



## اثر پرتو گاما بر افزایش طول عمر انباری سیب‌زمینی در شرایط بهینه مصرف کود

رقیه عباسی<sup>۱</sup>، محمدجعفر ملکوتی\*<sup>۱</sup>، مرضیه سیحون<sup>۲</sup>

۱. گروه خاکشناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تهران - ایران

۲. پژوهشکده‌ی کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

**چکیده:** در حال حاضر حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد محصول‌های کشاورزی به صورت ضایعه‌هایی از چرخه‌ی مصرف خارج می‌شود. برای بررسی نقش مصرف بهینه کود در افزایش اثربخشی پرتو گاما، آزمایشی به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سیب‌زمینی رقم پیکاسو انجام شد. در این آزمایش سه عامل شامل نوع کوددهی (مصرف کود براساس عرف زارعین و مصرف بهینه‌ی کود براساس یافته‌های تجزیه‌ی خاک)، پرتودهی با پرتو گاما (شاهد و پرتودیده) و زمان اندازه‌گیری عامل‌های مورد نظر (قبل از انبارداری و ۶ ماه پس از انبارداری) استفاده شد. نمونه‌ها با دز ۰/۱۵ کیلوگری پرتودهی شده و به مدت ۶ ماه تحت دمای ۱۵ الی ۲۰ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۰ الی ۶۰ درصد نگهداری شدند. درصد ماده‌ی خشک و مقدار نیترات و کادمیم، قبل و بعد از ذخیره‌سازی، اندازه‌گیری شد. یافته‌ها نشان داد در حالی که درصد ماده‌ی خشک در نمونه‌های عرف زارع پرتودهی نشده در طول مدت انبارمانی از ۱۶/۸۶ به ۲۱/۴۴ و در نمونه‌های پرتودهی شده از ۱۷/۶۸ به ۱۹/۴۱ و در شرایط بهینه‌ی مصرف کود نمونه‌های پرتودهی نشده از ۲۰/۰۹ به ۲۳/۱۸ و در نمونه‌های پرتودهی شده از ۱۹/۷۵ به ۲۰/۶۵ درصد افزایش یافت. نظر به این که میزان کاهش وزن غده‌های حاصل از تیمار مصرف بهینه‌ی کود در مدت انبارمانی حداقل بود، برتری پرتودهی در شرایط مصرف بهینه‌ی کود بر افزایش ماندگاری سیب‌زمینی در مقایسه با مصرف کود براساس عرف زارع، به اثبات رسید. بنابراین، توصیه می‌شود در تمامی فرآورده‌های کشاورزی، قبل از پرتودهی با پرتو گاما، مصرف بهینه‌ی کود در تولید آن‌ها رعایت شود. زیرا اثربخشی مصرف بهینه‌ی کود (مصرف کودها براساس یافته‌های تجزیه‌ی خاک در قبل از کاشت) بر ماندگاری سیب‌زمینی به دلیل بهبود کیفیت تولیدات کشاورزی به ویژه افزایش درصد ماده‌ی خشک، به مراتب بیش‌تر است.

**کلیدواژه‌ها:** سیب‌زمینی، مصرف بهینه‌ی کود، پرتو گاما، مدت انبارمانی

## The role of gamma radiation under balanced fertilization in increasing potato shelf life in Iran

R. Abbasi<sup>1</sup>, M.J. Malakouti\*<sup>1</sup>, M. Seihoon<sup>2</sup>

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, P.O.Box: 14115-336, Tehran - Iran

2. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-3486, Tehran-Iran

**Abstract:** At present, about 20 to 25 percent of agricultural products are removed as waste from the consumption cycle. Using gamma radiation is one of the methods to reduce waste in agricultural products, especially in potato (*Solanumtuberosum* L.). Under current conditions, gamma radiation is used in the farm products in which fertilization is based on farmer's conventional fertilizer use (urea and phosphate). The idea is to observe the effect of gamma radiation on decreasing the agricultural storage waste when fertilization is done according to the soil analysis results. To study the role of the balanced fertilization in increasing the effect of gamma radiation, a factorial experiment was conducted in the form of randomized complete block design with three replications in Pिकासocultivar. In this experiment, the three factors used were: a) fertilizer application, i. e., farmer's conventional fertilization and balanced fertilization methods; b) irradiation with gamma radiation, i. e., control and irradiate; and c) measuring the storage time factor, i. e., before and after 6 months of storage. The samples were irradiated with the dose of 0.15 kGy, then all samples were stored for 6 months at 15 to 20°C at the relative humidity of 40 to 60%. Percentages of dry matter and the concentrations of nitrate and cadmium were measured before and after the storage. The results revealed that, while the percentage of the dry matter in the samples of farmer's conventional fertilization method, that were not irradiated, increased from 16.86% to 21.44%, the irradiated samples increased from 17.68% to 19.41% during the storage period. These changes in the balanced fertilization samples in those which were not irradiated, increased from 20.09% to 23.18% and in the irradiated samples increased from 19.75% to 20.65%. By considering the obtained results, as the rate of weight loss in the tubers under the balanced fertilization was minimum, the effectiveness of gamma radiation in the condition of the balanced fertilization on the shelf life of potato tubers was proved. While the superiority of the balanced fertilization [fertilization on the basis of pre-plant soil analysis results over farmer's conventional fertilization method (N and P-fertilizers)] has been proven, gamma radiation in the condition of the balanced fertilization for increasing the potato tubers shelf life shows to act effectively, mainly due to high tubers dry matter percentage. Therefore, performing further experiments and analyses for other agricultural products under the crop balanced fertilization is highly recommended.

**Keywords:** Potato, Balanced fertilization, Gamma radiaton, Shelf life

\*email: mjmalakouti@modares.ac.ir



## ۱. مقدمه

سیب زمینی (سولانوم توبروسوم<sup>(۱)</sup>) بعد از محصولات راهبردی گندم، ذرت و برنج به عنوان یک ماده اصلی و مغذی رتبه‌ی چهارم را در دنیا به خود اختصاص داده است. در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲، سطح برداشت و میزان تولید سیب زمینی کشور به ترتیب، حدود ۱۵۹ هزار هکتار آن و ۴/۶ میلیون تن برآورد شده است [۱]. این محصول به علت داشتن ارزش غذایی بالا، نقش بسیار مهمی در تغذیه‌ی کشورهای در حال توسعه‌ی جهان دارد [۲]. اما این محصول پرمصرف با دارا بودن ضایعات ۲۰ درصدی، متأسفانه یکی از آسیب‌پذیرترین محصولات کشاورزی محسوب می‌شود [۳]. طبق بررسی‌های انجام شده، از جمله‌ی عامل‌های مهمی که در کاهش عمر انباری محصولات کشاورزی مؤثرند، می‌توان به میزان رطوبت و یا درصد ماده‌ی خشک، مقدار نیتروژن، آلاینده‌های نیترات، کادمیم و نحوه‌ی مدیریت نگهداری محصولات کشاورزی اشاره نمود. یکی از روش‌های کاهش ضایعه‌های محصولات کشاورزی، به ویژه سیب زمینی پرتو دهی است. در شرایط فعلی، از پرتو گاما برای محصول‌هایی استفاده می‌شود که برای آن‌ها کوددهی به روش سنتی زارعین (اوره و فسفات) است. تصور بر این است که اگر کوددهی با استفاده از یافته‌های تجزیه‌ی خاک انجام شود، اثر پرتو گاما، در کاهش ضایعه‌ها به مراتب بیشتر خواهد بود.

یافته‌های پژوهش‌های ۲۰ سال اخیر نشان داده است که یکی از علت‌های زیادی ضایعه‌های کشاورزی، پایین بودن درصد ماده‌ی خشک و یا زیادی درصد رطوبت موجود در محصولات کشاورزی است که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه‌ی کودهای نیتروژنه، فسفات و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود است [۴]. در حال حاضر یکی از شیوه‌های کاهش ضایعه‌ها و افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی، پرتو دهی با پرتو است. مطالعه‌ای در مقیاس تجاری شامل ۵ رقم سیب زمینی تحت شرایط ذخیره‌سازی متفاوت تأیید کرد که پرتو دهی مانع از کاهش وزن سیب زمینی در مقایسه با سیب زمینی پرتو دهی نشده به ویژه در دمای ذخیره‌سازی ۷ درجه‌ی سلسیوس می‌شود [۵، ۶]. در سه رقم سیب زمینی ژاپنی که با دزهای ۰/۰۷ و ۰/۱۵ کیلوگری پرتو دهی شده بودند، وزن غده‌ها در طول ذخیره‌سازی در دمای اتاق کاهش یافت اما در دمای ۵ درجه‌ی سلسیوس تغییر نکرد

[۷]. یک کاهش تصاعدی در از دست دادن وزن سیب زمینی شیرین دی. روتانداتا<sup>(۲)</sup> با افزایش دز پرتو دهی از ۰/۲۵ تا ۰/۱۵ کیلوگری بعد از ۵ ماه ذخیره‌سازی در انبار (دمای ۲۵ تا ۳۷ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۸۵ درصد) گزارش شده است به طوری که میزان کاهش وزن در نمونه‌های شاهد ۳۹/۷ درصد و در نمونه‌های پرتو دهی شده با دز ۰/۱۵ کیلوگری ۱۷/۷ درصد بوده است [۸]. دز بین ۰/۱۵ تا ۰/۲ کیلوگری سبب کاهش ۵۰ درصد در هدر رفت وزن در نه رقم سیب زمینی شیرین در مقایسه با نمونه‌های شاهد در نیجریه شده است [۹]. در پژوهشی، پرتو گاما تا دز ۰/۳۰ کیلوگری در کاهش تلفات وزنی و افزایش درصد پیازهای قابل عرضه به بازار پس از انبارداری مؤثر بوده است [۱۰]. در پژوهشی که بر روی تأثیر پرتو گاما در مهار جوانه‌زنی و کیفیت غده‌ی سیب زمینی رقم آگریا در تاریخ‌های متفاوت پس از برداشت به انجام رسید، مشخص شد که در غده‌های پرتو دهی شده که بلافاصله پس از برداشت تحت تابش پرتو گاما قرار گرفته و در دمای ۸ درجه‌ی سلسیوس ذخیره شده بودند، جوانه‌ای مشاهده نشد در حالی که غده‌های پرتو دهی نشده به طور گسترده‌ای جوانه زده و برای هیچ استفاده‌ای مناسب نبودند. هم‌چنین از دست دادن استحکام در غده‌های پرتو دهی نشده در طول ۵ ماه پس از انبارداری آشکار شد [۱۱]. در آزمایشی که به منظور افزایش مدت انبارداری پیاز و سیب زمینی به وسیله‌ی پرتو گاما، انجام شد، مشخص شد که چهار ماه پس از انبارداری تحت شرایط محیطی، میزان فساد در پیازهای پرتو دهی شده تا ۱۵ درصد و در نمونه‌های شاهد تا ۶۴ درصد کاهش می‌یابد [۱۲]. پژوهش‌هایی که در ایران انجام شده براساس رعایت اصول مصرف بهینه‌ی کود (کوددهی براساس یافته‌های تجزیه‌ی خاک) نبوده است. در این مقاله نقش مصرف بهینه‌ی کود در افزایش اثر پرتو گاما بر کاهش ضایعه‌های سیب زمینی و افزایش ماندگاری آن در شرایط محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲. روش انجام آزمایش

این آزمایش به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در رقم پیکاسو سیب زمینی انجام شد. در این آزمایش سه عامل شامل نوع کوددهی (مصرف کود براساس عرف زارعین و مصرف بهینه‌ی کود براساس



### ۳.۲ نحوه‌ی تعیین تعداد غده در هر بوته

برای تعیین تعداد غده در هر بوته پس از حذف اثر حاشیه‌ای، ۱۰ بوته به طور کاتوره‌ای انتخاب، تعداد غده‌های آن‌ها شمارش و میانگین تعداد غده در هر بوته محاسبه شد. سبب‌زمینی رقم پیکاسو (عرف زارع و مصرف بهینه) از جلگه‌ی رخ مشهد به میزان ۱۴ کیلوگرم تهیه شد. وزن چهار تا پنج غده‌ی سبب‌زمینی حدود یک کیلوگرم بود.

### ۴.۲ آماده‌سازی و پرتودهی نمونه‌ها

برای هر ترکیب تیماری تعداد ۳ الی ۴ عدد نمونه در داخل یک پاکت کاغذی قرار داده شده و بر روی پاکت برجسی نصب و زمان و مشخصه‌های ترکیب تیماری بر روی آن ثبت شد. برای پرتودهی نمونه‌ها از چشمه‌ی کبالت-۶۰ (گاماسل ۲۲۰) استفاده شد. دز استفاده شده ۱۵۰ گری با آهنگ ۳/۴۵ گری بر ثانیه و زمان تابش‌دهی ۴۰ ثانیه بود. در هر پرتودهی از تعداد ۹ تا ۱۲ غده‌ی سبب‌زمینی استفاده شد.

### ۵.۲ ذخیره‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های پرتودهی شده به همراه نمونه‌های پرتودهی نشده به مدت ۶ ماه تحت دمای ۱۵ الی ۲۰ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۰ الی ۶۰ درصد در آزمایشگاه پرتودهی مواد غذایی پژوهشکده‌ی علوم و فنون هسته‌ای وابسته به سازمان انرژی اتمی انبار شدند.

### ۶.۲ اندازه‌گیری درصد ماده‌ی خشک

برای اندازه‌گیری درصد ماده‌ی خشک، چند عدد غده‌ی بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب، با آب معمولی و آب مقطر شسته شده و خشک شد. پس از توزین، غده‌ها برش‌های نازک خورده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه‌ی سلسیوس قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. سپس وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و درصد ماده‌ی خشک غده‌ها به قرار زیر محاسبه شد [۱۳]

$100 \times (\text{وزن تره غده} / \text{وزن خشک غده}) = \text{درصد ماده‌ی خشک غده}$

تجزیه‌ی خاک)، پرتودهی با پرتو گاما (شاهد و پرتو دیده) و زمان اندازه‌گیری عامل‌های مورد نظر (قبل از انبارداری و ۶ ماه پس از انبارداری) مورد توجه قرار گرفت.

### ۱.۲ آماده‌سازی زمین و عملیات کشت

در اوایل بهار سال ۱۳۹۱ به زمین مورد نظر برای اجرای طرح، مقدار ۵ تن کود دامی به ازای هر هکتار داده، و شخم عمیق انجام شد. در اوایل خرداد ماه عملیات دیسک انجام، جوی و پشته‌ها براساس آرایش کشت ایجاد شد. در مورد تاریخ کشت سبب‌زمینی، زمان کشت باید طوری تنظیم شود که تشکیل و توسعه‌ی غده‌ها با آب و هوای گرم مقارن نباشد. با توجه به آب و هوای جلگه‌ی رخ، تاریخ کشت سبب‌زمینی در این ناحیه اوایل خرداد تا ۲۰ خرداد است و تاریخ کشت طرح حاضر ۱۳۹۱/۰۳/۰۷ بود. برای تعیین مکان قرار گرفتن تیمارها در هر بلوک از روش تصادفی استفاده شد؛ بر این اساس ۱۲ تیمار در یک بلوک به طور تصادفی قرار گرفت. وزن غددی که برای کشت در نظر گرفته شد بین ۴۰ تا ۶۰ گرم بود. این غده‌ها بعد از جدا کردن غده‌های آسیب دیده و بعضاً خراب به فاصله‌ی ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر از یک‌دیگر کشت شدند.

### ۲.۲ نحوه‌ی کوددهی

قبل از کشت، کود دامی به میزان ۵ تن برای هر هکتار به عنوان اولین کود به خاک اضافه شد. کودهای روی سولفات، بوریک اسید، اوره، سوپر فسفات تریپل و پتاسیم سولفات قبل از کشت به صورت دستی روی پشته‌ها قرار گرفت و میزان ۱۷۵ کیلوگرم کود اوره در ۴ تقسیط ۵۰، ۵۰، ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار همراه آب آبیاری در مرحله‌های طول ۱۰ سانتی‌متر بوته‌ها تا قبل از خاک‌دهی به خاک اضافه شد. از زمان خاک‌دهی تا ظهور گل در سه مرحله محلول‌پاشی با کودهای کامل، کلات آهن و کلات منگنز انجام شد. در مرحله‌ی اول محلول‌پاشی از سولفات مس نیز استفاده شد. در مرحله‌ی گل‌دهی کامل، سولوپتاس به صورت محلول در آب آبیاری به زمین اضافه شد بعد از ریزش کامل گل‌ها، در دو مرحله محلول‌پاشی سولوپتاس انجام شد.



**جدول ۲.** مقایسه‌ی میانگین مقدار نیترات و کادمیم در سیب زمینی‌های پرتودهی نشده قبل از ذخیره‌سازی براساس آزمون دانکن

نحوه‌ی کوددهی	نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	کادمیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)
کوددهی براساس عرف زارعین	۲۵۱ <sup>a</sup>	۲٫۵ <sup>a</sup>
کوددهی براساس یافته‌های تجزیه‌ی خاک	۱۲۰ <sup>b</sup>	۰٫۵۵ <sup>b</sup>

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

یافته‌ها نشان داد که اثر نوع کوددهی بر مقدار نیترات و کادمیم غده‌های سیب زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و با مصرف بهینه کود، مقدار نیترات و کادمیم غده‌های سیب زمینی به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. حد بحرانی مقدار نیترات در غده‌های سیب زمینی ۲۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن تر است [۱۵]. با توجه به جدول ۲ مقدار نیترات در غده‌های متناظر با عرف زارع و مصرف بهینه پایین‌تر از حد بحرانی بود اما در غده‌هایی که مصرف بهینه کود در کشت آن‌ها رعایت شده بود مقدار نیترات ۱۳۱ واحد نسبت به غده‌هایی که براساس عرف زارعین و بدون رعایت اصول مصرف بهینه کود کشت شده بودند کاهش داشت. از آن‌جا که حد مجاز کادمیم در غده‌های سیب زمینی ۰٫۰۲۶ تا ۰٫۰۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک است [۱۶]، براساس داده‌های جدول ۲ ملاحظه می‌شود که مقدار کادمیم در غده‌هایی که مصرف بهینه کود در کشت آن‌ها رعایت شده است، با وجود پایین بودن نسبت به غده‌هایی که مصرف بهینه کود در کشت آن‌ها رعایت نشده است، هنوز بسیار بالاتر از حد مجاز است و به احتمال زیاد دلیل آن آلوده بودن خاک مزرعه در نتیجه‌ی استفاده‌ی بیش از حد از کودهای فسفاته و عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود طی سال‌های گذشته بوده است. افزایش مقدار نیترات و کادمیم در غده‌های سیب زمینی در صورت عدم رعایت اصول مصرف بهینه کود توسط پژوهش‌گران مختلف گزارش شده است [۱۷، ۱۸]. پرتو گاما و زمان اندازه‌گیری، تأثیر معنی‌داری بر روی مقدار نیترات و کادمیم غده‌ها نداشت.

### ۲.۳ درصد ماده‌ی خشک و میزان کاهش رطوبت

یافته‌های تحلیل واریانس اثرات اصلی و اثرات متقابل مربوط به درصد ماده‌ی خشک و میانگین درصد ماده‌ی خشک در سیب زمینی‌های متناظر با عرف زارع و مصرف بهینه کود در جدول‌های ۳ و ۴ درج شده است.

### ۷.۲ اندازه‌گیری مقدار نیترات و کادمیم

مقدار نیترات در غده‌های سیب زمینی به روش دی آزو (کالیمتری بعد از کاهش) و مقدار کادمیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی بعد از سوزاندن خشک نمونه‌های گیاهی در کوره با کمک هیدروکلریک اسید و نیتریک اسید اندازه‌گیری شد [۱۴].

### ۸.۲ تحلیل آماری

تحلیل آماری (ANOVA) یافته‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد؛ برای مقایسه‌ی میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال معنی‌داری مورد نظر بهره گرفته شد. مقایسه‌ی میانگین عامل‌های مورد مطالعه براساس آزمون F به انجام رسید.

### ۳. یافته‌ها و بحث

#### ۱.۳ نیترات و کادمیم

داده‌های تحلیل واریانس اثر سطح‌های مختلف عامل‌های کوددهی، پرتو و زمان اندازه‌گیری بر میزان نیترات و کادمیم سیب زمینی و مقایسه‌ی میانگین مقدار نیترات و کادمیم در سیب زمینی‌های پرتودهی نشده قبل از ذخیره‌سازی در جدول‌های ۱ و ۲ درج شده است.

**جدول ۱.** تحلیل واریانس اثر سطح‌های مختلف عامل‌های کوددهی، پرتو و زمان بر مقدار نیترات و کادمیم سیب زمینی

منبع تغییر	نیترات		کادمیم	
	درجه‌ی آزادی	میانگین مربع‌ها	درجه‌ی آزادی	میانگین مربع‌ها
بلوک	۲	۸۴۰٫۶۶۷ <sup>n.s.</sup>	۲	۱٫۷۸۲ <sup>n.s.</sup>
کوددهی	۱	۱۱۴۵۴٫۱۶۷ <sup>**</sup>	۱	۲۰٫۲۹۵ <sup>**</sup>
پرتو	۱	۱۹۰٫۱۶۷ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۰۶۱ <sup>n.s.</sup>
زمان	۱	۱۰۴٫۱۶۷ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۱۳۴ <sup>n.s.</sup>
کوددهی-پرتو	۱	۴۲٫۶۶۷ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۶۳۱ <sup>n.s.</sup>
کوددهی-زمان	۱	۱۰٫۶۶۷ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۰۰۰ <sup>n.s.</sup>
پرتو-زمان	۱	۵۴٫۰۰۰ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۰۸۵ <sup>n.s.</sup>
کوددهی-پرتو-زمان	۱	۳۷٫۵۰۰ <sup>n.s.</sup>	۱	۰٫۲۵۴ <sup>n.s.</sup>
خطا	۱۴	۵۴۴٫۷۶۲	۱۴	۱٫۱۷۶

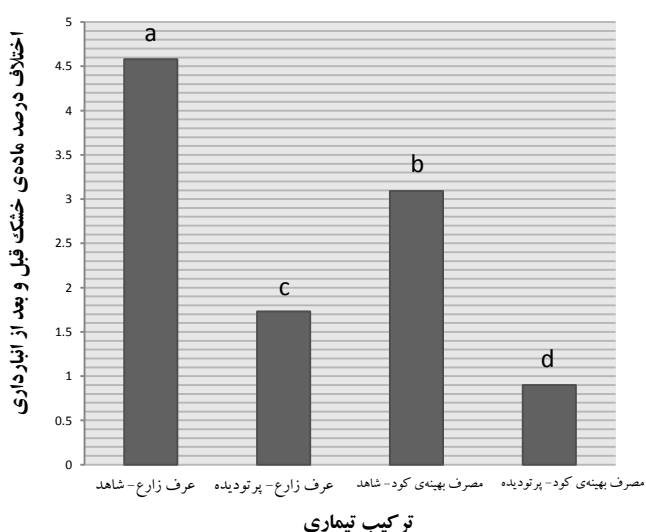
\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، n.s: عدم معنی‌داری.

برای مقایسه‌ی میزان از دست دادن آب در ترکیب‌های تیماری نظیر عرف زارع پرتودهی نشده، عرف زارع پرتودهی شده، مصرف بهینه‌ی کود پرتودهی نشده و مصرف بهینه‌ی کود پرتودهی شده، اعداد مربوط به درصد ماده‌ی خشک قبل از انبارداری از اعداد مربوط به درصد ماده‌ی خشک بعد از انبارداری کم شد و برای هر چهار ترکیب تیماری ذکر شده سه تکرار که حاصل اختلاف درصد ماده‌ی خشک در قبل و بعد از انبارداری بود به دست آمد؛ این اعداد با نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و برای مقایسه‌ی میانگین آن‌ها از آزمون دانکن استفاده و داده‌های حاصل در جدول ۵ ثبت و در شکل ۱ نشان داده شد.

**جدول ۵.** تحلیل واریانس سطح‌های مختلف عامل‌های کوددهی و پرتو بر میزان از دست دادن آب سیب‌زمینی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک	۲	۰٫۳۳ <sup>n.s</sup>
کوددهی	۱	۴٫۰۲۵ <sup>**</sup>
پرتو	۱	۱۹٫۰۷۶ <sup>**</sup>
کوددهی- پرتو	۱	۰٫۳۳۰ <sup>*</sup>
خطا	۶	۰٫۰۳۸

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، n.s: عدم معنی‌داری.



**شکل ۱.** مقایسه‌ی میانگین کاهش وزن سیب‌زمینی بعد از ذخیره‌سازی در تیمارهای مختلف براساس آزمون دانکن.

**جدول ۳.** تحلیل واریانس سطح‌های مختلف عامل‌های کوددهی، پرتو و زمان بر درصد ماده‌ی خشک سیب‌زمینی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربع‌ها
بلوک	۲	۰٫۵۱۰ <sup>n.s</sup>
کوددهی	۱	۲۵٫۶۸۹ <sup>**</sup>
پرتو	۱	۶٫۲۳۲ <sup>*</sup>
زمان	۱	۳۹٫۷۵۸ <sup>**</sup>
کوددهی- پرتو	۱	۱٫۰۲۱ <sup>n.s</sup>
کوددهی- زمان	۱	۲٫۰۱۳ <sup>n.s</sup>
پرتو- زمان	۱	۹٫۵۳۸ <sup>**</sup>
کوددهی- پرتو- زمان	۱	۰٫۱۶۵ <sup>n.s</sup>
خطا	۱۴	۰٫۸۸۴

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، n.s: عدم معنی‌داری.

**جدول ۴.** میانگین درصد ماده‌ی خشک در سیب‌زمینی‌های متناظر با عرف زارع و مصرف بهینه‌ی کود

	عرف زارع		مصرف بهینه‌ی کود	
	پرتودهی نشده	پرتودهی شده	پرتودهی نشده	پرتودهی شده
قبل از انبارداری	۱۶٫۸۶	۱۷٫۶۸	۲۰٫۰۹	۱۹٫۷۵
بعد از انبارداری	۲۱٫۴۴	۱۹٫۴۱	۲۳٫۱۸	۲۰٫۶۵

درصد ماده‌ی خشک در نمونه‌های متناظر با عرف زارع پرتودهی نشده در طول مدت انبارمانی از ۱۶٫۸۶ به ۲۱٫۴۴ و در نمونه‌های پرتودهی شده از ۱۷٫۶۸ به ۱۹٫۴۱ درصد افزایش یافت. این تغییرات در نمونه‌های متناظر با مصرف بهینه‌ی کود پرتودهی نشده از ۲۰٫۰۹ به ۲۳٫۱۸ و در نمونه‌های پرتودهی شده از ۱۹٫۷۵ به ۲۰٫۶۵ درصد افزایش یافت. بین ترکیب تیماری نظیر عرف زارع پرتودهی نشده قبل از ذخیره‌سازی و نظیر مصرف بهینه‌ی کود پرتودهی نشده قبل از ذخیره‌سازی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. درصد ماده‌ی خشک در سیب‌زمینی متناظر با مصرف بهینه‌ی کود ۳٫۲۳ درصد بیش‌تر از سیب‌زمینی متناظر با عرف زارع بوده است. افزایش درصد ماده‌ی خشک سیب‌زمینی با مصرف بهینه‌ی کود توسط دادخواه (۱۳۹۱) و ملکوتی و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است [۱۷، ۱۹].



سیب زمینی نظیر عرف زارع- شاهد و نیز ماندگاری سیب زمینی متناظر با مصرف بهینه ی کود- پرتودیده بیش تر از حالت عرف زارع- پرتودیده است. در نتیجه در مورد سیب زمینی رقم پیکاسو، مصرف بهینه ی کود (مصرف کود براساس تجزیه ی خاک) با کاهش غلظت آلاینده ها (نیترات و کادمیم)، افزایش درصد ماده ی خشک و کاهش هدررفت آب در مدت زمان ذخیره سازی باعث افزایش مدت ماندگاری شده است. در مجموع می توان گفت در این آزمایش بیش ترین میانگین اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از انبارداری ۴/۵۸ درصد بود که مربوط به ترکیب تیماری نظیر عرف زارع- شاهد است، بنابراین، این ترکیب تیماری کم ترین ماندگاری را دارد. هم چنین کم ترین میزان اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از انبارداری ۰/۹ درصد بود که مربوط به تیمار نظیر مصرف بهینه ی کود- پرتودیده است و بنابراین، این ترکیب تیماری بیش ترین ماندگاری را دارا است.

#### ۴. نتیجه گیری

براساس یافته ها، مصرف بهینه ی کود باعث کاهش معنی دار در غلظت آلاینده های نیترات و کادمیم و افزایش در درصد ماده ی خشک غده های سیب زمینی می شود (مقدار نیترات و کادمیم و هم چنین درصد ماده ی خشک در غده هایی که براساس مصرف بهینه ی کودی کشت شده بودند به ترتیب، ۱۱۹/۶۷ و ۰/۵۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک و ۲۰/۰۹ درصد و در غده هایی که براساس عرف زارعین و بدون رعایت اصول مصرف بهینه ی کود کشت شده بودند به ترتیب، ۲۵۱/۳۳ و ۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک و ۱۶/۸۶ درصد بود) و این عامل ها بر افزایش ماندگاری غده های سیب زمینی در طول ۶ ماه ذخیره سازی تأثیر معنی دار داشت. پرتو گاما نیز با ممانعت از جوانه زنی و کاهش انقباض و هدررفت آب در غده ها بر افزایش ماندگاری آن ها تأثیر معنی دار داشت. بهترین ترکیب تیماری، متعلق به مصرف بهینه ی کود- پرتودیده بود که کم ترین اختلاف در درصد ماده ی خشک در قبل و بعد از ذخیره سازی (۰/۹ درصد) و بیش ترین ماندگاری را داشت. در حالی که تیمار نظیر عرف زارع- شاهد بیش ترین اختلاف در درصد ماده ی خشک در قبل و بعد از ذخیره سازی (۴/۵۸ درصد) و کم ترین ماندگاری را داشت. با توجه به یافته ها و نظر به این که میزان کاهش وزن

بین ترکیب های تیماری نظیر عرف زارع- شاهد و عرف زارع- پرتودیده اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و مقدار اختلاف در درصد ماده ی خشک قبل و بعد از ذخیره سازی در ترکیب تیماری نظیر عرف زارع- شاهد ۲/۸۵ درصد بیش تر از ترکیب تیماری نظیر عرف زارع- پرتودیده است. هم چنین بین ترکیب تیماری نظیر مصرف بهینه ی کود- شاهد و مصرف بهینه ی کود- پرتودیده تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از ذخیره سازی در حالت مصرف بهینه ی کود- شاهد ۲/۱۹ درصد بیش تر از مصرف بهینه ی کود- پرتودیده است. لازم به ذکر است که هر قدر اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از ذخیره سازی بیش تر باشد به معنای از دست دادن آب بیش تر و به عبارتی ماندگاری کم تر است. بنابراین ترکیب تیماری نظیر عرف زارع- پرتودیده ماندگاری بیش تری نسبت به حالت عرف زارع- شاهد و هم چنین ترکیب تیماری نظیر مصرف بهینه ی کود- پرتودیده ماندگاری بیش تری نسبت به مصرف بهینه ی کود- شاهد دارد و می توان نتیجه گرفت در سیب زمینی رقم پیکاسو پرتو گاما باعث افزایش مدت ماندگاری شده است که دلیل آن ممانعت از جوانه زنی و در نتیجه کاهش هدررفت آب و جلوگیری از انقباض غده ها است. به نظر می رسد پرتودهی، با ممانعت از تشکیل نوکلئیک اسیدها و نوکلئوتیدها و با برهم زدن سازوکار سنتز هورمون های گیاهی و ایجاد ناهنجاری های کروموزومی در سلول های بافت مریستم و تخریب آن ها، اثرات مثبت مذکور را بر جای می گذارد [۲۰]. بین ترکیب تیماری نظیر عرف زارع- شاهد با ترکیب تیماری نظیر مصرف بهینه ی کود- شاهد تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از ذخیره سازی در حالت عرف زارع- شاهد نسبت به مورد مصرف بهینه ی کود- شاهد ۱/۴۹ درصد بیش تر است. هم چنین مقایسه بین ترکیب های تیماری نظیر عرف زارع- پرتودیده و مصرف بهینه ی کود- پرتودیده نیز نشان داد که در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار دارند و اختلاف درصد ماده ی خشک قبل و بعد از ذخیره سازی در حالت عرف زارع- پرتودیده ۰/۸۳ درصد بیش تر از حالت مصرف بهینه ی کود- پرتودیده است. بنابراین ماندگاری سیب زمینی متناظر با مصرف بهینه ی کود- شاهد بیش تر از



### مرجع‌ها

- [1] Office of the Information and Communication Technology Center, 2014, Agricultural statistics. Volume 1: Agricultural and horticultural crops, crop year 2013-2014, Department of Planning and Economy Department of Agriculture, E-mail: [info@maj.ir](mailto:info@maj.ir), Website: [www.maj.ir](http://www.maj.ir), Tehran, Iran.
- [2] A. Imani, M. Rasooli, Effects of Seed Tuber Size on Growth and Yield of Potato Cultivar Moron, Journal of agricultural Sciences Islamic Azad University, 12 (1) (2006) 165-173.
- [3] A. Toutiaei, A. Soleimani, Reduce waste agricultural products, Infrastructure studies office of the Iranian parliament preceding studies., Serial Number: 9981 (2010) 27.
- [4] M.J. Malakouti, The proper use of fertilizer for crops in Iran: Determine the amount, type and timing of fertilizer to the relative self-sufficiency, social food security and increase farmers' income, Khaneye Keshavarz. 101: 330, Moballaghane Publisher, Tehran, Iran (2014).
- [5] A. Matsuyama, K. Umeda, Sprout inhibition in tubers and bulbs, in: Preservation of Food by Ionizing Radiation (Josepson, E.S; Peterson, M. S., Eds.) Vol. in CRC Press, Boca Raton, Florida (1983).
- [6] K. Umeda, The first potato irradiator in Japan- the success and setbacks encountered during three years commercial operation. Food Irradiat. Inform., 8 (1978) 24-37.
- [7] K. Umeda, K. Kawashima, H. Takano, T. Sato, Sprout inhibition of potatoes by ionizing radiation. Part 2. Radiation treatment of Norin-I-go and the effect of irradiation on the crisps made of irradiated potato. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 16 (1969) 65-73.
- [8] S.A. Adesuyi, J.A. Mackenzie, The inhibition of sprouting in stored yams, *Dioscorea rotundata* Poir, by gamma irradiation and chemicals, in: Radiation Preservation of Food, International Atomic Energy Agency, Vienna, 127 (1973).

غده‌های حاصل از تیمار نظیر مصرف بهینه‌ی کود در دوره‌ی انبارداری کمینه بود، از این رو برتری پرتودهی با پرتو گاما در شرایط مصرف بهینه‌ی کود برای افزایش ماندگاری سیب‌زمینی به اثبات رسید. بنابراین توصیه می‌شود این بررسی در مورد سایر محصولات‌های کشاورزی نیز انجام شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه‌ی آقایان: مهندس مهدی فرجی و حجت دادخواه از دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، دکتر احمدبای بوردی از مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی، مهندس محمد تکاسی و سرکار خانم مهندس لیلا قربانلو از مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان و جناب آقای دکتر حمید دهقانی استاد آمار و سرکار خانم رفیعی از دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

### پی‌نوشت‌ها

1. *Solanum tuberosum* L.
2. *D. rotundata*



- [9] S.A. Adesuyi, The use of radiation for control of sprouting and improving the food qualities of yams, *Dioscorea* spp. Part of a coordinated programme on the shelf-life extension of irradiated fruits and vegetables, Final Report, International Atomic Energy Agency, (IAEAR-1506-F), Vienna, 38 (1976).
- [10] O.A. Curzio, C.A. Croci, Extending onion storage life by gamma irradiation. *J. Food Process. Preserv.*, 7 (1983) 19–23.
- [11] M. Rezaee, M. Almassi, A. Majdabadi Farahani, S. Minaei, M. Khodadadi, Potato Inhibition and Tuber Quality after Post Harvest Treatment with Gamma Irradiation on Different Dates. *J. Agr. Sci. Tech.*, 13 (2011) 829-842.
- [12] J. Nouri, F. Toofanian, Extension of Storage of Onions and Potatoes by Gamma Irradiation, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (2001) 1275-1278.
- [13] H.R. Khazaie, M.J. Arshadi, Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and quality of potato (*Agria cv.*) in climate conditions of Mashhad. *Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 22(2) (2009) 49-63.
- [14] Y.P. Kalra, *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press, Florida (1998).
- [15] The amount of nitrate accumulation in potato and tomato. *Journal of Environmental (UOE)*, 50 (2012) 62-71.
- [16] M.A. Radwan, A.K. Salama, Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables, *J. Food and Chemical Toxicology*, 44 (2006) 1273-1278.
- [17] M.J. Malakouti, A. Bybordi, R. Ranjbar, A. A. Nouri, The Role of Zinc (Zn) and Potassium (K) on the Reduction of Nitrate (NO<sub>3</sub>) and Cadmium (Cd) Contaminants in Potato and Onion, Retrieved from: <http://zinc-crops.ionainteractive.com/ZnCrops2007/PDF/2007.pdf>. (2007).
- [18] M.J. Malakouti, A. Bybordi, S.J. Tabatabaei, Balanced fertilization of vegetable crops, An approach to enhance yield and quality of vegetables, reduce contaminants and improve human health. Agronomy Department. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Iran (2004) 338.
- [19] H. Dadkhah, The effect of different levels of zinc and boron on yield and dry matter in potato, MSc. Thesis, Soil Science Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (2013).
- [20] Effect of Electron irradiation doses on storage of Iranian onions. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 49 (2010) 66-72.