقه اصلی در بوته، دارای تنوع بالایی بودند. در تجزیه عامل‌ها، ۳ عامل مستقل از هم مجموعاً ۸۳/۰۷ درصد از تنوع را توجیه نمودند. عامل اول، عامل عملکرد و اجزای آن، عامل دوم، عامل یکنواختی غده و عامل سوم، عامل ساختاری نام‌گذاری شد. ژنوتیپ‌های انتخابی (به تعداد ۴۶ ژنوتیپ) دارای عملکرد غده بالا، تعداد و وزن غده در بوته بیشتر، غده‌های یکنواخت، عمق چشم سطحی و رنگ پوست و گوشت غده زرد تا زرد تیره بودند.

جدول ۱- ویژگی‌های والد جمعیت پرتوتابی شده

Table 1- Characteristics of parent irradiated population

رقم Cultivar	عملکرد غده Tuber yield	یکنواختی غده Tuber uniformity	عمق چشم Eye depth	ماده خشک Dry matter	تحمل به کم آبی Tolerance to water deficit	رنگ گوشت Flesh color	رنگ پوست Skin color	شکل غده Tuber shape	مناسب برای Suitable for
کایزر Caesar	بالا High	یکنواخت Uniform	سطحی shallow	متوسط Average	متحمل Tolerance	سفید متمایل به زرد Yellowish white	سفید white	تخم مرغی Oval	تازه خوری Consumed fresh

جدول ۲- تعداد گیاهچه‌های پرتوتابی شده، کشت شده و انتخابی

Table 2- The number of irradiated, planted and selected plantlets

صفات Traits	تعداد گیاهچه پرتوتابی شده Irradiated plantlets number	تعداد گیاهچه های نرمال کشت شده normal plantlets number	تعداد ژنوتیپ انتخاب شده Selected genotype number	تعداد مینی‌تیوبر Mini-tuber number		وزن مینی‌تیوبر Mini-tuber weight	
				کل total	در بوته per plant	کل total	در بوته per plant
ژنوتیپ‌ها Genotypes	3000	780	175	1424	8.14 a*	4821.7	27.55 a
شاهد Control	-	-	-	-	4.00 b	-	17.40 b

صفات Traits	مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم Mini-tuber smaller than 2 g		مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم Mini-tuber 2-5 g		مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم Mini-tuber bigger than 5 g	
	تعداد number	وزن weight	تعداد number	وزن weight	تعداد number	وزن weight
ژنوتیپ‌ها Genotypes	2.2	1.72	4.20 a	12.15	1.69	13.5 a
شاهد Control	1.0	1.40	2.00 b	10.00	1.00	6.00 b

* مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون t انجام شده است. میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۳– آماره‌های توصیفی صفات اندازه گیری‌شده در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای

Table 3- Descriptive statistics of the measured traits in potato genotypes under greenhouse conditions

صفت Trait	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	ضریب تغییرات (درصد) C.V.(%)
تعداد مینی‌تیوبر در بوته Mini-tuber number per plant	1	30	8.14	17.34	25.08
وزن مینی‌تیوبر در بوته (گرم) Mini-tuber weight per plant (g)	1.69	67.4	27.55	159.33	12.89
تعداد مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم Mini-tuber number smaller than 2 g	0	9	2.2	4.08	64.60
وزن مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم Mini-tuber weight smaller than 2 g	0	8.83	1.72	3.71	80.61
تعداد مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم Mini-tuber number between 2-5 g	0	14	4.20	7.64	39.59
وزن مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم Mini-tuber weight between 2-5 g	0	49.47	12.15	72.12	23.99
تعداد مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم Mini-tuber number bigger than 5 g	0	6	1.69	1.40	64.29
وزن مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم Mini-tuber weight bigger than 5 g	0	44.91	13.54	90.69	22.78

جدول ۴- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه در شرایط گلخانه‌ای

Table 4- Results of factor analysis for measurement traits under greenhouse conditions

صفات Treits	مولفه Component		
	1	2	3
تعداد مینی‌تیوبر در بوته Mini-tuber number per plant	0.789	0.284	0.492
وزن مینی‌تیوبر در بوته (گرم) Mini-tuber weight per plant (g)	0.723	0.627	0.191
تعداد مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم Mini-tuber number smaller than 2 g	0.142	-0.007	0.973
وزن مینی‌تیوبر کوچک‌تر از ۲ گرم Mini-tuber weight smaller than 2 g	0.087	-0.033	0.974
تعداد مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم Mini-tuber number between 2-5 g	0.968	0.019	0.034
وزن مینی‌تیوبر بین ۵-۲ گرم Mini-tuber weight between 2-5 g	0.958	-0.019	0.065
تعداد مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم Mini-tuber number bigger than 5 g	0.065	0.963	-0.053
وزن مینی‌تیوبر بزرگ‌تر از ۵گرم Mini-tuber weight bigger than 5 g	-0.037	0.983	-0.027
درصد واریانس توجیه شده Percent of variance	36.29	31.24	27.86
درصد واریانس توجیه شده تجمعی Percent of cumulative variance	36.29	67.52	94.81
مقادیر ویژه Initial eigenvalues	2.903	2.499	2.180

KMO Test = 0.584 Bartlett's Test = 255.33**

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

Table 5- Analysis of variance for measured traits

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)					
		عملکرد غده Tuber yield	وزن غده در بوته Tuber weight per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	متوسط وزن غده Tuber weight average	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه اصلی Main stem number
بلوک Block	5	46.16**	7964.22**	22.45**	355.18**	306.32**	1.17**
تیمار (تصحیح نشده) Treatment unadjusted	177	111.39**	44646.29**	20.02**	367.24**	4158.67**	1.81**
تیمار (تصحیح شده) Treatment adjusted	177	110.58**	44546.31**	24.38**	360.14**	33.03	1.78**
اشتباه Error	5	0.083	380.33	0.02	7.53	10.28	0.001
R-Square	-	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93
میانگین Mean	-	22.18	443.83	10.21	46.97	29.37	2.45

ادامه جدول ۵

Table 5- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)					
		عملکرد غده Tuber yield	وزن غده در بوته Tuber weight per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	متوسط وزن غده Tuber weight average	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه اصلی در بوته Main stem number per plant
شاهدها Controls	1	14.08**	17176.37**	3.01**	1732.81**	4.08	0.001
ژنوتیپ‌ها Genotypes	175	110.81**	44568.87**	23.59**	270.24**	33.37	1.78
شاهد × ژنوتیپ Genotype × Control	1	182.05**	63728.62**	169.69**	13545.41**	4.02	2.49

* , **: معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and ** Significant at 5 and 1% of probability level

جدول ۶- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام شاهد (کایزر و آگریا)

Table 6- Mean of measured traits in controls (Agria and Caesar cultivars)

ارقام Cultivars	عملکرد غده Tuber yield	وزن غده در بوته Tuber weight per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	متوسط وزن غده Tuber weight average	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه اصلی در بوته Main stem number per plant
کایزر Caesar	27.42	555	6	93	59	2
آگریا Agria	25.44	480	7	69	61	2

جدول ۷– آماره‌های توصیفی صفات اندازه گیری‌شده در مزرعه در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

Table 7- Descriptive statistics of the measured traits in field in potato genotypes

صفت Trait	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (٪)
عملکرد غده (تن در هکتار) Tuber yield (ton ha-1)	3	60	21.94	10.57	48.16
تعداد غده در بوته Tuber number per plant	2	28	10.58	4.96	46.88
وزن غده در بوته (گرم) Tuber weight per plant (g)	60	1200	438.8	211.33	52.16
متوسط وزن غده Tuber weught average	15	87.5	44.68	16.70	37.38
تعداد ساقه اصلی در بوته Main stem number per plant	1	7	2.47	1.32	53.49
ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	38	80	59.27	6.43	10.87

جدول ۸- نتایج تجزیه عامل‌ها در صفات اندازه گیری شده در مزرعه

Table 8- Results of factor analysis in measurement traits in field

صفات Treits	مولفه Component		
	1	2	3
عملکرد غده (تن در هکتار) Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	0.973	0.209	-0.026
تعداد غده در بوته Tuber number per plant	0.814	-0.513	-0.022
وزن غده در بوته (گرم) Tuber weight per plant (g)	0.912	0.371	-0.030
متوسط وزن غده Tuber weught average (g)	0.183	0.943	0.025
تعداد ساقه اصلی در بوته Main stem number per plant	0.028	-0.195	0.839
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	0.068	-0.249	-0.567
درصد واریانس توجیه شده Percent of variance	43.21	22.74	17.12
درصد واریانس توجیه شده تجمعی Percent of cumulative variance	43.12	65.95	83.07
مقادیر ویژه Initial eigenvalues	2.59	1.36	1.03

KMO Test = 0.538 Bartlett's Test = 344.86**

References منابع مورد استفاده

- Ahloowalia, B.S. 1982. Plant regeneration from callus culture in potato. *Euphytica*. 31: 755-759.
- Ahloowalia, B.S. 1990. In vitro radiation mutagenesis in potato. Kluwer Academic Publishers. pp 39-46.
- Anonymous. 2001. In vitro techniques for selection of radiation induced mutations adapted to adverse environmental conditions. Plant Breeding and Genetics Section Joint FAO/IAEA Division International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. pp 96.
- Bartos, A., and B. Sarvari. 1984. Analysis of ecological variables of potato using factor analysis. *A Mezogazdaság Kemizálása Konferencia Programja*. XIV. pp 112.
- Chetan, A.N., K. Suguna, K. Narasimhamurthy, and N.K. Rastogi. 2007. Effect of gamma irradiation on histological and textural properties of carrot, potato and beet root. *Journal Food Engineering.* 79(3): 765-770.
- Gosal, S.S., A. Das, J. Gopal, J.L. Minocha, H.R. Chopra, and H.S. Dhaliwal. 2001. In vitro induction of variability through radiation for late blight resistance and heat tolerance in potato. Biotechnology Centre, Punjab Agricultural University, Ludhiana, Punjab, India. pp 7-13.
- Hassanpanah, D., and A.A. Hoseinzadeh. 2007. Methodology and evaluation of resistance resource to drought stress and path analysis of yield and yield components in potato cultivars. Final Report of Research Center of Agriculture and Natural Resources, Ardabil Province. No. 86/1124-2007. (In Persian).
- Haverkort, A.J., and M. Bicamumpaka. 1986. Correlation between intercepted radiation and yield of potato crops infested by *Phytophthora infestans* in central Africa. *European Journal of Plant Pathology.* 92(5): 239-247.
- Johnson, R.A., and D.W. Wichern. 1988. Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall International Inc., London, 607 pp.
- Keykha Akhar, F., A.R. Bagheri, N. Moshtaghi, and A. Nezami. 2011. The effect of gamma radiation on freezing tolerance of Chickpea (*Cicer aretinum* L.) at *in vitro* culture. *Journal of Biological and Environmental Sciences.* 5(14): 63-70.
- Kim, J.K., H.M. Cho, and C.H. Cho. 1993. Early and late varietal differences on growth development, dry matter accumulation patterns and genetic characters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in alpine areas. III. Heritability and changes of genetic characters affected by different varieties. Research Reports of the Rural Development Administration, *Journal Agricultural Gri. Science Ju*. pp 442-451.
- Lawley, D.N., and A.E. Maxwell. 1963. Factor analysis: as a statistical method. Butterwoths, London. 453 pp.
- Lin, P.S. 1983. Study on the habitability of the major characters in sweet potato and correlation between them. Hereditas China. pp 12-16.

- Lokko Y., and H. Amoatey. 2001. Improvement of pineapple using *in vitro* and mutation breeding techniques. Department of Plant and Soil Sciences, Biotechnology and Nuclear Agriculture Research Institute, Legon-Accra, Ghana. pp 25-29.
- Majid, M.A., K.M. Shamsuzzaman, M.A.R. Howlider, and M.M. Islam. 2001. Development of sugarcane mutants with resistance to red rot, water-logging and delayed or non-flowering through induced mutations. Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture, Mymensingh, Bangladesh. pp 31-43.
- Moghadam, M., A. Mohammadi, and M. Aghaei. 1994. Introduction to multivariate statistical methods. Pishtaz-e-Elm publisher. 280 pp. (In Persian).
- Mousapour Gorji, A., M. Rahimi, and D. Hassanpanah. 2009. Genetic variation by reciprocal crosses and mutation in order to select the best plant potato cultivars of Kennebec, Banba, Agria, Savalan and Bourne. Final Report of Seed and Plant Improvement Institute. (In Persian).
- Nickmanesh, L. 2014. Evaluation of genetic diversity for qualitative and qualitative traits in the potato hybrids produced from crosses of Luca and Satina cultivars. M.Sc Thesis in Plant Breeding, Islamic Azad University of Ardabil Branch.
- Rabiei, K., M. Khodambashi, and A.M. Rezaei. 2008. Identifying of affect traits on potato yield with the use of multivariate statistical under drought and normal conditions. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12(46): 131-140. (In Persian).
- Saif-Ur-Rasheed, M., S. Asad, and Y. Zafar. 2001. Use of radiation and *in vitro* techniques for development of salt tolerant mutants in sugarcane and potato. National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering Nuclear Institute of Agriculture and Biology Faisalabad, Pakistan. pp 61-75.
- Schum, A. 2003. Mutation breeding in ornamentals and efficient breeding method. *Acta Horticulture.* 612: 47-60.
- Sharabash, M.T. 2001. Radiation induced variation in potato for tolerance to salinity using tissue culture technique. National Center for Research and Radiation Technology, Atomic Energy Authority, Nasr City, Cairo, Egypt. pp 83-87.
- Sharma, S.K., and S.K. Choudhary. 1985. Factor analysis of berry and its seed characteristics in potato. *Plant Genetic and Breeding.* 37: 77-82.
- Shin, J.M., B.K. Kim, S.G. Seo, S.B. Jeon, J.S. Kim, B.k. Jun, S.Y. Kang, J.S. Lee, M.N. Chung, and S.H. Kim. 2011. Mutation breeding of sweet potato by gamma-ray radiation. *African Journal Agricultural Research.* 6(6): 1447-1454.
- Song, H.S., and S.Y. Kang. 2003. Application of natural variation and induced mutation in breeding and functional genomics: Papers for International Symposium; Current Status and Future of Plant Mutation Breeding. *Korean Journal Breeding Science.* 35(1): 24-34.
- Sonnhno Ancra, G., and C. Locardi. 1985. *In vitro* mutation breeding of potato. IAEA-SM.

- Tadesse, W., and E. Bekele. 2001. Factor analysis of yield in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*. 2: 416-421.
- Taheri Tarigh, S., A.J. Zarbaksh, and A. Mousapour Gorji. 2007. Evaluation of genetical diversity and correlations among traits in different populations of potato. *Agricultural Sciences Journal.* 13(1): 131-141. (In Persian).
- van Enckevort, L.J.G., T.J.H. Hoogkamp, J.E.M. Bergervoet, R.G.F. Visser, and E. Jacobsen. 2001. Induction of recessive mutations in potato using tissue culture techniques. Graduate School of Experimental Plant Sciences, Laboratory of Plant Breeding, Wageningen Agricultural University. pp 15-24.
- Vetelainen, M., E. Gammelgard, and J.P.T. Valkonen. 2005. Diversity of Nordic landrace potatoes (*Solanum tuberosum* L.) revealed by AFLPs and morphological characters. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 52: 999-1010.
- Wang, Y., F. Wang, H. Zhai, and Q. Liu. 2007. Production of a useful mutant by chronic irradiation in sweet potato. *Science Horticultural.* 111(2): 173-178.
- Zheng, J.Z., G.W. Zheng, J.L. Huang, and W.T. Liu. 1985. Preliminary study of genetic variation in the main characters of back-cross progenies of sweet potato. *Fujian Agricultural Science and Technology.* pp 30-33.

Evaluation of Genetic Diversity of Potato Genotypes for Some Traits Irradiated with Gamma Ray in Caesar Cultivar

Hassanpanah, D.[1*], M. Rahimi[2], and S. Vedadi[2]

Received: April 2014, Accepted: 27 May 2015

Abstract

This research was performed to evaluate genetic diversity for some quantitative traits and tuber flesh color of potato genotypes irradiated with gamma ray of Caesar cultivar, at the Agricultural Nuclear Research Institute of Karaj, Ardabil Behparvar Sabalan Company and Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Station during 2012 and 2013. The plantlets were irradiated with gamma rays at dose of 25 Gy. The plantlets were sub-cultured three cycles in MS culture and then were transferred to the greenhouse. The 3000 plantlets were planted in plastic pots 10×10 cm with Mikskaar peat-moss and punce (1:1 v/v) in the greenhouse. From 3000 plantlets irradiated belonging to 175 genotypes, 1424 mini-tubers waghed 4821.7 g, were selected with selection intensity of 5.8%. Mean minituber numbers and their weights per plant of genotypes were 8.14 and 27.55 grams and in that of control were 4 and 17.4 grams respectively. The selected genotypes along with control (Caesar and Agria cultivars) were planted in an augmented design in 2013. The ANONA results showed that there were significant differences among genotypes for all traits under study. The tuber yield in parental genotypes was 27.42 ton.ha^{-1} and in genotypes 3-60 ton.ha^{-1}, number of tubers and their weight per plant in parental genotypes were6 and 555 g. and in genotypes 2-28 and 60-1200 g. respectivly. The tuber yield, tuber number and weight per plant, tuber average weight and main stem number per plant had high diversity. In factor analysis, three independent factors explained 83.07% of the total variation. These factors were: 1- yield and its components (tuber yield, tuber number and weight per plant) as the first factor, 2- the tuber uniformity (average tuber weight) as the second factor, and 3- plant structure (p) and height and number of main stems per plant)as the third factor. The selected genotypes (46 genotypes) possessed higher tuber yields, tuber numbers and weight per plant, tuber uniform, shallow eye depth, skin and flesh color of yellow to dark yellow.

Key words: Factor analysis, Genetic diversity, Radiation, *Solanum tuberosum*.

1- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Ardabil Agriculture and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
2- Scientific Members of Karaj Nuclear Agriculture Research Institute, Karaj, Iran.
**** Corresponding Author:*** *D.Hassanpanah@spii.ir*