

فرا تحلیل تأثیر عوامل موثر در ضایعات سیب زمینی طی انبارداری

فرزاد گودرزی^{۱*}، سید محسن سیدان^۲

* استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
^۲ 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 سیب زمینی، 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 سیب زمینی 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 به دست آید. در تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Stata تأثیر عوامل دما، رطوبت، نوع تهویه انبار و شیوه مهار جوانه زنی بر افت وزنی و ضایعات کمی سیب زمینی بررسی شد. بررسی فراتحلیل نتایج مطالعات پیشین نشان داد که بر اساس طبقه بندی کوهن عواملی مانند دما، رطوبت نسبی، تهویه و جوانه زنی 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 سیب زمینی در انبار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این میان، عامل دما بیشترین تاثیر را در بروز تلفات سیب زمینی در انبار دارد.

واژه‌های کلیدی: تلفات، سیب زمینی، متآنالیز، نگهداری

مقدمه

بخش عمده تولید سیب زمینی کشور در استان‌های همدان، اردبیل و اصفهان و به صورت کشت بهاره است و در مهر ماه برداشت می‌شود (Anon, 2022). مقایسه سرانه مصرف ۴۵ کیلوگرم سیب زمینی در کشور با سرانه تولید ۶۵ کیلوگرم آن گواه این مطلب ناخوشایند است که با احتساب ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزارتن صادرات و حدود ۵۰۰ هزارتن بذر نگهداری شده سیب زمینی برای کشت سال بعد، بیش از ۱۵ تا ۲۳ درصد سیب زمینی تولیدی کشور به دلایل مختلف از چرخه مصرف خارج می‌شود. از این مقدار، حدود ۹ تا ۲۰ درصد آن مربوط به ضایعات دوره انباری سیب زمینی است. با احتساب ۵ میلیون تن تولید سالانه سیب زمینی کشور، میزان وزنی ضایعات این محصول حدود ۹۰۰ هزار تن (معادل ۱۸ درصد تولید سالانه سیب زمینی کشور) و ارزش ریالی آن با احتساب یکصد هزار ریال برای هر کیلوگرم محصول به ۹۰۰۰۰ میلیارد ریال می‌رسد. این مقدار سیب زمینی معادل محصول حداقل ۱۵ هزار هکتار زمین آبی و مصرف حداقل ۱۰۰ میلیون متر مکعب آب آبیاری است. به بیان دیگر میزان ضایعات سالانه سیب زمینی 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

ضایعات سیبزمینی طی سه ماهه اول انبارداری ناشی از عوامل بیماریزا گزارش شده است. موسوی و آجیلی (Mousavi and Ajili, 2011) نشان دادند که مهندسیین ناظر و آموزش و برگزاری کلاس‌های آموزشی و ترویجی در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی موثر است. در زمینه عوامل تاثیرگذار بر ضایعات سیبزمینی با اینکه مطالعات مختلفی شده، اما بررسی نظام‌مندی در این زمینه وجود ندارد. بنابراین، مطالعه 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 پایگاه‌های 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 مطالعه چکیده مقالات، ۲۰ مطالعه حائز شرایط ورود به فراتحلیل برگزیده شدند (جدول ۱ و ۲). این پروتکل برای مطالعات محیط زیستی و بوم‌شناسی معرفی و به وسیله آن مسیر غربالگری مطالعات به صورت نظام‌مند و روشن مشخص می‌شود. این پروتکل شامل سه مرحله اساسی جستجو، غربالگری و آماده‌سازی مطالعات برای ورود به فرآیند فراتحلیل است (Izanolu and Habibi, 2011). در مطالعات استخراج شده منتخب، علاوه

باید به ۱۰ درصد کاهش می‌یافت، امری که متأسفانه تاکنون محقق نشده است. یکی از نقاط مهم تلفات سیبزمینی، انبارها و نحوه نگهداری محصول در آنهاست. چنانچه بتوان میزان ضایعات موجود این محصول را به حدود ۱۰ 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 در حفظ رطوبت محصول، پیشرفت آلودگی در غده‌ها و میزان افت رطوبت در دوره انبارداری است و افزایش یک درجه سلسیوس دمای انبار، سبب افزایش ۰/۲۳۹ درصد در میزان ضایعات وزنی و کاهش ۰/۱۲ درصد در قند احیاکننده 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 کوب (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 وارسته، حدود ۳۱ درصد گزارش کردند. چگونگی فرایند التیام‌دهی نیز اثر مهمی بر افزایش ماندگاری سیبزمینی دارد. در تحقیق وارنر (Warns, 1985)، بین ۲۴ تا ۳۸ درصد از

فرا تحلیل تأثیر عوامل موثر در ضایعات سیب زمینی طی انبارداری

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

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

ردیف Row	عنوان Title	تعداد مقاله باقی مانده Number of remaining articles	تعداد مقاله حذفی Number of deleted articles
۱	جستجوی کلی در پایگاه منابع فارسی Civilica و Iran SID	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 در پایگاه 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

آماري نشان می دهد که آیا ارتباط یا اختلاف مشاهده شده بین گروه های مطالعه تنها با شانس و تصادف بوده است (فرضیه صفر، H_0) یا خیر (فرضیه مخالف، H_1). فرضیه H_0 معرف وجود تفاوت بین گروه‌ها و فرضیه H_1 بیانگر نبود تفاوت بین گروه‌هاست. اندازه اثر نشانگر تفاوت بین شاخص مورد مطالعه در تیمار شاهد و آزمایش است.

محاسبه اندازه اثر

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

در هیچ یک از مقالات منتخب نهایی همه پارامترهای گفته شده به طور همزمان بررسی نشده بود (وجود همه پارامترهای مورد بررسی در مقاله منتخب، شرط اصلی وارد کردن داده‌های هر مقاله در مطالعه 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 محاسبه اندازه اثر تشکیل می‌شود. معنی‌داری

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

$$R = \frac{\bar{x} e}{\bar{x} c} \quad (1)$$

در این رابطه، اندازه اثر (R) عبارت است 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 معمولاً نرمال خواهد بود که در این حالت خط خنثی روی عدد یک است. دیگر موارد بر اساس رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شد.

در این رابطه، اندازه اثر (R) عبارت است 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 معمولاً نرمال خواهد بود که در این حالت خط خنثی روی عدد یک است. دیگر موارد بر اساس رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شد.

$$\ln(R) = \ln \frac{\bar{x} e}{\bar{x} c} \quad (2)$$

$$W = \frac{n}{y} \quad (3)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k (R_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (4)$$

$$\ln(\bar{R}) = \frac{\sum_{i=1}^k (\ln R_i \times w_i)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (5)$$

$$\bar{R} - z_{\frac{\alpha}{2}} \times Se(\bar{R}) \leq \mu_{\lambda} \leq \bar{R} + z_{\frac{\alpha}{2}} \times Se(\bar{R}) \quad (6)$$

$$Cl_i = \bar{R} - z_{\alpha/2} \times Se(\bar{R}) \quad (7)$$

$$Cl_U = \bar{R} + z_{\alpha/2} \times Se(\bar{R})$$

بررسی سوگیری انتشار (Publication Bias)

سوگیری انتشار، میزان جهت‌گیری مطالعات چاپ شده 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).

جدول ۲- فهرست منابع منتخب داخلی مورد استفاده در این مطالعه

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

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

ردیف	عنوان مقاله	مؤلف	محل انتشار	مرجع
Row	Title of assay	Author	Pub. Place	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

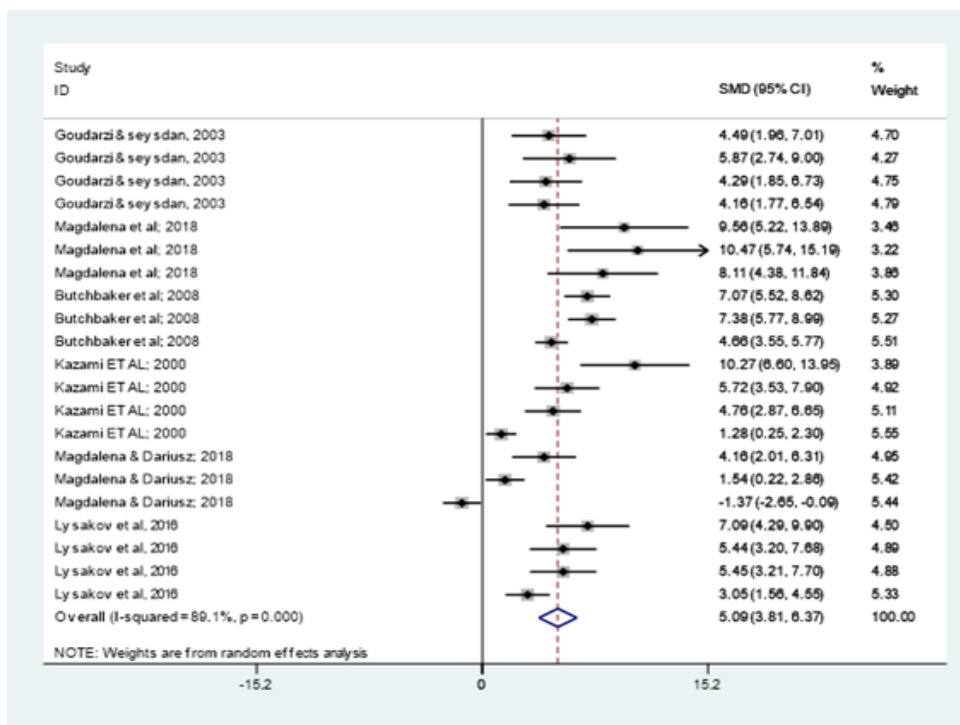
اثر دمای انبار بر میزان تلفات سیب‌زمینی

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 دوره 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 پاره‌های تغییرات شیمیایی در غده می‌شود که مهم‌ترین آن تغییرات قند احیا کننده و کاهش دوره خواب غده است.

در انبارهای گروه غیر فنی، به دلیل مناسب نبودن دمای نگهداری محصول، شرایط برای پیشرفت واکنش‌های نامطلوب تجزیه نشاسته به قند فراهم می‌شود و میزان قند احیا کننده 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).

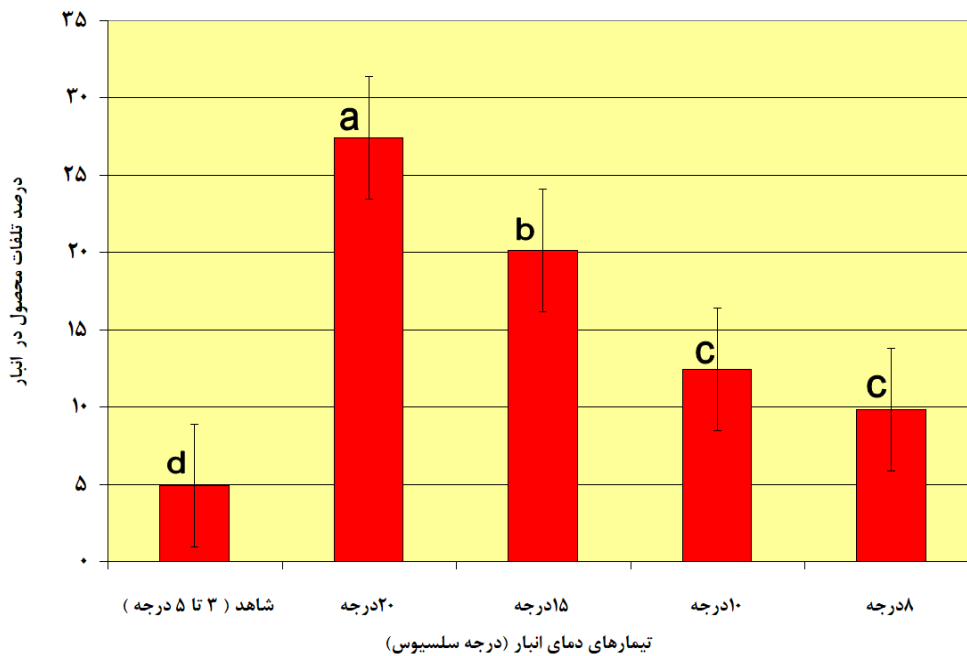
نتیجه بررسی اثر میزان دمای انبار بر تلفات محصول سیب‌زمینی در دوره انبارداری، که بر اساس تجمیع نتایج تحقیقات پیشین به دست آمده است، در یک نمودار انباشت (Forest Plot) ارائه شده است (شکل ۱). این نتایج نشان می‌دهد میزان اثر کلی دماهای بالاتر از شاهد (۳ درجه سلسیوس) برابر ۵/۰۹ است که نشان‌دهنده پیامد افزایشی اثر دماهای بالاتر از دمای شاهد بر میزان تلفات انباری سیب‌زمینی است. اثر مستقل افزایش دما بر بالارفتن تلفات انباری سیب‌زمینی از ۰/۸۵ تا ۵/۳ درصد (معادل ۱۰ تا ۲۷ درصد کل تلفات انبارداری محصول) گزارش شده است. از سوی دیگر، محاسبه میزان ۰/۸۹ برای قدرمطلق نتایج تجمیعی (I-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

فرا تحلیل تأثیر عوامل موثر در ضایعات سیب زمینی طی انبارداری



شکل ۱- نمودار اثبات اثر دما بر تلفات سیب زمینی در دوره انبارداری

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

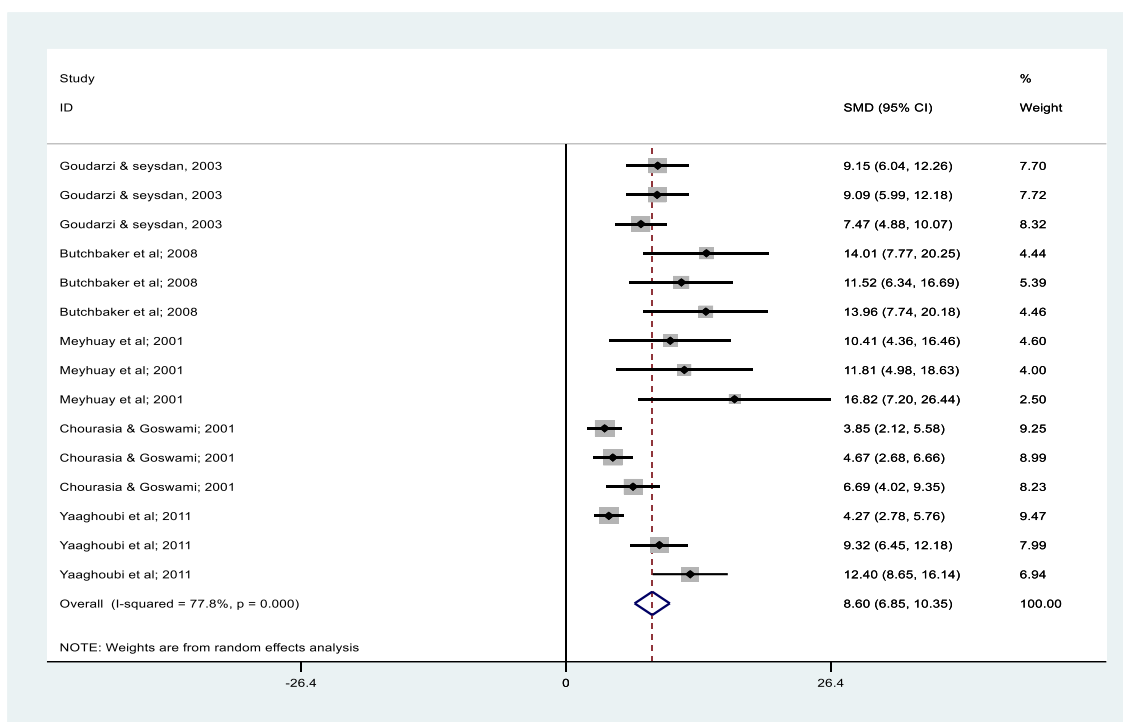


شکل ۲- مقایسه متوسط اثر محدوده‌های مختلف دمای انبار بر تلفات سیب زمینی در انبار

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

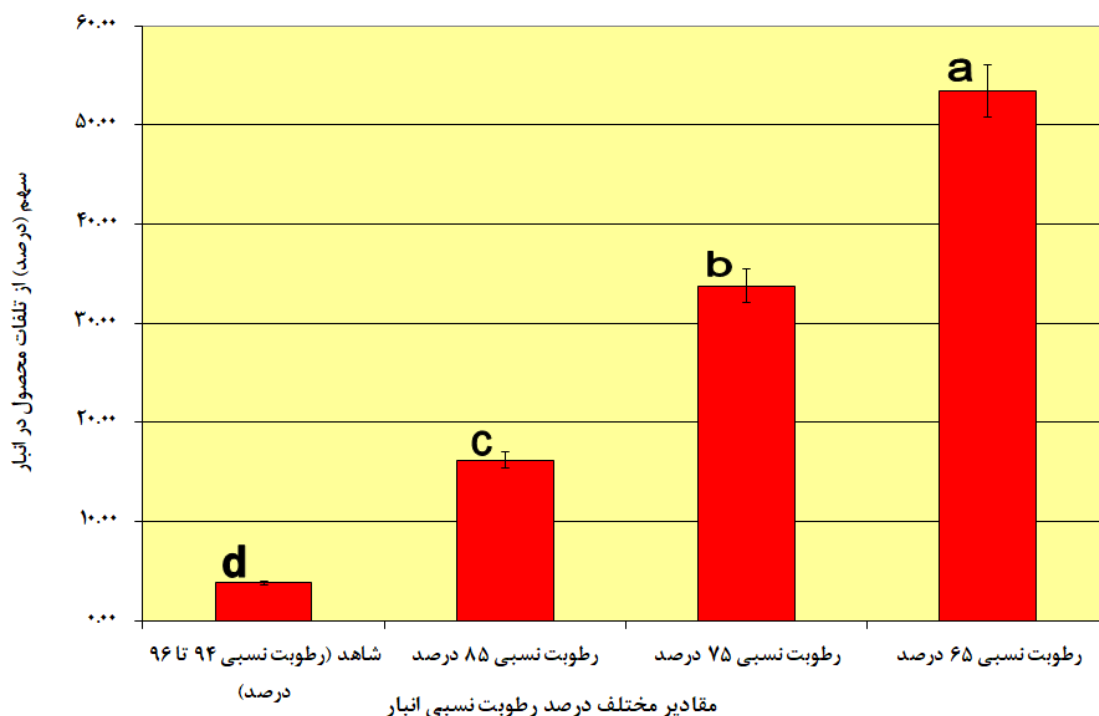
انبار از میزان شاهد (۹۴-۹۶ درصد) می‌تواند سهم رطوبت نسبی از تلفات انباری سیب‌زمینی را نسبت به متوسط ۴ درصدی آن در انبارشاهد تا ۱۴ برابر افزایش دهد (شکل ۴). سوابق مطالعاتی موجود نشان می‌دهد که افزایش یک درصد رطوبت انبار، ضایعات را به میزان ۰/۰۶۱ درصد در هر روز کاهش می‌دهد (Goudarzi *et al.*, 2004). به 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 شده منتخب نشان می‌دهد که بیشترین میزان ضایعات وزنی در ۱/۵ ماه ابتدا و انتهای دوره نگهداری ۶ ماهه و به دلیل کاهش شدید رطوبت نسبی هوا رخ می‌دهد. در ۳ ماه میانی دوره نگهداری به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی هوا، افت وزنی معناداری رخ نمی‌دهد (Kuyu, *et al.*, 2019).

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 نشان‌دهنده پیامد افزایشی اثر رطوبت نسبی کمتر از ۹۴ درصد بر میزان تلفات انباری سیب‌زمینی‌ها است. بر اساس طبقه بندی کوهن، محاسبه 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 (۹۴-۹۶ درصد) بر تلفات انباری سیب‌زمینی است (شکل ۳). 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



شکل ۳- 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



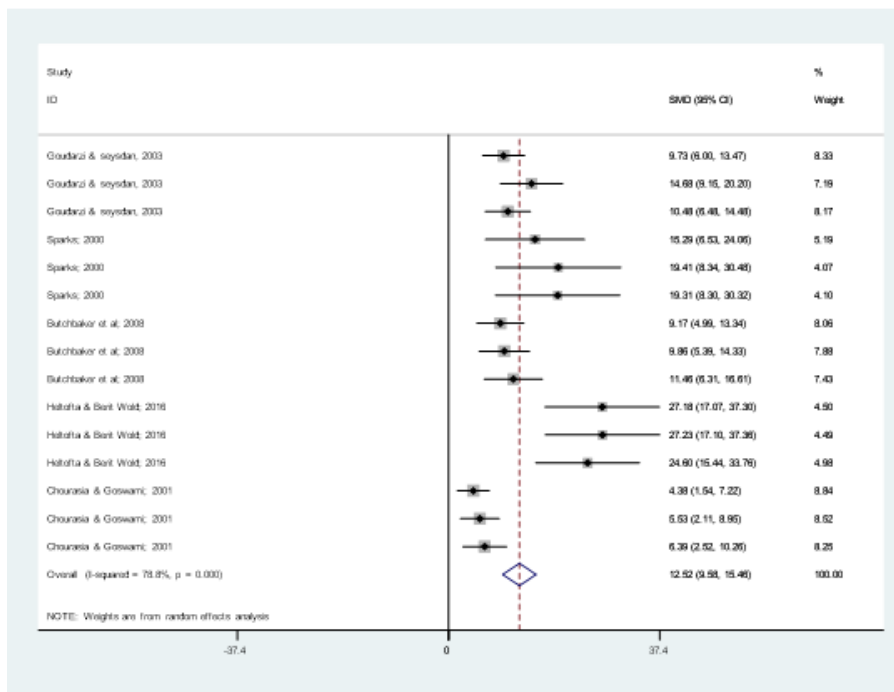
شکل ۴- مقایسه متوسط اثر محدوده‌های مختلف رطوبت نسبی انبار بر سهم این مولفه در تلفات سیب زمینی

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

ترتیب برابر ۲/۸ ، ۵ و ۷ برابر برآورده و گزارش شده است (شکل ۶). از سوی دیگر، بر اساس طبقه بندی کوهن محاسبه 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 تهویه انبار بر تلفات انباری سیب زمینی است. بدون استفاده از نرم افزار و به روش محاسباتی نیز اثر شرایط مختلف تهویه انبار بر تلفات سیب زمینی بررسی و نشان داده شد که با کاهش یکنواختی و کیفیت شرایط تهویه انبار (که به انواع تهویه فنی، نیمه فنی و غیر فنی تقسیم شده‌اند)، تلفات انباری سیب زمینی به شکل معنی داری افزایش پیدا می کند (شکل ۶).

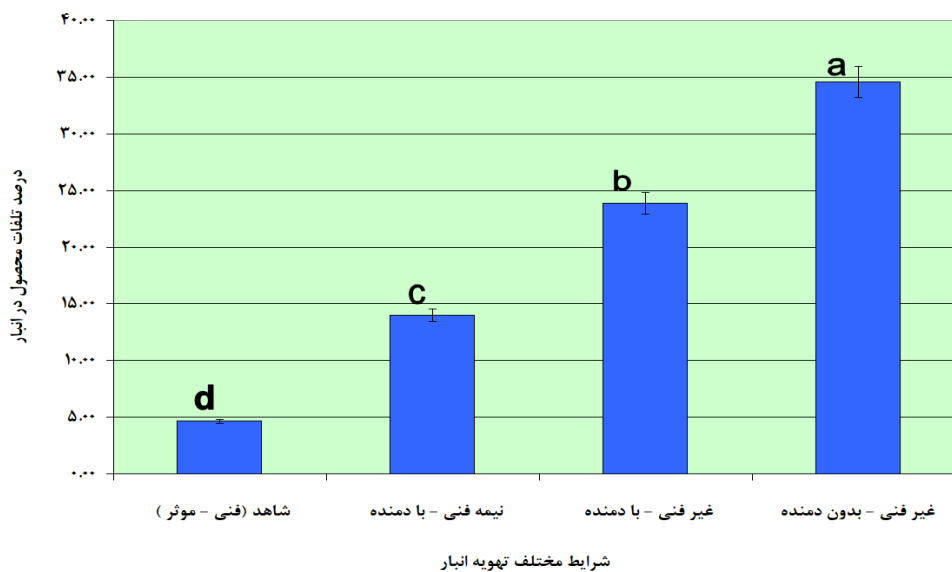
اثر تهویه انبار بر میزان تلفات سیب زمینی

تهویه انبار از دیگر پارامترهای موثر بر تلفات سیب زمینی انبار شده است. خروجی تحلیل منابع مورد استفاده برای مطالعه اثر شرایط تهویه انبار بر تلفات محصول سیب زمینی در دوره 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 سیب زمینی 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



شکل ۵- نمودار انباشت اثر شرایط تهویه انبار بر تلفات سیبزمینی در دوره انبارداری

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



شکل ۶- مقایسه متوسط اثر وضعیت تهویه انبار بر سهم این مولفه از تلفات سیبزمینی طی انبارداری

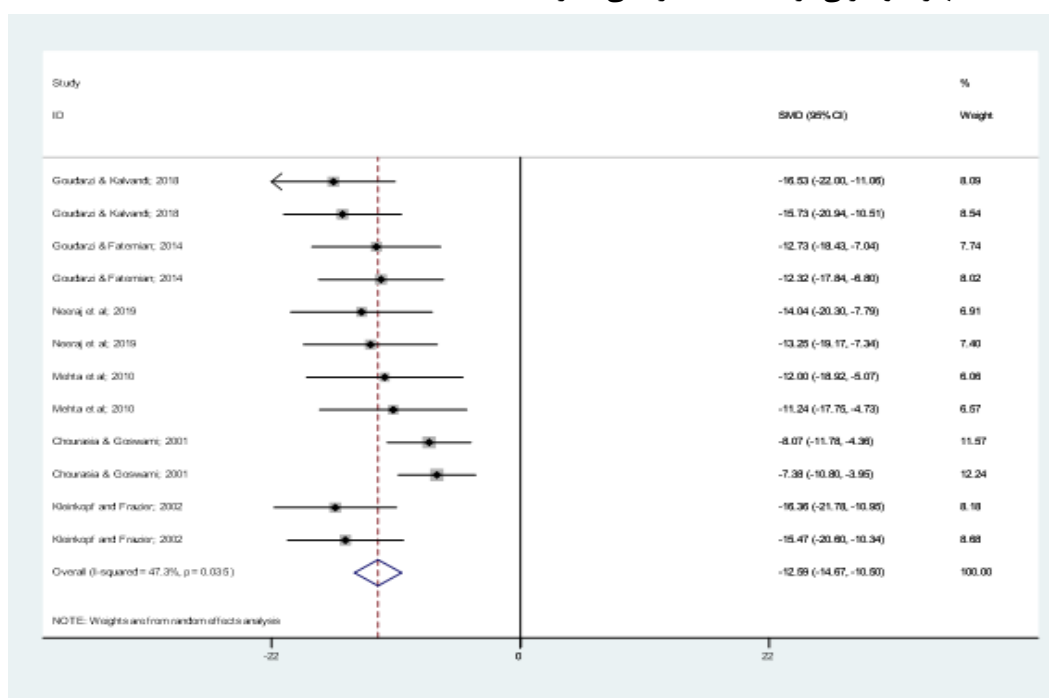
Fig 6- Comparison of the average effect of store ventilation status on the contribution of this characteristic to potato losses during the storage

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

فرا تحلیل تأثیر عوامل موثر در ضایعات سیب زمینی طی انبارداری

شده بررسی شده است. مطابق نتایج جمع شده ورودی به این فراتحلیل، متوسط میزان تلفات ناشی از جوانه زنی طی دوره انبارداری سیب زمینی، برای نمونه های شاهد (بدون کنترل جوانه زنی) از ۱۳ تا ۱۸ درصد گزارش شده است. در حالی که با کاربرد اصولی کلروپروپام یا اسانس های معطر مونوترپنی، متوسط تلفات ناشی از جوانه زنی سیب زمینی در انبار به ترتیب به حدود ۲/۵ و ۶/۵ درصد کاهش می یابد.

برخی روش ها (مانند کاربرد کلروپروپام یا برخی اسانس های معطر) برای مهار دائم یا موقت جوانه زنی غده ها در انبار عمومیت یافته است. نتیجه کلی بررسی اثر روش های مهار جوانه زنی بر تلفات محصول سیب زمینی در دوره انبارداری، که بر اساس جمع نتایج تحقیقات پیشین به دست آمده است، در نمودار انباشت (شکل ۷) ارائه شده است. بدون استفاده از نرم افزار و به روش محاسباتی نیز اثر کاربرد روش های مختلف مهار جوانه زنی بر تلفات سیب زمینی انبار



شکل ۷- نمودار انباشت اثر مهار جوانه زنی بر تلفات سیب زمینی در انبار

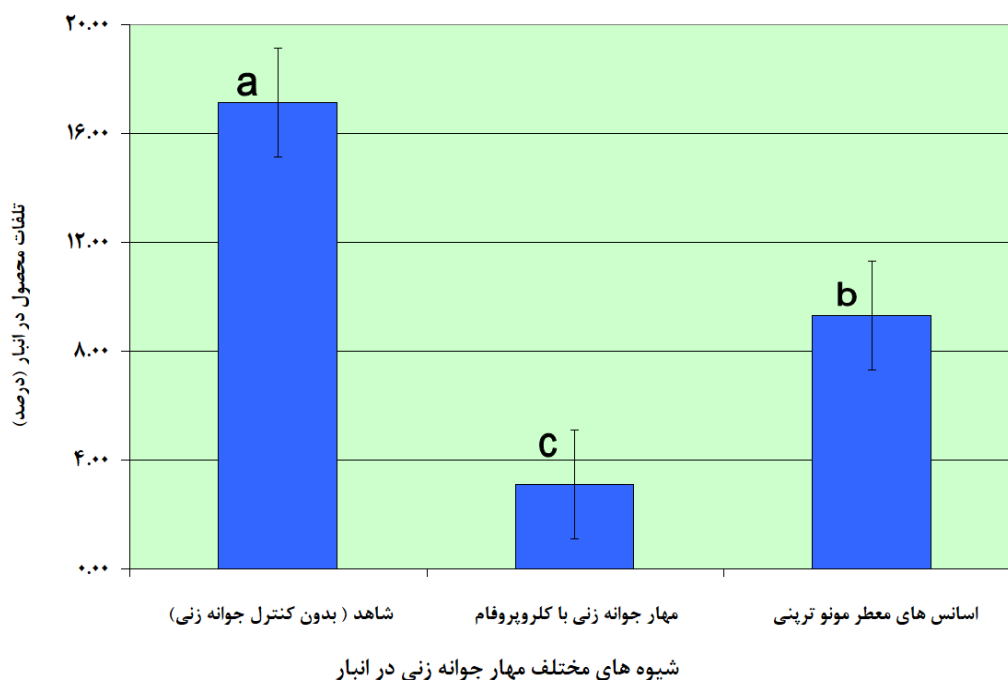
Fig 7- Forest Plot of the effect of sprout inhibition on potato losses during the storage period

یکنواختی این پارامترها در عمق های مختلف توده انبار شده نقش خود را ایفا می کند (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 می کند (Heltofta, et al., 2016).

مطابق نتایج این مطالعات، کاربرد ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم کلروپروپام 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 معنی دار سهم

بررسی منابع در دسترس نشان می دهد که نامناسب بودن شرایط تهویه انبارهای سیب زمینی عامل ۱۵ تا ۲۰ درصد ضایعات کمی یا کیفی سیب زمینی در دوره نگهداری است (Goudarzi et al., 2004). میزان ضایعات در انبارهای سنتی، که فاقد سیستم کارآمد گردش 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 دقیق تر، تهویه از طریق کاهش گرادیان دما و رطوبت نسبی بخش های مختلف انبار و تنظیم سطح

جوانه‌زنی از تلفات انباری سیب‌زمینی کفایت دارد (شکل ۸). بررسی سوگیری انتشار این نتیجه تأیید کننده 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. نتایج بررسی سوگیری 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 تأیید می‌کند.



شکل ۸- مقایسه 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	اثر مطالعه	ضریب	خطای استاندارد	t	P > t	محدوده 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

نتیجه گیری

دما و رطوبت نسبی در نقاط مختلف انبار نقش خود را بر افزایش وزنی تلفات محصول اعمال می کند. در مقابل، مهار دائم یا موقت جوانه زنی محصول انبار شده با روندی کاهشی میزان تلفات محصول در انبار را تحت تأثیر قرار می دهد. بر این اساس، آموزش صحیح بهره برداران با هدف به کارگیری و اجرای صحیح راهکارهای اصلاحی (جدول ۴) می تواند کاهش معنی دار تلفات انبارداری سیب زمینی را به همراه داشته باشد.

جمع بندی نتایج مطالعات پیشین نشان داد که بر اساس طبقه بندی کوهن، چهار عامل دما، رطوبت نسبی، تهویه و جوانه زنی 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 سیب زمینی در انبار را تحت تأثیر قرار می دهد. شرایط تهویه انبار نیز عمدتاً از طریق بر هم زدن یکنواختی

جدول ۴- راهکارهای پیشنهادی برای کاهش ضایعات سیب زمینی در دوره انبارداری
Table 4- Proposed strategies to reduce potato losses during the storage

بر آورد ضایعات مورد انتظار پس از اجرای راهکارهای پیشنهادی	راهکار اصلاحی پیشنهادی	میانگین سهم در ایجاد ضایعات انباری	عامل عمده ایجاد ضایعات بر اساس سوابق تحقیقاتی موجود	اولویت Priority
Estimating the expected losses after the implementation of the proposed solutions	Proposed corrective solution	The average contribution of variable in creation of storage losses	The main cause of Losses based on available research	
۵ تا ۸ درصد	حفظ دمای انبار در محدوده ۴ تا ۷ درجه سلسیوس	۲۰-۲۷ درصد	دمای نامناسب	۱
۴ تا ۷ درصد	حفظ رطوبت انبار در محدوده ۹۰ تا ۹۵ درصد	۱۵-۲۰ درصد	رطوبت نامناسب	۲
۵ تا ۱۰ درصد	نصب و مدیریت سیستم های تهویه در انبار سیب زمینی مطابق دستورالعمل پیوست	۱۲-۲۱ درصد	تهویه هوا	۳
۱ تا ۵ درصد	کنترل جوانه زنی با استفاده از کلروپروپام یا ترکیبات جایگزین	۷-۱۶ درصد	مهار جوانه زنی	۴

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده ها و یا ارسال و انتشار دوگانه پرهیز نموده اند و منافی 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*, 5(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)

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](https://doi.org/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.

