

فرا تحلیل اثر برخی ماشین‌های برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی

محمد رضا بختیاری^{۱*}، رضا بهراملو^۲ و امید قهرایی^۳

چکیده

ماشین‌های برداشت غده‌های سیب‌زمینی به دلیل شدت عملیات و داشتن قطعات متحرک فلزی، باعث ایجاد آسیب‌های مکانیکی می‌شوند. میزان این آسیب‌ها با توجه به ساختمان، تعداد قطعات متحرک و نحوه کارکرد ماشین برداشت، متفاوت است. همچنین افزایش حساسیت غده‌های سیب‌زمینی نسبت به آسیب‌های مکانیکی در حین برداشت، باعث افزایش این آسیب‌ها شده و این در حالی است که در زمان انبارداری نیز موجب فساد بیشتر غده‌های سیب‌زمینی و افزایش خسارت ناشی از آن نیز می‌شود. در پژوهش حاضر بر مبنای نتایج و توصیه پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور، به صورت مرور نظام‌مند و از روش فراتحلیل، اثر برخی از ماشین‌های برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی بررسی شد. مقاله‌های منتشر شده در نشریه‌های علمی، گزارش‌های نهایی پروژه‌های تحقیقاتی، مقاله‌های ارائه شده در همایش‌های علمی و نیز پایان‌نامه‌های دانشجویی با استفاده از کلید واژه‌های استاندارد مرور شد. سپس آنهایی که دارای معیارهای ورود به پژوهش بودند، پس از پایش کیفی با استفاده از مدل تصادفی وارد فرآیند فراتحلیل شدند. نتایج نشان داد که ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده، با کم‌ترین آسیب مکانیکی با میزان ۱۹/۰۴ درصد، به عنوان مناسب‌ترین ماشین برای برداشت غده‌های سیب‌زمینی است. همچنین آسیب‌های مکانیکی ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند، سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی و سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده به ترتیب ۱۹/۴۶، ۲۰/۲۶، ۲۱/۸۵، ۲۴/۰۴ و ۲۴/۱۴ درصد بودند. بنابراین به منظور کاهش آسیب‌های مکانیکی توصیه می‌شود که در خاک‌های سبک از سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی و در خاک‌های سنگین با زنجیر نقاله دو قسمتی استفاده شود. قبل از برداشت، لازم است تا رطوبت مزرعه با آبیاری سبک به حد قابل قبول برسد.

واژه‌های کلیدی: تلفات، سیب‌زمینی‌کن، صدمات، ضایعات، فراتحلیل.

ارجاع: بختیاری م. ر. بهراملو ر. و قهرایی ا. ۱۴۰۳. فراتحلیل اثر برخی ماشین‌های برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۳۲: ۷۷-۸۹. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14708.697>

۱- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان سنجش، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۳- استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشکده مهارت و کارآفرینی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: m.bakhtiari@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

مقدمه

سیب‌زمینی^۱ یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که سهم وسیعی در تأمین غذای مردم جهان را به عهده دارد. طبق آمار سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد (فائو^۲)، سالانه ۱۹ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در جهان زیر کشت سیب‌زمینی قرار می‌گیرد که بیش از ۳۰۳ میلیون تن محصول از آن برداشت می‌شود. در سال ۲۰۲۱ تولید جهانی به حدود ۳۷۶/۱ میلیون تن رسید. چین با تولید حدود ۱۸۸/۷ میلیون تن سیب‌زمینی به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده جهانی این محصول شناخته شده که ۵۰/۲ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2023). طبق آمار نامه کشاورزی، سطح زیرکشت سیب‌زمینی کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ حدود ۱۳۱ هزار هکتار با تولید بیش از ۴/۶ میلیون تن برآورد شده است. استان همدان با دارا بودن ۱۶/۴ درصد از اراضی سیب‌زمینی کشور و ۱۸/۴ درصد از کل تولیدات سیب‌زمینی کشور، مقام نخست کشور را از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید در اختیار دارد. استان‌های اردبیل، جنوب استان کرمان، فارس، اصفهان و کردستان مقام‌های بعدی را از نظر میزان تولید به خود اختصاص داده‌اند. این شش استان جمعاً بیش از ۶۴/۵ درصد از اراضی سیب‌زمینی کل کشور و ۶۵/۹ درصد از مقدار تولید سالانه این محصول را در اختیار دارند (Anonymous, 2023).

کلیه عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت غده‌های سیب‌زمینی مکانیزه است و توسط ماشین انجام می‌گیرد، اما برداشت غده‌های سیب‌زمینی به صورت نیمه مکانیزه انجام می‌شود، به این صورت که ابتدا غده‌های سیب‌زمینی با تیغه‌های ماشین سیب‌زمینی‌کن از زیر خاک کنده می‌شوند و پس از جداسازی غده‌ها از خاک و تا حدودی سنگ و کلوخه‌ها و مواد زائد دیگر، از انتهای غربال‌ها بر روی سطح زمین ریخته می‌شوند. سپس غده‌های سیب‌زمینی توسط کارگر و به صورت دستی از روی سطح زمین جمع‌آوری شده و داخل سبد یا کیسه‌های مخصوص ریخته شده و از مزرعه خارج می‌شوند. معمولاً عملیات دسته‌بندی غده‌های سیب‌زمینی نیز پس از برداشت، به

صورت ماشینی با ماشین دسته‌بند^۳ انجام می‌گیرد. شکل، سرعت و تعداد قطعات فلزی ماشین برداشت باعث افزایش تلفات و خسارات وارده به غده‌های سیب‌زمینی می‌شود. این خسارات پس از یک دوره انبارمانی به دلیل رشد و توسعه باکتری‌های غیر مفید و خسارت‌زا، باعث افزایش تشدید خسارات و تلفات محصول می‌شود (Bakhtiari, 2023). در تحقیقات قبلی میزان آسیب‌های مکانیکی وارد شده به سیب‌زمینی در عملیات برداشت بین ۲۰ تا ۴۲ درصد گزارش شده است که با انجام عملیات طبقه‌بندی و درجه‌بندی، این آسیب‌ها حدود ۵ تا ۱۰ درصد نیز افزایش می‌یابد (Bishop, 1980 و Peters, 1996). مسلماً میزان خسارت در انبار نیز به دلیل رشد و توسعه باکتری‌های فسادزا در قسمت‌های آسیب‌دیده سیب‌زمینی، افزایش خواهد یافت. با انتخاب ماشین‌های مناسب برداشت می‌توان آسیب‌ها و ضایعات متعاقب آن را کاهش داد. ماشین‌های برداشت، به دلیل استفاده از قطعات مختلف فلزی و طرز کارکرد هر قطعه می‌توانند در میزان، شدت، تعدد (تعداد دفعات ضربه در واحد زمان) و مدت زمان اعمال ضربه به غده‌ها متفاوت باشند.

به طور کلی آسیب‌های وارده به غده‌های سیب‌زمینی به دو بخش تقسیم می‌شود: الف- خارجی (کنده شدن پوست، ترک، بریدگی و ایجاد شکاف) ب- داخلی (عمدتاً لکه‌های سیاه ناشی از کوفتگی^۴) (Baritelle et al., 2000).

آسیب غده‌های سیب‌زمینی ناشی از نیروهای مکانیکی یکی از مهم‌ترین علل افت کیفی سیب‌زمینی در جهان است. علت چنین آسیب‌هایی، زخمی شدن مکانیکی سیب‌زمینی است که در حین جمع‌آوری با ماشین‌های برداشت، دسته‌بندی و یا 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^۵ و درجه‌بندی^۶ به ۵۴ درصد می‌رسد. از این مقدار، حدود ۷۰ درصد آسیب‌ها وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در طی فرآیند برداشت و ۳۰ درصد آن در هنگام حمل و نقل و انبارداری اتفاق می‌افتد. جلوگیری از

3- Sorting Machine (Sorter)

4- Bruising

5- Sorting

6- Grading

1- *Solanum tuberosum*

2- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

عملیات برداشت، دسته‌بندی و انتقال مکانیزه میوه‌ها و سبزیجات نرم مانند سیب‌زمینی، به آسانی به وسیله آسیب‌های مکانیکی وارد شده به محصولات، محدود می‌شود. تماس‌های مکانیکی قوی اولیه، باعث ایجاد و افزایش لکه‌های تیره بر سطح محصول می‌شود. تلفات عملکردی سیب‌زمینی بر اثر آسیب‌های مکانیکی (ایجاد لکه کبود^۳ ناشی از کوفتگی) به ده‌ها درصد می‌رسد (Baritelle et al., 1999). لکه‌های کبود معمولاً در نوع خاصی از آسیب‌های مکانیکی طبقه بندی می‌شوند که بیان‌کننده لکه‌های تیره‌ای هستند که هیچ دیواره سلولی قابل دیدی ندارند، اگر چه خود سلول‌ها هم آسیب می‌بینند. معمولاً پس از ۴۸ ساعت و در دمای بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس، بی‌رنگی، ظاهر می‌شود. لکه‌های سیاه در هوای گرم‌تر و بیش‌تر برای غده‌های نرم و چروکیده‌تر اتفاق می‌افتد، به خصوص اگر دارای کمبود پتاسیم باشند (Baritelle et al., 1999). این نتایج، موافق با نتایج مطالعه Molema (1999) روی واریته بی‌نتجه^۴ بود.

در پژوهشی دیگری اثر رطوبت خاک، سرعت پیشروی و عمق کار تیغه‌های ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه سبزدشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت بررسی شد. نتایج نشان داد که اثرات متقابل این سه عامل (رطوبت خاک، سرعت پیشروی و عمق کار تیغه‌های سیب‌زمینی‌کن) بر شاخص‌های آسیب‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت، بسیار معنی‌دار است. بر اساس این گزارش کم‌ترین میزان آسیب دیدگی غده‌ها به رطوبت ۶۰ درصد اختصاص داشت (Reshadsedghi, 2012).

در تحقیق دیگری که در منطقه فریدن اصفهان انجام شد، آسیب‌های مکانیکی پنج نوع ماشین سیب‌زمینی‌کن (به ترتیب گریمه با زنجیر نقاله بلند با تکان‌دهنده، طرح روسی با زنجیر نقاله دو قسمتی با تکان‌دهنده، سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده، سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده و مارک زاکا با غربال لرزشی) بر افت کمی و کیفی غده‌های سیب‌زمینی رقم مارفونا، بررسی شد. نتایج

اعمال نیروهای مکانیکی، یکی از مهم‌ترین راه‌های حفاظت غده‌های سیب‌زمینی در مقابل آسیب‌های مکانیکی است (Peters, 1996).

در تحقیقی نشان داده شد که در دو نوع خاک شنی و لومی-رسی مقدار خسارت و صدمه وارد شده به سیب‌زمینی، با افزایش مقدار سیب‌زمینی و حجم خاک روی نقاله کاهش می‌یابد (Hyde et al., 1983).

در تحقیقی اثر اعمال ضربه بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی آگرا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شکستگی و یا لهیدگی غده‌ها، به مکانیزم‌ها و قطعاتی که به صورت مکرر به پوست سیب‌زمینی فشار وارد می‌کنند، تعلق دارد. همچنین کوفتگی در غده‌های کشیده‌تر در مقایسه با غده‌های با ابعاد یکنواخت‌تر، بیشتر مشاهده شد (Blahovec, 2005).

در تحقیق مشابهی اثر ضربه وارده بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی رقم آگرا در تیمارهای مختلف در مرحله داشت مورد بررسی قرار گرفت (Blahovec et al., 2006). تیمارهای مختلف داشت شامل سطوح مختلف آبیاری و کوددهی بودند. ضربه وارد شده به غده‌ها به صورت پویا شبیه‌سازی شدند و آزمایش‌ها توسط پاندول با هدف تعیین نسبت بین تیمارها با ایجاد و رشد (پیشروی) آسیب‌های وارده به غده‌ها، انجام شد. تیرگی مرسوم که بر اثر آسیب‌های مکانیکی مانند شکستگی و یا لهیدگی ایجاد شد، به صورت لکه‌های سیاه^۱ نمایان شد. بیش‌ترین درجه شکستگی غده‌ها برای تیمارهای مختلف آبیاری و بدون کوددهی، در حداقل ضربات مداوم مشاهده شد. همچنین آسیب‌ها در غده‌های کشیده در مقایسه با غده‌های منظم، بیشتر ایجاد شد. در نهایت نتایج این تحقیق با نتایج آزمایشات مشابه سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ قبلی، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که غده‌های با سطوح تخت در مقایسه با غده‌های با سطوح غیر مسطح^۲، نسبت به کوبیدگی حساس‌تر بودند. همچنین ایجاد و رشد کوبیدگی که به صورت لکه‌های سیاه ظاهر می‌شود، اساساً به ابعاد غده‌ها بستگی داشت. بنابراین اثر تیمارهای مختلف داشت بر آسیب‌های مکانیکی، می‌تواند بر اساس ابعاد غده‌ها نیز گزارش شود (Blahovec et al., 2006).

3- Bruise Spots
4- Bintje Variety

1- Black Spot
2- Oblique

در تحقیقی روش‌های مختلف زیرشکنی، شامل زیرشکن رایج، زیرشکنی ردیفی قبل از کاشت و زیرشکنی بین ردیفی بعد از کاشت با خاک‌ورزی رایج بدون زیرشکنی مقایسه شده و با استفاده از روش فراتحلیل بررسی شدند. نتایج نشان داد که زیرشکنی اثر مثبت بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی دارد و باعث افزایش عملکرد به مقدار ۳/۹۲ درصد شد. تیمارهای 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 (Heidari, 2022b).

در تحقیق دیگری با استفاده از فراتحلیل روش کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج مقایسه شد. نتایج نشان داد که اثر روش کم خاک‌ورزی بر عملکرد سیب‌زمینی باعث افزایش ۰/۱۳ درصدی عملکرد نسبت به خاک‌ورزی رایج شده است. در این تحقیق پیشنهاد شده است که روش کم خاک‌ورزی (شخم با گاواهن قلمی در فصل بهار قبل از کاشت سیب‌زمینی + دیسک) جایگزین روش رایج خاک‌ورزی (شخم با گاواهن برگردان‌دار + دیسک + ماله) شود (Heidari et al., 2022).

در مطالعه‌ای با استفاده از روش فراتحلیل، مقایسه‌ای بین روش کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج انجام شد. نتایج نشان داد که روش کم خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج (گاواهن برگردان‌دار + دیسک + ماله) باعث کاهش جزئی عملکرد گندم به مقدار ۲/۸۸ درصد شد. همچنین روش بی خاک‌ورزی نیز باعث کاهش عملکرد به مقدار ۸/۲ درصد نسبت به خاک‌ورزی رایج شد. بنابراین با توجه به این که روش‌های کم خاک‌ورزی اثر قابل توجهی بر کاهش عملکرد نداشت، پیشنهاد شد که یکی از روش‌های کم خاک‌ورزی به ترتیب اولویت شامل ۱- چیزل پکر، ۲- خاک‌ورز مرکب (گاواهن قلمی مجهز به غلطک)، ۳- گاواهن قلمی + دیسک و ۴- دیسک، را با توجه به امکانات و دسترسی هر منطقه به این ادوات را می‌توان جایگزین خاک‌ورزی رایج نمود (Heidari, 2022a).

تحقیقات نشان داده است که میزان خسارت و آسیب‌های مکانیکی در زمان برداشت با ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی زیاد بوده و باعث ایجاد کوفتگی در غده‌های سیب‌زمینی (آسیب‌های پنهان) می‌شود که این

نشان داد که وجود دیسک‌های کناری و یا چرخ‌های تثبیت عمق در سیب‌زمینی‌کن و تنظیم غلط ماشین، در ایجاد این افت‌های کمی مؤثر بود. مقایسه ماشین سیب‌زمینی‌کن با غربال لرزشی، با ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با غربال زنجیر نقاله‌ای نشان داد که این ماشینی است با توانایی غربال‌کنندگی کم، در نتیجه غده‌ها مدت زیادی برای غربال شدن روی آن حرکت می‌کنند. این امر باعث می‌شود که درصد غده‌های سالم در این ماشین کم‌ترین و درصد غده‌های مدفون شده بیش‌ترین باشد. میزان خسارت در این پنج نوع ماشین سیب‌زمینی‌کن (به ترتیب گریمه با زنجیر نقاله بلند با تکان‌دهنده، طرح روسی با زنجیر نقاله دو قسمتی با تکان‌دهنده، سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده، سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده و مارک زاکا با غربال لرزشی) به ترتیب ۱۹/۷، ۲۲/۷، ۲۳/۴، ۱۸/۴ و ۱۸/۷ درصد گزارش شد (Hemmat & Taki, 2001).

در پژوهشی اثر رقم سیب‌زمینی (سانته، آگریا و فونتانه) زمان برداشت (اواسط شهریور، اوایل و اواسط مهر ماه) و رطوبت خاک (۹ و ۱۵ درصد)، بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در زمان برداشت بررسی شد. نتایج نشان داد که رقم آگریا بیش‌ترین میزان آسیب را نسبت به دو رقم دیگر دارا بود. کم‌ترین میزان آسیب مربوط به رطوبت خاک ۱۵ درصد بود. همچنین در برداشت زود هنگام، کم‌ترین میزان آسیب به سیب‌زمینی وارد شد. در این تحقیق از ماشین دو قسمتی سبزدشت استفاده شده بود (Zarifneshat & Saeidirad, 2017).

با مقایسه سه نوع ماشین برداشت سیب‌زمینی در منطقه اردبیل نشان داده شد که بین انواع ماشین برداشت از لحاظ خسارت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین خسارت مربوط به ماشین برداشت طرح روسی با میانگین کل خسارت کیفی ۲۱/۶ درصد بوده که نسبت به انواع ماشین‌های برداشت دیگر از نظر میزان خسارت داری اختلاف معنی‌داری است ولی دو ماشین برداشت طرح سبزدشت اصفهان با میانگین کل خسارت کیفی ۱۰/۲۶ درصد و طرح آمریکایی با میانگین کل خسارت کیفی ۱۲/۷۳ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نبودند (Mousazade et al., 2006).

کشاورزی^{۱۳} و موتور جستجوی گوگل^{۱۴} جستجو شد. بنابراین کلیه مقاله‌های علمی، مقاله‌های کنفرانسی، گزارش‌ها و پایان‌نامه‌های مرتبط با پرسش مروری جمع‌آوری و بررسی شد. با توجه به اینکه ممکن بود تحقیقات انجام شده در داخل کشور، به صورت مقاله انگلیسی ارائه شده باشد، در پایگاه‌های (Google Scholar، Web of Science و Scopus) نیز جستجوها انجام شد.

۵- فرایند غربالگری^{۱۵} و انتخاب^{۱۶}: در این مرحله، با بررسی کامل و دقیق محتویات هر مطالعه، آنهایی که ارتباط کامل با موضوع تحقیق داشتند، انتخاب و سپس یافته‌های آنها طوری دسته‌بندی شد تا قابلیت بازبینی و استخراج نتایج را داشته باشد. 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 از پیش تعیین‌شده‌ای را داشته باشد و باید ارزیابی دقیقی درباره کیفیت مطالعه مورد استفاده، صورت گیرد (Soltani & Soltani, 2014). برای این منظور، عدم تجانس (ناهمگنی)^{۱۷} و دیگر اختلاط‌های^{۱۸} مهم بررسی و تمام موارد درباره روش‌های اعمال تیمارها ثبت شد و در پایان مطالعه‌هایی که نسبتاً مشابه^{۱۹} بودند، انتخاب و از آنها در تجزیه و تحلیل فراتحلیل استفاده شد (Gates, 2002) و (Arafa, 2019). بنابراین، برای هر مطالعه، فرمی تهیه و اطلاعاتی مانند نام مؤلف و سال انتشار، تیمارهای آزمایش (ماشین برداشت)، محل اجرای آزمایش، سال اجرا، رقم و نوع سند منتشر شده، استخراج و در جدول ۱ ثبت شد. این عوامل می‌تواند تأثیر زیادی بر اندازه اثر^{۲۰} داشته باشند.

۶- استخراج داده‌ها^{۲۱}: در این مرحله باید سه ویژگی میانگین تیمارها^{۲۲} (\bar{X})، انحراف معیار^{۲۳} (SD) و حجم

خود منجر به افزایش و رشد باکتری‌ها و بیماری‌های انباری و نهایتاً باعث افزایش ضایعات سیب‌زمینی خواهد شد. بنابراین این تحقیق با هدف تعیین ماشین مناسب برداشت غده‌های سیب‌زمینی بر اساس میزان آسیب‌های مکانیکی در زمان برداشت، و با استفاده از روش فراتحلیل، انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عوامل ماشینی مؤثر بر کاهش آسیب‌های مکانیکی، کلیه پژوهش‌های انجام شده در کشور جمع‌آوری و به روش فراتحلیل به شرح زیر بررسی شد:

۱- جستجوی مقدماتی^۱: این مرحله با دو هدف «اطمینان از عدم وجود مقالات فراتحلیل^۲ یا مرور نظام‌مند^۳ مرتبط با موضوع»، و «یافتن حداقل ۵ مطالعه اولیه» اجرا شد.

۲- طرح یک سؤال مروری^۴: در این مرحله بر اساس هدف‌های فراتحلیل به تدوین پرسش‌ها و فرضیه‌های واضح برای پژوهش پرداخته شد. این پرسش‌ها باید علمی، مبتنی بر نظریه و آزمون‌شدنی باشند و پاسخ به آنها در عرصه عمل به کار آید.

۳- تدوین راهبرد جستجو^۵: برای جستجو مدارک علمی، نیاز است. برای این منظور ابتدا باید راهبرد جستجو با استفاده از عبارات^۶ مناسب و بر اساس معیارهای ورودی^۷ و خروجی^۸، تعیین و تدوین شود.

۴- جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از طریق جستجو در منابع داخلی^۹: برای جمع‌آوری اطلاعات از پایگاه‌های داخلی معتبر مانند پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد کشاورزی^{۱۰}، بانک اطلاعات نشریات کشور^{۱۱}، ایراندک^{۱۲}، بانک اطلاعات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

13- Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
14- Google
15- Skimming Process
16- Select
17- Heterogeneity
18- Confounder
19- Homogeneous
20 Effect Size (ES)
21- Data Extraction
22- Mean
23- Standard Deviation (SD)

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- MagIran
12- Irandoc

تخمین زده آنها خواهد شد (Arafa, 2019). میانگین وزن‌دهی از معادله (۵) محاسبه شد.

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

که در آن، $WSMD_{overall}$ وزن داده شده به هر مطالعه، SMD تفاضل میانگین استاندارد شده و W_i وزن داده شده به هر مطالعه است که از معادله (۶) و با معکوس کردن واریانس هر مطالعه (var_i) محاسبه شد.

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

برای محاسبه حدود اطمینان نیز از معادله (۷) استفاده شد.

$$\begin{aligned} var_{overall} &= \frac{1}{\sum W_i} \\ 95\% \text{ CI} &= WSMD \pm 1.96 \times \sqrt{var_{overall}} \\ &= \frac{1}{\sum_{i=1}^n W_i} var_{overall} \end{aligned} \quad (۷)$$

که در آن، CI حدود اطمینان، $WSMD$ میانگین وزن‌دهی، $var_{overall}$ میانگین واریانس و W_i وزن داده شده به هر مطالعه است.

در این تحقیق برای تشخیص ناهمگنی مطالعات، از آزمون Q (کوکران) و تجزیه آماری I-squared استفاده شد (Higgins et al., 2019). همچنین ناهمگنی در چهار گروه طبقه‌بندی کرد که عبارتند از: ناهمگنی زیاد (I-squared $\geq 75\%$ ، ناهمگنی متوسط -50 I-squared)، ناهمگنی کم (I-squared = 25-49%) و نداشتن ناهمگنی (I-squared < 25%) (Higgins et al., 2019). به منظور تعیین سوگیری انتشار^۵ از آزمون بگ^۶ (Begg & Mazumdar, 1994) و آزمون اِگر^۷ (Egger et al., 1997) استفاده شد. در پایان، از نرم‌افزار STATA 14.2 برای اجرای فراتحلیل داده‌ها استفاده شد.

نمونه^۱ (n) از هر مطالعه اولیه (برای تیمارهای شاهد و برگزیده به تفکیک) استخراج شود. در صورت عدم دسترسی به هر یک از اطلاعات فوق، باید مطالعه از روند فراتحلیل حذف شود. همچنین برخی از نویسندگان داده‌های آماری خود را به شکل‌های مختلف مانند خطای استاندارد^۲ (SE) یا درصد ضریب تغییرات^۳ ($CV\%$) گزارش کرده بودند که با استفاده از معادلات (۱) و (۲)، مقدار انحراف معیار (SD) محاسبه شد:

$$SD = SE \times \sqrt{n} \quad (۱)$$

$$SD = \left(\frac{CV\%}{100}\right) \times \bar{X} \quad (۲)$$

۷- تیمارهای فراتحلیل: در این مرحله، کلیه ماشین‌های برداشت غده‌های سیب‌زمینی که در مطالعات اولیه مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به عنوان تیمارهای آزمایش تعیین و در جدول ۲ به همراه تیمار شاهد آورده شده است.

۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها: به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و نیز برای بررسی اثر میزان آسیب‌های مکانیکی بین تیمار شاهد و تیمار برگزیده از ویژگی تفاضل میانگین استاندارد شده^۴ (SMD) که به d کوهن نیز معروف است (معادله (۳)) و از شاخص‌های مهم اندازه اثر است، استفاده شده است (Cohen, 2013).

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

که در آن، M_1 و M_2 به ترتیب میانگین آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی تیمار برگزیده و تیمار شاهد و SD_{pooled} انحراف معیار ترکیب شده هستند. همچنین برای محاسبه SD_{pooled} از معادله (۴) استفاده می‌شود.

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

که در آن، SD_1 و SD_2 به ترتیب انحراف معیار گروه آزمایش و گروه شاهد هستند.

بهرتر است پیش از اجرای فراتحلیل، به داده‌ها وزن داده شود، به این ترتیب مطالعاتی که دقت آزمایشی بالاتری دارند (تعداد تکرار یا تیمار بیشتری دارند)، وزن بیشتری خواهند داشت که موجب افزایش دقت اندازه اثر

5- Bias
6- Begg
7- Egger

1- Sample Size
2- Standard Error (SE)
3- Coefficient of Variability (%CD)
4- The Standardized Mean Difference (SMD)

جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

| نویسندگان | ماشین برداشت | محل آزمایش | سال اجرا | رقم | نوع سند منتشر شده |
|------------------------|---|------------|----------|---------|-------------------|
| Bakhtiari et al., 2020 | الف) ماشین برداشت در ۲ سطح: ۱- گریه ۲- سبزدشت ب) روش برداشت در ۵ سطح: ۱- سر زنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم) ۲- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک ۳- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک گاو رو شده ۴- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک ۵- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در زمین گاو رو شده | همدان | ۱۳۹۵ | آگria | گزارش نهایی |
| Bakhtiari et al., 2020 | الف) ماشین برداشت در ۲ سطح: ۱- گریه ۲- سبزدشت ب) روش برداشت در ۵ سطح: ۱- سر زنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم) ۲- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک ۳- سر زنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک گاو رو شده ۴- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک ۵- بدون سر زنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در زمین گاو رو شده | همدان | ۱۳۹۷ | جیلی | گزارش نهایی |
| Taki & Hemmat, 1997 | الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: ۱- گریه با زنجیر نقاله بلند ۲- طرح روسی با زنجیر نقاله دو قسمتی ۳- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده ۴- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی ب) سر زنی در ۲ سطح: ۱- سر زنی بوته‌ها ۲- عدم سر زنی | اصفهان | ۱۳۷۳ | مارفونا | گزارش نهایی |
| Taki & Hemmat, 1997 | الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: ۱- گریه با زنجیر نقاله بلند ۲- طرح روسی با زنجیر نقاله دو قسمتی ۳- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده ۴- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی ب) سر زنی در ۲ سطح: ۱- سر زنی بوته‌ها ۲- عدم سر زنی | اصفهان | ۱۳۷۴ | کوزیما | گزارش نهایی |
| Hemmat & Taki, 2001 | الف) ماشین برداشت در ۵ سطح: ۱- گریه با زنجیر نقاله بلند ۲- طرح روسی با زنجیر نقاله دو قسمتی ۳- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده ۴- سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده ۵- مارک زاکا با غربال ارتعاشی ب) سر زنی در ۲ سطح: ۱- سر زنی بوته‌ها ۲- بدون سر زنی | اصفهان | ۱۳۷۳ | مارفونا | مقاله علمی پژوهشی |
| Mousazade et al., 2006 | ۱- ماشین سبزدشت با زنجیر نقاله یک قسمتی ۲- ماشین طرح آمریکایی ۳- ماشین طرح روسی | اردبیل | نامعلوم | آگria | مقاله علمی پژوهشی |

ادامه جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

| نویسندگان | ماشین برداشت | محل آزمایش | سال اجرا | رقم | نوع سند منتشر شده |
|-------------------------------|--|----------------|----------|------------------------|-------------------|
| Zarifneshat, 2010 | الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: ۱- نقطه پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) ۲- ظرفیت مزرع‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به موقع منطقه ۲- برداشت به موقع منطقه ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به موقع منطقه ج) رقم در ۳ سطح: ۱- آگریا ۲- سانته ۳- فونتانه | خراسان رضوی | ۱۳۸۸ | آگریا، سانته و فونتانه | گزارش نهایی |
| Zarifneshat et al., 2013 | الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: ۱- نقطه پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) ۲- ظرفیت مزرع‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به موقع منطقه ۲- برداشت به موقع منطقه ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به موقع منطقه ج) رقم در ۳ سطح: ۱- آگریا ۲- سانته ۳- فونتانه | خراسان رضوی | ۱۳۸۸ | آگریا، سانته و فونتانه | مقاله علمی پژوهشی |
| Zarifneshat & Saeidirad, 2017 | الف) رطوبت خاک در ۲ سطح: ۱- نقطه پژمردگی (رطوبت ۹ درصد) ۲- ظرفیت مزرع‌ای (رطوبت ۱۵ درصد) ب) تاریخ برداشت در ۳ سطح: ۱- دو هفته قبل از تاریخ برداشت به موقع منطقه ۲- برداشت به موقع منطقه ۳- دو هفته بعد از تاریخ برداشت به موقع منطقه ج) رقم در ۳ سطح: ۱- آگریا ۲- سانته ۳- فونتانه | خراسان رضوی | ۱۳۸۸ | آگریا، سانته و فونتانه | مقاله علمی پژوهشی |
| Reshadsedghi, 2012 | الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۹-۱۰ درصد) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۱۳-۱۵ درصد) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۱۸-۲۰ درصد) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: ۱- ۱-۱/۵ کیلومتر در ساعت ۲- ۲-۲/۵ کیلومتر در ساعت ۳- ۳-۳/۵ کیلومتر در ساعت ج) عمق کار تیغه در ۲ سطح: ۱- ۲۰ سانتی‌متر ۲- ۲۵ سانتی‌متر | آذربایجان شرقی | ۱۳۸۸ | نامعلوم | گزارش نهایی |
| Reshadsedghi, 2012 | الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۹-۱۰ درصد) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۱۳-۱۵ درصد) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرع‌ای خاک (رطوبت ۱۸-۲۰ درصد) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: ۱- ۱-۱/۵ کیلومتر در ساعت ۲- ۲-۲/۵ کیلومتر در ساعت ۳- ۳-۳/۵ کیلومتر در ساعت | آذربایجان شرقی | ۱۳۸۹ | نامعلوم | گزارش نهایی |

ادامه جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

| نویسندگان | ماشین برداشت | محل آزمایش | سال اجرا | رقم | نوع سند منتشر شده |
|--------------------|---|----------------|----------|---------|-------------------|
| Reshadsedghi, 2012 | الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۹-۱۰ درصد) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۱۳-۱۵ درصد) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۱۸-۲۰ درصد) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: ۱- ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت ۲- ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت ۳- ۳/۵-۳ کیلومتر در ساعت | آذربایجان شرقی | ۱۳۸۹ | نامعلوم | گزارش نهایی |
| | | | | | |
| Reshadsedghi, 2016 | الف) رطوبت خاک در ۳ سطح: ۱- ۴۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۹-۱۰ درصد) ۲- ۶۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۱۳-۱۵ درصد) ۳- ۸۰ درصد ظرفیت مزرعای خاک (رطوبت ۱۸-۲۰ درصد) ب) سرعت پیشروی در ۳ سطح: ۱- ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت ۲- ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت ۳- ۳/۵-۳ کیلومتر در ساعت ج) عمق کار تیغه در ۲ سطح: ۱- ۲۰ سانتی‌متر ۲- ۲۵ سانتی‌متر | آذربایجان شرقی | ۱۳۸۸ | نامعلوم | مقاله علمی پژوهشی |
| | | | | | |

جدول ۲- مشخصات ماشین‌های برداشت مورد استفاده در تحقیق

| نام ماشین | مشخصات ماشین |
|---|--|
| سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) | ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای یک قسمتی با تکان دهنده ساخت شرکت سبزدشت. به عنوان تیمار شاهد |
| سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H2) | ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای یک قسمتی بدون تکان دهنده (ساخت شرکت سبزدشت). |
| سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند (H3) | ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای بلند یک قسمتی، شامل تکان دهنده عمودی و نقاله ردیف کن غده‌ها، دارای غلتک پیش فشار روی پشته و غلتک فشرده کننده خاک پشت ماشین (ساخت گرمه آلمان). |
| سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی (H4) | ماشین سیب‌زمینی‌کن لرزشی یک ردیفه با غربال‌های ارتعاشی (طرح زاکا). |
| سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H5) | ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه با غربال‌های زنجیر نقاله دو قسمتی و تکان دهنده (طرح روسی). |
| سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده (H6) | ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای یک قسمتی کوتاه، با تکان دهنده (طرح آمریکایی). |

نتایج و بحث

نمودار انباشت^۱:

(سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H2)، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند (H3)، سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی (H4)، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H5) و سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده (H6)، در مقایسه با ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) (به عنوان شاهد) بر میزان آسیب‌های

نتایج تجزیه آماری ویژگی تفاضل میانگین استاندارد شده^۲ (اندازه اثر^۳) اثر انواع ماشین‌های برداشت

1- Forest Plot
2- SMD (Stnard Mean Difference)
3- Effect Size

۳) ماشین سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی (H4): مقدار *SMD* ماشین سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی (H4)، ۰/۷۱ است. بنابراین آسیب‌های مکانیکی این ماشین به غده‌های سیب‌زمینی به میزان ۲۳/۵۲ درصد نسبت به شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) افزایش یافته و به مقدار کلی ۲۴/۰۴ درصد رسیده است.

۴) سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H5): مقدار *SMD* این ماشین ۰/۲۰ است. بنابراین آسیب‌های مکانیکی این ماشین نسبت به ماشین شاهد افزایشی است. در نتیجه آسیب‌های مکانیکی این ماشین به میزان ۴/۰۹ درصد نسبت به شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) افزایش یافته و به مقدار کلی ۲۰/۲۶ درصد رسیده است.

۵) ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده (H6): مقدار *SMD* ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده (H6)، ۰/۴۴ است. بنابراین آسیب‌های مکانیکی این ماشین به غده‌های سیب‌زمینی نسبت به ماشین شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) ۲۴/۰۷ درصد افزایش یافته و به مقدار کلی ۲۴/۱۴ درصد رسیده است.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H2) دارای کم‌ترین میزان آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی بود که مقدار آن ۲/۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) کم‌تر بود، بنابراین مقدار آن از ۱۹/۴۶ درصد برای تیمار شاهد به ۱۹/۰۴ درصد کاهش یافته است. تیمارهای ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H5)، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند (H3)، سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی (H4) و سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده (H6) نیز به ترتیب با مقادیر ۴/۰۹، ۱۲/۲۷، ۲۳/۵۲ و ۲۴/۰۷ درصد نسبت به سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) به عنوان تیمار شاهد، دارای آسیب‌های مکانیکی بیش‌تری بودند.

مکانیکی سیب‌زمینی در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به مقدار مثبت *SMD* کل (۰/۳۲) و اینکه مرکز لوزی کل در سمت راست خط Null (خط عمودی تو پر که از نقطه صفر می‌گذرد) قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که در مجموع آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی در روش برداشت سیب‌زمینی با این ماشین‌ها نسبت به ماشین شاهد، افزایشی است و باعث افزایش آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی به میزان ۰/۷۷ درصد شده است. نتایج به دست آمده با گزارش‌های Hemmat (1997) & Taki (2019) و Ahmadi *et al.* (2019) و Mousazade *et al.*, 2006) منطبق است.

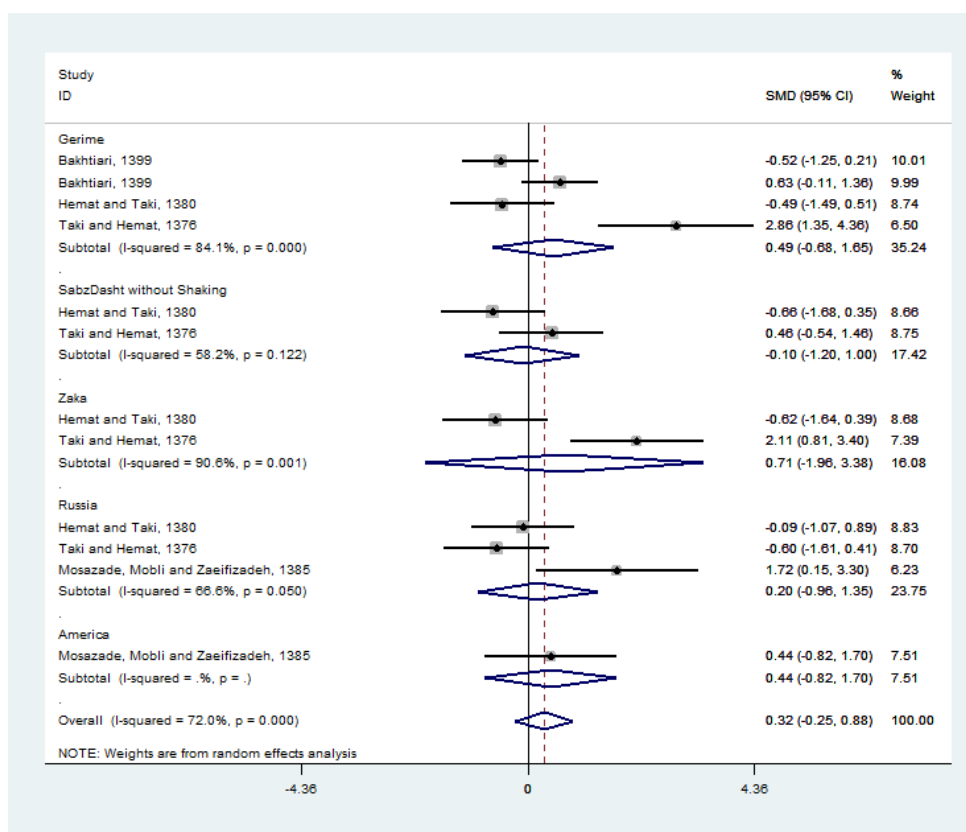
نتایج تحقیق نشان داد که آسیب‌های مکانیکی تیمار شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1)، ۱۹/۴۶ درصد است. حال با بررسی شکل ۱ می‌توان به تفکیک، اثر تک‌تک ماشین‌های برداشت مختلف را در مقایسه با ماشین برداشت تیمار شاهد بر میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی به شرح زیر تشریح نمود:

۱) ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H2): مقدار *SMD* ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H2)، ۰/۱۰- است. علامت منفی نشان‌دهنده کاهش بودن آسیب‌های مکانیکی این ماشین نسبت به ماشین شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) است. بنابراین با محاسبه آسیب‌های مکانیکی می‌توان نتیجه گرفت که این ماشین نسبت به ماشین شاهد باعث کاهش آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی به میزان ۲/۱۴ درصد شده است. بنابراین آسیب‌های مکانیکی آن ۱۹/۰۴ درصد است.

۲) ماشین سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند (H3): مقدار *SMD* این ماشین ۰/۴۹ است و این بدین معنی است که مرکز لوزی کل در سمت راست خط Null قرار گرفته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این ماشین باعث افزایش آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی به میزان ۱۲/۲۷ درصد نسبت به شاهد (سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H1) شده و آسیب به مقدار ۲۱/۸۵ درصد رسیده است.

یا باید از سیب‌زمینی‌کن با طول نقاله کوتاه‌تر استفاده نمود یا باید خاک را قبل از برداشت با آبیاری سبک گاورو نمود. (۲) اگر خاک مرطوب (گاورو) باشد، به علت وجود مقداری خاک تا انتهای نقاله‌ها و ایجاد لایه‌ای از خاک نرم بین غده‌ها و کلوخه‌ها، باعث کاهش آسیب‌ها می‌شود. در این حالت برای جداسازی بهتر غده‌ها از ناخالصی‌ها، استفاده از نقاله‌های با طول بیشتر و یا نقاله‌های دو قسمتی پیشنهاد می‌شود.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در خاک سبک به علت ریختن زود هنگام خاک در ابتدای نقاله، باعث افزایش برخورد غده‌ها با کلوخه‌ها و قطعات فلزی ماشین شده و آسیب‌های مکانیکی را افزایش می‌دهد. برای کاهش این آسیب‌ها، استفاده از نقاله‌های با طول کمتر و یا نقاله‌های یک قسمتی توصیه می‌شود. اما در خاک سنگین دو حالت وجود دارد: (۱) اگر خاک خشک باشد، به علت وجود کلوخه‌های خشن روی نقاله‌ها و برخورد آنها با غده‌ها باعث افزایش آسیب‌ها می‌شود. در این حالت



شکل ۱- نمودار انباشت اثر نوع ماشین برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی

و ۲۴/۱۴ درصد بودند. بر این اساس استفاده از سیب‌زمینی‌کن‌های یک قسمتی برای خاک‌های سبک و سیب‌زمینی‌کن‌های دو قسمتی برای خاک‌های سنگین توصیه می‌شود. باید توجه نمود که برای کاهش آسیب‌های مکانیکی لازم است که قبل از برداشت، خاک مزرعه با آبیاری سبک، گاورو شود.

منابع

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2019). *Agricultural statistics* (Vol. 1): Iranian

نتیجه‌گیری

آسیب‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی به دلیل ساختارها ماشین‌های مختلف، متفاوت است. در این تحقیق آسیب‌های مکانیکی در ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند، سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی و سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان دهنده به ترتیب ۱۹/۰۴، ۱۹/۴۶، ۲۰/۲۶، ۲۱/۸۵، ۲۴/۰۴

- <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Available Date: 3 August 2023. Retrieved 3 August 2023
- Gates, S. (2002). Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology. *Journal of Animal Ecology*, 71(4): 547-557.
- Heidari, A. (2022a). Meta-analysis of the effect of conservation tillage on irrigated wheat yield in Iran. *Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery*, 11(4): 105-115.
- Heidari, A. (2022b). Meta-analysis of the effect of subsoiling on potato yield. *Agricultural Mechanization and Systems Research*. 23 (82). P. 71-86.
- 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.
- Hemmat, A., & Taki, O. (2001). Potato losses and mechanical damage by potato diggers in the fereidan region of Isfahan. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 5(2), 195-209. (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.
- Hyde, G. M., Thornton, R. E., & Woodruff, D. W. (1983). Potato harvester performance with automatic chain-load control. *Transactions of the ASAE*, 26(1): 19-22.
- Molema, G. J. (1999). *Mechanical force and subcutaneous discolouration in potato*. PhD Thesis. Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Mousazade, H., Mobli, H., & Zaeifzadeh, 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).
- 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 (Vol. 17, pp. 71-86. (in Persian)). Agricultural Engineering Research Institute.
- Reshadsedghi, A. (2016). Effective Parameters on Mechanical Damages of Potato During Mechanized Harvesting. *Journal of Engineering Research in Agricultural Mechanization and Systems*, 17(66): 71-80. (in Persian).
- Ministry of Agriculture. Tehran, Iran (In Persian).
- Anonymous. (2023). Agricultural statistics for crop years 2004 to 2022: Ministry of Agriculture Jihad. Planning and Economic Deputy. Vice President of Statistics Center for Statistics, Information and Communication Technology. The first volume: Crops. (In Persian)Arafa, G. K. (2019). Some factors affecting the damage of potato tubers during harvest. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 36(3): 753-772.
- Bakhtiari, M. R. (2023). Study of mechanical damages of potato harvesting and determination of its reduction solutions in Hamedan province. pp. 60. (in Persian). Agricultural Engineering Research Institute.
- 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. pp. 77. (in Persian). Agricultural Engineering Research Institute.
- Baritelle, A., Hyde, G., Thornton, R., & Bajema, R. (1999). *A classification system for impact related defects in potato tubers*. Paper presented at the 38th Annual Washington State Potato Conference & Trade Fair.
- Baritelle, A., Hyde, G., Thornton, R., & Bajema, R. (2000). A classification system for impact-related defects in potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 77(3): 143-148.
- Begg, C. B., & Mazumdar, M. (1994). Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. *Biometrics*, 50(4): 1088-1101.
- Bishop, C. F. H. (1980). *Potato mechanization storage*: Farming Press LTD.
- Blahovec, J. (2005). Impact induced mechanical damage of Agria potato tubers. *Research in Agricultural Engineering*, 51(2): 39-43.
- Blahovec, J., Hejlová, A., & Vacek, J. (2006). Impact induced mechanical damage of Agria potato tubers cultivated in different regimes. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 37.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (n. Edition Ed.): Routledge.
- Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315: 629-634.
- FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Soltani, E., & Soltani, A. (2014). Necessity of using meta-analysis in field crops researches. *Journal of Crop Production*, 7(3): 203-216. (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, pp. 40. (in Persian).
- Zarifneshat, S. (2010). The effect of harvest date, soil moisture and cultivar on mechanical damage and rheological properties of potato. Agricultural Engineering Research Institute. Final Report. (in Persian).
- Zarifneshat, S., & Saeidirad, M. H. (2017). The effect of harvest date, soil moisture and cultivar on mechanical damage and rheological properties of potato. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 48(1): 45-53. (in Persian).
- Zarifneshat, S., Saeidirad, M. H., & Rohani, A. (2013). The effect of harvest date, soil moisture and cultivar on mechanical damage and rheological properties of potato. *Mechanical Sciences in Agricultural Machinery*, 1(1): 25-34. (in Persian).

