

مقاله پژوهشی

بررسی اثر ماشین و روش برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی رقم آگریا

محمدرضا بختیاری^{۱*}، فرزاد گودرزی^۲ و احمد حیدری^۳

۱، ۲ و ۳- به ترتیب: دانشیار؛ و استادیاران 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: ۱۴۰۴/۱۰/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۲

چکیده

سیب‌زمینی یکی از محصولات مهم و عمده کشور است که ارزش خوراکی، صنعتی و صادراتی فراوانی دارد. عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت محصول سیب‌زمینی، به صورت مکانیزه و عملیات برداشت به صورت نیمه مکانیزه انجام می‌شود. برای برداشت غده‌های سیب‌زمینی از ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن استفاده می‌شود. اما این ماشین‌ها به دلیل داشتن قطعات فلزی، باعث ایجاد آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی می‌شوند. در این تحقیق، اثر دو نوع ماشین برداشت شامل گریمه و سبز دشت و پنج روش برداشت، شامل ۱- سرزنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم)، ۲- سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک، ۳- سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک مرطوب، ۴- بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک، ۵- بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک مرطوب، بر میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی آگریا، با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین روش برداشت غده‌های سیب‌زمینی، تیمارهای سرزنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم)، سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت به ترتیب در خاک خشک و خاک مرطوب برای هر دو ماشین گریمه و سبز دشت است. ضمناً برداشت پس از طی شدن دوره رشد طبیعی نیز به عنوان یک گزینه که توسط کشاورزان انجام می‌شود، قابل پیشنهاد است، اما به شرطی که قبل از برداشت، خاک مزرعه با یک آبیاری سبک مرطوب شود.

واژه‌های کلیدی

برداشت طبیعی، سرزنی، سیب‌زمینی‌کن

مقدمه

طبق آمار سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد (فائو)^۲، سالانه ۲۳ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در جهان زیرکشت سیب‌زمینی قرار گرفته که بیش از ۳۱۰ میلیون تن محصول از آن برداشت می‌شود. سهم ایران از تولید جهانی سیب‌زمینی، ۱۸۵ هزار هکتار با تولیدی بیش از ۵ میلیون تن می‌باشد (Anon, 2018).

سیب‌زمینی^۱ گیاهی است با ارزش غذایی بالا که در ۱۵۶ کشور جهان کشت می‌شود و از نظر میزان مصرف، پس از گندم، ذرت و برنج در جایگاه چهارم جهان قرار دارد. تولید این محصول پر ارزش، به علت قدرت تولید بالا و سازگاری با دامنه بسیار وسیعی از اقلیم‌ها در دنیا رو به افزایش است (Anon, 2023a).

<http://doi: 10.22092/amsr.2026.372053.1533>

1- *Solanum tuberosum*

Email: ym_bakhtiyari@yahoo.com

2- Food and Agriculture Organization of the United Nations

* نویسنده مسئول:

بر اساس آمارنامه وزارت کشاورزی، سطح زیرکشت سیبزمینی کشور در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بیش از ۱۳۱ هزار هکتار با تولید بیش از ۴/۶ میلیون تن برآورد شده است که ۹۸/۱۷ درصد آن آبی و بقیه به صورت دیم بوده است. استان همدان با دارا بودن ۱۶/۴ درصد از اراضی سیبزمینی کشور و ۱۸/۴ درصد از کل تولیدات ۴/۶ میلیون تنی سیبزمینی کشور، مقام نخست کشور را از نظر سطح زیرکشت 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 (Anon, 2023b).

کلیه عملیات خاک‌ورزی، کاشت و داشت سیبزمینی مکانیزه بوده و توسط ماشین انجام می‌گیرد و اکثراً عملیات برداشت غده‌های سیبزمینی نیمه مکانیزه است. معمولاً عملیات دسته‌بندی غده‌های سیبزمینی پس از برداشت نیز، به صورت ماشینی با سورتر^۱ (ماشین سورتینگ^۲) انجام می‌گیرد. عملیات مکانیکی مانند برداشت و سورتینگ باعث افزایش آسیب‌ها و خسارات وارده به غده‌های سیبزمینی می‌شود و این آسیب‌ها پس از یک دوره انبارمانی تشدید شده که این عوامل باعث افزایش ضایعات سیبزمینی می‌شود. با بررسی تحقیقات انجام شده توسط پترز (Peters, 1996) و بی شاپ (Bishop, 1980)، میزان آسیب‌های مکانیکی سیبزمینی بین ۲۰ تا ۴۲ درصد گزارش شده است که این مقدار با انجام عملیات سورتینگ و درجه‌بندی، حدود ۵ تا ۱۰ درصد نیز افزایش

می‌یابد. بنابراین میزان خسارت در انبار نیز به دلیل توسعه و رشد باکتری‌های غیرمفید در قسمت‌های آسیب‌دیده سیبزمینی، افزایش خواهد یافت. ماشین‌های مختلف برداشت می‌توانند، به دلیل استفاده از قطعات مختلف فلزی و طرز کارکرد هر قطعه در میزان، شدت، تعدد (تعداد دفعات ضربه در واحد زمان) و مدت زمان اعمال ضربه به غده‌ها مؤثر باشند. از طرفی زمان برداشت سیبزمینی می‌تواند با توجه به زمان سرزنی^۳ و برداشت سریع یا برداشت با تاخیر (به منظور التیام غده‌ها) بر میزان خسارت اثر داشته باشد. میزان رطوبت خاک در زمان برداشت از عوامل دیگری است که می‌تواند بر شدت ضربات وارده به غده‌ها توسط کلوخه‌ها مؤثر بوده و انجام عملیات آبیاری مناسب، باعث کاهش میزان و شدت خشن بودن کلوخه‌ها شده و تماس غده‌ها با خاک نرم‌تری انجام می‌پذیرد که این عامل میزان خسارت غده‌ها را نیز کاهش می‌دهد. تحقیقات نشان داده است می‌توان آسیب‌های ناشی از برداشت را با انتخاب ماشین‌های مناسب، زمان مناسب برداشت و رطوبت مناسب خاک، کاهش داد.

معمولاً بخش زیادی از اراضی سیبزمینی کاری استان همدان به شیوه مکانیزه و با ماشین‌های مختلف، برداشت می‌شوند. در صورت برداشت محصول با ماشین، چنانچه عمق و عرض برداشت به خوبی تنظیم نشده باشد و ماشین با سرعت بیش از اندازه حرکت کند، باعث تولید خسارت و ضایعات قابل توجه خواهد شد. همچنین تنظیم ماشین و مهارت راننده تراکتور در میزان ضایعات اثر عمده‌ای دارد. جدول ۱ عوامل عمده تأثیرگذار بر میزان ضایعات سیبزمینی در هنگام برداشت مکانیزه در استان همدان را نشان می‌دهد.

1- Sorter

2- Sorting Machine

3- Topping (Top cutting of the potato plan)

جدول ۱- عوامل مؤثر در بروز ضایعات هنگام برداشت ماشینی سیب‌زمینی
Table 1- Factors affecting losses during mechanical harvesting of potatoes

درصد Percentage	عوامل مؤثر در ضایعات Factors affecting losses
40	- تنظیم نبودن عمق و عرض برداشت - Lack of adjustment of harvesting depth and width
12	- سرعت حرکت ماشین برداشت - Harvesting machine speed
15	- نسبت سرعت حرکت زنجیر نقاله برداشت محصول از خاک به سرعت خطی ماشین در مزرعه - The ratio of the speed of the conveyor chain for harvesting crops from the soil to the linear speed of the machine in the field.
5	- نحوه حمل و انتقال مخلوط خاک و محصول به ماشین برداشت - How to transport and transfer the soil and crop mixture to the harvesting machine
8	- وضعیت قرار گرفتن غربال‌های ماشین - Position of the machine's sieves
10	- مهارت راننده - Driver skill
10	- رطوبت خاک هنگام برداشت - Soil moisture at harvest

منبع: سهرابی (Sohrabi, 2001)

این آسیب‌ها، خراش‌های مکانیکی هستند که در حین جمع‌آوری با ماشین‌های برداشت و درجه‌بندی، رخ می‌دهد. اندازه و رشد این آسیب‌ها به شرایط غده‌ها بستگی دارد. اگر چه پیشرفت‌های مهمی در این زمینه انجام شده، اما هنوز تحقیقات قابل توجهی مورد نیاز می‌باشد. جلوگیری از اعمال نیروهای مکانیکی، یکی از مهم‌ترین راه‌های حفاظت غده‌های سیب‌زمینی در مقابل آسیب‌های مکانیکی می‌باشد.

نتایج تحقیقات بی شاپ (Bishop, 1980) نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از محصول سیب‌زمینی در عملیات برداشت و جابجایی خسارت می‌بینند که بیش از ۱۰ درصد آنها دچار آسیب کوفتگی گشته و منجر به آبی یا سیاه^۲ شدن بافت محصول می‌گردد. مقدار 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 را افزایش می‌دهد (بالای ۲۰ درصد). در صورتی که در خاک‌های با بافت سنگین

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)^۱ (Baritelle et al., 2000).

آسیب‌های ناشی از نیروهای مکانیکی یکی از علل مهم افت کیفی سیب‌زمینی در دنیا می‌باشد. علت چنین آسیب‌ها زخمی شدن مکانیکی سیب‌زمینی است که در مرحله برداشت و درجه‌بندی رخ می‌دهد. مطالعه‌ای که در آمریکا صورت گرفته است، نشان می‌دهد که ۴۲ درصد غده‌های سیب‌زمینی، پس از برداشت دچار آسیب شده است که این مقدار پس از سورتینگ و درجه‌بندی به ۵۴ درصد می‌رسد. از این مقدار، حدود ۷۰ درصد آسیب‌های وارده به غده‌های سیب‌زمینی در طی فرآیند برداشت و درجه‌بندی و ۳۰ درصد آن در هنگام حمل و نقل و انبارداری اتفاق می‌افتد (Peters, 1996). بنابراین آسیب غده‌های سیب‌زمینی ناشی از نیروهای مکانیکی از مهم‌ترین علل تلفات کیفی سیب‌زمینی است که در کل جهان گزارش شده است (Peters, 1996). علت

1- Bruising

2- Black Spots

و رسی به علت عدم ریزش زود هنگام خاک، آسیب کوفتگی به دو سوم آسیب در خاک‌های خشک و شنی کاهش می‌یابد. در تحقیقی هاید و همکاران (Hyde et al., 1983) نشان دادند که در دو نوع خاک شنی، و لومی-رسی مقدار خسارت و آسیب وارد شده به سیب‌زمینی با افزایش مقدار سیب‌زمینی و حجم خاک روی نقاله کاهش می‌یابد.

در تحقیقی که در شهر پراگ^۱ (جمهوری چک)^۲ انجام شد، اثر اعمال ضربه بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی آگریا مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، سیب‌زمینی واریته آگریا در شرایط مختلف تیمار کودی و یا رژیم‌های مختلف آبیاری کشت شدند. آسیب‌های غده‌ها پس از اعمال ضربه (توسط تست ضربه)، و بعد از دو ماه پس از برداشت با هدف تعیین نسبت بین تیمارهای کاشت (شرایط مختلف تیمار کودی و یا رژیم‌های مختلف آبیاری) و خسارت غده، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که شکستگی و یا لهیدگی غده‌ها، به مکانیزم‌ها و قطعاتی که به صورت مکرر به پوست سیب‌زمینی اعمال فشار می‌کنند، تعلق دارد. همچنین بیش‌ترین شکستگی غده‌ها، در مرحله داشت (در زمان آبیاری و روش‌های کلاسیک کوددهی) مشاهده شد. در نهایت کوفتگی در غده‌های کشیده‌تر در مقایسه با غده‌های با ابعاد یکنواخت‌تر، بیشتر مشاهده شد (Blahovec, 2005).

در تحقیق مشابه دیگری که در سال ۲۰۰۵ در کشور جمهوری چک انجام گردید، اثر ضربه وارده بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا 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 دینامیکی شبیه‌سازی شدند و آزمایشات توسط پاندول با هدف تعیین نسبت بین تیمارها با ایجاد و رشد (پیش‌روی) آسیب‌های وارده به غده‌ها، انجام گردید. تیره‌گی مرسوم که بر اثر آسیب‌های مکانیکی مانند شکستگی و یا لهیدگی ایجاد شدند، به صورت لکه‌های سیاه^۳ نمایان گردیدند. بالاترین 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 گردید. در نهایت نتایج این تحقیق با نتایج آزمایشات مشابه سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ قبلی، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که غده‌های با سطوح تخت در مقایسه با غده‌های با سطوح غیرمسطح^۴، نسبت به کوبیدگی حساس‌تر بودند. همچنین ایجاد و رشد کوبیدگی که به صورت لکه‌های سیاه ظاهر می‌گردد، اساساً به ابعاد غده‌ها بستگی داشت. بنابراین اثر تیمارهای مختلف داشت بر آسیب‌های مکانیکی، می‌تواند بر اساس ابعاد غده‌ها نیز گزارش گردند (Blahovec et al., 2006).

حساسیت غده‌های سیب‌زمینی نسبت به آسیب‌های مکانیکی به فاکتورهای مختلفی از جمله: واریته و روش‌های برداشت، بستگی دارد. به خصوص آسیب‌های مکانیکی مرحله برداشت، که بر اثر ضربه وارده از قطعات ماشین به وجود می‌آید که ایجاد و رشد آن به شدت ضربه نیز بستگی دارد (Bentini et al., 2006). برای بررسی و مطالعه این متغیرها، تحقیقی توسط بن‌تینی و همکاران (Bentini et al., 2006)، در ایتالیا انجام شد. اولین

1- Prague

3- Black Spot

2- The Czech Republic

4- Oblique

مرحله از آزمایش شامل برداشت محصول در خاک‌های مختلف بود. بر این اساس آزمایشات مقایسه‌ای برای تعیین نسبت بین پارامترهای سرعت پیش‌روی ماشین برداشت و رطوبت‌های مختلف خاک انجام گردید تا میزان همبستگی بین این فاکتورها و میزان رشد ضربات ثبت شده، تعیین گردد. مرحله دوم تحقیق، شامل تست‌های آزمایشگاهی بیولوژیکی به منظور تعیین میزان آسیب‌های مکانیکی و بازبینی امکان وجود هر نوع همبستگی بین تیمارها و فاکتورهای اندازه‌گیری شده، بود. نتایج نشان داد که سرعت پیش‌روی ماشین برداشت سیب‌زمینی و رطوبت خاک در اعمال ضربه شدید به غده‌ها مؤثر می‌باشند. در شرایط مرطوب و رانندگی با سرعت پیش‌روی بیش‌تر، به علت افزایش جریان ورود خاک به داخل ماشین برداشت، شدت ضربه و در نتیجه میزان رشد آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی نیز کاهش یافت. اما در شرایط برداشت در خاک خشک، شدت ضربه و همچنین خسارت وارده به غده‌ها نیز افزایش یافت. بنابراین توصیه گردید که در خاک‌های خشک، به منظور افزایش رطوبت خاک بهتر است قبل از برداشت، مزرعه آبیاری گردد که این عامل می‌تواند میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌ها را نیز کاهش دهد (Bentini et al., 2006).

در تحقیق دیگری که توسط همت و تاکی (Hemmant & Taki, 2001) در منطقه فریدن اصفهان انجام شد، آسیب‌های مکانیکی پنج نوع ماشین سیب‌زمینی‌کن بر افت کمی و کیفی غده‌های سیب‌زمینی رقم مارفونا، بررسی گردید. 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 ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با غربال زنجیر نقاله‌ای نشان داد که این ماشین است با توانایی غربال‌کننده‌گی 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. موسی‌زاده و همکاران (Mousizadeh et al., 2006) با مقایسه سه نوع ماشین برداشت سیب‌زمینی در منطقه اردبیل نشان دادند که بین انواع ماشین برداشت از لحاظ سه نوع خسارت (سطحی، متوسط و شدید)، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بر این اساس بیش‌ترین خسارت (سطحی، متوسط و شدید) مربوط به ماشین برداشت طرح روسی با میانگین کل خسارت کیفی ۲۱/۶ درصد بود. در دو ماشین برداشت طرح سبزدشت اصفهان و طرح آمریکایی به ترتیب با میانگین کل خسارت کیفی ۱۰/۲۶ درصد و ۱۲/۷۳ درصد اختلاف، معنی‌داری از لحاظ خسارت‌های کیفی وجود نداشت.

در تحقیقی که توسط بختیاری و بهراملو (Bakhtiari, & Bahramlo, 2022) با عنوان فراتحلیل اثر رطوبت خاک، سرزنی و رقم بر میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی انجام شد، بر مبنای نتایج و توصیه کلیه پژوهش‌ها در داخل کشور در خصوص میزان آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی سیب‌زمینی، به صورت مرور نظام‌مند، از روش فراتحلیل (متا آنالیز) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که برداشت غده‌های سیب‌زمینی در خاک

مرطوب نسبت به خاک خشک می‌تواند به کاهش آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی تا میزان ۵۱/۷۱ درصد بیانجامد. اگر قبل از برداشت غده‌های سیب‌زمینی بوته‌ها سرزنی شوند، می‌توان آسیب‌دیدگی‌ها را به مقدار جزیی تا میزان ۱/۶۲ درصد کاهش داد. نتایج تحقیق همچنین نشان داد که رقم آگریا نسبت به رقم‌های جیلی، سانته و فونتانه نسبت به آسیب دیدگی‌های مکانیکی حساس‌تر است و باید با احتیاط بیشتری آن را برداشت کرد.

در تحقیق دیگری که توسط بختیاری و همکاران (Bakhtiar et al., 2024) با عنوان فراتحلیل اثر برخی ماشین‌های برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی انجام شد، اثر برخی از ماشین‌های برداشت بر میزان آسیب‌های مکانیکی غده‌های سیب‌زمینی بررسی شد. 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 می‌باشد. همچنین آسیب‌های مکانیکی ماشین‌های سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله یک قسمتی با تکان‌دهنده، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله دو قسمتی، سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله بلند، سیب‌زمینی‌کن غربال لرزشی و سیب‌زمینی‌کن با زنجیر نقاله کوتاه یک قسمتی با تکان‌دهنده 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.

از آنجایی که تحقیقات بسیار اندک و قدیمی در خصوص عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی در مرحله برداشت در کشور انجام شده و با توجه به بالا بودن این آسیب‌ها، تعیین این عوامل بر میزان آسیب‌ها ضروری است. لذا در این تحقیق مناسب‌ترین ماشین برداشت، زمان برداشت غده‌های سیب‌زمینی و میزان رطوبت خاک در زمان برداشت غده‌ها به منظور کاهش میزان آسیب‌های مکانیکی در زمان برداشت مورد بررسی قرار گرفت و ماشین مناسب برداشت و فاکتورهای مدیریتی مؤثر بر کاهش ضایعات تعیین شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر دو نوع ماشین برداشت شامل سیب‌زمینی‌کن گرمه و سبز دشت و پنج روش برداشت شامل ۱- سرزنی و بلافاصله برداشت (روش مرسوم)، ۲- سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک خشک، ۳- سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت در خاک مرطوب، ۴- بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک، ۵- بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک، بر میزان آسیب‌های مکانیکی سیب‌زمینی آگریا، با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شد.

تیمارهای انتخاب شده، بیشترین کاربرد را برای برداشت سیب‌زمینی دارد. ماشین برداشت گرمه دارای زنجیر نقاله دو تکه است که قسمت عقب آن با دارا بودن آج‌های لاستیکی ضمن جداسازی خاک از غده‌های سیب‌زمینی، از ایجاد

غده‌ها از کلوخه می‌شود)، جلوگیری نماید. ماشین برداشت سبزدشت دارای زنجیر نقاله دو تکه بدون روکش لاستیکی است. اشکال ۱ و ۲ به ترتیب ماشین‌های برداشت گریمه و سبزدشت را در حال برداشت غده‌های سیب‌زمینی نشان می‌دهد.

آسیب‌های مکانیکی جلوگیری می‌نماید. همچنین در قسمت جلو دستگاه، برای هر ردیف سیب‌زمینی یک غلتک فلزی تعبیه شده است تا با حرکت و اعمال فشار بر پشته‌ها، خاک را تا حدودی خرد نموده و از ایجاد کلوخه (که مانع جداسازی



شکل ۱- ماشین برداشت گریمه در حال کار

Fig. 1 - Grime harvesting machine in operation



شکل ۲- ماشین برداشت سبزدشت در حال کار

Fig. 2- Sabzdasht harvester machine in operation

شده)، ۴) بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک خشک، ۵) بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی در خاک مرطوب (گاورو شده با یک آبیاری سبک)، مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور اجرای روش‌های برداشت، پنج روش برداشت سیب‌زمینی شامل: ۱) سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی (زود هنگام، روش مرسوم)، ۲) سرزنی و برداشت چند روز بعد (بین ۱۰ تا ۱۲ روز) در خاک خشک، ۳) سرزنی و مهلت چند روزه (بین ۱۰ تا ۱۲ روز) در خاک مرطوب (گاورو

بر این اساس اثر نوع ماشین برداشت و روش‌های مختلف برداشت سیب‌زمینی (به عنوان متغیرهای مستقل)، بر فاکتورهای مانند درصد وزنی غده‌های سالم روی خاک، درصد وزنی غده‌های زخمی روی خاک، درصد وزنی غده‌های زیر خاکی و درصد وزنی غده‌های زخمی زیر خاکی (به عنوان متغیرهای وابسته)، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار توسط نرم‌افزار SAS 9.1 Portable بررسی شد.

در زمان برداشت فقط برای تیمارهای برداشت در خاک مرطوب، بعد از سرزنی و ۵ روز قبل از برداشت، خاک مزرعه با آبیاری سبک گاورو شد. با توجه به نوع خاک که لوم رسی بود، و مدت زمان آبیاری برای این تیمارها ثابت بود، لذا رطوبت همه آنها در محدوده ۱۴ درصد (بر پایه وزن خشک) قرار داشت که با هم هیچ گونه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین رطوبت تیمارهای برداشت در خاک خشک بین ۱۰ تا ۱۱ درصد (بر پایه وزن خشک) اندازه‌گیری شد. برای این منظور پس از برداشت غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا، ابتدا در تیمارهای سرزنی، نسبت به سرزنی بوته‌ها و اندام‌های سبز سیب‌زمینی توسط ماشین سرزن انجام شد (روش متداول سرزنی استفاده از ماشین سرزن است). لازم به توضیح است که در برداشت طبیعی، به محصول اجازه داده می‌شود تا دوره رشد فیزیولوژیکی خود را به پایان برساند. در این حالت به علت رسیدگی کامل محصول، اندام‌های سبز گیاه نیز خشک شده و دیگر نیازی به عملیات سرزنی نیست. سپس توسط هر یک از ماشین‌های برداشت (گرمه یا سبزدشت)، در هر یک از کرت‌های آزمایشی، یک فاصله ده متری در نظر گرفته شد و کلیه غده‌های

سیب‌زمینی موجود در آنها جمع‌آوری شد و پس از توزین غده‌های سالم و آسیب‌دیده، درصد وزنی غده‌های سالم و غده‌های آسیب‌دیده (شامل غده‌های بریده شده و له شده) اندازه‌گیری شد. مجدداً توسط همان ماشین برداشت، محل برداشت شده، یک بار دیگر برداشت گردید تا غده‌های مدفون شده ظاهر شوند و مجدداً غده‌های سالم و غده‌های آسیب‌دیده جمع‌آوری و درصد وزنی هر یک از آنها به صورت زیر اندازه‌گیری شدند. لازم به توضیح است که برای تیمارهایی که باید در خاک گاورو برداشت شوند، پنج روز قبل از برداشت با یک آبیاری سبک، خاک مزرعه گاورو شد.

درصد وزنی غده‌های سالم روی خاک: این شاخص بلافاصله پس از برداشت غده‌های سیب‌زمینی سالم که روی خاک قرار گرفته‌اند، توزین و به صورت درصد وزنی از کل غده‌های برداشت شده، اندازه‌گیری شد. درصد وزنی غده‌های زخمی روی خاک: این فاکتور نیز بلافاصله پس از برداشت غده‌های سیب‌زمینی آسیب‌دیده که روی خاک قرار گرفتند، توزین و به صورت درصد وزنی از کل غده‌های برداشت شده، اندازه‌گیری شد. غده‌هایی که توسط قسمت‌های سخت ماشین برداشت (مانند تیغه‌ها و یا زنجیر نقاله‌ها) به آنها آسیب وارد شود، طوری که برش خورده و یا قسمتی از گوشت آنها کنده و یا له شود و همچنین پوست آنها طوری کنده شود که در انبار موجب فساد آنها شود، را به عنوان غده‌های زخمی در نظر گرفتیم.

درصد وزنی غده‌های سالم زیر خاکی (مدفون شده): برای بیرون کشیدن غده‌های مدفون شده که در مرحله اول برداشت، روی خاک قرار نگرفته‌اند، مجدداً توسط همان ماشین، اقدام به برداشت شد تا غده‌های مدفون شده، روی خاک قرار گیرند. سپس

غده‌های سیب‌زمینی سالم آن جمع‌آوری و توزین شد و درصد وزنی آنها نسبت به کل غده‌های برداشت شده، به عنوان درصد وزنی غده‌های سالم زیر خاکی (مدفون شده)، اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

درصد وزنی غده‌های زخمی زیر خاکی (مدفون شده): با جمع‌آوری و توزین غده‌های سیب‌زمینی آسیب‌دیده، درصد وزنی غده‌های آسیب‌دیده زیر خاکی (مدفون شده) نسبت به کل غده‌های برداشت شده، به عنوان درصد وزنی غده‌های آسیب‌دیده زیر خاکی (مدفون شده)، اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش بر فاکتورهای درصد وزنی غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا

Table 2- Results of variance analysis of the effect of experimental treatments on weight percentage factors of potato tubers of Agria cultivar

درجه آزادی	غده‌های سالم رو خاکی	غده‌های سالم زیر خاکی	غده‌های زخمی رو خاکی	غده‌های زخمی زیر خاکی	منابع تغییرات
degree of freedom (df)	Healthy tubers above ground (SA-RO)	Healthy tubers underground (SA-ZI)	Damaged tubers above ground (ZA-RO)	Damaged tubers Underground (ZA-ZI)	Sources of changes
2	113.13 ^{ns}	40.77 ^{ns}	6.91 ^{ns}	42.12 ^{ns}	تکرار (R)
1	540.86 [*]	12.92 ^{ns}	188.50 ^{**}	35.14 ^{ns}	ماشین برداشت (M)
4	1523.78 ^{**}	58.47 [*]	142.51 ^{**}	437.72 ^{**}	روش برداشت (T)
4	156.26 ^{ns}	39.57 ^{ns}	36.28 ^{**}	14.45 ^{ns}	اثر متقابل (M×T)
18	65.68	14.70	7.15	21.55	خطای آزمایش (E)
29	-	-	-	-	کل
					Total
	9.8	76.7	39.8	80.3	درصد ضریب تغییرات (%CV)
					Percentage coefficient of variation (%CV)

ns, *, **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns, *, **: No significant difference, significant difference at the 5% level, and significant difference at the 1% level, respectively.

همچنین جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف ماشین برداشت و پنج روش مختلف برداشت بر فاکتورهای درصد وزنی غده‌های سیب‌زمینی را برای رقم آگریا نشان می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف ماشین و روش برداشت بر فاکتورهای درصد وزنی غده‌های سیب‌زمینی برای رقم آگریا نیز در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف ماشین برداشت و سطوح مختلف روش برداشت بر فاکتورهای درصد

وزنی غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا

Table 3 - Results of comparing the average effects of different levels of harvesting machine and different levels of harvesting method on weight percentage factors of Agria cultivar of potato tubers

فاکتورها (Factors)	سطوح فاکتورها (Level)	غده‌های سالم رو خاکی، درصد Healthy tubers above ground (%SA-RO)	غده‌های سالم زیر خاکی، درصد Healthy tubers underground (%SA-ZI)	غده‌های زخمی رو خاکی، درصد Damaged tubers above ground (%ZA-RO)	غده‌های زخمی زیر خاکی، درصد Damaged tubers underground (%ZA-ZI)
ماشین برداشت (Harvesting Machine)	گریمه (G)	86.74 a	4.34 a	4.22 b	4.70 a
	سبزدشت (S)	78.25 b	5.65 a	9.23 a	6.87 a
روش برداشت (Harvesting Method)	S0	93.05 a	4.89 b	1.52 d	0.55 b
	S12K	93.48 a	2.34 b	3.73 cd	0.46 b
	S12M	88.02 a	3.94 b	5.31 c	2.73 b
	TK	55.05 b	10.34 a	13.84 a	20.78 a
	TM	82.88 a	3.49 b	9.24 b	4.40 b

- میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک کوچک دارند، از نظر آماری بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

- Means that share lowercase letters in each column are not statistically significantly different based on Duncan's test at the 5% probability level.

S0 = سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی (روش مرسوم) (Topping and immediate harvesting of potato tubers (conventional method))

S12K = سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت غده‌های سیب‌زمینی، در خاک خشک شده

S12K = Topping and harvesting of potato tubers after 12 days, in dried soil

S12M = سرزنی و پس از ۱۲ روز برداشت غده‌های سیب‌زمینی، در خاک مرطوب (گاورو شده)

S12M = Topping and harvesting of potato tubers after 12 days, in moist soil

TK = بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک خشک شده

TK = No topping and harvesting of potato tubers after the natural growth period, in dried soil

TM = بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک مرطوب (گاورو شده)

TM = No topping and harvesting of potato tubers after the natural growth period, in moist soil

S = سرزنی (0: بلافاصله برداشت و 12: پس از ۱۲ روز برداشت)

S = سرزنی (0: بلافاصله برداشت و 12: پس از ۱۲ روز برداشت)

T = Natural growth period (without topping)

T = طی شدن دوره رشد طبیعی (بدون سرزنی)

K = Dried soil

K = خاک خشک شده

M = Moist soil

M = خاک مرطوب (گاورو شده)

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف ماشین و روش برداشت بر فاکتورهای درصد وزنی

غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا

Table 4 - Results of comparison of the averages of the interaction effects of different machine levels and harvesting method on the weight percentage factors of potato tubers of Agria cultivar

ماشین برداشت (Machine)	روش برداشت (Method)	غده‌های سالم رو خاکی، درصد Healthy tubers above ground (%SA-RO)	غده‌های سالم زیر خاکی، درصد Healthy tubers underground (%SA-ZI)	غده‌های زخمی رو خاکی، درصد Damaged tubers above ground (%ZA-RO)	غده‌های زخمی زیر خاکی، درصد Damaged tubers underground (%ZA-ZI)
گریمه (G)	S0	98.02 a	0.85 d	0.70 c	0.43 b
	S12K	95.79 a	1.67 bcd	2.31 bc	0.23 b
	S12M	87.29 a	5.88 abcd	3.96 bc	2.87 b
	TK	57.10 bc	12.06 a	11.71 a	19.13 a
	TM	95.51 a	1.24 cd	2.41 bc	0.84 b
سبزدشت (S)	S0	88.08 a	8.93 ab	2.33 bc	0.67 b
	S12K	91.17 a	3.00 bcd	5.14 bc	0.68 b
	S12M	88.75 a	2.00 bcd	6.66 b	2.59 b
	TK	53.00 c	8.61 abc	15.97 a	22.42 a
	TM	70.25 b	5.73 abcd	16.06 a	7.97 b

- میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک کوچک دارند، از نظر آماری بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

- Means that share lowercase letters in each column are not statistically significantly different based on Duncan's test at the 5% probability level.

نتایج بررسی هر یک از شاخص‌ها به صورت جداگانه به شرح زیر می‌باشد:

۱- غده‌های سالم روی خاکی (SA-RO)

الف) ماشین برداشت (M): با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود که اثر ماشین‌های مختلف برداشت بر روی درصد وزنی غده‌های سالم رو خاکی رقم آگریا که توسط ماشین‌های برداشت گریمه و سبز دشت کنده شده و روی خاک قرار گرفته‌اند با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار شده است. با توجه به جدول ۳، ماشین برداشت گریمه در هر کرت آزمایشی توانسته است به طور متوسط به میزان ۸۶/۷۴ درصد از غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا را به صورت سالم برداشت کرده و روی خاک قرار دهد که نسبت به ماشین برداشت سبز دشت با میانگین ۷۸/۲۵ به صورت معنی‌دار بیشتر است. دلیل آن می‌تواند این باشد که در ماشین گریمه قسمت‌هایی از نقاله با لایه‌هایی از لاستیک پوشانده شده است و همچنین در انتهای نقاله نیز از لاستیک‌های نرم استفاده شده بود، بنابراین در ماشین گریمه غده‌های سیب‌زمینی برخورد کمتری با قطعات فلزی داشته که باعث کاهش خسارت‌های مکانیکی می‌شود. در حالی که ماشین برداشت سبز دشت فاقد پوشش لاستیکی و همچنین نقاله لاستیکی بود.

ب) روش برداشت (T): جدول ۲ نشان می‌دهد که روش‌های مختلف برداشت غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا با احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بر درصد وزنی غده‌های کنده شده سالم رو خاکی داشته است. مقایسه میانگین‌ها نیز در جدول ۳ اختلاف بین سطوح مختلف روش برداشت را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، در تیمار S0 (سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی که روش مرسوم منطقه می‌باشد)، بیشترین درصد وزنی

غده‌های رقم آگریا با مقدار ۹۳/۰۵ درصد به صورت سالم برداشت و روی خاک قرار گرفته است که با تیمارهای S12K و S12M (سرزنی و پس از ۱۲ روز، برداشت غده‌های سیب‌زمینی، به ترتیب در خاک خشک شده و خاک گاو رو شده) و تیمار TM (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک گاو رو شده)، به ترتیب با میزان ۹۳/۴۸ درصد، ۸۸/۰۲ درصد و ۸۲/۸۸ درصد در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. کمترین میزان درصد وزنی غده‌های سالم رو خاکی به تیمار TK (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک خشک شده) با میانگین ۵۵/۰۵ درصد تعلق دارد. بنابراین می‌توان برای برداشت سیب‌زمینی آگریا از هر چهار روش S0، S12K، S12M و TM استفاده نمود تا میزان غده‌های سالم رو خاکی افزایش یابد. اما در روش برداشت بدون سرزنی (TK) لازم است که قبل از برداشت، زمین گاو رو شود (شبیه تیمار TM) تا بتوان تا حدودی این مشکل را جبران نمود.

ج) اثر متقابل ماشین و روش برداشت (M×T): با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، علی‌رغم این که بین سطوح مختلف اثر متقابل ماشین برداشت و روش برداشت برای غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما با مراجعه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) اختلاف معنی‌داری بین سطوح اثر متقابل آنها مشهود می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای S0×G، S12K×S، S12K×G، S12M×G، TM×G، S0×S، S12K×S و S12M×S دارای بیشترین میزان درصد وزنی غده‌های سالم رو خاکی برای رقم آگریا می‌باشند که همگی در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. تیمارهای

غده‌های کنده شده سالم زیر خاکی داشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نیز در جدول ۳ اختلاف بین سطوح مختلف روش برداشت نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تیمارهای S0 (سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی که روش مرسوم منطقه می‌باشد)، S12K و S12M (سرزنی و پس از ۱۲ روز، برداشت غده‌های سیب‌زمینی، به ترتیب در خاک خشک شده و خاک گاورو شده) و تیمار TM (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک گاورو شده)، به ترتیب با مقادیر ۴/۸۹ درصد، ۲/۳۴ درصد، ۳/۹۴ درصد و ۳/۴۹ درصد کمترین میزان غده‌های سالم آگریا که زیر خاک قرار گرفته (مدفون شده) و ماشین برداشت قادر به بیرون آوردن آنها نبوده را دارند که همه آنها در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. بیشترین درصد وزنی غده‌ها سالم زیر خاکی با مقدار ۱۰/۳۴ درصد به تیمار TK (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک خشک شده) تعلق گرفته است.

ج) اثر متقابل ماشین و روش برداشت ($M \times T$): با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، بین سطوح مختلف اثر متقابل ماشین برداشت و روش برداشت، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما با مراجعه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، اختلافی جزئی بین سطوح اثر متقابل نمایان می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که تقریباً همه تیمارها دارای کمترین میزان درصد وزنی غده‌های سالم زیر خاکی می‌باشند که از لحاظ آماری همگی در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و فقط برای تیمار $G \times TK$ و $S \times S0$ با مقادیر ۱۲/۰۶ و ۸/۹۳ درصد

$G \times TK$ و $S \times TK$ نیز دارای کمترین میزان درصد وزنی غده‌های سالم رو خاکی می‌باشند که هر دو تیمار در یک گروه آماری دیگر قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان برای برداشت آگریا از هر دو ماشین گریمه و سبزدشت و به روش‌های S0، S12K و S12M استفاده نمود ($G \times S0$ ، $G \times S12K$ ، $G \times S12M$ و $S \times S0$ ، $S \times S12K$). همچنین اگر بنا به عللی برداشت محصول با تاخیر مواجه شود (برداشت طبیعی) و به دلیل خشک شدن بیش از حد خاک (TK) هر دو ماشین میزان غده‌های سالم را کاهش داده و آسیب‌های مکانیکی را افزایش می‌دهند ($G \times TK$ و $S \times TK$). بنابراین لازم است که قبل از برداشت، زمین با یک آبیاری سبک گاورو شود (تا شرایطی شبیه تیمار TM ایجاد شود)، یعنی بهتر است از تیمارهای $G \times TM$ و $S \times TM$ استفاده شود تا این آسیب‌ها تا حدودی کاهش یابند.

۲- غده‌های سالم زیر خاکی (SA-ZI)

الف) ماشین برداشت (M): همانطور که از جدول ۲ مشهود است، اثر ماشین‌های مختلف برداشت بر روی درصد وزنی غده‌های سالم که توسط ماشین‌های برداشت، کنده شده اما ماشین برداشت قادر به روی خاک قرار دادن غده‌ها نشده و در زیر خاک قرار گرفته و مجدداً توسط خاک مدفون شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند. مقایسه بین میانگین‌ها نیز در جدول ۳ گواه بر این است که هر دو ماشین برداشت گریمه و سبزدشت به ترتیب با مقادیر ۴/۳۴ و ۵/۶۵ درصد در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند.

ب) روش برداشت (T): روش‌های مختلف برداشت غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا با احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بر درصد وزنی

دارای بیشترین میزان درصد وزنی غده‌های سالم زیر خاکی می‌باشند. همچنین لازم به توضیح می‌باشد که برای رقم آگریا تیمارهای $S0 \times G$ ، $S12K \times G$ ، $S12M \times S$ و $TM \times G$ به ترتیب با مقادیر ۰/۸۵، ۱/۶۷، ۱/۲۴، ۳/۰۰ و ۲/۰۰ درصد دارای کمترین میزان غده‌های سالم زیر خاکی می‌باشند که همگی در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند.

۳) غده‌های زخمی رو خاکی (ZA-RO)

الف) ماشین برداشت (M): با توجه به جدول ۲ اختلاف معنی‌داری با احتمال ۹۹ درصد برای رقم آگریا بین سطوح مختلف ماشین‌های برداشت بر روی درصد وزنی غده‌های زخمی روی خاک وجود دارد. به طور متوسط کمترین میزان غده‌های زخمی رو خاکی به ماشین برداشت گرمه با مقدار ۴/۲۲ درصد و بیشترین آن با مقدار ۹/۲۳ درصد به ماشین برداشت سبزدشت تعلق دارد (جدول ۳).

ب) روش برداشت (T): جدول ۲ نشان می‌دهد که برای رقم آگریا روش‌های مختلف برداشت غده‌های سیب‌زمینی با احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بر درصد وزنی غده‌های کنده شده زخمی رو خاکی دارد. مقایسه میانگین‌ها نیز در جدول ۳ حاکی از آن است که این تیمارها در چهار گروه آماری قرار دارند. بر این اساس تیمار $S0$ (سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی که روش مرسوم منطقه می‌باشد)، کمترین درصد وزنی غده‌های زخمی که روی خاک قرار گرفته‌اند را با مقدار ۱/۵۲ درصد شامل می‌شود. بیشترین میزان درصد وزنی غده‌های زخمی رو خاکی به تیمار TK با میانگین ۱۳/۸۴ درصد اختصاص دارد که دارای بیشترین میزان غده‌های آسیب‌دیده می‌باشد.

ج) اثر متقابل ماشین و روش برداشت ($M \times T$): با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، بین سطوح مختلف اثر متقابل ماشین برداشت و روش برداشت، اختلاف معنی‌داری با احتمال ۹۹ درصد برای رقم آگریا وجود دارد. کمترین میزان درصد وزنی غده‌های زخمی رو خاکی برای رقم آگریا با میزان ۰/۷۰ درصد به تیمار $S0 \times G$ تعلق دارد که از نظر آماری می‌توان آن را با تیمارهای $S12K \times G$ ، $S12M \times G$ ، $TM \times G$ و $S0 \times S$ در یک گروه آماری قرار داد (جدول ۴). بیشترین میزان درصد وزنی غده‌های زخمی رو خاکی با میانگین ۱۱/۷۱، ۱۵/۹۷ و ۱۶/۰۶ درصد به تیمارهای $TK \times S$ ، $TK \times G$ و $TM \times S$ اختصاص دارد.

۴) غده‌های زخمی زیر خاکی (ZA-ZI)

الف) ماشین برداشت (M): با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که اثر ماشین‌های مختلف برداشت بر درصد وزنی غده‌های زخمی زیر خاکی که توسط ماشین‌های برداشت، کنده شده اما زیر خاک قرار گرفته و ماشین برداشت قادر به بیرون آوردن آنها از زیر خاک نبوده‌اند، برای رقم آگریا معنی‌دار نشده است. جدول مقایسه میانگین‌ها هم اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۳). میزان آسیب‌های مکانیکی (غده‌های زخمی) که توسط هر دو ماشین برداشت گرمه و سبزدشت ایجاد شده، به ترتیب با میانگین ۴/۷۰ و ۶/۸۷ درصد می‌باشد.

ب) روش برداشت (T): جدول ۲ نشان می‌دهد که روش‌های مختلف برداشت غده‌های سیب‌زمینی با احتمال ۹۹ درصد برای آگریا اختلاف معنی‌داری بر درصد وزنی غده‌های کنده شده زخمی زیر خاکی داشته است. با توجه به جدول ۳، تیمارهای $S0$

وزنی غده‌های زخمی زیر خاکی با مقادیر ۱۹/۱۳ و ۲۲/۴۲ درصد می‌باشند که همگی آنها نیز در یک گروه آماری دیگر قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

مناسب‌ترین ترکیب ماشین و روش برداشت غده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا، تیمارهای $S_0 \times G$ ، $S \times S_{12K}$ ، $S \times S_0$ ، $TM \times G$ ، $G \times S_{12M}$ ، $S_{12K} \times G$ و $S_{12M} \times S$ و بدترین آنها تیمارهای $TK \times S$ و $TK \times G$ می‌باشند. بنابراین می‌توان به توصیه‌های زیر دست یافت:

در برداشت با هر دو ماشین گرمه و یا سبزدشت، طبق روش مرسوم در منطقه می‌توان بلافاصله پس از سرزنی اقدام به برداشت غده‌های سیب‌زمینی (رقم آگریا) نمود، اما چنانچه بنا بر دلایلی (دادن فرصت برای پوست‌گیری غده‌ها، سطح بالای زیرکشت، خرابی ماشین، شرایط آب و هوایی و غیره)، بلافاصله پس از سرزنی موفق به برداشت نشدیم، می‌توان پس از ۱۲ روز، غده‌های سیب‌زمینی را برداشت نمود. در این شرایط دیگر نیازی به آبیاری زمین به منظور گاوور کردن خاک نمی‌باشد.

در برداشت طبیعی (طی شدن دوره رشد طبیعی غده‌های سیب‌زمینی، بدون انجام عملیات سرزنی)، برای استفاده از هر دو ماشین گرمه و سبزدشت، نیاز به آبیاری زمین به منظور گاوور شدن خاک وجود دارد تا آسیب‌های مکانیکی وارده به غده‌های سیب‌زمینی در حین برداشت، به کمترین میزان برسد.

(سرزنی و بلافاصله برداشت غده‌های سیب‌زمینی که روش مرسوم منطقه می‌باشد)، S_{12K} و S_{12M} (سرزنی و پس از ۱۲ روز، برداشت غده‌های سیب‌زمینی، به ترتیب در خاک خشک شده و خاک گاوور شده) و تیمار TM (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک گاوور شده)، به ترتیب با میزان ۰/۵۵، ۰/۴۶، ۲/۷۳ و ۴/۴۰ درصد کمترین مقدار غده‌های زخمی زیر خاکی را برای رقم آگریا داشته و در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. بیشترین درصد وزنی غده‌ها نیز با مقدار ۲۰/۷۸ درصد به تیمار TK (بدون سرزنی و برداشت غده‌های سیب‌زمینی پس از طی شدن دوره رشد طبیعی، در خاک خشک شده)، تعلق دارد.

ج) اثر متقابل ماشین و روش برداشت ($M \times T$):
با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، بین سطوح مختلف اثر متقابل ماشین برداشت و روش برداشت، اختلاف معنی‌داری برای رقم آگریا وجود ندارد. با مراجعه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری بین سطوح اثر متقابل غده‌های زخمی زیر خاکی مشاهده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای $S_0 \times G$ ، $S_{12K} \times S$ ، $S_0 \times S$ ، $TM \times G$ ، $S_{12M} \times G$ و $S_{12K} \times G$ به ترتیب با میانگین‌های ۰/۴۳، ۰/۲۳، ۲/۸۷، ۰/۸۴، ۰/۶۷، ۰/۶۸، ۲/۵۹ و ۷/۹۷ درصد دارای کمترین میزان درصد وزنی غده‌های زخمی زیر خاکی برای رقم آگریا می‌باشند که همگی در یک گروه آماری قرار دارند. تیمارهای $TK \times S$ و $TK \times G$ نیز دارای بیشترین میزان درصد

تعارض منافع

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

مراجع

- Anon. (2018). FAO Statistical database. Available at: <http://www.fao.org>.
- Anon. (2023a). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org>.
- Anon. (2023b). *Agricultural statistics*. Agricultural statistics for the crop years 1383 to 1401. Ministry of Agricultural Jihad. Deputy for Planning and Economy. Deputy for Statistics, Center for Statistics, Information Technology and Communications. Volume 1: Crops. (in Persian)
- Bakhtiari, M. R., & Bahramloo, R. (2022). Meta-analysis of the effect of moisture content, topping and variety on mechanical damage of potato tubers. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 23 (84), 39-56. <https://doi.org/10.22092/amsr.2023.361574.1444>. (in Persian)
- Bakhtiari, M. R., Bahramloo, R., & Ghahraei, O. (2024). Meta-analysis of the effect of some harvesting machine on the mechanical damage of potato tubers. *Agricultural Mechanization and Systems Research*. 13(3), 77-89. <https://doi.org/10.22034/jrmam.2025.14708.697> (in Persian)
- 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.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.02.007>.
- Bishop, C. F. H. (1980). *Potato mechanization and storage*. Farming Press LTD.
- Blahovec, J. (2005). Impact induced mechanical damage of Agria potato tubers. *Research in Agricultural Engineering*, 51(2), 39-43. <https://doi.org/10.17221/4900-RAE>.
- Blahovec, J., Hejlová, A., & Vacek, J. (2006). Impact induced mechanical damage of Agria potato tubers cultivated in different regimes. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 52(3), 81-86. <https://doi.org/10.17221/4883-RAE>
- Hemmant, A., & Taki, O. (2001). Potato losses and mechanical damage by potato diggers in the fereidan region of Isfahan. *Journal of Water and Soil Science*, 5(2), 195-209. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-198-en.pdf>. (in Persian)
- 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. <https://doi.org/10.13031/2013.33868>.
- Mousizadeh, H., H. Mobali, & M. Zaefizadeh. (2006). Determination of mechanical damages caused by potato harvesting machines and their comparison in the Ardabil region. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 5(37), 917-911. (in Persian)
- Peters, R. (1996). Damage of potato tubers, a review. *Potato Research*, 39(4), 479-484. <https://doi.org/10.1007/BF02358463>.
- Sohrabi, A. (2001). Investigating and identifying the status of agricultural and food industry waste and how to reduce it in Hamedan Province. Hamedan Province Management and Planning Organization. (in Persian)

Original Paper

Studying the Effect of Harvesting Machine and Method on the Amount of Mechanical Damage to Agria Potato Cultivar

M. R. Bakhtiari*, F. Goudarzi and A. Heidari

*Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran. Email: ym_bakhtiyari@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5620-2782>

Received: 19 January 2026, Accepted: 23 May 2026

[http://doi: 10.22092/amsr.2026.372053.1533](http://doi.org/10.22092/amsr.2026.372053.1533)

Abstract

Potatoes are one of the country's most important and major products, with great edible, industrial, and export value. Tillage, planting, and protecting operations for potatoes are mechanized, and harvesting operations are also semi-mechanized. Potato harvesters are used to harvest potato tubers. But these machines cause mechanical damage to potato tubers because they have metal parts. In this study, the effect of two types of harvesting machines, including Grimeh and Sabzdasht, and five harvesting methods, including 1- Topping and harvesting immediately (conventional method), 2- Topping and harvesting after 12 days in dry soil, 3- Topping and harvesting after 12 days in wet soil, 4- No topping and harvesting potato tubers after the natural growth period in dry soil, 5- No topping and harvesting potato tubers after the natural growth period in wet soil, on the amount of mechanical damage to Agria potatoes was investigated using a factorial experiment in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The results showed that the most suitable method for harvesting potato tubers was the treatments of topping and immediate harvesting (conventional method), topping and harvesting after 12 days in dry soil and wet soil, respectively, for both Grimeh and Sabzdasht machines. In addition, harvesting after the natural growth period has passed can also be suggested as an option by farmers, but on the condition that the field soil is moistened with light irrigation at the time of harvesting.

Keywords: Digging the Potato, Natural Harvesting, Topping



© 2024 Agricultural Mechanization 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)