تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد۲۳ / شماره /۷۶ / بهار و تابستان/ ۱۴۰۳ /ص : ۴۹ - ۶۴

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

فراتحلیل تأثیر عوامل موثر در ضایعات سیب‌زمینی طی انبارداری

فرزاد گودرزی [1*]، سید محسن سیدان [2]

[1*] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی مهندسی ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ، همدان ، ایران.

[2] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اقتصادی اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ، همدان ، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۶/۱۷

چکیده

ضایعات مواد غذایی یکی از چالش‌های جدی امنیت غذایی کشور است. اولین گام برای کاهش تلفات محصولات کشاورزی، شناسایی عوامل موثر در بروز تلفات است. سهم عوامل مختلف در بروز تلفات سیب‌زمینی، که محصولی است اساسی در تامین امنیت غذایی کشور، در گزارش‌های موجود متفاوت است. در این تحقیق برای دستیابی به تصویری جامع از نقش عوامل موثر در بروز تلفات سیب‌زمینی در انبار، از روش فراتحلیل استفاده شد تا بر اساس آن نسبت به تجمیع نتایج سوابق مطالعات گذشته بر مبنای روش آماری اقدام و نتیجه قابل اتکایی به‌دست آید. در تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Stata تأثیر عوامل دما، رطوبت، نوع تهویهٔ انبار و شیوهٔ مهار جوانه‌زنی بر افت وزنی و ضایعات کمی سیب‌زمینی بررسی شد. بررسی فراتحلیل نتایج مطالعات پیشین نشان داد که بر اساس طبقه‌بندی کوهن عواملی مانند دما، رطوبت نسبی، تهویه و جوانه‌زنی مسئول بیش از ۷۳ درصد تلفات محصول در انبار با اثر بخشی زیاد و قطعی است. بر همین اساس، انحراف دمای انبار از محدوده ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی انبار از ۹۵ درصد، با روندی افزایشی تلفات سیب‌زمینی در انبار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این میان، عامل دما بیشترین تاثیر را در بروز تلفات سیب‌زمینی در انبار دارد.

واژه‌های کلیدی: تلفات، سیب‌زمینی، متاآنالیز، نگهداری

مقدمه

بخش عمدهٔ تولید سیب‌زمینی کشور در استان‌های همدان، اردبیل و اصفهان و به صورت کشت بهاره است و در مهر ماه برداشت می‌شود (Anon, 2022). مقایسهٔ سرانهٔ مصرف ۴۵ کیلوگرم سیب‌زمینی درکشور با سرانهٔ تولید ۶۵ کیلوگرم آن گواه این مطلب ناخوشایند است که با احتساب ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزارتن صادرات و حدود ۵۰۰ هزارتن بذر نگهداری شده سیب‌زمینی برای کشت سال بعد، بیش از ۱۵ تا ۲۳ درصد سیب‌زمینی تولیدی کشور به دلایل مختلف از چرخهٔ مصرف خارج می‌شود. از این مقدار، حدود ۹ تا ۲۰ درصد آن مربوط به ضایعات دورهٔ انباری سیب‌زمینی است. با احتساب ۵ میلیون تن تولید سالانهٔ سیب‌زمینی کشور، میزان وزنی ضایعات این محصول حدود ۹۰۰ هزار تن (معادل ۱۸ درصد تولید سالانهٔ سیب زمینی کشور) و ارزش ریالی آن با احتساب یکصد هزار ریال برای هرکیلوگرم محصول به ۹۰۰۰۰ میلیارد ریال می‌رسد. این مقدار سیب‌زمینی معادل محصول حداقل ۱۵ هزار هکتار زمین آبی و مصرف حداقل ۱۰۰ میلیون متر مکعب آب آبیاری است. به بیان دیگر میزان ضایعات سالانه سیب‌زمینی کشور برای مصرف بیش از ۱۵ میلیون نفر برآورد می‌شود (Mirmajidi *et al.*, 2017). براساس برنامه‌های پنجم و ششم توسعه کشور، میزان ضایعات محصولات کشاورزی

نویسنده مسئول: **Email** : goodarzifarzad@gmail.com

http://doi: 10.22092/FOODER.2024.366433.1398

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

باید به ۱۰ درصد کاهش می‌یافت، امری که متاسفانه تاکنون محقق نشده است. یکی از نقاط مهم تلفات سیب‌زمینی، انبارها و نحوهٔ نگهداری محصول در آنهاست. چنانچه بتوان میزان ضایعات موجود این محصول را به حدود۱۰ درصد کاهش داد در آن صورت مساحتی در حدود ۱۵ هزار هکتار از زمین‌های آبی کشور برای کشت دیگر محصولات کشاورزی آزاد می‌شود. این امر باعث خواهد شد امنیت غذایی جامعه به شکل قابل توجهی ارتقا یابد و از منابع با ارزش و محدود کشاورزی به شکل موثرتری استفاده شود.

مطابق بررسی‌ها، از میان عوامل مختلف تاثیرگذار بر تلفات انباری سیب‌زمینی چهار عامل دما، رطوبت نسبی، تهویه و جوانه‌زنی بیشترین تاثیر را دارند. بر اساس نتایج تحقیق گودرزی و همکاران (Goudarzi, *et al.*, 2004) دما مهم‌ترین عامل اثرگذار درحفظ رطوبت محصول، پیشرفت آلودگی در غده ها و میزان افت رطوبت در دورهٔ انبارداری است و افزایش یک درجه سلسیوس دمای انبار، سبب افزایش ۰/۲۳۹ درصد در میزان ضایعات وزنی و کاهش۰/۱۲ درصد در قند احیاکنندهٔ غده‌ها می‌شود. افزایش یک درصد رطوبت هوای انبار، تلفات وزنی روزانه را تا ۰/۰۶ درصد کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه دو ساله اسپارکس و سامر (Sparks and Summer, 1974) نشان داده است سیب‌زمینی‌هایی که در دمای ۳ تا ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد همراه با هوادهی با قوای موثر (دمنده) با دبی ۰/۵ فوت مکعب در دقیقه انبار شده بودند، دارای کمترین افت وزنی بودند. ویلیامز و کوپ (Williams and Cobb, 1999) تلفات نگهداری چهار ماهه سیب‌زمینی را در محیطی با رطوبت نسبی کمتر از ۷۵ درصد و دمای ۱۵ درجه سلسیوس، صرف‌نظر از واریته، حدود ۳۱ درصد گزارش کردند. چگونگی فرایند التیام‌دهی نیز اثر مهمی بر افزایش ماندگاری سیب‌زمینی دارد. در تحقیق وارنز (Warns,1985)، بین ۲۴ تا ۳۸ درصد از ضایعات سیب‌زمینی طی سه ماهه اول انبارداری ناشی از عوامل بیماریزا گزارش شده است. موسوی و آجیلی (Mousavi and Ajili, 2011) نشان دادند که مهندسین ناظر و آموزش و برگزاری کلاس‌های آموزشی و ترویجی در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی موثر است.

در زمینهٔ عوامل تاثیرگذار بر ضایعات سیب‌زمینی با اینکه مطالعات مختلفی شده، اما بررسی نظام‌مندی در این زمینه وجود ندارد. بنابراین ،مطالعهٔ فراتحلیل عوامل مهم به منظور بررسی سهم آنها در ایجاد ضایعات انباری این محصول در این پژوهش هدف‌گذاری شده است.

مواد و روش‌ها

راهبرد جستجو

برای اجرای فراتحلیل و دریافت مقالات ۲۰ سال اخیر مرتبط با ضایعات سیب‌زمینی، پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، Springer،Wiley ، Web of Science و پایگاه های داخلی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، بانک اطلاعات نشریات کشور، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام و پایگاه اطلاعات علمی ایران جستجو شد. استراتژی جستجو بر اساس کلمات کلیدی سیب‌زمینی(Potato)، ضایعات(Loss)، دما(Temperature)، رطوبت نسبی(Relative humidity)، تهویه(Ventilation)، مهار جوانه‌زنی(Inhibition of germination / Sprout) انتخاب شدند. از این پایگاه‌ها در مجموع ۲۸۵۰ مقاله استخراج شد. بر اساس پروتکل ROSES و مطالعهٔ چکیده مقالات، ۲۰ مطالعه حائز شرایط ورود به فراتحلیل برگزیده شدند (جدول ۱ و ۲). این پروتکل برای مطالعات محیط زیستی و بوم شناسی معرفی و به وسیله آن مسیر غربالگری مطالعات به صورت نظام‌مند و روشن مشخص می‌شود. این پروتکل شامل سه مرحلهٔ اساسی جستجو، غربالگری و آماده سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است (Izanlou and Habibi, 2011). در مطالعات استخراج شدهٔ منتخب، علاوه

بر بررسی پارامترهای هدف یعنی دما، رطوبت نسبی، مهار جوانه زنی و تهویه، نتایج تیمار شاهد (انبار غیر فنی) نیز گزارش شده بود که این اطلاعات برای برای محاسبهٔ اندازهٔ اثر (Impact size) مورد نیاز است.

جدول ۱- روند جستجو، غربالگری و انتخاب مقاله‌ها در فرایند جمع‌آوری داده‌ها

Table 1- The process of searching, screening, and selecting articles in the data collection process

ردیف Row	عنوان Title	تعداد مقاله باقی مانده Number of remaining articles	تعداد مقاله حذفی Number of deleted articles
۱	جستجوی کلی درپایگاه منابع فارسی Iran SID و Civilica	۷۹۴	۰
۲	غربالگری اولیه منابع فارسی شامل: حذف عناوین مشابه و حذف مقالات مرتبط بر اساس چکیده	۱۸۰	۶۱۴
۳	غربالگری مقاله های فارسی با موضوع ضایعات قبل از انبار	۸۴	۹۶
۴	غربالگری مقاله های فارسی بر اساس مطالعه چکیده	۷	۷۷
۵	جستجوی کلی درپایگاه منابع لاتین: Google Scholar- Scopus - CABI - Research Gate	۱۰۶۲	۰
۶	غربالگری اولیه منابع لاتین شامل: حذف عناوین مشابه – حذف مقالات مرتبط بر اساس چکیده	۵۲۵	۵۳۷
۷	غربالگری مقاله های لاتین با موضوع ضایعات قبل از انبار	۲۶۰	۲۶۵
۸	غربالگری مقاله های لاتین بر اساس مطالعه چکیده	۱۳	۲۴۷

در هیچ یک از مقالات منتخب نهایی همهٔ پارامترهای گفته شده به طور همزمان بررسی نشده بود (وجود همه پارامترهای مورد بررسی در مقالهٔ منتخب، شرط اصلی وارد کردن داده‌های هر مقاله در مطالعهٔ فراتحلیل است)، بنابراین برای ساماندهی این مطالعه و امکان به‌کارگیری داده‌ها در مدل مطالعاتی فراتحلیل، بر اساس پارامترهای مورد بررسی در هر یک از مقاله‌های ۲۰ گانه، گروه‌بندی داخلی صورت گرفت و هر گروه به شکل مجزا تحلیل شد. بر اساس جمع‌بندی مطالعات و منابع در دسترس، سهم اثر هر یک از پارامترهای مورد مطالعه در میزان ضایعات سیب‌زمینی در انبار بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج استخراج شده از مطالعات منتخب به روش فراتحلیل از نرم افزار (Stata 14.1, 2018) استفاده شد.

روش تحلیل

تحلیل آماری در فراتحلیل به طور کلی از دو بخش معناداری و محاسبهٔ اندازهٔ اثر تشکیل می شود. معنی‌داری آماری نشان می دهد که آیا ارتباط یا اختلاف مشاهده شده بین گروه های مطالعه تنها با شانس و تصادف بوده است (فرضیهٔ صفر،H_0) یا خیر (فرضیهٔ مخالف،H_1). فرضیهٔ H_0 معرف وجود تفاوت بین گروه‌ها و فرضیهٔ H_1 بیانگر نبود تفاوت بین گروه‌هاست. اندازهٔ اثر نشانگر تفاوت بین شاخص مورد مطالعه در تیمار شاهد و آزمایش است.

محاسبه اندازه اثر

اندازهٔ اثر میزان تفاوت بین گروه‌هاست. اندازهٔ مطلق اثر تفاوت بین میانگین نتایج در گروه‌های مختلف است. وقتی مطالعات با روش‌ها و معیارهای متفاوت پیش رفته باشند، امکان مقایسهٔ مستقیم آنها وجود ندارد. در این حالت، محاسبهٔ اندازهٔ اثر امکان مقایسهٔ کمی نتایج مطالعات مختلف را فراهم می‌کند و عموماً در فراتحلیل از آنها استفاده می‌شود. در حوزهٔ کشاورزی، بیشتر داده‌ها بر اساس میانگین گزارش می‌شوند. به همین دلیل اندازهٔ اثرهای محاسبه شده در این پژوهش بیانگر میانگین شاخص‌های

گزارش شده در مطالعات جمع‌آوری شده است. بنابراین، برای هر مطالعه یک اندازهٔ اثر براساس رابطهٔ (۱) محاسبه شد (Heidari, 2022 ., Ghazi Tabatabaie and Vedadhir, 2010).

$$R=\frac{\bar{x}\,e}{\bar{x}\,c} \quad (۱)$$

در این رابطه، اندازهٔ اثر (R) عبارت‌است از نسبت میانگین تیمار آزمایش به میانگین تیمار شاهد. در جاهایی که توزیع پیامد نرمال نباشد (میانگین‌ها با هم فاصله زیادی داشته باشند) یا مقادیر واریانس نزدیک به هم نباشند، از لگاریتم نسبت استفاده می‌شود زیرا لگاریتم این نسبت به‌طور مساوی تحت تأثیر تغییرات صورت و مخرج کسر قرار می‌گیرد. لگاریتم این نسبت معمولا نرمال خواهد بود که در این حالت خط خنثی روی عدد یک است. دیگر موارد بر اساس رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شد.

$$\ln(R) = \ln\frac{\bar{x}\,e}{\bar{x}\,c} \quad (۲)$$

$$W = \frac{n}{y} \quad (۳)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(R_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^{k} w_i} \quad (۴)$$

$$Ln(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^{k}(\mathrm{Ln}R_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^{k} w_i} \quad (۵)$$

در رابطه‌های بالا: R اندازهٔ اثر، w وزن هر اندازهٔ اثر، $\bar{R}$ متوسط وزنی اندازهٔ اثر نمونه ها، n برابر با تعداد تکرار اندازه‌گیری‌ها، و y برابر با تعداد سال‌های اندازه‌گیری است. حدود اطمینان برای میانگین نسبت اثر (μ_λ) که با Cl_U و CL_i مشخص شده است از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Ghazi Tabatabaie and Vedadhir, 2010., Heidari, 2022):

$$\bar{R} - z_{\frac{\propto}{2}} \times Se(\bar{R}) \leq \mu_\lambda \leq \bar{R} + z_{\frac{\propto}{2}} \times Se(\bar{R}) \quad (۶)$$

$$Cl_i = \bar{R} - z_{\propto/2} \times Se(\bar{R}) \quad (۷)$$

$$\mathrm{Cl}_U = \bar{R} + z_{\propto/2} \times Se(\bar{R})$$

بررسی سوگیری انتشار (Publication Bias)

سوگیری انتشار، میزان جهت‌گیری مطالعات چاپ شدهٔ ورودی به فراتحلیل را نشان می‌دهد. سوگیری انتشار در فراتحلیل منجر به بروز خطا در تعیین ارتباط صحیح بین علت و معلول می‌شود. علاوه بر این، ممکن است میزان و جهت همبستگی بین علت و معلول بیشتر دیده شود یا در نظر گرفته نشود. سوگیری انتشار از دلایل اصلی مطالعات گم‌شده در روش فراتحلیل است. وضعیت سوگیری مطالعه‌های ورودی به فراتحلیل، توسط آزمون اگر (Egger) ارزیابی شد (Egger *et al.*, 1997).

جدول۲- فهرست منابع منتخب داخلی مورد استفاده در این مطالعه

Table 2- List of selected final articles used in the research

ردیف Row	عنوان مقاله Title of assay	مؤلف Author	محل انتشار Pub. Place	مرجع Source
۱	Effect of storage temperature on quality of potato tubers.	Kazami, Tsuchiya, Kobayashi & Ogura, 2000	Food Science and Technology	CABI
۲	Losses during storage of potato varieties in relation to weather conditions during the vegetation period and temperatures during long-term storage.	Magdalena & Dariusz, 2018	American Journal of Potato Research	CABI
۳	Yield, tuber quality, and weight losses during storage of ten potato cultivars grown at three sites in Serbia.	Brocic, 2016	Potato Research	CABI
۴	بررسی شرایط انبارهای نگهداری بر کیفیت و ضایعات سیب‌زمینی در دورهٔ انبارداری	Goudarzi & Seyedan, 2004	مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی	IRAN SID
۵	بررسی ضایعات سیب‌زمینی در انبارهای فریدن اصفهان	Nasr Esfahani, 2003	نهال و بذر	IRAN SID
۶	تعیین ویژگی‌های لزج کشسان (ویسکو الاستیک) دو رقم سیب‌زمینی ذخیره شده در انبار فنی و غیر فنی	Farhadi, Afkari, Jamshidi & Mosapour Gorji, 2019	تحقیقات مهندسی صنایع غذایی	IRAN SID
۷	Alternative sprout suppressants for stored potatoes	Kleinkopf and Frazier, 2002	University of Idaho, College of Agricultural and Life Sciences	Google Scholar
۸	بررسی سینتیک افت رطوبت و مدلسازی ریاضی سیب زمینی با استفاده از آنالیز رگرسیون	Yaghobi, Tavakolipour & Elhami Rad, 2013	نوآوری در علوم و فناوری غذایی	IRAN SID
۹	بررسی اثر مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم دار بر تغییرات کیفی سیب زمینی در دورهٔ انبارداری	Goudarzi, 2010	مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی	IRAN SID
۱۰	مقایسهٔ اثر کلروپروفام و عصارهٔ نعناع فلفلی بر جلوگیری از جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار	Goudarzi & Kalvandi, 2018	تولیدات گیاهی	IRAN SID
۱۱	تأثیر مصرف کلروپروفام بر تغییرات غدهٔ سیب‌زمینی در طول دورهٔ انبارداری	Goudarzi & Fatemian, 2014	مهندسی بیوسیستم ایران	IRAN SID
۱۲	Influence of sprout inhibiting treatments and packaging methods on storage performance of Kufri Chipsona 4 potato	Phogat, Siddiqui & Dalal, 2019	Indian Journal of Horticulture	Research Gate
۱۳	Effect of CIPC on sprout inhibition and processing quality of potatoes stored under traditional systems	Mehta, Singh & Ezekiel, 2010	Potato Research	Research Gate
۱۴	Potato Post-harvest Operations	Magno, 2001	FAO	CABI
۱۵	The effect of Potato Store operation on energy usage and Weight loss	Devres & Bishop, 2000	Potato Research	Google Scholar
۱۶	Potato storage quality is influenced by the rate of ventilation	Walter & Sparks, 2000	American Potato Journal	Scopus

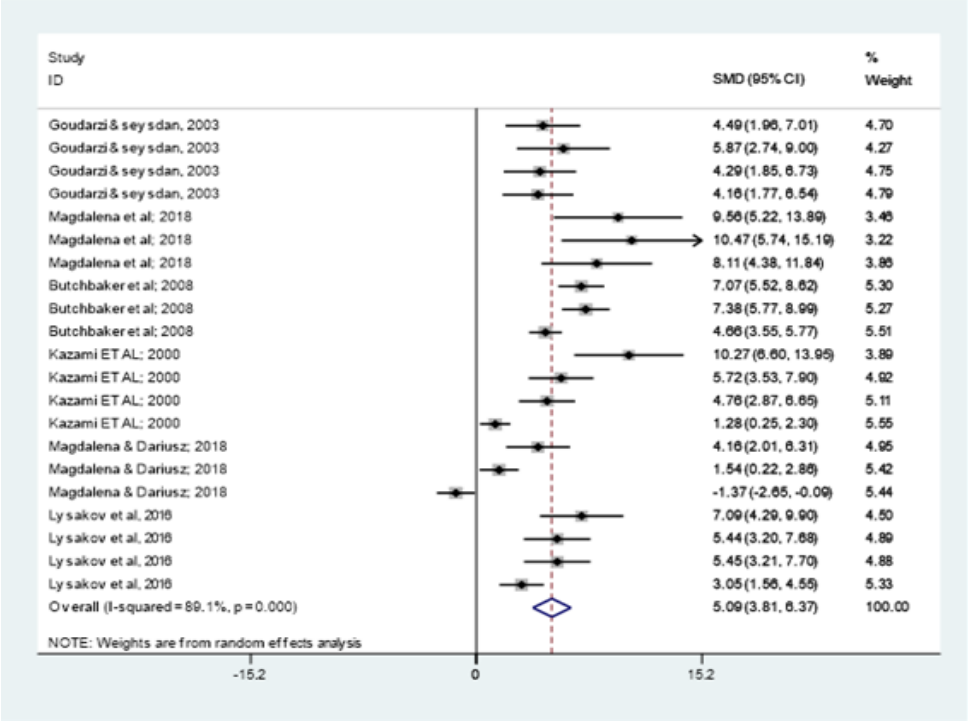
ردیف Row	عنوان مقاله Title of assay	مؤلف Author	محل انتشار Pub. Place	مرجع Source
۱۷	Weight loss of potatoes as affected by age, temperature, relative humidity, and air velocity	Butchbaker, Nelson & Romersberger, 2008	American Potato Journal	Google Scholar
۱۸	Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing potatoes with different maturity levels at harvest	Heltofta & Berit Wold, 2016	Postharvest Biology and Technology	Scopus
۱۹	Losses of potatoes in cold storage, mechanism, and influential factors	Chourasia & Goswami, 2001	Journal of Food Science and Technology	Google Scholar
۲۰	The relationship between storage temperature, respiration, reducing sugar content, and reconditioning regime in stored potato tubers	Williams R. O., Cobb, A. H. 1992	Applied Biology	CABI

نتایج و بحث

اثر دمای انبار بر میزان تلفات سیب‌زمینی

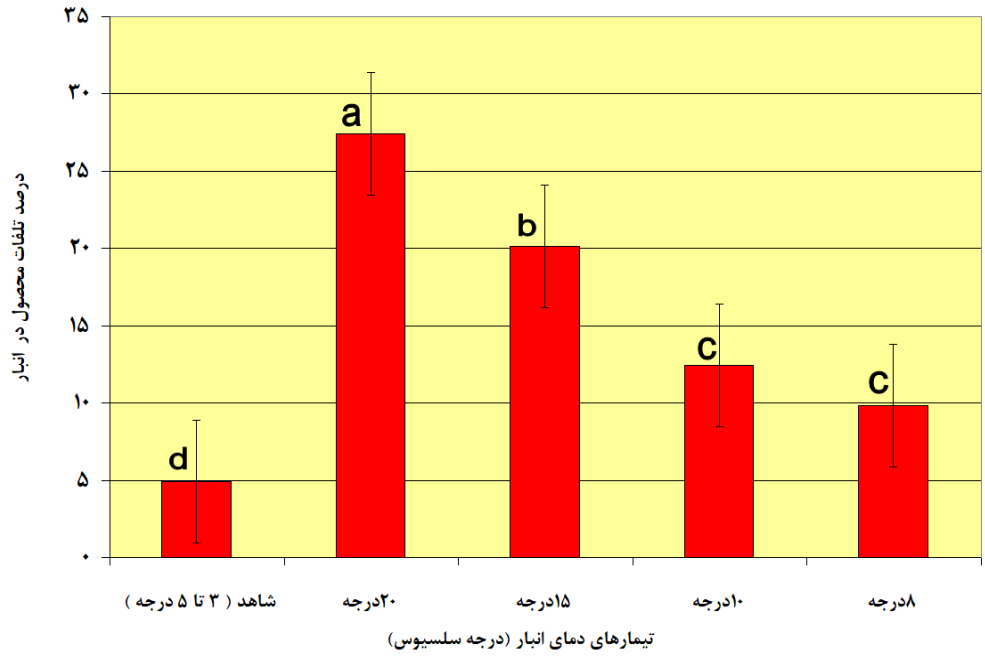
نتیجهٔ بررسی اثر میزان دمای انبار بر تلفات محصول سیب‌زمینی در دورهٔ انبارداری، که بر اساس تجمیع نتایج تحقیقات پیشین به دست آمده است، در یک نمودار انباشت (Forest Plot) ارائه شده است (شکل ۱). این نتایج نشان می‌دهد میزان اثر کلی دماهای بالاتر از شاهد (۳ درجه سلسیوس) برابر ۵/۰۹ است که نشان‌دهنده پیامد افزایشی اثر دماهای بالاتر از دمای شاهد بر میزان تلفات انباری سیب‌زمینی است. اثر مستقل افزایش دما بر بالارفتن تلفات انباری سیب‌زمینی از ۰/۸۵تا ۵/۳ درصد (معادل ۱۰ تا ۲۷ درصدکل تلفات انبارداری محصول) گزارش شده است. از سوی دیگر، محاسبهٔ میزان ۰/۸۹ برای قدرمطلق نتایج تجمیعی (l-Squared) و قرار گرفتن لوزی کل در سمت راست خط خنثی (Null Line) همگی بیانگر اثربخشی زیاد و قطعی دماهای بالاتر از شاهد بر تلفات انباری سیب‌زمینی بر اساس طبقه‌بندی کوهن است(شکل ۱). جزئیات بررسی سوابق مطالعاتی موجود نیز موید آن است که افزایش هر چه بیشتر دمای انبار، نسبت به میزان ۳ درجه سلسیوس، ارتباط مستقیمی با افزایش میزان تلفات محصول در انبار دارد. نتایج مطالعه گودرزی و سیدان (Goudarzi, F., & Seyedan, S.M. 2004) نیز افزایش ۰/۲۴۹ درصد در تلفات سیب‌زمینی را به ازای هر یک درجه سلسیوس افزایش دما در محدوده ۳ تا ۱۹ درجه سلسیوس نشان می‌دهد. این شرایط نشان می‌دهد که دما مهم‌ترین عامل موثر در میزان تلفات وزنی محصول در دورهٔ انبارداری است. افزایش دما از یک‌سو سبب افزایش شیب منحنی تعادلی رطوبت بین محصول و محیط می‌شود و از سوی دیگر افزایش فعالیت تنفسی غده را به دنبال دارد. این امر خود منجر به افت وزنی بیشتر غده و ایجاد پاره‌ای تغییرات شیمیایی در غده می‌شود که مهم‌ترین آن تغییرات قند احیا کننده و کاهش دورهٔ خواب غده است.

در انبارهای گروه غیر فنی، به دلیل مناسب نبودن دمای نگهداری محصول، شرایط برای پیشرفت واکنش‌های نامطلوب تجزیهٔ نشاسته به قند فراهم می‌شود و میزان قند احیاکننده در غده‌ها افزایش می‌یابد (Butchbaker *et al.*, 2008). نتایج این مطالعات نشان داد که انحراف دما از میزان شاهد می‌تواند تلفات انباری سیب‌زمینی را متناسب با میزان افزایش دما، از ۵۰ تا ۴۰۰ درصد افزایش دهد (شکل ۲).



شکل ۱- نمودار انباشت اثر دما بر تلفات سیب‌زمینی در دوره انبارداری

Fig 1- Forest Plot of the effect of temperature on potato losses during the storage period

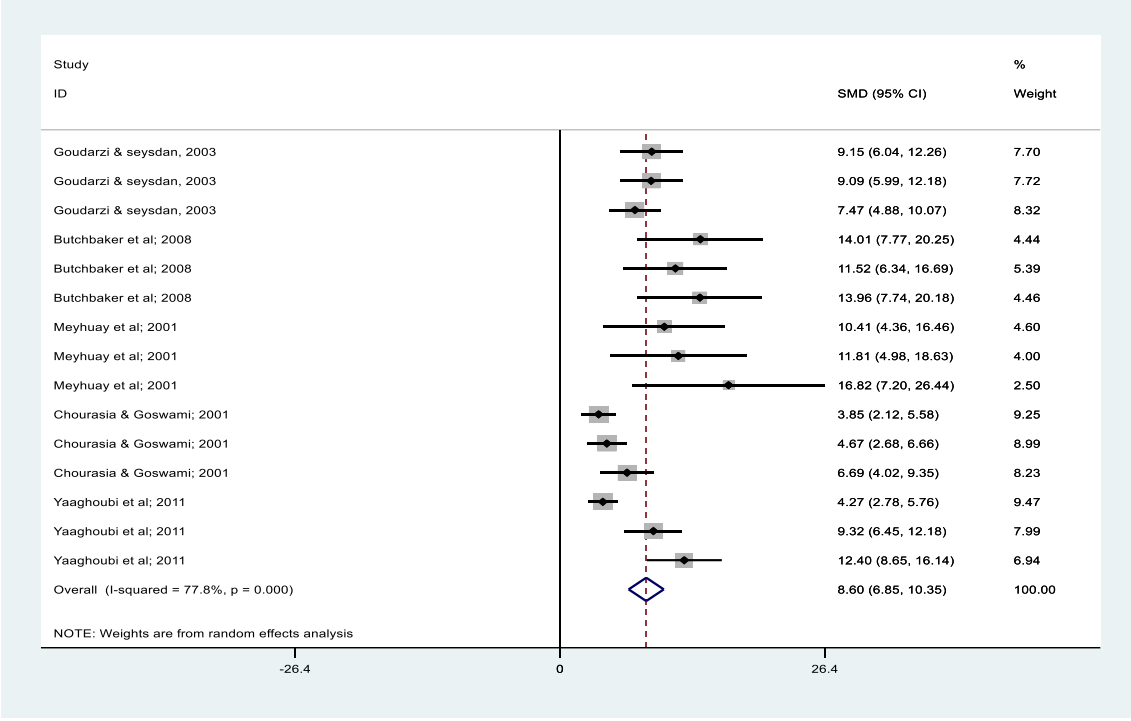


شکل۲- مقایسهٔ متوسط اثر محدوده‌های مختلف دمای انبار بر تلفات سیب‌زمینی در انبار

Fig 2- Comparison of the average effect of different storage temperature ranges on potato losses in storage

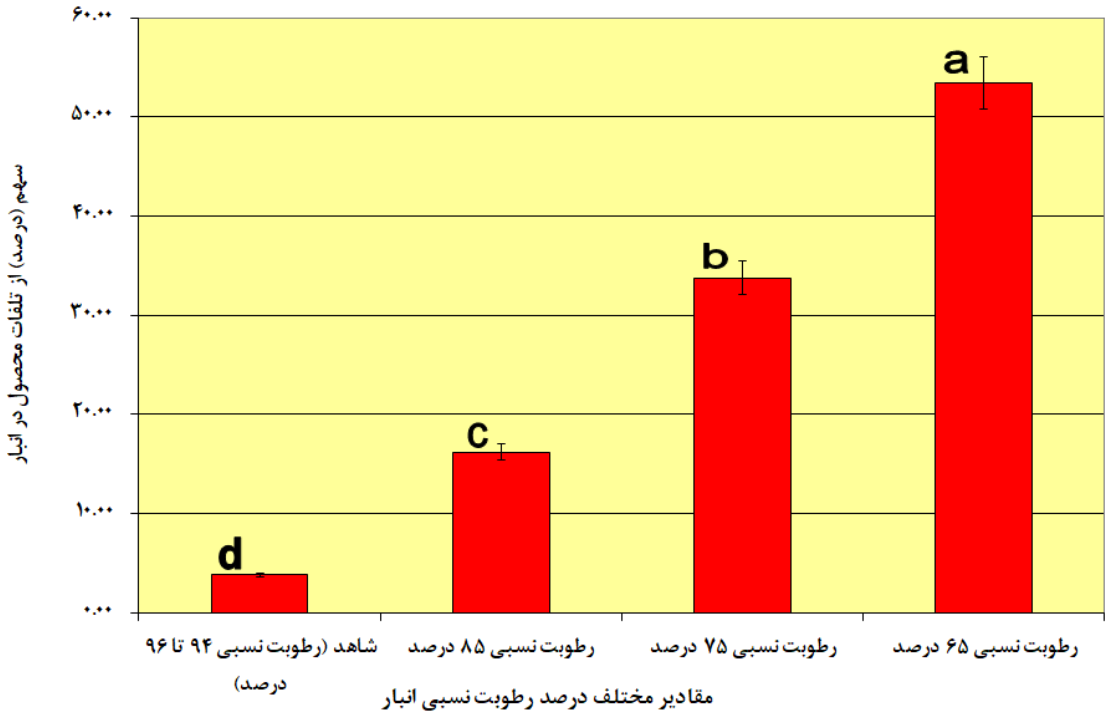
اثر رطوبت نسبی انبار بر میزان تلفات سیب‌زمینی

رطوبت نسبی نیز از پارامترهای تأثیرگذار بر تلفات سیب‌زمینی در انبار است. نتایج تجمیع سوابق تحقیقاتی اثر میزان رطوبت نسبی بر تلفات سیب‌زمینی در دوره انبارداری در قالب نمودار انباشت در (شکل ۳) ارائه شده است. مطابق این نمودار، میزان اثر کلی مقادیر مختلف رطوبت نسبی در دامنه ۶۵ تا ۹۴ درصد برابر ۸/۶۰ محاسبه شده است که نشان‌دهندهٔ پیامد افزایشی اثر رطوبت نسبی کمتر از ۹۴ درصد بر میزان تلفات انباری سیب‌زمینی‌ها است. بر اساس طبقه بندی کوهن، محاسبهٔ میزان ۰/۷۷۸ برای قدرمطلق نتایج تجمیعی و قرار گرفتن لوزی کل در سمت راست خط خنثی همگی بیانگر اثربخشی زیاد و قطعی رطوبت نسبی کمتر از میزان شاهد (۹۶-۹۴ درصد) بر تلفات انباری سیب‌زمینی است (شکل۳). بدون استفاده از نرم‌افزار و به روش محاسباتی نیز اثر مقادیر مختلف رطوبت نسبی بر تلفات سیب‌زمینی در انبار بررسی شد و نتایج مطالعات نشان داد که انحراف رطوبت نسبی هوای انبار از میزان شاهد (۹۶-۹۴ درصد) می‌تواند سهم رطوبت نسبی از تلفات انباری سیب‌زمینی را نسبت به متوسط ۴ درصدی آن در انبارشاهد تا ۱۴ برابر افزایش دهد (شکل ۴). سوابق مطالعاتی موجود نشان می‌دهد که افزایش یک درصد رطوبت انبار، ضایعات را به میزان ۰/۰۶۱ درصد در هر روز کاهش می‌دهد (Goudarzi *et al.*, 2004). به استثنای انبار فنی و تا حدودی نیمه فنی (که رطوبت نسبی آنها همواره بین ۸۳ تا ۹۵ درصد قرار دارد) وضعیت رطوبت سایر انبارهای نامناسب دارای نوسان‌های شدید و کاملاً وابسته به رطوبت هوای محیط است. بررسی منابع استخراج شدهٔ منتخب نشان می‌دهد که بیشترین میزان ضایعات وزنی در ۱/۵ ماه ابتدا و انتهای دورهٔ نگهداری ۶ ماهه و به دلیل کاهش شدید رطوبت نسبی هوا رخ می‌دهد. در ۳ ماه میانی دورهٔ نگهداری به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی هوا، افت وزنی معناداری رخ نمی‌دهد (Kuyu, *et al*, 2019).



شکل۳- نمودار انباشت اثر رطوبت نسبی بر تلفات سیب‌زمینی در دوره انبارداری

Fig 3- Forest Plot of the effect of relative humidity on potato losses during the storage period

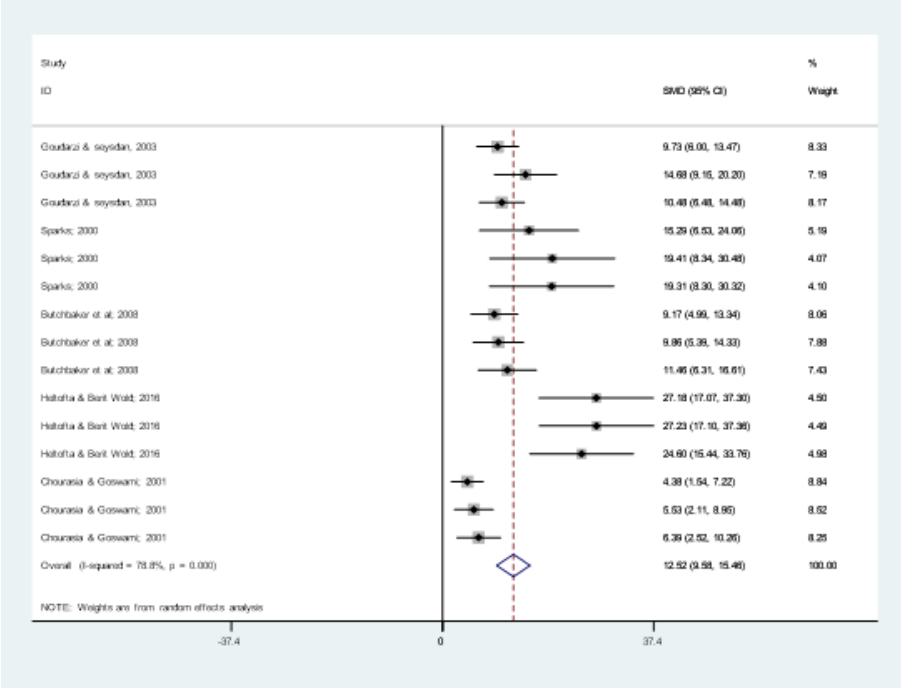


شکل٤- مقایسهٔ متوسط اثر محدوده‌های مختلف رطوبت نسبی انبار بر سهم این مولفه در تلفات سیب‌زمینی

Fig 4- Comparison of the average effect of different ranges of relative humidity in the store on the share of this characteristic to potato losses during the storage

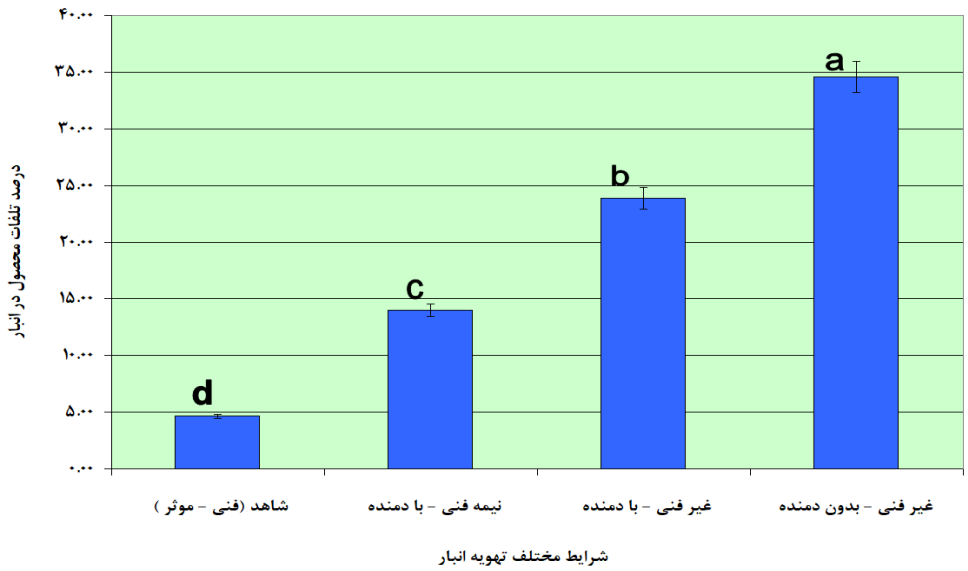
اثر تهویهٔ انبار بر میزان تلفات سیب‌زمینی

تهویهٔ انبار از دیگر پارامترهای موثر بر تلفات سیب‌زمینی انبار شده است. خروجی تحلیل منابع مورد استفاده برای مطالعه اثر شرایط تهویهٔ انبار بر تلفات محصول سیب‌زمینی در دورهٔ انبارداری در نمودار انباشت ۵ ارائه شده است. مطابق این نمودار، میزان کلی اثر شرایط مختلف تهویه انبار بر تلفات انبارداری برابر ۱۲/۵۲ محاسبه شده است. نتایج منعکس شده در این نمودار بیانگر پیامد افزایشی اثر تهویه نامناسب بر میزان تلفات انباری سیب‌زمینی است. این افزایش تلفات برای انبارهای نیمه فنی، غیر فنی با تهویه و غیر فنی بدون تهویه نسبت به انبار شاهد (انبار فنی دارای دمنده و کانالهای تهویه) به ترتیب برابر ۲/۸ ، ۵ و ۷ برابر برآورده و گزارش شده است(شکل ۶). از سوی دیگر، بر اساس طبقه بندی کوهن محاسبهٔ میزان ۰/۷۸۸ برای قدرمطلق نتایج تجمیعی و قرار گرفتن لوزی کل در سمت راست خط خنثی همگی بیانگر اثربخشی زیاد و قطعی شرایط نامناسب تهویهٔ انبار بر تلفات انباری سیب‌زمینی است. بدون استفاده از نرم‌افزار و به روش محاسباتی نیز اثر شرایط مختلف تهویهٔ انبار بر تلفات سیب‌زمینی بررسی و نشان داده شد که با کاهش یکنواختی و کیفیت شرایط تهویه انبار (که به انواع تهویهٔ فنی، نیمه فنی و غیر فنی تقسیم شده‌اند)، تلفات انباری سیب‌زمینی به شکل معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (شکل ۶).



شکل ۵- نمودار انباشت اثر شرایط تهویهٔ انبار بر تلفات سیب‌زمینی در دورهٔ انبارداری

Fig 5- Forest Plot of the effect of ventilation on potato losses during the storage period



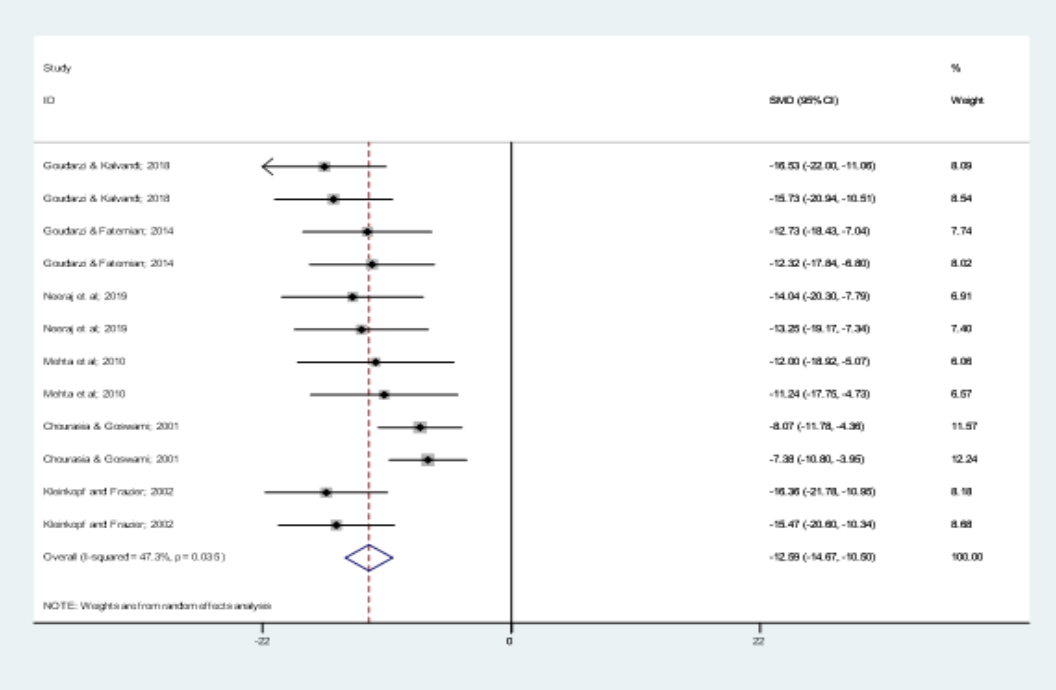
شکل٦- مقایسهٔ متوسط اثر وضعیت تهویهٔ انبار بر سهم این مولفه از تلفات سیب‌زمینی طی انبارداری

Fig 6- Comparison of the average effect of store ventilation status on the contribution of this characteristic to potato losses during the storage

اثر مهار جوانه‌زنی غده‌ها بر میزان تلفات سیب‌زمینی

شکسته شدن دورهٔ خواب و جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار ویژگی دیگری است که بر میزان تلفات سیب‌زمینی نگهداری شده در انبار موثر است. این ویژگی تحت کنترل ویژگی‌های ژنتیکی گیاه، دمای انبار و تا حدودی شرایط نوری انبار قرار دارد، با این حال طی دو دههٔ اخیر کاربرد

برخی روش‌ها (مانند کاربرد کلروپروفام یا برخی اسانس‌های معطر) برای مهار دائم یا موقت جوانه‌زنی غده‌ها در انبار عمومیت یافته است. نتیجهٔ کلی بررسی اثر روش‌های مهار جوانه‌زنی بر تلفات محصول سیب‌زمینی در دوره انبارداری، که بر اساس تجمیع نتایج تحقیقات پیشین به دست آمده است، در نمودار انباشت (شکل ۷) ارائه شده است. بدون استفاده از نرم‌افزار و به روش محاسباتی نیز اثر کاربرد روش‌های مختلف مهار جوانه‌زنی بر تلفات سیب‌زمینی انبار شده بررسی شده است. مطابق نتایج تجمیع‌شده ورودی به این فراتحلیل، متوسط میزان تلفات ناشی از جوانه‌زنی طی دورهٔ انبارداری سیب‌زمینی، برای نمونه‌های شاهد (بدون کنترل جوانه‌زنی) از ۱۳ تا ۱۸ درصد گزارش شده است. در حالی‌که با کاربرد اصولی کلروپروفام یا اسانس‌های معطر مونوترپنی، متوسط تلفات ناشی از جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار به ترتیب به حدود ۲/۵ و ۶/۵ درصد کاهش می‌یابد.



شکل ۷- نمودار انباشت اثر مهار جوانه‌زنی بر تلفات سیب‌زمینی در انبار

Fig 7- Forest Plot of the effect of sprout inhibition on potato losses during the storage period

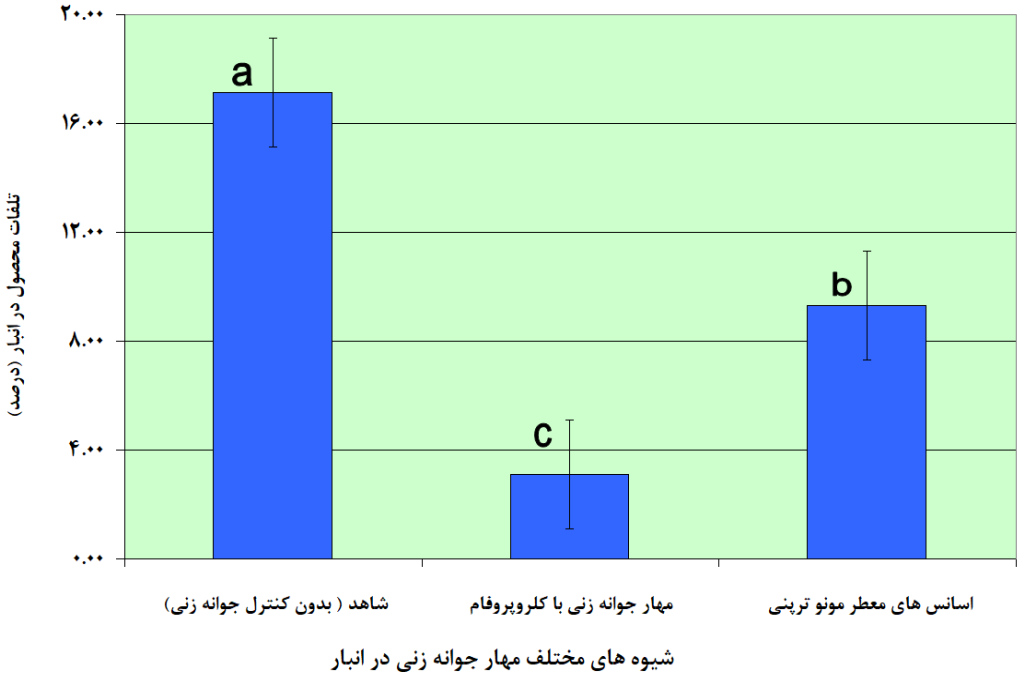
بررسی منابع در دسترس نشان می‌دهد که نامناسب بودن شرایط تهویهٔ انبارهای سیب‌زمینی عامل ۱۵ تا ۲۰ درصد ضایعات کمی یا کیفی سیب‌زمینی در دورهٔ نگهداری است (Goudarzi *et al*., 2004). میزان ضایعات در انبارهای سنتی، که فاقد سیستم کارآمدگردش هوا هستند، بیشتر از میزان ضایعات در انبارهای نیمه فنی و میزان ضایعات در انبار نیمه فنی بیشتر از میزان ضایعات در انبارهای فنی است؛ به بیان دقیق‌تر، تهویه از طریق کاهش گرادیان دما و رطوبت نسبی بخش‌های مختلف انبار و تنظیم سطح یکنواختی این پارامترها در عمق‌های مختلف تودهٔ انبار شده نقش خود را ایفا می‌کند (Kuyu *et al*., 2019). علاوه بر این موارد، تهویه از طریق کنترل غلظت دی اکسید کربن و اکسیژن انبار، شدت تنفس و تلفات کیفی محصول را کنترل می‌کند (Heltofta, *et al*., 2016).

مطابق نتایج این مطالعات، کاربرد ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم کلروپروفام خالص در ۱ نوبت یا ۴۰ پی پی ام اسانس معطر مونوترپنی (مانند اسانس میخک یا نعنا) در ۳ نوبت به ازای هر تن محصول در انبار برای کاهش معنی‌دار سهم

جوانه‌زنی از تلفات انباری سیب‌زمینی کفایت دارد (شکل۸). این نتیجه تائید کنندهٔ داده‌های ارائه شده در مطالعات کلنیکوف و فریزر (Kleinkopf and Frazier, 2002)، کلنیکوف و همکاران(Kleinkopf *et al*., 2003) و اولابی و همکاران (Owolabi *et al*., 2010) است.

بررسی سوگیری انتشار

نتایج بررسی سوگرایی انتشار برای هر ۴ متغیر مورد بررسی در این تحقیق، که به روش اگر (Egger) بوده است، در جدول ۳ نشان داده شده است. این ارزیابی، نامحتمل بودن وجود سوگیری انتشار در مطالعات را در سطح احتمال ۵ درصد تایید می‌کند.



شکل۸- مقایسهٔ متوسط اثر کاربرد روش‌های مهار جوانه‌زنی بر سهم آن از تلفات سیب‌زمینی در انبار

Fig 8- Average comparison of the effect of germination inhibition methods on its share of potato losses in storage

جدول ۳- سنجش وضعیت سوگیری انتشار نتایج تحقیق به روش آزمون اگر (Egger)

Table 3- Measuring the state of bias in the publication of research results using the Egger test method.

عامل Variable	اثر مطالعه Study effect	ضریب Coefficient	خطای استاندارد Standard error	t	P > |t|	محدودهٔ اطمینان ۹۵ درصد 95% confidence interval	
دما	شیب	-۰/۳۷۳۵۵	۱/۲۷۶	-۰/۲۱	۰/۸۳۳	-۲/۹۴۵	۲/۳۹
تعداد نمونه =۲۴	سوگرایی	۴/۷۲۴۹	۱/۳۶۸	۳/۴۵	۰/۰۰۳	۱/۸۶۱	۷/۵۸
رطوبت نسبی	شیب	-۱/۴۰۷	۰/۷۷۶۴	۱/۸۱	۰/۰۹۳	-۰/۲۷۰۳	۳/۰۱
تعداد نمونه =۱۵	سوگرایی	۳/۹۹۲	۰/۵۳۷۸	۷/۴۲	۰/۰۰۳	۲/۸۳۰	۵/۱۵
تهویه	شیب	-۱/۵۰۶	۱/۴۱۵	-۱/۰۶	۰/۳۰۷	-۴/۵۶۴	۱/۵۵
تعداد نمونه =۱۵	سوگرایی	۴/۸۲۶	۰/۵۷۷	۸/۳۶	۰/۰۰۱	۳/۵۷۹	۶/۰۷
مهار جوانه زنی	شیب	-۰/۹۲۳	۳/۴۷۵	-۰/۲۷	۰/۷۹۶	-۸/۶۶۴	۶/۸۱
تعداد نمونه =۱۲	سوگرایی	-۴/۳۵۹	۱/۳۳۶	-۳/۲۶	۰/۰۰۹	-۷/۳۳۷	-۱/۳۸

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج مطالعات پیشین نشان داد که بر اساس طبقه‌بندی کوهن، چهار عامل دما، رطوبت نسبی، تهویه و جوانه‌زنی جمعاً بیش از ۷۳ درصد تلفات محصول در انبار را با اثر بخشی زیاد و قطعی تحت کنترل دارند. بر همین اساس، انحراف دما و رطوبت نسبی انبار به ترتیب از محدوده ۳ درجه سلسیوس و ۹۵ درصد با روندی افزایشی تلفات سیب‌زمینی در انبار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شرایط تهویهٔ انبار نیز عمدتاً از طریق بر هم زدن یکنواختی دما و رطوبت‌نسبی در نقاط مختلف انبار نقش خود را بر افزایش وزنی تلفات محصول اعمال می‌کند. در مقابل، مهار دائم یا موقت جوانه‌زنی محصول انبار شده با روندی کاهشی میزان تلفات محصول در انبار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، آموزش صحیح بهره برداران با هدف به‌کارگیری و اجرای صحیح راهکارهای اصلاحی (جدول۴) می‌تواند کاهش معنی‌دار تلفات انبارداری سیب‌زمینی را به همراه داشته باشد.

جدول ٤- راهکارهای پیشنهادی برای کاهش ضایعات سیب‌زمینی در دورهٔ انبارداری

Table 4- Proposed strategies to reduce potato losses during the storage

اولویت Priority	عامل عمده ایجاد ضایعات بر اساس سوابق تحقیقاتی موجود The main cause of Losses based on available research	میانگین سهم در ایجاد ضایعات انباری The average contribution of variable in creation of storage losses	راهکار اصلاحی پیشنهادی Proposed corrective solution	برآورد ضایعات مورد انتظار پس از اجرای راهکارهای پیشنهادی Estimating the expected losses after the implementation of the proposed solutions
۱	دمای نامناسب	۲۷- ۲۰ درصد	حفظ دمای انبار در محدوده ۴ تا ۷ درجه سلسیوس	۵ تا ۸ درصد
۲	رطوبت نامناسب	۱۵-۲۰ درصد	حفظ رطوبت انبار در محدوده ۹۰ تا ۹۵ درصد	۴ تا ۷ درصد
۳	تهویه هوا	۱۲-۲۱ درصد	نصب و مدیریت سیستم های تهویه در انبار سیب‌زمینی مطابق دستورالعمل پیوست	۵ تا۱۰ درصد
۴	مهار جوانه‌زنی	۷-۱۶ درصد	کنترل جوانه زنی با استفاده از کلروپروفام یا ترکیبات جایگزین	۱ تا ۵ درصد

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

منابع

Anon. (2022). Statistics of Iran's agricultural & livestock production from 2008 to 2021. *Publications of the Ministry of Agricultural Jihad*, Tehran, Iran.

Brocic, Z., Dolijanović, Z., & Poštić, D. (2016). Yield, tuber quality, and weight losses during storage of ten potato cultivars grown at three sites in Serbia. *European Potato Journal*, 59(1):1-14.

Butchbaker, A.F., Donald C. Nelson, D.C., & romersberger, W. J. (2008). Weight loss of potatoes is affected by age, temperature, relative humidity, and air velocity. *American Potato Journal*, 50(3): 124-132.

Chourasia, M. K., & Goswami, T. K. (2001). Losses of potatoes in cold storage vis-à-vis types, mechanism, and influential factors. *Journal of Food Science and Technology*, 38(4):301-313.

Devres, Y. O., & Bishop, C. F. H. 2000. The effect of potato store operation on energy usage and weight loss. *Potato Research*, 38: 251–256. Doi: 10.1007/BF02359907.

Egger, M., Smith, G. D., & Phillips, A. N. (1997). *Meta-analysis: principles and procedures. Bmj*, 315(7121): 1533-1537.

Farhadi, R., Afkari Sayyah, A.M., Jamshidi, B., & Mosapour Gorji, A. (2019). Determination of Elastic Characteristics (Viscoelastic) in Two Potato Cultivars Stored in Non-Technical and Technical Storage. *Food Engineering Research*, 18(2), 29-44. Magiran.com/p2106292. (In Persian)

Ghazi Tabatabaie, M., & Vedadhir, A. A. (2010). The applications of meta-analysis in social behavioral research. *Sociologists Publications.* Tehran, Iran. (In Persian)

Goodarzi, F. (2010). The Effect of N and K Fertilizer on Qualitative Changes in Potato during Storage, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 10(4), 39. magiran.com/p780326. (In Persian)

Goudarzi, F., & Fatemian, H. 2014. Effect of CIPC application on potato changes during the storage. *Biosystem Engineering Journal of Iran*, Vol: 44 ،Issue: 2. (In Persian)

Goudarzi, F., & Kalvandi, R. (2018). Comparison of the effect of mint extract and Chlorpropham on Preventing Potato Sprouting in the Storage. *Plant productions*, 41(3), 51-62. Doi: 10.22055/ppd.2018.21602.1464. (In Persian)

Goudarzi, F., & Seyedan, S.M. (2004). Effect of potato store conditions on quantity of wastes case study: Hamedan province. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 4(17), 1-14. SID: https://sid.ir/paper/28199/en. (In Persian)

Grudzińska, M & Mańkowski, D. (2018). Losses during storage of potato varieties to weather conditions during the vegetation period and temperatures during long-term storage. *American Journal of Potato Research*, 95(2): 130-138.

Heltofta, P., Wold, A.B, & Molteberga, E.L. (2016). Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing potatoes with different maturity levels at harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 117(1): 21-29.

Heidari, A. (2022). Meta-analysis of the effect of conservation tillage on irrigated wheat yield in Iran. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 11(4), 105-115. Doi: 10.22034/jrmam.2022.13885.589. (In Persian)

Izanlou, B., & Habibi, M. (2011). Application of meta-analysis in social and behavioral science: a review of advantages, disadvantages, and methodological issues. *Journal of research in behavioral sciences*, 9(17):70- 82. SID. https://sid.ir/paper/106419/en. (In Persian)

Kazami, D., Tsuchiya, T., Kobayashi, Y., & Ogura, N. (2000). Effect of storage temperature on quality of potato tubers. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47(11):851-856.

Kleinkopf, G. E., & Frazier, M. J. 2002. Alternative sprout suppressants for stored potatoes. University of Idaho, *College of Agricultural and Life Sciences.* Proceedings: Winter Commodity Schools, 34:183-187.

Kleinkopf, G. E., Oberg, N.A. & Olsen, N.L. (2003). Sprout Inhibition in Storage: Current Status, New Chemistries, and Natural Compounds. *Am. J of Potato Res*, 80:317-327.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., & Davari, A. (2017). A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Agroecology*, 2(9): 296-313- SID. https://sid.ir/paper/211205/en. (In Persian)

Kuyu, C.G., Tola, Y.B., & Abdi, G.G. (2019). Study on post-harvest quantitative and qualitative losses of potato tubers from two different road access districts of Jimma zone, South West Ethiopia. *Heliyon*, 5(8): 203-210.

Magno Meyhuay. (2001). Potato post-harvest operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations.* Edited by Danilo Mejia.

Mehta, A., Singh, B., Ezekiel, R., & Kumar, D. (2010). Effect of cipc on sprout inhibition and processing quality of potatoes stored under traditional storage systems in India. *Potato Research,* 5is 3(1):1-15.

Mirmajidi, A., Famil Momen, R., & Goudarzi, F. 2017. Reducing the waste of agricultural products, is the main strategy in improving food security. Analytical report. Registration No. 50875. *Agricultural Engineering and Technical Research Institute (AERI), Agricultural Education and Extension Research Organization*, Tehran, Iran. (In Persian)

Mousavi, M., & Ajili, A. (2011). The role of agricultural promotion and education in reducing the amount of waste of agricultural products. *1st Special Conference about Opportunity Methods for Sustainable Agriculture,* Ahvaz. https://civilica.com/doc/123557. (In Persian)

Owolabi, M. S., Lajide, L., Oladimeji, M.O., & Seltzer, W.N. (2010). The effect of essential oil formulations for potato sprout suppression. *Natural Product Communications,* 5(4):645-648.

Phogat, N., Siddiqui, S., & Dalal, N. 2019. Influence of sprout inhibiting treatments and packaging methods on storage performance of Kufri Chipsona 4 potato. *Indian Journal of Horticulture,* 76 (4):728-734.

Sparks, W.C. 2000. Potato storage quality as influenced by the ventilation rate. *American Potato Journal*, 57: 67–73.

Sparks, W., & Summer, L.V. (1974). "Potato weight losses, quality changes, and cost relationship during storage". *Bulletin-Idaho-Agricultural-Experiment-Station*. NO: 353-14pp.

Williams, R. O., & Cobb, A. H. (1992). The relationship between storage temperature, respiration, reducing sugar content, and reconditioning regime in stored potato tubers. *Aspects of Applied Biology, Production and Protection of Potatoes*, pp: 213-220. Welles Bourne, UK: Association of Applied Biologists.

Yaghobi, M., H. Tavakolipour, H., Elhami Rad, H., Ziyaolhagh, H.R., Mokhtarian, M., & Askari, B. (2013). Investigation of moisture loss kinetic and mathematical Modeling of potato using regression analysis, *Journal of Innovation in food science and technology,* 4(12), 79. Magiran.com/p1079823. (In Persian

Food Engineering Research/Vol.23/No.76/ Spring& Summer/ 2024/P: 49-64

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir

Original Research

Meta-analysis of the effect of effective factors on potato waste during the storage

F. Goudarzi*, S. M. Seyedan

Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Research Engineering Agricultural, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Hamedan, Iran.
Email: goodarzifarzad@gmail.com
Received:17 July 2024 **Accepted**: 24 September 2024
http://doi:10.22092/FOODER.2024.366433.1398

Abstract

Food waste is a serious challenge to the country's food security. The first step in reducing the losses of agricultural products is to identify the factors that affect the occurrence of losses. The contribution of various factors in the occurrence of potato losses, as a basic product in ensuring the country's food security, is widely distributed in available reports. In this research, to obtain a comprehensive picture of the role of factors influencing the occurrence of potato losses in storage, the meta-analysis method was used to gather the results of past studies based on the statistical method and obtain a reliable result. In data analysis, using Stata software, the effect of factors such as temperature, humidity, type of storage ventilation, and method of germination control on weight loss and small waste of potatoes was investigated. The meta-analysis of the results of previous studies showed that according to Cohen's classification, four factors of temperature, relative humidity, ventilation, and germination control more than 73% of product losses in the warehouse with high and definite effectiveness. Accordingly, the deviation of temperature and relative humidity of the warehouse from the range of 3 degrees Celsius and 95%, respectively, affects potato losses in the warehouse with an increasing trend. Among these, the temperature factor has the greatest effect on potato losses in storage.

Keywords: Losses, Meta-Analysis, Potato, Storage.

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).