تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۳/ شماره ۸٤/زمستان ۱٤۰۱/ص ٥٦-۳۹
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

فراتحلیل اثر رطوبت خاک، سر زنی و رقم بر میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی

محمدرضا بختیاری[1*] و رضا بهراملو[2]

۱ و ۲- دانشیاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲

چکیده

هر ساله بیش از ۲۵ هزار هکتار از زمین‌های مزروعی استان همدان به زیر کشت سیب‌زمینی می‌رود. به طور کلی عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت این محصول، به صورت مکانیزه است و معمولاً عملیات پس از برداشت مانند سورتینگ (دسته‌بندی) نیز مکانیزه است و از ماشین سورتینگ استفاده می‌شود. با توجه به حساسیت غده‌های سیب‌زمینی نسبت به آسیب‌های مکانیکی در حین برداشت، مقدار زیادی از غده‌های سیب‌زمینی خسارت می‌بینند که در زمان انبارداری موجب فساد بیشتر آنها و افزایش درصد آسیب‌دیدگی می‌شود. در این پژوهش، بر مبنای نتایج و توصیه پژوهش‌ها در داخل کشور در خصوص میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی سیب‌زمینی، به صورت مرور نظام‌مند، از روش فراتحلیل (متاآنالیز) استفاده شد. مقاله‌های منتشر شده در مجله‌های علمی، گزارش‌های نهایی پروژه‌های پژوهشی و مقاله‌های مرتبط ارائه شده در کنگره‌ها و نیز پایان‌نامه‌های دانشجویی با استفاده از کلید واژه‌های استاندارد مرور شد. سپس آنهایی که دارای معیارهای ورود به پژوهش بودند، پس از کنترل کیفی با استفاده از مدل تصادفی وارد فرایند فراتحلیل شدند. نتایج تحقیق نشان داد که برداشت غده‌های سیب‌زمینی در خاک مرطوب نسبت به خاک خشک می‌تواند به کاهش آسیب دیدگی‌های مکانیکی تا میزان ۵۱/۷۱ درصد بی‌انجامد. اگر قبل از برداشت غده‌های سیب‌زمینی بوته‌ها سرزنی شوند، می‌توان آسیب‌دیدگی‌ها را به مقدار جزیی تا میزان ۱/٦۲ درصد کاهش داد. نتایج تحقیق همچنین نشان داد که رقم آگریا نسبت به رقم‌های جیلی، سانته و فونتانه نسبت به آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی حساس‌تر است و باید با احتیاط بیشتری آن را برداشت کرد.

واژه‌های کلیدی

برداشت، سیب‌زمینی‌کن، ماشینی، متاآنالیز

مقدمه

سیب‌زمینی[1] گیاهی است با ارزش غذایی بالا که در ۱۵۸ کشور جهان کشت می‌شود و از نظر میزان مصرف، پس از گندم، ذرت و برنج در جایگاه چهارم جهان قرار دارد. تولید این محصول پرارزش، به علت قدرت تولید بالا و سازگاری با دامنهٔ بسیار وسیعی از اقلیم‌ها در دنیا رو به افزایش است. برابر آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو[2])، سالانه ۲۲ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی در جهان زیر کشت سیب‌زمینی قرار می‌گیرد که بیش از ۳۱۰ میلیون تن محصول از آن برداشت می‌شود. در سال ۲۰۱۸ تولید سیب‌زمینی در جهان به حدود ۴۵۸ میلیون تن رسید. چین با تولید حدود ۱۸۰/۶ میلیون تن سیب‌زمینی بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ این

*نگارنده مسئول: Email: ym_bakhtiyari@yahoo.com
http://10.22092/AMSR.2023.361574.1444
1- *Solanum tuberosum*
2- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

محصول شناخته شده که ۳۹/۳۸ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. پس از آن هند با ۴۸/۵۳ میلیون تن، اوکراین با ۲۲/۵۰ میلیون تن، فدراسیون روسیه با ۲۲/۴ میلیون تن و ایالات متحده آمریکا با ۲۰/۶۱ میلیون تن تولیدکننده‌های بعدی شناخته می‌شوند. سهم ایران از تولید جهانی سیب‌زمینی در ۱۶۴ هزار هکتار، ۵/۳ میلیون تن گزارش شده است (Anon, 2018).

کلیهٔ عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت سیب‌زمینی مکانیزه است و معمولاً پس از برداشت برای دسته‌بندی غده‌های سیب‌زمینی نیز از ماشین دسته‌بند[1] استفاده می‌شود. بنابراین، عملیات مکانیکی باعث افزایش آسیب‌دیدگی‌ها و خسارات به غده‌های سیب‌زمینی شده و این آسیب‌دیدگی‌ها پس از یک دورهٔ انبارمانی تشدید و باعث افزایش ضایعات سیب‌زمینی می‌شود. در تحقیقات بیشاپ (Bishop, 1980) و پیترز (Peters, 1996) میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی بین ۲۰ تا ۴۲ درصد گزارش شده است که این مقدار پس از دسته‌بندی و درجه‌بندی، حدود ۵ تا ۱۰ درصد نیز افزایش می‌یابد. میزان خسارت در انبار نیز به دلیل توسعه و رشد باکتری‌های غیرمفید در قسمت‌های آسیب‌دیدهٔ سیب‌زمینی مسلماً افزایش خواهد یافت. در حالی‌که می‌توان این آسیب‌ها را با انتخاب زمان مناسب برداشت و در رطوبت مناسب خاک و همچنین با انتخاب رقم مناسب کاهش داد. زمان برداشت سیب‌زمینی، با توجه به زمان سر زنی[2] و برداشت سریع یا برداشت با تأخیر (به منظور پوست‌گیری غده‌ها) می‌تواند بر میزان خسارت اثر داشته باشد. همچنین، میزان رطوبت خاک در زمان برداشت، می‌تواند بر شدت ضربات وارده به غده‌ها توسط کلوخه‌ها مؤثر باشد و عملیات آبیاری با میزان و زمان مناسب، باعث کاهش میزان و شدت خشن بودن کلوخه‌ها شود تا تماس غده‌ها با خاک نرم‌تری انجام پذیرد که این عامل میزان خسارت غده‌ها را نیز کاهش می‌دهد.

آسیب‌های ناشی از نیروهای مکانیکی یکی از علل مهم افت کیفی سیب‌زمینی در جهان است. علت چنین آسیب‌ها زخمی شدن مکانیکی سیب‌زمینی است که در ابتدا و در مرحلهٔ برداشت و مرحلهٔ درجه‌بندی رخ می‌دهد. مطالعه‌ای که در آمریکا صورت گرفته است، نشان می‌دهد که ۴۲ درصد غده‌های سیب‌زمینی، پس از برداشت دچار آسیب می‌شوند که این مقدار پس از دسته‌بندی[3] و درجه‌بندی[4] به ۵۴ درصد می‌رسد. از این مقدار، حدود ۷۰ درصد آسیب‌دیدگی‌های غده‌های سیب‌زمینی در فرآیند برداشت و ۳۰ درصد آن در هنگام حمل و نقل و انبارداری اتفاق می‌افتد (Peters, 1996).

آسیب‌دیدگی غده‌های سیب‌زمینی ناشی از نیروهای مکانیکی از مهم‌ترین علل تلفات کیفی سیب‌زمینی است که در کل جهان گزارش شده است (Peters, 1996). علت این آسیب‌ها، خراش‌های مکانیکی هستند که در حین جمع‌آوری با ماشین‌های برداشت، دسته بندی یا درجه‌بندی رخ می‌دهد. اندازه و رشد این آسیب‌ها به شرایط غده‌ها بستگی دارد. پیشرفت‌های مهمی در این زمینه صورت گرفته اما هنوز تحقیقات قابل توجهی مورد نیاز است. جلوگیری از اعمال نیروهای مکانیکی، یکی از مهم‌ترین راه‌های حفاظت غده‌های سیب‌زمینی در مقابل آسیب‌های مکانیکی است.

نتایج تحقیقات بیشاپ (Bishop, 1980) نشان

1- Sorting Machine (Sorter)
2- Topping (Top cutting of the potato plants)
3- Sorting
4- Grading

می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از محصول سیب‌زمینی در عملیات برداشت و جابه‌جایی خسارت می‌بینند؛ بیش از ۱۰ درصد سیب‌زمینی‌ها دچار آسیب کوفتگی[1] می‌شود که به آبی یا سیاه[2] شدن بافت محصول می‌انجامد. میزان این آسیب با توجه به زمان برداشت، شرایط خاک، دمای هوا هنگام برداشت و مهارت کشاورز متغیر خواهد بود. در خاک‌های خشک و سبک به علت ریزش زود هنگام خاک از فضای خالی نقاله‌های زنجیری ماشین برداشت سیب‌زمینی و برخورد مستقیم محصول با قطعات فلزی ماشین، آسیب کوفتگی افزایش می‌یابد (بیش از ۲۰ درصد). در صورتی‌که در خاک‌های با بافت سنگین و رسی به علت ریزش‌نیافتن زودهنگام خاک، آسیب کوفتگی به دو سوم آسیب در خاک‌های خشک و شنی کاهش می‌یابد.

حساسیت غده‌های سیب‌زمینی نسبت به آسیب دیدگی مکانیکی به عوامل مختلفی از جمله رقم و روش‌های برداشت بستگی دارد. به خصوص آسیب های مکانیکی مرحلهٔ برداشت که بر اثر ضربه‌های قطعات ماشین به وجود می‌آید به شدت ضربه نیز بستگی دارد (Bentini *et al.*, 2006). برای بررسی و مطالعه این متغیرها، بنتینی و همکاران (Bentini *et al.*, 2006) در ایتالیا تحقیق کردند. اولین مرحله از آزمایش شامل برداشت محصول در خاک‌های مختلف بود. بر این اساس آزمایش‌های مقایسه‌ای برای تعیین نسبت بین سرعت پیشروی ماشین برداشت و رطوبت‌های مختلف خاک اجرا شد تا میزان همبستگی بین این فاکتورها و میزان رشد ضربه‌های ثبت شده تعیین شود. مرحلهٔ دوم تحقیق، شامل تست‌های آزمایشگاهی بیولوژیکی به منظور تعیین میزان آسیب‌های مکانیکی و بازبینی امکان وجود هر نوع همبستگی بین تیمارها و فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده بود. نتایج تحقیق نشان داد که سرعت پیشروی ماشین برداشت سیب‌زمینی و رطوبت خاک در اعمال ضربهٔ شدید به غده‌ها موثر هستند. نتایج تحقیق همچنین نشان داد در شرایط خاک مرطوب و رانندگی با سرعت پیشروی بالاتر، به علت افزایش جریان ورود خاک به داخل ماشین برداشت، شدت ضربه و در نتیجه میزان آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی نیز کاهش می‌یابد. اما در شرایط برداشت در خاک خشک، شدت ضربه و نیز خسارت وارده به غده‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین توصیه شد در خاک‌های خشک، به منظور افزایش رطوبت خاک بهتر است قبل از برداشت، مزرعه آبیاری شود که این عامل می‌تواند میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌ها را نیز کاهش دهد (Bentini *et al.*, 2006).

در پژوهشی توسط رشادصدقی (Reshadsedghi, 2012)، اثر رطوبت، سرعت پیشروی و عمق کار تیغه‌های ماشین سیب‌زمینی‌کن بر میزان آسیب دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت بررسی و نشان داده شد که اثرهای متقابل این سه فاکتور (رطوبت خاک، سرعت پیشروی و عمق کار تیغه‌های سیب‌زمینی‌کن) بر شاخص‌های آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت بسیار معنی‌دار است. بر اساس این گزارش، کمترین میزان آسیب‌دیدگی غده‌ها به رطوبت ۶۰ درصد اختصاص داشت.

فراتحلیل (متاآنالیز)، مروری نظام‌مند و سیستماتیک است که با استفاده از مطالعات پژوهشی و بررسی و تحلیل آماری یافته‌های کمّی حاصل از مطالعات مربوط به یک مسئله پژوهشی به ارائه یک راهکار و نتیجه مطمئن می‌پردازد (Nasrollahi *et al.*, 2001). در زیر به تعدادی از

1- Bruising
2- Black Spots

مطالعات فراتحلیل اشاره شده است:

در تحقیقی توسط حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2022)، فراتحلیل اثر خاک‌ورزی (کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی مرسوم) بر عملکرد سیب‌زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد که با توجه به مقدار اندازه اثر (SMD = ۰/۷۰)، روش کم خاک‌ورزی (گاوآهن قلمی در فصل بهار قبل از کاشت سیب‌زمینی + دیسک) باعث افزایش جزیی عملکرد (۰/۱۲ درصد) نسبت به روش مرسوم خاک‌ورزی (شخم با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک + ماله) می‌شود. در تحقیق دیگری توسط حیدری (Heidari, 2022)، فراتحلیل اثر زیرشکنی بر عملکرد سیب‌زمینی بررسی و نشان داده شد که با توجه به مقدار اندازه اثر (SMD = ۰/۳۷)، زیرشکنی اثر مثبت بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی دارد و به طور کلی باعث افزایش عملکرد به میزان ۳/۹۲ درصد شده است. زیرشکنی رایج، زیرشکنی ردیفی قبل از کاشت و زیرشکنی بین ردیفی بعد از کاشت عملکرد سیب‌زمینی را به ترتیب ۱/۲۳، ۵/۱۸ و ۴/۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون زیرشکنی) افزایش داده است.

برای اجرای یک مطالعهٔ فراتحلیل، وجود تعدادی مطالعهٔ اولیه لازم است. حداقل این مطالعات اولیه بر اساس منابع، دو مطالعه است که در زیر به چند نمونه اشاره شده است:

تعداد مطالعات وارد شده به فراتحلیل می‌تواند حداقل دو مطالعه اولیه باشد. تعداد مطالعات بر حسب تعداد متغیرها، متفاوت است (Nasrollahi *et al.*, 2001). سلطانی و سلطانی (Soltani & Soltani, 2014) در مطالعهٔ خود با عنوان "لزوم استفاده از فراتحلیل در پژوهش‌های علوم زراعی" از چهار مطالعه اولیه استفاده کرده‌اند. در مطالعات خلیلی‌اقدم و همکاران (Khaliliaqdam *et al.*, 2017) با عنوان "فراتحلیل برخی عوامل موثر بر تولید گندم در ایران" از شش مطالعهٔ اولیه استفاده شده است. حری و همکاران (Horri *et al.*, 2008) "میزان همگونی اولویت‌های درسی علم اطلاعات و دانش‌شناسی با اولویت‌های نیازهای مهارتی بازار کار این رشته" را با تلفیق و تغییر نتایج چهار مطالعهٔ اولیه بررسی کردند. آنکم (Ankem, 2006) تأثیر متغیرهای مختلف بر میزان نیازهای اطلاعاتی بیماران سرطانی را در قالب فراتحلیل با چهار مطالعهٔ اولیه مرتبط بررسی کرد.

مطالعاتی هم وجود دارد که فراتحلیل آنها با تعداد بیشتری از مطالعات اولیه همراه است. هائوگ (Haug, 1997) با تلفیق دوازده مطالعهٔ مستقل و مرتبط در قالب فراتحلیل، به رتبه‌بندی اولویت‌های پزشکان در انتخاب منابع اطلاعاتی مورد نیازشان پرداخت. صفری و همکاران (Safari *et al.*, 2014) در پژوهشی با عنوان "فراتحلیل مقایسه عوامل فردی و محیطی موثر بر بازگشت مجدد به اعتیاد بعد از ترک مواد مخدر"، ۲۸ پژوهش را که از لحاظ روش شناسی مورد قبول بود، انتخاب کردند و تحلیل فراتحلیل را بر روی آن‌ها به‌کار بستند.

در این مطالعه، کلیه پژوهش‌های پیشین در کشور در خصوص اثر رطوبت خاک، سر زنی و رقم بر میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت با ماشین سیب‌زمینی کن جمع‌آوری و به روش فراتحلیل (Heidari, 2022; Heidari *et al.*, 2022) بررسی کمّی شد.

مواد و روش‌ها

مؤثرترین شاخص در سیستم‌های برداشت سیب‌زمینی، کاهش میزان آسیب‌های مکانیکی است. در این خصوص در کشور پژوهش‌هایی شده است

که با جمع‌آوری و آنالیز آنها می‌توان روش‌های مناسب برداشت غده‌های سیب‌زمینی را با هدف کاهش میزان آسیب‌های مکانیکی بررسی کرد و راهکارهای مناسب را پیشنهاد داد. بنابراین برای اجرای این تحقیق از روش فراتحلیل (متاآنالیز) استفاده شد. مراحل اجرا به شرح زیر بود:

- **جستجوی مقدماتی**[1]: این مرحله با دو هدف اجرا شد. ۱- اطمینان از نبود مقالات فراتحلیل[2] یا مرور نظام‌مند[3] مرتبط با موضوع و ۲- پیدا کردن حداقل ۵ مطالعهٔ اولیه برای اجرای فراتحلیل.

- **طرح یک سئوال مروری**[4]: انتخاب موضوع و تعریف متغیر تحقیق در این مرحله خواهد بود. مهم‌ترین اقدام در این مرحله، مشخص شدن حدود و هدف‌های تحقیق است. بنابراین بر اساس هدف‌های فراتحلیل به تدوین پرسش‌هایی معین و فرضیه‌های واضح برای پژوهش پرداخته شد. این پرسش‌ها باید علمی، مبتنی بر نظریه و آزمون‌شدنی باشند و پاسخ به آنها در عرصهٔ عمل به کار آید. برای کاهش احتمال سوگیری در این مرحله، به تدوین پروتکل پژوهش اقدام شد که روش‌های جستجو و انتخاب متون، و طرز استخراج و تحلیل داده‌ها را به تفصیل دربردارد. بنابراین، ابتدا برای اجرای پروژه چند مروری تعیین شد. سپس بر اساس آن‌ها، پرسش اصلی تحقیق انتخاب شد.

- **تدوین راهبرد جستجو**[5]: برای جستجو نیاز به تعیین و تدوین راهبرد جستجوست که با بررسی‌های لازم، ابتدا راهبرد جستجو با استفاده از سینتکس‌های[6] مناسب و بر اساس معیارهای ورودی[7] و خروجی[8]، تعیین و پس از آن عملیات جستجو اجرا شد. در مرحلهٔ راهبرد جستجو باید به پرسش‌هایی در مورد جستجوی منابع پاسخ داده شود، که عبارتند از: از چه منابعی؟ در چه بازهٔ زمانی؟ با چه واژگان یا عباراتی؟ و با چه دستورالعملی؟ همچنین در مرحله معیارهای ورود و خروج باید به این پرسش‌ها پاسخ داده شود: چه نوع مطالعات اولیه‌ای؟ روی چه محصولی (آزمودنی)؟ چه مداخله‌ای (آزمایشی)، در مقایسه با چه گروه کنترلی؟ و با سنجش (اندازه‌گیری) چه پیامدی؟

- **جستجو در منابع داخلی**[9] **(جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها)**: در این مرحله، از پایگاه‌های داخلی معتبر مانند پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد کشاورزی[10]، بانک اطلاعات نشریات کشور (MagIran)، ایرانداک (Irandoc)، بانک اطلاعات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی[11] و موتور جستجوی گوگل[12]. جستجو شد و پس از آن کلیهٔ مقاله‌های علمی، مقاله‌های کنفرانسی، گزارش‌ها و پایان‌نامه‌های مرتبط با پرسش مروری در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۶۰ جمع‌آوری و بررسی شد. جستجوها بر اساس واژه‌های کلیدی مانند (صدمات مکانیکی، سیب‌زمینی)، (آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی، سیب‌زمینی)، (خسارت، سیب‌زمینی) و (ضایعات، سیب‌زمینی) در عنوان، چکیده و تمام متن دنبال شد. با توجه به اینکه ممکن است تحقیقی در داخل کشور به صورت مقالهٔ انگلیسی ارائه شده باشد، در

1- Preliminary Search
2- Meta-Analysis
3- Systematic Review
4- Review Question
5- Search Strategy
6- Syntax
7- Including Careteria
8- Excluding Careteria
9- Search
10- Scientific Information Database (SID)
11- Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
12- Google

پایگاه‌های Google Scholar، Web of Science و Scopus نیز جستجو ادامه یافت. خلاصه این جستجوها در جدول ۱ درج شده است.

- **فرایند غربالگری[1] و انتخاب[2]**: این مرحله، با فیش‌برداری یا فیلترسازی محتویات منابع شروع می‌شود و به دسته‌بندی یافته‌ها و ارزیابی و بازآفرینی آنها پایان می‌گیرد. در این بخش، مطالعات ورودی به مجموعه‌ای از اطلاعات دسته‌بندی شده تبدیل شدند که امکان بازبینی و استخراج نتایج را به همراه دارد. این فرایند به منظور ارزیابی دقیق هر مطالعه برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه کیفیت لازم و اطلاعات مفید برای فراتحلیل را دارا است یا خیر اجرا شده است. این بخش اهمیت زیادی در فراتحلیل دارد. هر مطالعه باید حداقل نیازهای ازپیش‌تعیین‌شده‌ای را داشته باشد و باید ارزیابی دقیقی درباره کیفیت مطالعهٔ مورد استفاده صورت گیرد (Soltani & Soltani, 2014). بنابراین، در مورد ارزیابی مطالعه‌ها فرم یا چک لیستی تهیه و اطلاعات ثبت‌شده در هر مطالعه مانند نام مولف و سال انتشار، تیمارهای آزمایش، محل اجرای آزمایش و سال اجرا، رقم، مدت اجرا و نوع سند منتشر شده در آن ثبت شد. این اطلاعات برای هر مطالعه استخراج و در جدول ۱ ثبت شد. این عوامل می‌تواند تأثیر زیادی بر اندازهٔ اثر[3] داشته باشد.

در مرحلهٔ ارزیابی مطالعات، عدم تجانس (ناهمگنی)[4] و دیگر اختلاط‌های[5] مهم بررسی و تمام موارد دربارهٔ روش‌های اعمال تیمارها ثبت شد و در پایان مطالعه‌هایی که نسبتاً مشابه[6] بودند، انتخاب و از آن‌ها در تجزیه و تحلیل فراتحلیل استفاده شد (Gates, 2002; Arafa, 2019).

جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

Table 1- Studies used in meta-analysis

نویسندگان، سال انتشار Authors, publication year	روش برداشت Harvesting method	محل آزمایش Experiment site	سال اجرا Experiment year	رقم Variety	نوع سند منتشر شده Document type
بختیاری و همکاران، ۱۳۹۹ (Bakhtiari *et al.*, 2020)	الف) ماشین برداشت در ۲ سطح: A. Harvesting machine in 2 levels ۱- گریمه Grimme ۲- سبزدشت Sabzdasht ب) روش برداشت در ۵ سطح: B. Harvesting method in 5 levels ۱- سر زنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم) Topping and harvesting ۲- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک Topping and harvesting in dry soil after 12 days ۳- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک گاو رو شده Topping and harvesting in wet soil after 12 days ۴- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک No topping and harvesting in dry soil ۵- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در زمین گاو رو شده No topping and harvesting in wet soil	همدان Hamedan	1395 2016	آگریا Agria	گزارش نهایی Final report

1- Skimming Process
2- Select
3- Effect Size (ES)
4- Heterogeneity
5- Confounder
6- Homogeneous

ادامه جدول ۲- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

Table 1- Studies used in meta-analysis

نویسندگان، سال انتشار Authors, publication year	روش برداشت Harvesting method	محل آزمایش Experiment site	سال اجرا Experiment year	رقم Variety	نوع سند منتشر شده Document type
بختیاری و همکاران، ۱۳۹۹ (Bakhtiari *et al*., 2020)	الف) ماشین برداشت در ۲ سطح: A. Harvesting machine in 2 levels ۱- گریمه Grimme ۲- سبزدشت Sabzdasht ب) روش برداشت در ۵ سطح: B. Harvesting method in 5 levels ۱- سر زنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم) Topping and harvesting ۲- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک Topping and harvesting in dry soil after 12 days ۳- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک گاو رو شده Topping and harvesting in wet soil after 12 days ۴- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک No topping and harvesting in dry soil ۵- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در زمین گاو رو شده No topping and harvesting in wet soil	همدان Hamedan	1397 2018	جیلی Jilli	گزارش نهایی Final report
تاکی و همت، ۱۳۷۶ (Taki & Hemmat, 1997)	الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: A. Harvesting method in 5 levels ۱- گریمه با زنجیر نقاله بلند Grimme with a long conveyor chain ۲- طرح روسیه با زنجیر نقاله دو قسمتی Russian design with two-part conveyor chain ۳- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain with a shaker ۴- سبزدشت با زنجیرنقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain without a shaker ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی Zaka design with vibrating sieve ب) سر زنی در ۲ سطح: B. Topping in 2 levels ۱- سر زنی بوته‌ها Topping ۲- عدم سر زنی No-topping	اصفهان Isfahan	1373 1994	مارفونا Marfona	گزارش نهایی Final report
تاکی و همت، ۱۳۷۶ (Taki & Hemmat, 1997)	الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: A. Harvesting method in 5 levels ۱- گریمه با زنجیر نقاله بلند Grimme with a long conveyor chain ۲- طرح روسیه با زنجیر نقاله دو قسمتی Russian design with two-part conveyor chain ۳- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain with a shaker ۴- سبزدشت با زنجیرنقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain without a shaker ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی Zaka design with vibrating sieve ب) سر زنی در ۲ سطح: B. Topping in 2 levels ۱- سر زنی بوته‌ها Topping ۲- بدون سر زنی No-topping	اصفهان Isfahan	1374 1995	کوزیما Kozima	گزارش نهایی Final report

ادامه جدول ۳- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

Table 1- Studies used in meta-analysis

نویسندگان، سال انتشار Authors, publication year	روش برداشت Harvesting method	محل آزمایش Experiment site	سال اجرا Experiment year	رقم Variety	نوع سند منتشر شده Document type
همت و تاکی، ۱۳۸۰ (Hemmat & Taki, 2001)	الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: A. Harvesting method in 5 levels ۱- گریمه با زنجیر نقاله بلند Grimme with a long conveyor chain ۲- طرح روسیه با زنجیر نقاله دو قسمتی Russian design with two-part conveyor chain ۳- سبزدشت با زنجیر نقالهٔ یک قسمتی با تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain with a shaker ۴- سبزدشت با زنجیرنقالهٔ یک قسمتی بدون تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain without a shaker ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی Zaka design with vibrating sieve ب) سر زنی در ۲ سطح: B. Topping in 2 levels ۱- سر زنی بوته‌ها Topping ۲- بدون سر زنی No-topping	اصفهان Isfahan	1373 1994	مارفونا Marfona	مقالهٔ علمی پژوهشی Journal article
موسی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵ (Mousazade *et al.*, 2006)	۱- ماشین سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده Sabzdasht with a one-part conveyor chain with a shaker ۲- ماشین طرح آمریکایی American design ۳- ماشین طرح روسی Russian design	اردبیل Ardabil	نامعلوم Unknown	آگریا Agria	مقالهٔ علمی پژوهشی Journal article
ظریف نشاط، ۱۳۸۹ (Zarifneshat *et al.*, 2013)	الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: A. Soil moisture content in 2 levels ۱- نقطهٔ پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) Wilting point (moisture 9%) ۲- ظرفیت مزرعه‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) Field Capacity (moisture 15%) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: B. Harvest date in 3 levels ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks before of the date of the timely harvest of the area ۲- برداشت به موقع منطقه Timely harvesting of the area ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks after of the date of timely harvest of the area ج) رقم در ۳ سطح: B. Variety in 3 levels ۱- آگریا Agria ۲- سانته Sante ۳- فونتانه Fontane	خراسان رضوی Khorasan Razavi	1388 2009	آگریا، سانته و فونتانه Agria, Sante and Fontane	گزارش نهایی Final report
ظریف نشاط و همکاران، ۱۳۹۲ (Zarifneshat *et al.*, 2013)	الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: A. Soil moisture content in 2 levels ۱- نقطهٔ پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) Wilting point (moisture 9%) ۲- ظرفیت مزرعه‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) Field Capacity (moisture 15%) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: B. Harvest date in 3 levels ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks before of the date of the timely harvest of the area ۲- برداشت به موقع منطقه Timely harvesting of the area ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks after of the date of timely harvest of the area ج) رقم در ۳ سطح: B. Variety in 3 levels ۱- آگریا Agria ۲- سانته Sante ۳- فونتانه Fontane	خراسان رضوی Khorasan Razavi	1388 2009	**آگریا، سانته و فونتانه**	مقالهٔ علمی پژوهشی Journal article

ادامه جدول ٤- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

Table 1- Studies used in meta-analysis

ظریف نشاط و سعیدی‌راد، ۱۳۹۶ (Zarifneshat & Saeidirad, 2017)	الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: A. Soil moisture content in 2 levels ۱- نقطهٔ پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) Wilting point (moisture 9%) ۲- ظرفیت مزرعه‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) Field Capacity (moisture 15%) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: B. Harvest date in 3 levels ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks before of the date of the timely harvest of the area ۲- برداشت به به‌موقع منطقه Timely harvesting of the area ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به‌موقع منطقه 2 weeks after the date of timely harvest in the area ج) رقم در ۳ سطح: B. Variety in 3 levels ۱- آگریا Agria ۲- سانته Sante ۳- فونتانه Fontane	خراسان رضوی Khorasan Razavi	1388 2009	Agria, Sante and Fontane	مقالهٔ علمی پژوهشی Journal article
رشاد صدقی، ۱۳۹۱ (Reshadsedghi, 2012)	الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: A. Soil moisture content in 3 levels ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۰-۹ درصد) 40% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۵-۱۳ درصد) 60% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۲۰-۱۸ درصد) 80% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: B. Travel speed in 3 levels ۱- ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت 1-1.5km/hr ۲- ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت 2-2.5km/hr ۳- ۳/۵-۳ کیلومتر در ساعت 3-3.5km/hr ج) عمق کار تیغه در ۲ سطح: B. Blade working depth in 2 levels ۱- ۲۰ سانتی‌متر 20cm ۲- ۲۵ سانتی‌متر 25cm	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	1388 2009	نامعلوم Unknown	گزارش نهایی Final report
رشاد صدقی، ۱۳۹۵ (Reshadsedghi, 2016)	الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: A. Soil moisture content in 3 levels ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۰-۹ درصد) 40% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۵-۱۳ درصد) 60% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۲۰-۱۸ درصد) 80% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: B. Travel speed in 3 levels ۱- ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت 1-1.5km/hr ۲- ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت 2-2.5km/hr ۳- ۳/۵-۳ کیلومتر در ساعت 3-3.5km/hr ج) عمق کار تیغه در ۲ سطح: C. Blade working depth in 2 levels ۱- ۲۰ سانتی‌متر 20cm ۲- ۲۵ سانتی‌متر 25cm	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	1388 2009	نامعلوم Unknown	مقالهٔ علمی پژوهشی Journal article
رشاد صدقی، ۱۳۹۱ (Reshadsedghi, 2012)	الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: A. Soil moisture content in 3 levels ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۰-۹ درصد) 40% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۱۵-۱۳ درصد) 60% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک (رطوبت ۲۰-۱۸ درصد) 80% of the field capacity of the soil (9-10% moisture) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: B. Travel speed in 3 levels ۱- ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت 1-1.5km/hr ۲- ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت 2-2.5km/hr ۳- ۳/۵-۳ کیلومتر در ساعت 3-3.5km/hr	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	1389 2010	نامعلوم Unknown	گزارش نهایی Final report

- **استخراج داده‌ها**[1]: در این مرحله، سه پارامتر میانگین تیمارها[2] ($\overline{X}$)، انحراف معیار[3] ($SD_{\overline{X}}$) و حجم نمونه[4] (n) برای تیمارهای شاهد (کنترل) و تیمار پیشنهادی از هر مطالعه اولیه استخراج شد. در صورت دسترسی‌نداشتن به اطلاعات فوق، مطالعه از روند فراتحلیل حذف شد. در تعدادی از مطالعات، نویسندگان داده‌های آماری را به شکل‌های مختلف مانند خطای استاندارد ($SE_{\overline{X}}$) و درصد ضریب تغییرات[5] ($CV\%$) گزارش کردند. این شکل‌ها با استفاده از روابط ۱ و ۲ به انحراف معیار ($SD_{\overline{X}}$) تغییر پیدا کردند:

$$SD_{\bar{X}} = SE_{\bar{X}} \times \sqrt{n} \qquad (۱)$$

$$SD_{\bar{X}} = (\frac{CV\%}{100}) \times \bar{X} \qquad (۲)$$

- **تیمارهای فراتحلیل**: در تجزیه و تحلیل، فاکتورهایی که تأثیرشان بر آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت مشخص بود، تفکیک شدند. در جدول ۵ شرح کوتاهی از فاکتورهای مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است:

جدول ۵- مشخصات فاکتورهای مورد استفاده در تحقیق

Table 2- The characteristics of the treatments used in the research

ردیف No.	فاکتورهای مورد بررسی Factors investigated	تیمارهای آزمایش Experimental treatments	تیمار شاهد Control treatment
1	رطوبت خاک Soil Moisture	۱- خاک خشک Dry soil ۲- خاک مرطوب (گاو رو) Wet soil	خاک خشک Dry soil
2	سر زنی Topping	۱- سر زنی بوته‌ها Topping ۲- بدون سر زنی بوته‌ها No-topping	سر زنی بوته‌ها Topping
3	رقم Variety	۱- آگریا Agria ۲- سانته Sante ۳- فونتانه Fontane	آگریا Agria

- **تجزیه و تحلیل داده‌ها**: به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و نیز برای بررسی اثر میزان آسیب‌های مکانیکی بین تیمار کنترل و تیمار آزمایش از پارامتر تفاضل میانگین استاندارد شده[6] (SMD) که به d کوهن نیز معروف است (رابطهٔ ۳) و از شاخص‌های مهم اندازه اثر است، استفاده شده است (Cohen, 2013).

$$SMD = \frac{M_1 - M_2}{SD_{pooled}} \qquad (۳)$$

که در آن،

M_1 و M_2= به ترتیب میانگین صدمات مکانیکی تیمار آزمایش و تیمار کنترل (شاهد)؛ و SD_{pooled}= انحراف معیار ترکیب شده که از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود.

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{{SD_1}^2 + {SD_2}^2}{2}} \qquad (۴)$$

که در آن،

SD_1 و SD_2= به ترتیب انحراف معیار گروه آزمایش و گروه کنترل (شاهد).

بهتر است پیش از اجرای فراتحلیل، به داده‌ها وزن داده شود، به این ترتیب مطالعاتی که دقت آزمایشی بالاتری دارند (تعداد تکرار یا تیمار بیشتری

1- Data Extraction
2- Mean
3- Standard Deviation (SD)
4- Sample Size
5- Coefficient of Variability (%CD)
6- Standard Deviation (SD)

دارنـد)، وزن بیشـتری خواهنـد داشـت کـه موجـب افـزایش دقـت انـدازۀ اثـر تخمـین زدۀ آنهـا خواهـد شـد (Arafa, 2019). میـانگین وزن‌دهـی از رابطـۀ ۵ محاسبه شد.

$$WSMD_{overall} = \frac{\sum W_i \times SMD}{\sum W_i} \quad (۵)$$

که در آن،

$WSMD_{overall}$= وزن داده شـده بـه هـر مطالعـه؛ SMD= تفاضـل میـانگین اسـتاندارد شـده؛ و W_i= وزن داده شـده بـه هـر مطالعـه کـه از رابطـۀ ۶ و بـا معکـوس کردن واریانس هر مطالعه (var_i) محاسبه شد.

$$W_i = \frac{1}{var_i} = \frac{1}{SD_i^2} \quad (۶)$$

بـرای محاسـبۀ حـدود اطمینـان از رابطـۀ ۷ اسـتفاده شد.

$$\begin{aligned} 95\%\ \mathrm{CI} &= \mathrm{WSMD} \pm 1.96 \times \sqrt{\mathrm{var}_{\mathrm{overall}}} \\ &= \frac{1}{\sum \mathrm{W_i}} \mathrm{var}_{\mathrm{overall}} \\ \mathrm{var}_{\mathrm{overall}} &= \frac{1}{\sum \mathrm{W_i}} \end{aligned} \quad (۷)$$

که در آن،

CI= حـدود اطمینـان؛ $WSMD$= میـانگین وزن‌دهـی؛ $var_{overall}$= میـانگین واریـانس؛ و W_i= وزن داده شـده به هر مطالعه.

از تسـت Q (کـوکران) و تجزیـه آمـاری I-squared بـرای تشـخیص نـاهمگنی مطالعـات اسـتفاده شـد (Higgins *et al.*, 2019). نـاهمگنی در چهـار گـروه طبقـه‌بنـدی شـد، نـاهمگنی زیـاد (I-squared ≥ 75%)، نـاهمگنی متوسـط (I-squared = 50-74%)، نـاهمگنی کـم (I-squared = 25-49%) و نداشـتن نـاهمگنی (I-squared<25%) (Higgins *et al.*, 2019). بـه منظـور تعیـین سـوگیری انتشـار[1] از آزمـون Begg (Begg & Mazumdar, 1994) و آزمـون Egger (Egger *et al.*, 1997) اسـتفاده شـد. در پایـان، از نرم‌افـزار STATA 14.2 بـرای اجـرای متاآنـالیز (فراتحلیل) داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

اثـر رطوبـت خـاک، سـر زنـی و رقـم بـر میـزان آسـیب‌های مکـانیکی وارد شـده بـه غـده‌های سیب‌زمینی

نتـایج تجزیـۀ آمـاری پـارامتر تفاضـل میـانگین اسـتاندارد شـده اثـر رطوبـت خـاک، سـر زنـی و رقـم بـر میـزان آسـیب‌دیدگی‌های مکـانیکی غـده‌های سـیب‌زمینی در نمـودار انباشـت[2] (شـکل ۱) آورده شـده اسـت. بـا توجـه بـه مقـدار SMD کـل کـه عـددی منفـی و برابـر بـا ۰/۲۸- اسـت و اینکـه مرکـز لـوزی کـل در سـمت چـپ خـط Null (خـط عمـودی تـو پـر کـه از نقطـۀ صـفر می‌گـذرد)، قـرار گرفتـه اسـت، می‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه میـزان آسـیب‌دیدگی‌های مکـانیکی کـل غـده‌های سـیب‌زمینی رونـدی کاهشـی داشـته و بـه میزان ۰/۹۹ درصد کـاهش یافتـه اسـت. نتـایج بـه دسـت آمـده بـا گزارش‌هـای حیـدری (Heidari, 2022)، حیـدری و همکـاران (Heidari *et al.*, 2022)، رشادصـدقی (Reshadsedghi, 2016)، همـت و تـاکی (Hemmat & Taki, 2001) و تـاکی و همـت (Taki & Hemmat, 1997) همخوانی دارد.

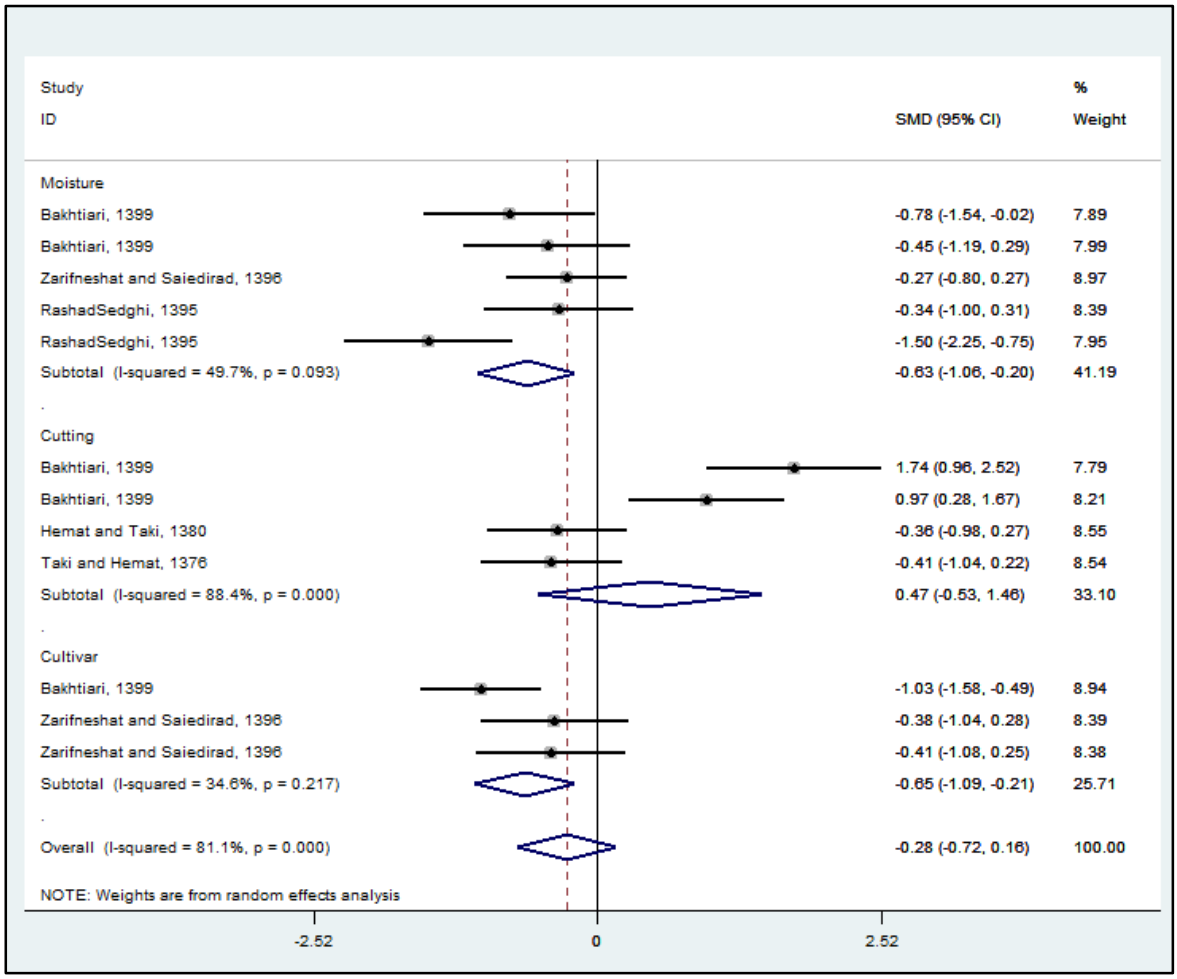
بـا بررسـی شـکل ۱ می‌تـوان بـه تفکیـک اثـر فاکتورهای رطوبـت خـاک، سـر زنـی و رقـم را بـر میـزان آسـیب‌های مکـانیکی وارده شـده بـه غـده‌های سیب‌زمینی به شرح زیر تشریح کرد:

1- Bias
2- Forest Plot

رطوبت خاک: بررسی میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در دو رطوبت خاک بررسی شده است. در اینجا تیمار برداشت در خاک خشک که مرسوم است، به عنوان تیمار شاهد و خاک مرطوب یا گاو رو به عنوان تیمار بعدی در نظر گرفته شده است. این شکل نشان می‌دهد که مقدار *SMD* رطوبت خاک ۰/۶۳- است و بدین معنی است که مرکز لوزی کل در سمت چپ خط Null قرار گرفته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در خاک گاو رو شده نسبت به خاک خشک (شاهد) به میزان ۵۱/۷۱ درصد کاهش یافته است. محققان دیگر (Reshadsedghi, 2016; Bakhtiari *et al.*, 2020; Zarifneshat & Saeidirad, 2017) نیز کاهش آسیب‌های مکانیکی را در خاک مرطوب نسبت به خاک خشک گزارش کرده‌اند. بنابراین بهتر است پیش از برداشت غده‌های سیب‌زمینی با آبیاری سبک خاک را گاو رو کرد و پس از آن توسط ماشین برداشت، غده‌های سیب‌زمینی برداشت شود تا آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی کاهش یابد.

سر زنی: در پژوهش‌های اولیه برای برداشت غده‌های سیب‌زمینی دو روش گفته شده است، یکی سر زنی بوته‌ها و برداشت غده‌ها و دیگری بدون سر زنی بوته‌ها و برداشت غده‌ها. در روش مرسوم برای برداشت غده‌های سیب‌زمینی معمولاً ابتدا بوته‌ها را سر زنی می‌کنند و پس از آن با ماشین سیب‌زمینی کن، غده‌ها از خاک بیرون آورده می‌شود، از این‌رو سر زنی به عنوان شاهد در نظر گرفته شده است. با توجه به شکل ۱ مقدار *SMD* مربوط به سر زنی که ۰/۴۷ است، می‌توان نتیجه گرفت که آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی در روش بدون سر زنی نسبت به شاهد (سر زنی) روندی افزایشی دارد و مقدار آن برابر با ۱/۶۲ درصد است. به عبارت دیگر، اگر سر زنی بوته‌ها اجرا نشود، آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی به میزان جزیی (۱/۶۲ درصد) افزایش می‌یابد. این نتیجه موافق با نتایج بختیاری و همکارن (Bakhtiari *et al.*, 2020) و مخالف با نتایج همت و تاکی (Hemmat & Taki, 2001) به دست آمده است.

رقم: در این تحقیق، رقم آگریا به عنوان شاهد و رقم‌های جیلی، سانته و فونتانه به عنوان تیمارهای بعدی در نظر گرفته شده است. با توجه به مقدار *SMD* آن که برابر با ۰/۶۵- است و مرکز لوزی که در سمت چپ خط Null قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی نسبت به شاهد دارای روندی کاهشی است. محققان دیگر (Zarifneshat & Saeidirad, 2017; Bakhtiari *et al.*, 2020) نیز نتایج مشابهی به دست آورده‌اند. بنابراین، میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در رقم‌های جیلی، سانته و فونتانه نسبت به رقم آگریا به عنوان شاهد به میزان ۳۷/۲۶ درصد کاهش یافته است. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که آگریا نسبت به آسیب‌دیدگی مکانیکی، در مقایسه با این رقم‌ها، حساس‌تر است و در زمان برداشت با ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن باید با احتیاط بیشتری عملیات برداشت را پیش برد.



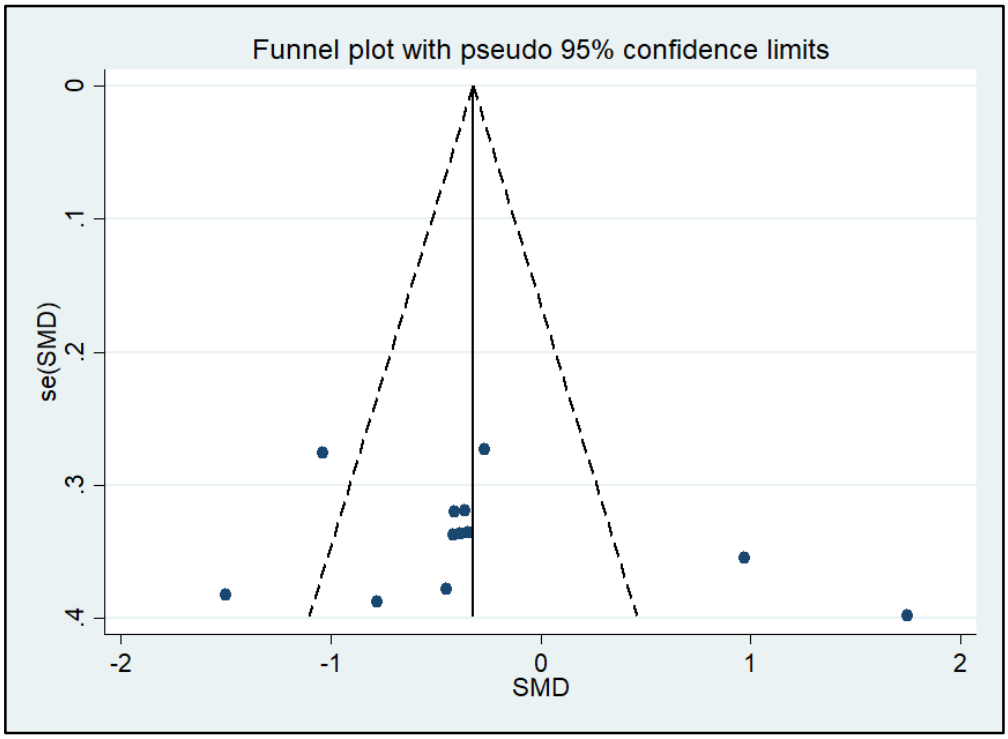
شکل ۱- نمودار انباشت اثر رطوبت خاک، سر زنی و رقم بر میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی

Fig. 1- Forest plot of the effect of soil moisture content, topping and variety on the mechanical damage of potato tubers

سوگرایی انتشار[1]:

سوگرایی انتشار به صورت گرافیکی در شکل ۲ رسم شده است. این شکل نشان می‌دهد که سوگرایی انتشار (مطالعه از دست رفته) وجود ندارد. برای بیان بهتر این نتیجه، از جدول ۶ و جدول ۷ استفاده شده است.

جدول ۶ و جدول **۷** سوگرایی انتشار را به روش‌های مختلف نشان می‌دهند. با توجه به جدول ۶ مقدار P برابر با ۰/۶۸۱ است که بیشتر از ۱۰ درصد (۰/۱۰) است، بنابراین بر اساس مدل بِگ، سوگرایی انتشار وجود ندارد. مقدار P در جدول ۷ نیز برابر با ۰/۳۳۶ و بیشتر از ۰/۱۰ است، بنابراین مدل اِگِر نیز نبودِ سوگرایی انتشار را تأیید می‌کند. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در این مطالعه سوگرایی انتشار یا به عبارت دیگر مطالعهٔ از دست رفته با احتمال ۹۰ درصد وجود ندارد.



شکل ۲- نمودار قیفی با حدود اطمینان ۹۵ درصد اثر رطوبت خاک، سر زنی و رقم بر میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی

Fig. 2- Funnel plot of 95% confidence limits with the effect of soil moisture content, topping and variety on the mechanical damage of potato tubers

جدول ٦- تخمین سوگرایی انتشار با روش آزمون بگ

Table 3- Estimation of publication bias by the Begg test method

رتبه کندل[1] (P-Q)	-6	adj. Kendall's Score (P-Q) =
انحراف معیار	14.58	Std. Dev. of Score =
تعداد مطالعات	12	Number of Studies =
مقدار z	-0.41	z =
احتمال بیشتر از z	0.681	Pr > |z| =

جدول ۷- تخمین سوگرایی انتشار با روش آزمون اگر

Table 4- Estimation of publication bias by the Egger test method

ضریب استاندارد (Std_Eff)	ضریب (Coef.)	خطای استاندارد (Std. Err.)	مقدار t (t)	احتمال بزرگ‌تر از t (P > |t|)	فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد (95% Conf. Interval)	
شیب (Slop)	-2.1634	1.835262	-1.18	0.266	-6.252619	1.925819
سوگرایی انتشار (Bias)	5.546369	5.487825	1.01	0.336	-6.681267	17.77401
تعداد مطالعات (Number of studies) = 12					Root MSE = 2.296	

1- Kendall

نتیجه‌گیری

نتایج فراتحلیل به شکل زیر حاصل شد:

- برداشت غده‌های سیب‌زمینی در خاک گاو رو (خاک مرطوب) باعث کاهش آسیب‌دیدگی مکانیکی به میزان ۵۱/۷۱ درصد، نسبت به شاهد (خاک خشک)، شد.
- اگر قبل از برداشت غده‌های سیب‌زمینی، بوته‌ها سر زنی شوند آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی به میزان جزیی (۱/۶۲ درصد) نسبت به حالت بدون سر زنی کاسته می‌شود.
- ارقام مختلف سیب‌زمینی نسبت به آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی دارای حساسیت‌های مختلفی هستند، در این بین رقم آگریا نسبت به رقم‌های جیلی، سانته و فونتانه حساسیت بیشتری دارد.

مراجع

Ankem, K. (2006). Factors influencing information needs among cancer patients: A meta-analysis. *Library and Information Science Research, 28*(1), 7-23. DOI: 10.1016/J.LISR.2005.11.003.

Anon. (2018). FAO Statistical Database. Available at: http://www.fao.org.

Arafa, G. K. (2019). Some factors affecting the damage of potato tubers during harvest. *Misr Journal of Agricultural Engineering, 36*(3), 753-772. DOI: 10.21608/MJAE.2019.94776.

Bakhtiari, M. R., Goudarzi, F., Arjmandian, A., & Bagheri, A. (2020). Investigation of harvesting machines, method, and potato storage on mechanical damages, rheological properties and storage tuber rot of potato (*Research Report*), Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Begg, C. B., & Mazumdar, M. (1994). Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. *Biometrics, 50*(4), 1088-1101. DOI: 10.2307/2533446.

Bentini, M., Caprara, C., & Martelli, R. (2006). Harvesting damage to potato tubers by analysis of impacts recorded with an instrumented sphere. *Biosystems Engineering, 94*(1), 75-85. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2006.02.007.

Bishop, C. F. H. (1980). *Potato mechanization storage*. Farming Press LTD, England.

Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Ed.): Routledge. DOI:10.4324/9780203771587

Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *British Medical Journal, 315*, 629-634. DOI: 10.1136/bmj.315.7109.629.

Gates, S. (2002). Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology. *Journal of Animal Ecology, 71*(4), 547-557. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2002.00634.x.

Haug, J. D. (1997). Physicians' preferences for information sources: a meta-analytic study. *Bulletin of the Medical Library Association, 85*(3), 223-232.

Heidari, A. (2022). Meta-analysis of the effect of subsoilinge on potato yield. *Agricultural Mechanization & Systems Research, 23*(82), 71-86. DOI: 10.22092/amsr.2022.360309.1428. (in Persian)

Heidari, A., Bahramloo, R., & Bakhtiari, M. R. (2022). Meta-analysis of the effect of conservation tillage on potato yield. *Journal of Agricultural Mechanization, 7*(2), 19-30. DOI: 10.22034/JAM.2022.15716. (in Persian)

Hemmat, A., & Taki, O. (2001). Potato losses and mechanical damage by potato diggers in the fereidan region of Isfahan. *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 5*(2), 195-209. Dor: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8. (in Persian)

Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Vol. Version 5.1.0): John Wiley & Sons.

Horri, A., Naderi, S., & Esmati-Dokht, M. (2008). Meta-analysis on the homogeneity of librarianship and information curriculum priorities with labor market skill needs priorities. *Informatics, 6*(22), 31-58. (in Persian)

Khaliliaqdam, N., Hasanai, R., & Mir-Mahmoodiand, T. (2017). Meta-analysis of some effective factors on wheat production in Iran. *Crop Improvement (Journal of Agricultural Crops Production), 20*(1), 191-204. DOI: 10.22059/jci.2017.60475. (in Persian)

Mousazade, H., Mobli, H., & Zaeifizadeh, M. (2006). Determining mechanical damages caused by potato harvesting machines and comparing them in Ardabil region. *Iranian Journal of Agriculture Science, 5*(37), 911-917. (in Persian)

Nasrollahi, S. N., Mokhtari, H., & Seyedein, M. S. (2001). Meta-analysis: An Approach to synthesizing and evaluating research on knowledge and information science. *Iranian Research Institute Iranian for Science and Technology, 29*(2), 293-316. DOI: 10.35050/JIPM010.2014.035. (in Persian)

Peters, R. (1996). Damage of potato tubers, a review. *Potato Research, 39*(4), 479-484. DOI: 10.1007/BF02358463.

Reshadsedghi, A. (2012). Evaluation of the effect of soil moisture content during harvesting and potato digger forward speed on potato mechanical damages (*Research Report*), Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Reshadsedghi, A. (2016). Effective Parameters on Mechanical Damages of Potato During Mechanized Harvesting. *Agricultural Mechanization & Systems Research, 17*(66), 71-80. DOI: 10.22092/erams.2016.106422. (in Persian)

Safari, S., Kamali, A., Dehghani Firoozabadi, S., & Esfahani, M. (2014). Meta-analysis of comparing personal and environmental factors effective in addiction relapse (Iran, 2004 -2012). *Quarterly Journal of Research on Addiction, 8*(30), 35-52. (in Persian)

Soltani, E., & Soltani, A. (2014). Necessity of using meta-analysis in field crops researches. *Journal of Crop Production, 7*(3), 203-216. Dor: 20.1001.1.2008739.1393.7.3.12.9. (in Persian)

Taki, O., & Hemmat, A. (1997). Evaluation and comparison of five types of potato harvesting machines with different mechanisms on quantitative and qualitative yield of potatoes (*Research Report*), Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Zarifneshat, S., & Saeidirad, M. H. (2017). The effect of harvest date, soil moisture and cultivar on mechanical dammage and rheological properties of potato. *Iranian Journal of Biosystem Engineering, 48*(1), 45-53. DOI: 10.22059/IJBSE.2017.61560. (in Persian)

Zarifneshat, S., Saeidirad, M. H., & Rohani, A. (2013). The effect of harvest date, soil moisture and cultivar on mechanical dammage and rheological properties of potato. *Mechanical Sciences in Agricultural Machinery, 1*(1), 37-50. (in Persian)

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.23/No.84/Winter 2022/P:39-56
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Meta-Analysis of the Effect of Moisture Content, Topping and Variety on Mechanical Damage of Potato Tubers

M. R. Bakhtiari* and R. Bahramloo

*Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Resource Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. Email: ym_bakhtiyari@yahoo.com
Received: 20 February 2023, Accepted: 23 May 2023
http://doi: 10.22092/AMSR.2023.361574.1444

Abstract

Every year, more than 25,000 hectares of land in Hamedan province are allocated for cultivation of potato. Generally, tillage, planting, crop management and harvesting of this product are done by machines, and usually post-harvesting operations such as sorting are also mechanized and done by sorting machine. Due to the sensitivity of potato tubers to mechanical damages during harvesting time, a large number of potato tubers could be damaged, leading to more spoilage and increase in the percentage of damage during storage. Based on the results and recommendations mentioned in papers regarding the rate of mechanical damages to potatoes, a systematic review and meta-analysis method were used. Articles published in scientific journals, final reports of research projects, and related articles presented in congresses, as well as dissertations were reviewed using standard keywords. Then, we used those papers which met the criteria for entering the research. The results showed that the harvesting potato tubers in wet soil, compared to harvesting potato tubers in dry soil, could reduce mechanical damages up to 51.71 percent. If the plants are topped before harvesting, the damages can be reduced 1.62 percent. The results also showed that the Agria variety, comparing to Jilli, Sante, and Fontane varieties, is more sensitive to mechanical damages, so it should be harvested with more caution carefully.

Keywords: Harvesting, Machine, Meta-Analysis, Potato Picker

© 2022 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)