بررسی آسیب‌های مکانیکی پنج نوع ماشین سیب‌زمینی‌کن در منطقه فریدن اصفهان

عباس همت[۱] و اورنگ تاکی[۲]

چکیده

هرگونه نیروی مکانیکی وارده به غده‌های سیب زمینی در حین برداشت می‌تواند موجب آسیب‌های مکانیکی به غده‌ها گردد. از بین بردن قسمت‌های هوایی بوته‌ها مدتی پیش از برداشت، در بهبود خواص رئولوژیک غده‌ها و کاهش آسیب‌های مکانیکی مؤثر است. به منظور بررسی اثر ماشین‌های سیب زمینی کن زنجیر نقاله‌ای و غربال لرزشی بر افت کمی (غده‌ها برداشت نشده، مدفون شده، بریده شده و له شده) و کیفی (آسیب‌های مکانیکی) غده‌های سیب زمینی، و مطالعه تأثیر از بین بردن و نبردن قسمت‌های هوایی گیاه دو هفته قبل از برداشت برکاهش آسیب‌های مکانیکی، آزمایش‌هایی در منطقه فریدن اصفهان انجام گرفت. دو تیمار از بین بردن یا نبردن قسمت‌های هوایی بوته سیب زمینی پیش از برداشت، با پنج ماشین سیب زمینی کن (به ترتیب با زنجیر نقاله بلند با تکان دهنده، با زنجیر نقاله دو قسمتی با تکان دهنده، با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده، با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده، و سیب‌زمینی کن غربال لرزشی) با کارگیری طرح بلوک‌های نواری در چارچوب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار ارزیابی شد. رقم مارفونا در مزرعه کاشته شده بود.

نتایج نشان داد که از میان پارامترهای مربوط به افت کمی محصول، تنها در عملکرد ماشین‌های مورد آزمایش در درصد غده‌های کنده نشده و مدفون شده تفاوت معنی‌دار وجود داشت. 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 دستگاه‌های سیب‌زمینی‌کن با غربال زنجیر نقاله‌ای نشان داد که این دستگاهی است با توانایی غربال کنندگی کم، در نتیجه غده‌ها مدت زیادی برای غربال شدن روی آن حرکت می‌کنند. این امر باعث می‌گردد که درصد غده‌های سالم در این ماشین کمترین، و درصد غده‌های مدفون شده بیشترین باشد. عملیات سر زنی در کاهش آسیب به عمق کمتر از سه میلی‌متر مؤثر بود. اگرچه سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده دارای کمترین شاخص آسیب مکانیکی بود، ولی میان سیب‌زمینی‌کن‌های زنجیر نقاله‌ای آزمایش شده نیز تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: برداشت مکانیزه سیب‌زمینی، سیب‌زمینی کن زنجیر نقاله‌ای، سیب‌زمینی کن غربال لرزشی، آسیب‌های داخلی و خارجی

۱. دانشیار ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

مقدمه

سالیانه ۲۱۵۶۹ هکتار از اراضی استان اصفهان به کاشت سیب‌زمینی اختصاص می‌یابد، که از این مقدار حدود ۱۷ درصد کل سیب‌زمینی تولید شده در کشور به دست می‌آید (۱). مشاهدات و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که بسیاری از این محصول به علل گوناگون تا پیش از عرضه به بازار از بین رفته، و یا دارای کیفیت مناسب نمی‌باشد. در یک بررسی، میزان ضایعات سیب‌زمینی در ایران از مرحله برداشت تا مصرف در حدود ۴۸ درصد گزارش شده است، که عمدتاً ناشی از انتخاب نادرست واریته‌ها، بی‌توجهی به رسیدگی کامل محصول در هنگام برداشت، به کارگیری روش‌های نامناسب در برداشت، درجه‌بندی، جابه‌جایی، بسته‌بندی و از همه مهم‌تر دسترسی نداشتن به انبارهای مناسب نگهداری سیب‌زمینی می‌باشد (۳). در این پژوهش سهم هر یک از موارد فوق در آسیب‌رسانی به طور جداگانه مشخص نگردیده است. ولی به نظر می‌رسد که نخستین گام در کاهش ضایعات، پس از انتخاب واریته مناسب، به حداقل رسانیدن آسیب‌های وارده بر محصول در هنگام برداشت می‌باشد، که موجب کاهش ضایعات در مراحل بعدی نیز خواهد شد.

در سال‌های اخیر، کمبود نیروی انسانی در بخش کشاورزی و افزایش دستمزد کارگر مورد نیاز در برداشت، موجب استقبال کشاورزان از ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی شده است. در استان اصفهان نیز اگر چه کلیه مراحل برداشت به صورت مکانیزه انجام نمی‌پذیرد، ولی بهره‌گیری از ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن، برای کندن و غربال‌کردن خاک همراه سیب‌زمینی در منطقه فریدن، در دهه اخیر رایج گردیده است. این ماشین‌ها بیشتر به صورت وارداتی، یا کپی‌سازی در داخل کشور از روی نمونه‌های خارجی می‌باشد. ضایعات سیب‌زمینی در مرحله برداشت با دستگاه‌های سیب‌زمینی کن شامل افت کمی و کیفی خواهد بود.

به طور کلی، برداشت سیب‌زمینی نیاز به جداسازی خاک نرم، کلوخ، سنگ و اضافات گیاهی از غده‌های سیب‌زمینی دارد. گاهی به ازای هر تن سیب‌زمینی برداشت شده باید تا ۲۴ تن خاک و اضافات گیاهی از غده‌ها جدا شود. این کار باید با تنظیم درست ماشین به منظور کاهش آسیب‌ها و تلفات مکانیکی انجام گیرد (۵). اصولاً بیشترین آسیب‌ها در اثر برخورد در یکی از مراحل جا به جایی غده‌ها با قسمت‌های ثابت یا متحرک ماشین، سنگ‌ها، کلوخه‌ها، و یا با یکدیگر حاصل می‌شود. با افزایش سطح مکانیزاسیون برداشت و پس از برداشت، مسئله آسیب‌های مکانیکی بیشتر مطرح می‌گردد. عوامل مؤثر بر آسیب‌های وارده بر غده‌ها شامل واریته، درجه رسیدگی غده‌ها، شرایط محیطی، و هم چنین به کارگیری نادرست ماشین برداشت می‌باشد. مقدار آسیب‌هایی که در اثر برخورد در غده ایجاد می‌شود، به خواص مکانیکی و رئولوژیک غده‌ها و نیروهای خارجی اعمال شده به آن بستگی دارد. بنابراین، کنترل میزان آسیب‌ها، افزون بر عوامل محیطی، به کاهش نیروهای خارجی اعمال شده به غده در حین کندن و مراحل مختلف جا به جایی سیب زمینی در داخل ماشین نیز بستگی دارد (۸ و ۹).

آسیب، در ماشین‌های برداشت از تیغه آغاز شده، و عموماً موجب برش غده‌ها می‌گردد. اگر تیغه را به اندازه ۲۵ میلی‌متر عمیق‌تر تنظیم کنیم، موجب افزایش خاک ورودی به ماشین، به اندازه ۲۱۰ تا ۲۴۰ تن در هکتار می‌شود. به جا است که اپراتور تلاش کند این خطا را به حداقل برساند. از سویی، اگر تیغه خیلی سطحی تنظیم شود آسیب غده‌ها به طور چشم‌گیری زیاد خواهد شد (۱۱). بنابراین، در تنظیم عمق کار تیغه ماشین برداشت بایستی تلاش گردد مقدار خاکی که به داخل ماشین رانده می‌شود تا حد ممکن کم باشد، البته بدون این که شماری از غده‌ها بریده شوند، و یا برداشت نشده در خاک باقی بمانند (۱۰).

یکی از آسیب‌های شدید مکانیکی در زمان برداشت روی زنجیر نقاله ماشین برداشت اتفاق می‌افتد. در محل برخورد لبه انتهایی تیغه و زنجیر نقاله، میله‌های عرضی نقاله با سرعتی دست کم برابر ۲/۱ متر در ثانیه نسبت به سیب‌زمینی حرکت می‌کنند. این سرعت معادل سقوط آزادی برابر با ۰/۲۰۳ متر است، که آزمایش‌ها نشان داده‌اند موجب آسیب‌های شدید در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

غده‌ها می‌گردد (۱۱). تورن تون و همکاران (۱۹) در مشاهدات و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای دریافتند که کاهش آسیب روی هر یک از نقاله‌های یک ماشین برداشت سیب‌زمینی، با افزایش سرعت پیشروی ماشین یا کاهش در سرعت زنجیر نقاله‌ها بسیار بستگی داشته است. این عمل باعث می‌شود که حجم مواد روی هر زنجیر نقاله برابر با ظرفیت آن نقاله شود. آنها یک نسبت بهینه میان سرعت نقاله و سرعت پیشروی برای هر یک از نقاله‌های موجود در ماشین برداشت در منطقه خود مشخص نموده‌اند. آنها اعلام داشتند که این امر موجب کاهش آسیب‌های مکانیکی و افزایش ظرفیت کار ماشین شده است.

مک ری و همکاران (۱۳) عملکرد دو گونه ماشین برداشت آزمایشی را بررسی نمودند. یکی از آنها مجهز به زنجیر نقاله اولیه‌ای بود که مواد را به زنجیر نقاله ثانویه‌ای می‌راند که می‌توانست به طور افقی، به موازات یا عمود بر جهت حرکت تکان داده شود. ماشین دوم دارای یک زنجیر نقاله اولیه با سطح متغیر بود، که می‌توانست به طور عمودی یا افقی تکان داده شود. نتایج مزرعه‌ای آنها نشان داد که تکان دادن افقی می‌تواند عمل غربال‌کردن را بهبود بخشد و آسیب به سیب‌زمینی را به اندازه ۱۷ تا ۳۰ درصد کاهش دهد. ایشان گزارش نمودند که تغییر دادن سطح مؤثر غربال کنندگی زنجیر نقاله‌ها می‌تواند بازده شکستن کلوخه‌ها و از دست دادن خاک همراه با سیب‌زمینی را، بدون نیاز به تغییر در نسبت بهینه سرعت نقاله به سرعت پیشروی، بهبود بخشد.

در یک دهه گذشته در هند، تأکید بر سیب‌زمینی کن‌های مکانیکی (بدون غربال جدا کننده خاک) و سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله‌ای بوده است. در یک بررسی مقایسه‌ای، شیام (۱۷) گزارش نمود که درصد سیب‌زمینی‌های آشکار با سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله ۸۵/۶٪، با سیب‌زمینی کن دوار ۸۳/۳٪، با سیب‌زمینی کن مکانیکی تراکتوری ۷۴/۸٪، و با سیب‌زمینی کن دامی ۵۲/۵٪ بود. او اعلام داشت که اگر چه عملکرد سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله از نظر درصد غده‌های آشکار و قابل قبول بودن مقدار آسیب‌های مکانیکی رضایت‌بخش بوده، ولی به علت قیمت زیاد ماشین، نیاز پی‌درپی به تعمیر و نگهداری و نایک‌نواختی فاصله بین ردیفی، مورد توجه کشاورزان قرار نگرفته است. بنابراین، وتسا و همکاران (۲۱) سیب‌زمینی‌کنی ساختند که دارای یک واحد جداکننده خاک بود و قیمت مناسبی داشت. آنها در پژوهش‌هایشان اثر سرعت پیشروی، فرکانس ارتعاش غربال لرزشی (۲ و ۴ چرخه در ثانیه) و شکل تیغه (تیغه یک پارچه مستطیلی لبه صاف، تیغه یک پارچه لبه محدب، چند تیغه‌ای یا لبه مثلثی شکل و تیغه دو قسمتی V شکل) را بر عملکرد یک سیب‌زمینی کن غربال لرزشی بررسی نمودند، و نتیجه گرفتند که بیشترین درصد سیب‌زمینی غیر مدفون با خاک در نسبت سرعت (نسبت سرعت محیطی واحد جداکننده خاک به سرعت پیشروی) ۱/۳۸ به دست آمد. ضمناً تیغه‌های دو قسمتی V شکل بیشترین درصد غده‌های غیر مدفون را با کمترین آسیب مکانیکی داشت.

با بررسی منابع می‌توان چنین نتیجه گرفت که عوامل مهم ماشینی که بر میزان آسیب‌های مکانیکی و تلفات محصول مؤثرند عبارتند از: الف) عمق کار تیغه ماشین، ب) سرعت پیشروی ماشین، ج) سرعت زنجیر نقاله انتقال محصول نسبت به سرعت پیشروی، و د) میزان سطح غربال کنندگی نقاله‌ها.

افزون بر عوامل ماشینی، جدا کردن قسمت‌های هوایی هر بوته سیب زمینی ۲-۳ هفته پیش از برداشت، موجب سخت‌تر شدن پوست غده‌ها می‌شود، و گوشت غده حالت الاستیک بیشتری پیدا می‌کند، که می‌تواند موجب کاهش آسیب‌های مکانیکی و بهبود خاصیت انبارداری آنها شود (۲).

در پژوهش حاضر، که در منطقه فریدن اصفهان انجام پذیرفت، افت کمی محصول و آسیب‌های مکانیکی وارد بر غده‌ها در برداشت با ماشین‌های سیب‌زمینی کن موجود در ایران بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر چند نوع سیب‌زمینی کن بر افت کمی و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

کیفی محصول، آزمایش‌هایی در منطقه فریدن اصفهان انجام گرفت. مشخصات محصول و خاک در هنگام برداشت در جدول ۱ خلاصه شده است. در این پژوهش از آزمایش بلوک‌های نواری (بلوک‌های خرد شده) در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۱۰ تیمار (پنج ماشین برداشت × دو روش سرزنی بوته‌ها) و در چهار تکرار استفاده گردید. فاکتور اصلی عامل سرزنی بوته، و فاکتور فرعی نوع ماشین سیب‌زمینی کن بود. ویژگی‌های فنی ماشین‌های برداشت در جدول ۲ آورده شده است. برای ارزیابی ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی قطعه زمینی به کار رفت که به صورت یک‌نواخت زیر نظر مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان کشت شده بود. ابعاد هر کرت ۲۵×۳ متر (معادل چهار ردیف کاشت از نظر عرضی) انتخاب گردید.

عملیات سرزنی بوته‌ها ۱۷ روز پیش از برداشت، در کلیه کرت‌هایی که می‌بایست قسمت‌های هوایی آنها قطع شود، انجام گردید. زمان برداشت نیمه دوم شهریور بود. آزمایش‌های اولیه ماشین‌ها به منظور دستیابی به سرعت پیشروی و سرعت مناسب غربال و عمق کار تیغه ماشین‌ها در قسمت‌های ازدیادی مزرعه انجام گرفت. در اجرای این طرح، بالاترین نسبت سرعت پیشروی به سرعت حرکت غربال‌ها، که در آن خاک همراه غده‌ها در انتهای غربال به طور کامل از غده‌ها جدا شده باشد، مبنای تنظیم سرعت پیشروی ماشین‌ها بود.

پس از انجام آزمایش، در هر کرت در سه محل، کادری به ابعاد ۱×۳ متر، به گونه‌ای که طول آن منطبق بر پهنای کرت باشد، به طور تصادفی قرار داده شد. سپس سیب‌زمینی‌های آشکار در کادر، که به راحتی و بدون جا به جا کردن خاک دیده می‌شدند، جمع‌آوری گردید (نمونه آشکار). پس از این کار، با زیر و رو کردن خاک به هم خورده در اثر کار ماشین، غده‌های مدفون شده جمع‌آوری (غده‌هایی که به وسیله تیغه ماشین برداشت و وارد نقاله شده، ولی پس از ریزش از انتهای ماشین روی آنها خاک و کلوخه ریخته شده است) و نمونه مدفون نامیده شد. در مرحله بعدی، کل خاک داخل کادر تا عمق گسترش غده‌ها، که قبلاً تعیین شده بود و در جدول ۱ آورده شده است، با بیل کاملاً زیر و رو شد تا غده‌های برداشت نشده نیز در معرض دید قرار گرفت و جمع آوری گردید (نمونه کنده نشده). سپس برای تعیین اثر نوع ماشین بر افت کمی محصول در هر کرت، درصد وزنی غده‌های کنده نشده و مدفون شده، بریده شده (غده‌هایی که قسمتی از آنها توسط لبه تیغه یا پیش‌برها قطع شده بود) و له شده (غده‌هایی که در زیر چرخ‌های تثبیت عمق و یا بین میله‌های زنجیر نقاله له شده بودند) موجود در نمونه‌های هر کرت به کل نمونه‌ها (آشکار + مدفون + کنده نشده) محاسبه گردید.

به منظور بررسی کیفیت محصول، آسیب‌های مکانیکی خارجی و داخلی وارده به غده‌ها در ماشین‌های مختلف برداشت، به طور جداگانه اندازه‌گیری، و برای هر گونه از این آسیب‌ها ضریبی اعمال شد که نمایانگر شاخص شدت آسیب‌های مکانیکی بود. پنج روز پس از پایان آزمایش در هر سال، نمونه‌های آشکار برای تعیین آسیب‌های خارجی بررسی، و غده‌های موجود در هر نمونه به چهار گروه دسته‌بندی شدند:

۱. غده‌هایی که آسیب آنها در حد کنده‌شدن پوست بود (PD)
۲. غده‌هایی که آسیب به عمق کمتر از سه میلی متر در آنها وارد گردیده بود (LD)
۳. غده‌هایی که آسیب به عمق بیش از سه میلی‌متر در آنها وارد شده بود (HD)
۴. غده‌های سالم (UD).

هر غده برحسب شدیدترین آسیبی که به آن وارد شده بود در گروه مناسب قرار گرفت. پس از آن که غده‌ها از نظر آسیب‌های خارجی در گروه‌های مربوط قرار گرفتند، درصد وزنی هر یک از آن گروه‌ها به کل نمونه آشکار به دست آمد، و برای هر گروه ضریبی اعمال شد (جدول ۳). با ضرب این ضرایب در درصد وزنی هر گروه و جمع آنها، شاخصی به نام شاخص آسیب‌های خارجی[1] (EDI) به دست آمد.

1. External damage index

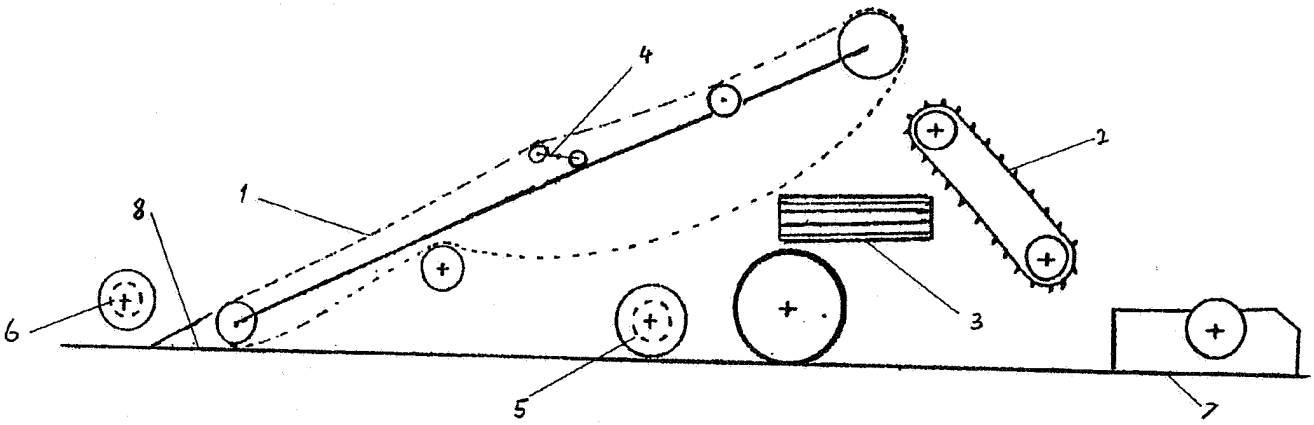
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

جدول ۱. ویژگی‌های محصول و خاک در مزرعه انتخاب شده در زمان برداشت

ویژگی	
سیب زمینی	
واریته	مارفونا
میانگین فاصله بین ردیفی (سانتی‌متر)	۷۲/۳
میانگین فاصله بین بوته‌ای (سانتی‌متر)	۲۸/۸
میانگین قطر هندسی غده‌ها (سانتی‌متر[1])	۶/۱
خاک	
بافت	لومی شنی
میانگین رطوبت خاک در لایه ۰-۱۰ سانتی‌متری	%۶/۸
میانگین رطوبت در لایه ۱۰-۲۰ سانتی‌متری	%۷/۳
توزیع عمودی غده‌ها در پشته‌ها	
نسبت وزنی غده‌های توسعه یافته تا عمق ۶ سانتی‌متری به کل غده‌ها	%۱۴
نسبت وزنی غده‌های توسعه یافته در عمق ۶-۱۲ سانتی‌متری به کل غده‌ها	%۴۳
نسبت وزنی غده‌های گسترش یافته در عمق ۱۲-۱۸ سانتی‌متری به کل غده‌ها	%۴۳
نسبت وزنی مقدار سیب زمینی به خاک پشته‌ها تا عمق ۱۸ سانتی‌متری	%۳/۷

۱. از رابطه $DM = \sqrt[3]{(abc)}$ که در آن a، b و c اقطار اصلی غده می‌باشند، برای محاسبه میانگین قطر هندسی استفاده شد.



شکل ۱. تصویر شماتیک دستگاه سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله بلند

۱. غربال زنجیر نقاله‌ای بلند
۲. نقاله جدا کننده
۳. نقاله ردیف‌کن بوته‌ها
۴. تکان‌دهنده
۵. غلتک فشارنده محل ریزش سیب‌زمینی
۶. پیش‌بر دیسکی و غلتک پیش فشار
۷. ردیف کن سیب‌زمینی
۸. تیغه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

جدول ۲. مشخصات ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی

نام ماشین	مشخصات ماشین	طول دستگاه (متر)	عرض دستگاه (متر)	زاویه تیغه با افق (درجه)	فاصله میان میله‌های غربال‌ها (میلی‌متر)
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)	ماشین سیب‌زمینی‌کن[1] دو ردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای بلند یک قسمتی با روکش لاستیکی، شامل تکان دهنده عمودی، نقاله جداکننده و نقاله ردیف کن بوته‌ها، دارای غلتک پیش فشار روی پشته، پیش بر و غلتک فشار برای فشرده کردن خاک محل ریختن غده‌ها روی زمین (مارک گریمه آلمان) (شکل ۱)	۵/۵	۲/۳	۲۶[2]	۲۴
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H_2)	ماشین سیب زمینی کن دوردیفه با غربال‌های زنجیر نقاله دوقسمتی و تکان دهنده (ساخت روسیه) (شکل ۲)	۲/۷۳	۱/۶	۲۱	غربال اول ۳۲ غربال دوم ۳۵
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H_3)	ماشین سیب زمینی کن دوردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای یک قسمتی شامل تکان دهنده و چرخ تنظیم عمق مستقر در جویچه‌ها (مارک سبزدشت) (شکل ۳)	۲/۵	۱/۸	۲۸ (ثابت)	۳۲
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H_4)	ماشین سیب زمینی کن دوردیفه، با غربال‌های زنجیر نقاله‌ای یک قسمتی بدون تکان دهنده (مارک سبزدشت) (شکل ۴)	۲/۵	۱/۸	۲۸ (ثابت)	۳۲
سیب زمینی کن غربال لرزشی (H_5)	ماشین سیب زمینی کن لرزشی[3] یک ردیفه با غربال‌های ارتعاشی (مارک زاکا) (شکل ۵)	۱/۷	۱/۴	۲۰[4]	۲۸

1. Potato elevator digger

۲. این زاویه در این دستگاه قابل تنظیم می‌باشد، و زاویه ۲۶ درجه برای تأمین عمق کار تیغه در عمق گسترش غده‌ها تنظیم شد.

3. Potato reciprocating riddle

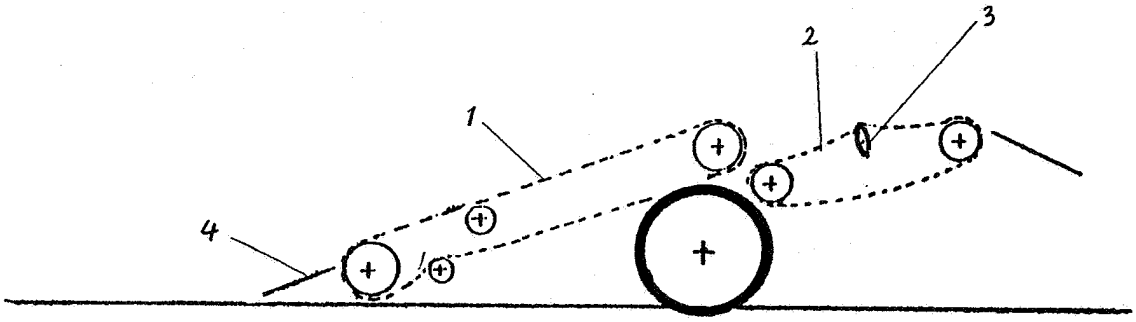
۴. این زاویه با بازوی وسط تراکتور تأمین می‌شود.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

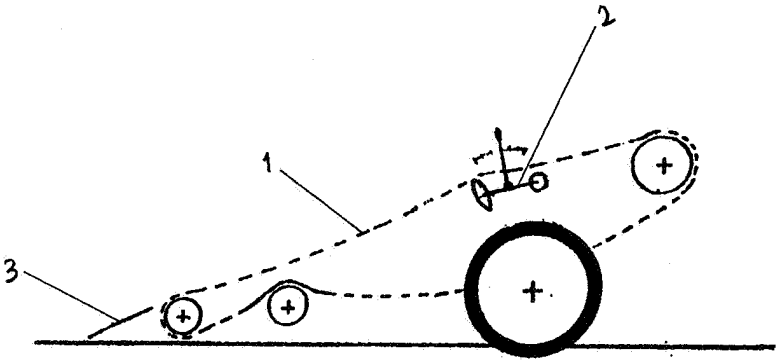
جدول ۳. ضریب شاخص شدت آسیب‌های خارجی (۱۴)

نوع آسیب	ضریب شاخص شدت آسیب
آسیب‌های در حد کنده شدن پوست	۱
آسیب‌های خارجی به عمق کمتر از سه میلی‌متر	۳
آسیب‌های خارجی به عمق بیش از سه میلی‌متر	۷



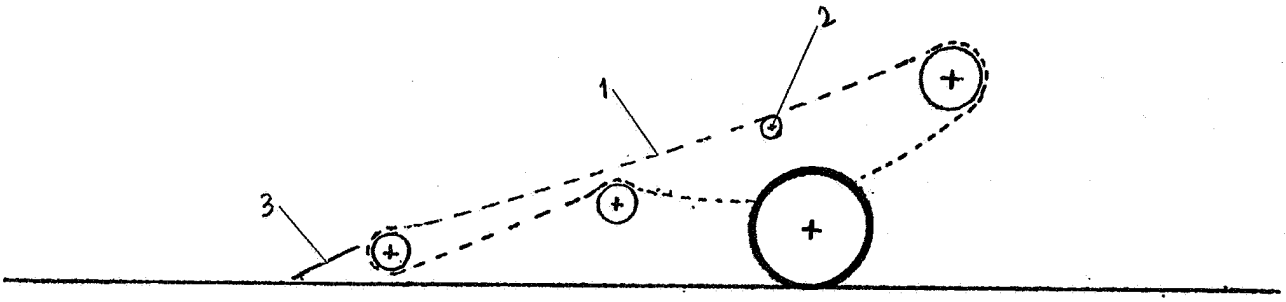
شکل ۲. تصویر شماتیک سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله دوقسمتی

۱. زنجیر نقاله اولیه ۲. زنجیر نقاله ثانویه ۳. تکان دهنده ۴. تیغه



شکل ۳. تصویر شماتیک دستگاه سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده

۱. زنجیر نقاله ۲. تکان دهنده ۳. تیغه

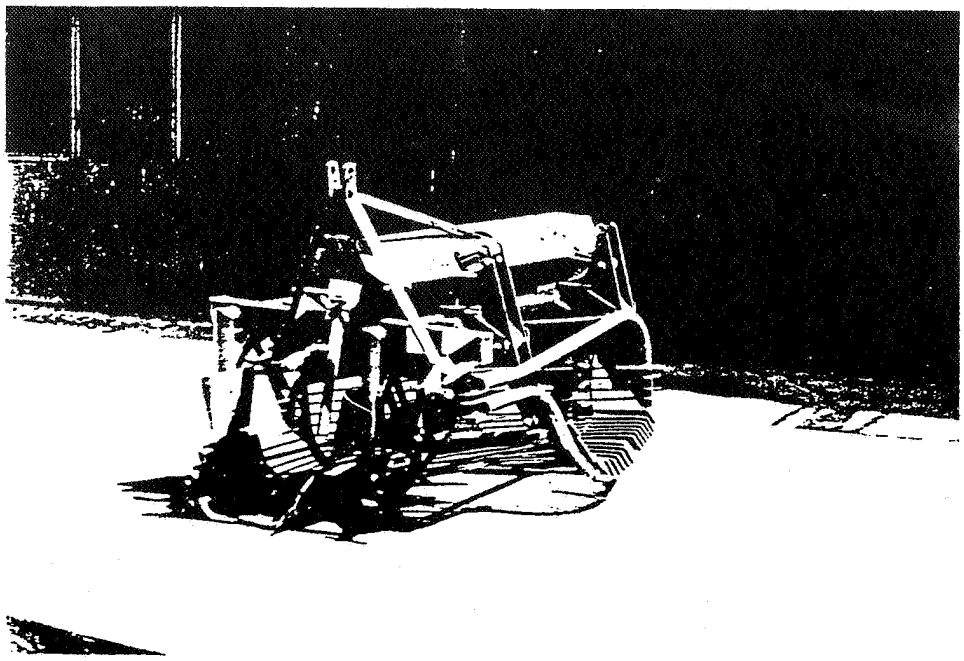


شکل ۴. تصویر شماتیک دستگاه سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده

۱. زنجیر نقاله ۲. غلتک ۳. تیغه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]



شکل ۵. تصویر واقعی ماشین سیب‌زمینی کن با غربال لرزشی

$$EDI=[(\frac{PD}{AW}\times ۱) + (\frac{LD}{AW}\times ۳) + (\frac{HD}{AW}\times ۷)] \times ۱۰۰$$

که در آن AW وزن کل غده‌ها در نمونه آشکار است (۱۲ و ۱۴).

نمونه‌های آشکار پس از بررسی آسیب‌های خارجی، دوباره پس از سه ماه به منظور تعیین آسیب‌های داخلی که به صورت لکه‌های سیاه[1] در زیر پوست ظاهر می‌گردید، مورد بررسی قرار گرفتند. برای این کار، از هر نمونه پنج غده بزرگ‌تر از ۱۵۰ گرم، و پنج غده کوچک‌تر از ۱۵۰ گرم، به طور تصادفی انتخاب و پوست برداری شدند. پس از پوست‌برداری، غده‌ها توزین و آن قسمت‌هایی از غده که به صورت لکه‌های سیاه زیر پوست ظاهر گردید به وسیله چاقوی نوک تیز از بقیه غده جدا شده، و به طور دقیق توزین گردید. بدین ترتیب، درصد وزنی مقدار بافت سیاه شده به کل غدد محاسبه، و میانگین هر نمونه به دست آمد. این نمونه‌ها نیز در ضریب ۷ به عنوان شاخص آسیب‌های داخلی[2] (IBI) بیان گردید:

$$IBI=BS \times ۷$$

که در آن BS درصد وزنی بافت سیاه شده به وزن غده می‌باشد (۱۲).

داده‌های گردآوری شده با استفاده از برنامه کامپیوتری SAS[3] تجزیه آماری، و میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه گردید.

نتایج وبحث

نتایج تجزیه واریانس درصد وزنی غده‌های سیب‌زمینی کنده نشده، مدفون، بریده و له‌شده نشان داد که نوع ماشین تنها بر غده‌های مدفون شده اثر معنی‌دار داشت (جدول ۴). سیب‌زمینی کن لرزشی ($H_۵$) دارای بیشترین درصد غده‌های مدفون شده بود (جدول ۵). ظرفیت کم غربال این ماشین که در برخی موارد موجب ریختن خاک غربال نشده از انتها روی غده‌ها می‌گردید، و زیاد بودن فاصله میان میله‌های غربال لرزشی آن که باعث گذشتن سیب‌زمینی‌های کوچک[4] از آن می‌شد، سبب زیاد شدن درصد غده‌های مدفون شده در خاک گردید.

1. Blackspot 2. Internal bruise index 3. Statistical Analysis System 4. Undersize

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

زیاد بودن درصد غده‌های کنده‌نشده در سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله مجهز به تکان دهنده و چرخ تنظیم (H_3) را بایستی به خاطر وجود چرخ‌های تثبیت عمق دانست. وجود علف‌های هرز و بقایای گیاهی در کف جویچه‌هایی که چرخ تثبیت عمق در داخل آنها حرکت می‌کرد، مهم‌ترین عامل جلوگیری از چرخش یک‌نواخت چرخ‌ها، و به دنبال آن غیر یک‌نواخت کار کردن عمق تیغه بود. وزن زیاد ماشین سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)، و وجود پیش‌بر دیسکی در کنار تیغه‌ها، عواملی بودند که در ثابت نگهداشتن موقعیت تیغه ازنظر افقی و عمودی تأثیر بسزایی داشتند و بدین ترتیب کمترین درصد غده‌های کنده نشده در این ماشین دیده شد.

اگر چه نوع ماشین بر درصد غده‌های بریده شده اثر معنی‌داری نداشت، ولی زیاد بودن درصد غده‌های بریده شده در ماشین‌های H_1، H_3 و H_5 به علت افتادن شماری از غده‌ها در کف جوی و غلت خوردن آنها در زیر دیسک‌های کنار تیغه در ماشین سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)، و یا در زیر چرخ‌های تثبیت عمق در سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی و مجهز به چرخ تثبیت عمق (H_3)، و نایک‌نواختی عمق کار تیغه در سیب‌زمینی کن لرزشی (H_5) بود. تنظیم نادرست تیغه یا دیسک‌های کناری ماشین می‌تواند موجب افزایش درصد غده‌های بریده شده گردد (۴ و ۷). اگر غده‌ها از روی سطح تیغه به دو طرف سرریز شوند، دیسک‌های کناری ماشین آنها را می‌برند (۱۱). ناچیز بودن درصد غده‌های له شده به علت فشار وارد نشدن به پشته‌ها، به ویژه توسط چرخ‌های تراکتور بود. این نتایج با یافته‌های دیگران (۴) هم‌خوانی دارد.

نوع ماشین بر درصد وزنی غده‌ها با آسیب‌های خارجی کمتر یا بیشتر از سه میلی‌متر اثر معنی‌داری نداشت، ولی بر درصد وزنی غده‌های پوست کنده شده و سالم اثر معنی‌دار داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین آسیب‌های مکانیکی خارجی وارد بر غده‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است. به طور کلی بیش از نیمی از سیب‌زمینی‌های برداشت شده دارای آسیب‌های مکانیکی بود، که حدود ۳۶٪ آن را آسیب‌های در حد پوست تشکیل می‌داد.

مقایسه ماشین‌ها، از نظر درصد وزنی غده‌هایی که آسیب‌های در حد پوست به آنها وارد شده است، نشان می‌دهد که سیب‌زمینی کن غربال لرزشی (H_5) و سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی، در دو حالت با و بدون تکان دهنده (H_3 و H_4)، به ترتیب بیشترین (۴۸/۲٪) و کمترین (با میانگین ۳۰٪) آسیب‌های در حد پوست را دارا بودند. به علت کمی ظرفیت غربال کنندگی سیب‌زمینی کن با غربال لرزشی، این ماشین باید با سرعت پیشروی کم و ارتعاش زیاد غربال به کار گرفته شود. این امر همان گونه که موجب کاهش ظرفیت مزرعه‌ای ماشین می‌شود، سبب می‌گردد که غده‌ها زمان نسبتاً طولانی‌تری روی غربال حرکت کنند. این موضوع باعث برخورد و مالش بیشتر غده‌ها با یکدیگر و قطعات متحرک ماشین، و در نتیجه افزایش آسیب‌های در حد پوست می‌شود. در میان ماشین‌های با غربال زنجیر نقاله‌ای، آسیب‌های در حد پوست در سیب‌زمینی کن زنجیر نقاله بلند (H_1) و دو قسمتی (H_2) به طور معنی‌داری بیشتر از ماشین با زنجیر نقاله یک قسمتی (H_3 و H_4) بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که افزون بر سرعت بیش از اندازه زنجیر نقاله (۴)، مسافتی که غده‌ها روی غربال‌ها حرکت می‌کنند نیز بر درصد غده‌های پوست کنده شده مؤثر است، زیرا کنده شدن پوست غده‌ها به علت مالیده شدن یا غلت خوردن غده‌ها روی یکدیگر، یا روی سطوح ناصاف می‌باشد (۷).

درصد وزنی غده‌هایی که آسیب‌های به عمق کمتر از سه میلی‌متر به آنها وارد شده است بدون اختلاف معنی‌دار، در ماشین‌های مختلف متفاوت بود. درصد کمی از غده‌های سیب‌زمینی (به طور میانگین حدود ۲/۸٪) دارای آسیب‌های به عمق بیشتر از سه میلی‌متر بود. بریدگی سطحی معمولاً در مزارع سنگ‌دار و کلوخه‌ای (۱۵ و ۱۶)، و در اثر سرعت بیش از اندازه زنجیر نقاله، و وجود نقاط تیز و برجسته روی ماشین ایجاد می‌شود (۴ و ۱۶). تاون سند و آپادهیایا (۲۰) دریافتند که تنظیم درست سرعت زنجیر نقاله، آسیب‌ها را از ۱۸/۱ درصد به ۱۲/۵ درصد کاهش داد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس درصد غده‌های کنده نشده، مدفون، بریده و له شده

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		غده‌های کنده‌نشده	غده‌های مدفون شده	غده‌های بریده شده	غده‌های له شده
تکرار	۳	۱۲۳/۲	۹/۴	۱۳۸/۳	۰/۸۸
ماشین	۴	۱۲۶/۳	۳۷/۴*	۷۶/۰	۰/۶۴
خطای a	۱۲	۵۶/۳	۹/۴	۸۰/۷	۱/۰۲
سرزنی	۱	۵/۶	۳۰/۷	۲۶۰/۲	۰/۲۶
خطای b	۳	۲۰/۶	۱۵/۶	۵۹/۰	۱/۳۰
ماشین x سرزنی	۴	۴۱/۲	۱۲/۳	۸۰/۷	۰/۹۸
خطای c	۱۲	۱۸/۰	۱۰/۷	۱۱۰/۳	۰/۵۸

* : معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۵. میانگین درصد وزنی غده‌های کنده نشده، مدفون، بریده و له شده برای واریته مارفونا[1]

عوامل آزمایش	غده‌های کنده نشده	غده‌های مدفون شده	غده‌های بریده شده	غده‌های له شده
نوع ماشین				
سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)	۰/۳۸^{b}	۱/۱۷^{b}	۶/۷۶^{a}	۰/۲۲^{a}
سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی (H_2)	۳/۸۲^{ab}	۱/۰۲^{b}	۴/۵۷^{a}	۰/۰۵^{a}
سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده (H_3)	۵/۷۴^{a}	۲/۰۶^{b}	۶/۲۴^{a}	۰/۴۲^{a}
سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده (H_4)	۰/۸۴^{ab}	۲/۲۳^{ab}	۲/۱۶^{a}	۰/۰۰^{a}
سیب‌زمینی‌کن با غربال لرزشی (H_5)	۴/۴۱^{ab}	۴/۱۶^{a}	۵/۰۰^{a}	۰/۱۰^{a}
سرزنی بوته‌ها				
سرزنی بوته‌ها	۳/۲۵^{a}	۱/۶۳^{a}	۳/۴۴^{a}	۰/۲۰^{a}
عدم سرزنی	۲/۸۲^{a}	۲/۶۵^{a}	۶/۴۰^{a}	۰/۱۰^{a}

۱. اعداد هر عامل آزمایشی در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر پایهٔ آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵% می‌باشند.

شاخص آسیب‌های خارجی و داخلی در جدول ۸ نشان داده شده است. شاخص آسیب‌های خارجی در برگیرنده درصد و شدت آسیب‌ها می‌باشد. اگر چه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری میان شاخص آسیب‌های خارجی در ماشین‌های ارزیابی شده دیده نشد، ولی مقدار آن از ۹۰ برای سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H_4)، تا ۱۲۴ برای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس آسیب‌های مکانیکی خارجی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد وزنی آسیب‌های در حد پوست	درصد وزنی غده‌ها با آسیب‌های به عمق کمتر از سه میلی‌متر	درصد وزنی غده‌ها با آسیب‌های به عمق بیشتر از سه میلی‌متر	غده‌های سالم
تکرار	۳	۱۲۳/۹	۹۱/۳	۲۳/۴	۶۲/۷
ماشین	۴	۱۳۸۰/۶**	۵۷/۶	۴۴/۱	۱۱۹۵/۲*
خطای a	۱۲	۶۵/۳	۲۱۲/۳	۳۸/۵	۳۹۲/۱
سرزنی	۱	۰/۰۲۴	۶۵۹/۴**	۱۴/۷	۴۷۰/۸*
خطای b	۳	۶/۱	۱۸/۰**	۱۷/۳	۲۰/۰
ماشین x سرزنی	۴	۲۸/۶	۱۳۷/۹	۳۵/۵	۷۹/۱
خطای c	۱۲	۵۲/۹	۷۲/۸	۲۸/۰	۱۳۵/۶

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۷. میانگین درصد وزنی غده‌های سیب‌زمینی با آسیب‌های مکانیکی خارجی و سالم برای واریته مارفونا[1]

عوامل آزمایش	آسیب‌های در حد پوست	آسیب‌های کمتر از سه میلی‌متر	آسیب‌های بیشتر از سه میلی‌متر	غده‌های سالم
نوع ماشین				
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)	۳۵/۲b	۱۷/۶a	۲/۱a	۴۵/۰ab
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله دوقسمتی (H_2)	۳۷/۵b	۱۸/۱a	۴/۶a	۳۹/۷ab
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H_3)	۲۹/۱c	۲۰a	۳/۴a	۴۷/۴a
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H_4)	۳۰/۳c	۱۷/۴a	۱/۰a	۵۱/۲a
سیب زمینی کن با غربال لرزشی (H_5)	۴۸/۲a	۱۵/۷a	۳/۰a	۳۳/۱b
سرزنی بوته‌ها				
سرزنی بوته‌ها	۳۶/۲a	۲۰/۱a	۳/۲a	۴۵/۲a
عدم سرزنی	۳۶/۱a	۱۵/۴b	۲/۵a	۴۱/۲b

۱. اعداد هر عامل آزمایشی در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر پایهٔ آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵% می‌باشند.

سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله دو قسمتی با تکان‌دهنده (H_2) تغییر می‌کرد. شاخص آسیب‌های خارجی کمتر از ۱۰۰ قابل قبول بوده و در صورت بیشتر بودن، نیاز به بررسی دقیق ماشین برداشت دارد، به ویژه اگر بیشتر آسیب‌ها از نوع عمیق‌تر از سه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

میلی‌متر باشد (۴). شاخص آسیب‌های داخلی بیانگر درصد گوشت سیب‌زمینی است که تغییر رنگ داده (اغلب به صورت لکه سیاه در زیر پوست آشکار می‌شود)، و از روی پوست قابل دیدن نیست. به طور کلی، مقدار آسیب‌های داخلی بسیار ناچیز بوده، و نوع ماشین نیز بر مقدار شاخص آسیب‌های داخلی اثر معنی‌دار نداشت. آسیب‌های داخلی در اثر فشار آمدن بر پشته‌ها، و در مزارع سنگ‌دار و کلوخه‌ای، و در اثر سرعت بیش از اندازه زنجیر نقاله‌ها که منجر به افزایش تعداد ضربات وارده به غده‌ها می‌شود، افزایش می‌یابد (۴، ۱۶ و ۱۸).

از نظر کیفیت محصول، یعنی آسیب‌دیدن پوست و گوشت سیب‌زمینی‌ها که سبب کاهش بازارپسندی آنها می‌گردد، ماشین‌های برداشت مختلف تنها در آسیب‌های در حد پوست اختلاف معنی‌دار نشان دادند. بنابراین، برای برداشت غده‌ها، در صورت سبک بودن بافت، یا سنگ‌دار بودن خاک مزرعه، و یا نسبتاً خشک بودن خاک در هنگام برداشت، زنجیر نقاله باید با کمترین سرعت حرکت کند، تا سایش و برخورد غده‌ها با قطعات ماشین و کلوخ و سنگ به حداقل رسانده شود. از سویی، باتسون و همکاران (۶) در بررسی‌های خود در مؤسسه مهندسی زراعی اسکاتلند[1] روی یک نوع سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله، دریافتند که اثر واریته، سبکی خاک، یا خشکی فصل و درجه حرارت پایین خاک، بر مقدار آسیب‌ها، از اهمیت بیشتری نسبت به تنظیم‌های ماشین برداشت همچون سرعت زنجیر نقاله، یا نسبت سرعت زنجیر نقاله به سرعت پیشروی برخوردار است.

سر زنی بوته‌ها، دو هفته پیش از برداشت، در کاهش آسیب‌های خارجی کمتر از سه میلی‌متر اثر معنی‌داری داشت، ولی بر دیگر انواع آسیب بی‌تأثیر بود (جدول ۵ و ۷). پژوهش‌های دیگر (۲ و ۲۲) نشان داده است که جدا کردن قسمت‌های هوایی بوته سیب‌زمینی، ۲-۳ هفته پیش از برداشت، موجب سخت‌تر شدن پوست غده‌ها می‌شود، و گوشت غده حالت الاستیک بیشتری پیدا می‌کند، که می‌تواند موجب کاهش آسیب‌های مکانیکی گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱. سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)، دستگاهی نسبتاً کامل و با فناوری برتر، و دارای قابلیت غربال کنندگی بیشتر نسبت به ماشین‌های دیگر می‌باشد. ولی به علت کوچک و غیر یک‌نواخت بودن قطعات زمین در منطقه، راندن آن در مزرعه و هماهنگ کردن آن با خطوط کاشت، و نیز افزایش سرعت پیشروی به منظور تغذیه مطلوب دستگاه، با مشکل مواجه است، و کارایی کافی در منطقه نخواهد داشت .

۲. سیب‌زمینی کن با زنجیرنقاله دو قسمتی (H_2)، اگر با ظرفیت مطلوب خود به کار گرفته شود، از نظر اعمال آسیب‌های عمیق‌تر از سه میلی‌متر به غده‌ها، تفاوتی با سیب‌زمینی کن با زنجیرنقاله یک قسمتی (H_3 و H_4) ندارد، ولی آسیب‌های سطحی در حد پوست، در این نوع ماشین بیشتر است.

۳. غده‌های برداشت شده به وسیله سیب‌زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان‌دهنده (H_4)، دارای کمترین آسیب خارجی است.

۴. ماشین سیب‌زمینی کن با غربال لرزشی، دستگاهی است با توانایی غربال کنندگی کم، و در نتیجه غده‌ها مدت زیادی برای غربال شدن روی آن حرکت می‌کنند. این امر باعث می‌گردد که شدت آسیب‌های مکانیکی، یا شمار غده‌های مدفون شده زیاد گردد.

۵. اگر در زمان برداشت، پوست غده‌ها به طور کامل تشکیل شده باشد، بیشتر آسیب‌ها در حد پوست خواهد بود، که با فرآیند التیام[2] بهبود پیدا می‌کند، و اثر منفی در بازارپسندی آنها نخواهد داشت. در این حالت، برای برداشت سیب‌زمینی در مزارعی همانند آزمایش حاضر در منطقه فریدن، از نظر مقدار آسیب‌های مکانیکی، تفاوتی میان سیب‌زمینی کن‌های با زنجیر نقاله آزمایش شده نخواهد بود. بنابراین، برای سفارش ماشین مناسب باید عواملی همچون بافت و

1. SIAE 2. Curing

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

جدول ۸. میانگین شاخص آسیب‌های خارجی و داخلی برای واریته‌های مارفونا[1]

عوامل آزمایش	شاخص آسیب‌های خارجی	شاخص آسیب‌های داخلی
نوع ماشین		
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله بلند (H_1)	۱۰۳[a]	۰/۸۰[a]
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله دوقسمتی (H_2)	۱۲۴[a]	۱/۷[a]
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان دهنده (H_3)	۱۱۳[a]	۲/۳[a]
سیب زمینی کن با زنجیر نقاله یک قسمتی بدون تکان دهنده (H_4)	۹۰[a]	۱/۲[a]
سیب زمینی کن با غربال لرزشی (H_5)	۱۱۶[a]	۰/۶۰[a]
سرزنی بوته‌ها		
سرزنی	۱۰۵[a]	۱/۴[a]
عدم سرزنی	۱۱۴[a]	۱/۳[a]

۱. اعداد هر عامل آزمایشی درهر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر پایهٔ آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵% می‌باشند.

رطوبت خاک در زمان برداشت، اندازهٔ قطعات زمین بهره‌برداران، بازده مزرعه‌ای، بهای اولیه، عمر مفید و هزینه‌های ماشین را در نظر داشت.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، به خاطر فراهم نمودن تسهیلات لازم و تأمین بودجه طرح، تشکر و قدردانی می‌شود. از آقایان مهندس اردشیر اسدی خشویی، محمدرضا مالکی، مهندس محسن ساعتی و مجتبی مؤمنی، که در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. بی‌نام. ۱۳۷۰. آمار نامه کشاورزی. اداره کل آمار واطلاعات معاونت طرح و برنامه وزارت کشاورزی.
۲. تابش، ف. ۱۳۵۹. *شناخت نظری و عملی ماشین‌های کشاورزی (ماشین‌های برداشت گیاهان غده‌ای)*. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. شرافتیان، د. ۱۳۷۱. ضایعات سیب زمینی در ایران. خلاصه مقالات سمینار بین المللی ذخیره‌سازی و فراوری سیب زمینی، وزارت صنایع، تهران.
4. ADAS. 1979. Focus on Damage to Potatoes. Ministry of Agric., Fish. and Food, England.
5. Bishop, C. F. H. and W. F. Maunder. 1980. Potato Mechanisation and Storage. Farming Press Ltd, England
6. Butson, M. J., A. J. Hamilton, G. S. Lock and B. W. Sheppard. 1977. An investigation into the effect on potato tuber damage of varying the web speed to forward speed ratio of an elevator digger. Dept. Note SIN222, Scottish Inst. Agric. Eng., Penicuik.
7. Hesen, J. C. and E. Kroesbergen. 1960. Mechanical damage to potato Eur. Potato J. 3(1): 30-46.
8. Hughes, J. C. 1974. Factors influencing the quality of ware potato. 2. Environmental factors. Potato Res.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]

17: 512-547.

9. Hughes, L. C. 1980. Role of tuber properties in determining susceptibility of potatoes to damage. Ann. Appl. Biol. 96: 344-345.
10. Kanafojski, C. Z. and T. Karwowski. 1976. Agriculture Machines. Theory and Construction. Vol. 2, Crop Harvesting Machines. U.S. Dept. of Commerce, P13 264083-T, USA.
11. McRea, B. D. 1980. Mechanical damage to potatoes by harvesting and handling. Ann. Appl. Biol. 96: 360-363.
12. McRae, D. C. 1985. A review of developments in potato handling and grading. J. Agric. Eng. Res. 31: 115-138.
13. McRae, D. C., P. S. Hutchison and J. Carruthers. 1985. Sieving control and horizontal agitation of potato harvester chains. ASAE, Paper No. 85: 1071.
14. Robertson, I. M. 1970. Assessment of damage in potato tubers. Dept. Note SIN/60, Scot. Inst. Agric. Eng., Penicuik.
15. Rogers-Lewis, D. S. 1980. Methods of reducing damage in maincrop potatoes. Ann. Appl. Biol. 96: 345-349.
16. Shotton, F. E. 1980. The reduction of damage to potato tubers during mechanical harvesting. Ann. Appl. Biol. 96: 357-360.
17. Shyam, M. 1979. Studies on the performance of different potato harvesting equipment. J. Indian Potato Assoc. 6(3): 173-181.
18. Smittle, D. A., R. E. Thornton, C. L. Peterson and B. D. Dean. 1974. Harvesting potatoes with minimum damage. Am. Potato J. 51: 152-164.
19. Thornton, R. E., G. W. Hyde, R. K. Thorton and M. W. Hammond. 1985. Chain speed adjustment to obtain low tuber damage at harvest. ASAE Paper No. 85: 1141.
20. Townsend, J. S. and K. S. Upadhyaya. 1976. Variable speed hydraulic drives for potato damage reduction on potato harvesters. Can. Soc. Agric. Eng., Paper No. 76: 320.
21. Vatsa, D. K., B. Singh and T.C. Thakur. 1993. Effect of speed and shape of shares on performance of oscillatory sieve potato digger. Agric. Mech. in Asia, Africa and Latin America 24(4): 51-56.
22. Wilcockson, S. J., R. L. Griffith and E. J. Allen. 1980. Effect of maturity on susceptibility to damage. Ann. Appl. Biol. 96: 349-353.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.2.16.8]