

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در برداشت مکانیزه

علی رشادصدقی*

* نگارنده مسئول: استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. تلفن: ۰۴۱)۳۲۴۴۳۹۱۵، پیام‌نگار: sedghi_al@yahoo.com تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۳۱

چکیده

در این تحقیق، با اجرای عملیات برداشت مکانیزه سیب‌زمینی با یک دستگاه سیب‌زمینی‌کن مجهز به زنجیر نقاله بدون تکاننده، در شرایط مختلف رطوبت خاک، سرعت پیشروی تراکتور و عمق کار تیغه، اثر هر یک از عوامل مذکور و اثر متقابل آنها بر میزان افت کمی و آسیب دیدگی‌های مکانیکی به محصول بررسی و شرایط بهینه برای کاهش میزان آسیب‌های وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی تعیین گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده از نوع کرت‌های نواری خرد شده با سه فاکتور در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار بود. میزان آسیب‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در برداشت به روش مکانیزه با برداشت به روش سنتی (دستی) با آزمون t مورد مقایسه آماری قرار گرفت. با افزایش سرعت پیشروی به ویژه در خاک مرطوب، احتمالاً به دلیل افزایش حجم خاک انتقال یافته با نقاله ماشین، بر میزان غده‌های سیب‌زمینی دفن شده پس از برداشت افزوده شد. در رطوبت پایین خاک، افزایش سرعت پیشروی تا ۳ کیلومتر در ساعت، باعث کاهش میزان آسیب دیدگی پوست غده‌ها شد. شرایط بهینه برای برداشت مکانیزه سیب‌زمینی با حداقل افت کمی و آسیب‌های مکانیکی وارد شده به محصول، رطوبت خاک ۱۵-۱۰ درصد بر پایه وزن خشک (۶۰-۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک) و سرعت پیشروی ۲-۳ کیلومتر در ساعت تعیین گردید. در روش برداشت سنتی، آسیب‌ها از نوع بریدگی غده‌هاست و در روش برداشت مکانیزه آسیب دیدگی پوست غده‌ها درصد بیشتری دارد. در حالت کلی، شدت آسیب‌های خارجی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در روش سنتی نسبت به روش مکانیزه به طور معنی‌داری بیشتر است.

واژه‌های کلیدی

آسیب‌های مکانیکی، برداشت مکانیزه سیب‌زمینی، سرعت پیشروی، رطوبت خاک، عمق کار

مقدمه

است و از روش‌های مکانیزه کمتر استفاده می‌شود. یکی از عملیات زراعی که زمان‌بر و هزینه کارگری آن زیاد است، برداشت سیب‌زمینی است که چنانچه به صورت مکانیزه باشد می‌تواند باعث کاهش هزینه کارگری و صرفه‌جویی در وقت شود. با افزایش سطح مکانیزاسیون عملیات برداشت و پس از برداشت، مسئله آسیب‌های مکانیکی حاصل از برخورد غده‌های سیب‌زمینی با قسمت‌های ثابت و متحرک ماشین یا با سنگ‌ها و کلوخه‌ها در مرحله جا به

سیب‌زمینی یکی از محصولات مهم استان آذربایجان شرقی است که در این استان سالانه در سطحی معادل ۱۰۶۴۵ هکتار کشت می‌شود و حدود ۳۵۰۰۰۰ تن محصول، با عملکرد ۳۳ تن در هکتار، به دست می‌دهد (Ministry of Agriculture Jihad, 2015). در اکثر مزارع سیب‌زمینی منطقه، به جز عملیات تهیه زمین که نیاز به انرژی زیاد دارد، بقیه مراحل معمولاً به روش‌های سنتی

زودهنگام خاک از فضای خالی نقاله‌های زنجیری ماشین برداشت سیب‌زمینی و برخورد مستقیم محصول با قطعات نقاله، آسیب کوفتگی افزایش می‌یابد. در خاک‌های رسی به علت ریزش نکردن زودهنگام خاک، میزان آسیب کوفتگی سیب‌زمینی به دوسوم آن در خاک‌های خشک و سبک کاهش می‌یابد (Bishop & Maunder, 1980). آسیب‌رسانی در ماشین‌های برداشت از تیغه آغاز می‌شود و عموماً موجب برش غده‌ها خواهد شد. اگر تیغه به اندازه ۲۵ میلی‌متر عمیق‌تر تنظیم گردد، خاک ورودی به ماشین را به ۲۱۰ تا ۲۴۰ تن در هکتار افزایش می‌دهد. از سویی دیگر، اگر تیغه خیلی سطحی تنظیم شود، آسیب به غده‌ها به طور چشم‌گیری افزایش خواهد یافت (McRae, 1980). تحقیقات نشان داده است که میزان آسیب‌دیدگی‌ها در برداشت با کمباین بستگی به شرایط آب و هوایی دارد و این میزان در دمای خاک کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت خاک کمتر از ۱۷ درصد و بیشتر از ۲۳ درصد، افزایش می‌یابد (Valueva, 1975). در بررسی اثر پنج نوع ماشین سیب‌زمینی کن بر افت کمی (غده‌های برداشت‌نشده، مدفون، بریده و له‌شده) و کیفی (آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی) غده‌های سیب‌زمینی و مطالعه تأثیر از بین بردن و از بین نبردن قسمت‌های هوایی گیاه قبل از برداشت بر میزان آسیب‌های وارده، نتیجه گرفته شد که از نظر آسیب‌دیدگی‌های کیفی به محصول، ماشین‌های برداشت مختلف تنها در آسیب‌های وارده به پوست اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند و در خاک‌های با بافت سبک و سنگ‌دار یا نسبتاً خشک در زمان برداشت، زنجیر نقاله باید با کم‌ترین سرعت حرکت کند تا سایش و برخورد غده‌ها با قطعات ماشین و سنگ و کلوخ به حداقل رسانده شود. سرزنی بوته‌ها دو هفته پیش از برداشت، در کاهش آسیب‌دیدگی‌های خارجی کمتر از سه میلی‌متر اثر معنی‌داری دارد ولی بر انواع دیگر آسیب‌دیدگی‌ها بی‌تأثیر است (Hemmat & Taki, 2001). موسی زاده و

جایی، بیشتر مطرح می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که حدود ۲۰ درصد از محصول سیب‌زمینی در عملیات برداشت و جا به جایی خسارت می‌بیند که بیش از ۱۰ درصد آنها دچار آسیب کوفتگی می‌شود و به آبی یا سیاه شدن قسمت گوشتی غده‌ها می‌انجامد (Bishop & Maunder, 1980). کشاورزان منطقه به علت آشنا نبودن کافی با شرایط مناسب کار با ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی، همواره با مشکلاتی از این قبیل مواجه می‌شوند که باعث کاهش بازارپسندی و افزایش ضایعات انبارداری محصول و در نتیجه موجب عدم استقبال آنان از این ماشین‌ها می‌گردد. بر طبق تحقیقی در آمریکا، ۷۰ درصد از کل آسیب‌های وارده به این محصول در مرحله برداشت روی می‌دهد که ۳۰ درصد آن به هنگام حمل و نقل و انبارداری و بیش از ۳۰ درصد هنگام عملیات برداشت است (Peters, 1996). آسیب‌دیدگی غده‌ها معمولاً به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شود، یکی آسیب‌دیدگی خارجی (شکستگی، بریدگی، پوست‌کنی و ترک‌خوردگی) و دیگری آسیب‌دیدگی داخلی است که باعث ایجاد لکه سیاه در بافت سیب‌زمینی خواهد شد (Baritelle et al., 2000). آسیب‌دیدگی‌های حین برداشت معمولاً به دو صورت کیفی و کمی هستند و اثر آسیب‌های کیفی در درازمدت قابل رؤیت است، چنانچه ارزیابی آسیب‌دیدگی‌های کیفی در هنگام برداشت بتواند به صورت کمی درآید و نتایج آن مستقیماً در تنظیمات ماشین اعمال شود، بهبود فراوانی در کیفیت انبارمانی و بازارپسندی محصول به دست خواهد آمد. از عوامل مهم و مؤثر بر میزان آسیب‌های مکانیکی وارده بر غده‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد: وارسته، درجه رسیدگی غده‌ها، شرایط محیطی (مثل رطوبت خاک)، عمق کار تیغه ماشین، سرعت تغذیه ماشین (سرعت زنجیر نقاله انتقال محصول نسبت به سرعت پیشروی)، شدت عمل تکانده نقاله و سرعت پیشروی تراکتور در زمان برداشت محصول. در خاک‌های خشک و سبک، به علت ریزش

بنتینی و همکاران (Bentini *et al.*, 2006) در تحقیقی با استفاده از یک ابزار دقیق اندازه‌گیری به شکل کره، میزان آسیب‌های مکانیکی و بیولوژیکی وارد شده از طرف ماشین برداشت سیب‌زمینی بر غده‌ها را در شرایط مختلف رطوبت خاک و سرعت پیشروی (۲ و ۳ کیلومتر در ساعت) اندازه‌گیری و مقایسه کردند. طبق نتایج گزارش شده، رقم سیب‌زمینی، رطوبت خاک و سرعت پیشروی ماشین برداشت سیب‌زمینی از پارامترهای مؤثر بر میزان آسیب‌های مکانیکی وارد شده به غده‌ها بودند و در خاک مرطوب (رطوبت ۱۵ درصد بر پایه وزن‌تر)، در سرعت بالای ۳ کیلومتر در ساعت، به علت جریان بیشتر خاک در ماشین، آسیب‌های خارجی و داخلی وارد شده به غده‌ها کمتر بود. در خاک خشک (رطوبت ۵ درصد بر پایه وزن‌تر)، شدت آسیب‌های وارد شده بر غده‌ها نسبت به خاک مرطوب بیشتر است به طوری که با افزایش سرعت بر میزان آسیب‌ها افزوده می‌شود. از نظر این محققان، آبیاری بارانی قبل از برداشت محصول به خصوص در خاک‌های رسی، باعث کاهش تعداد کلوخه‌های خاک می‌شود و لایه‌ای از خاک مرطوب بین غده‌ها و اجزای ماشین ایجاد می‌شود که از شدت ضربات و در نتیجه وارد آمدن آسیب‌های مکانیکی به غده‌ها می‌کاهد. سرعت کار معمول در ماشین‌های برداشت سیب‌زمینی در حدود ۲/۵ تا ۶/۵ کیلومتر در ساعت است (Srivastava *et al.*, 1993). خاطر (Khater, 2009) تأثیر سرعت‌های مختلف پیشروی و سرعت زنجیر نقاله ماشین برداشت سیب‌زمینی را بر میزان غده‌های آسیب‌دیده و برداشت نشده، بررسی و نتیجه‌گیری کرد که با افزایش سرعت پیشروی تا ۶/۴ کیلومتر در ساعت، از میزان غده‌های برداشت نشده کاسته می‌شود و با بالاتر رفتن سرعت از این حد، این میزان رو به افزایش می‌گذارد. در سرعت پیشروی ۳/۱ کیلومتر در ساعت و سرعت زنجیر نقاله ۹۰ دور در دقیقه کمترین میزان آسیب‌های مکانیکی به سیب‌زمینی

همکاران (Mousazadeh *et al.*, 2006) سه نوع ماشین برداشت سیب‌زمینی را از نظر میزان خسارت وارد شده به محصول مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که یکی از آسیب‌دیدگی‌های شدید مکانیکی روی زنجیر نقاله ماشین برداشت اتفاق می‌افتد. در محل برخورد لبه انتهایی تیغه و زنجیر نقاله، میله‌های عرضی نقاله با سرعتی دست‌کم برابر ۲/۱ متر بر ثانیه نسبت به سیب‌زمینی حرکت می‌کنند. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که این سرعت نسبی موجب وارد آمدن آسیب‌های شدید به غده‌ها می‌شود (McRae, 1980). کاهش آسیب‌دیدگی غده‌ها روی هر یک از نقاله‌های ماشین برداشت سیب‌زمینی، به افزایش سرعت پیشروی ماشین یا کاهش در سرعت زنجیر نقاله‌ها بستگی زیادی دارد و این عمل باعث می‌شود که حجم مواد روی هر زنجیر نقاله برابر ظرفیت آن نقاله شود. معمولاً یک نسبت بهینه میان سرعت نقاله و سرعت پیشروی برای ماشین برداشت وجود دارد (Thornton *et al.*, 1985). پیترسون و همکاران (Peterson *et al.*, 1975) برای مقایسه چهار نوع ماشین برداشت سیب‌زمینی، ویژگی‌های سرعت پیشروی، ظرفیت برداشت و درصد آسیب‌های وارد شده به سیب‌زمینی را ارزیابی کردند؛ نتایج این بررسی‌ها نشان داد که افزایش سرعت مزرعه‌ای در تمام مدل‌های ماشین، موجب ۳۰ درصد کاهش در خسارت می‌شود. کونگ و هالدرسون (Kong & Halderson, 1991) یک نوع سیب‌زمینی کن دوردیفه با تیغه لرزشی ساختند و از نظر تأثیر دامنه و فرکانس ارتعاش و سرعت پیشروی بر میزان آسیب‌های وارد شده به سیب‌زمینی و نیز از نظر کشش لازم، آن را ارزیابی کردند. بر اساس نتایج به دست آمده، سرعت پیشروی مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر کلیه کمیت‌های اندازه‌گیری شده بود. افزایش سرعت حرکت باعث کاهش کوبیدگی و شکستگی غده‌ها و کمتر شدن لکه سیاه در آنها شد زیرا خاک بیشتری روی تیغه ارتعاشی باقی می‌ماند.

وارد می‌شود.

سنتی (دستی) مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

در این تحقیق عامل رطوبت خاک که در تشکیل کلوخه‌های خاک و سختی و زبری آن نقش دارد و عامل عمق کار تیغه و سرعت پیشروی که بر مقدار حجم خاک وارد شده روی غربال زنجیری مؤثرند، از نظر تأثیر بر میزان آسیب‌های مکانیکی به غده‌های سیب‌زمینی بررسی و شرایط بهینه کار، بر اساس حداقل آسیب‌های وارد شده به غده‌ها تعیین گردید. به‌علاوه، میزان تلفات و آسیب‌های وارد شده بر غده‌های سیب‌زمینی در دو روش مکانیزه و

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در روستای کردکندی شهرستان بستان آباد از توابع استان آذربایجان شرقی اجرا شد. ارتفاع شهرستان بستان آباد از سطح دریا حدود ۱۷۴۰ متر است؛ این منطقه دارای آب‌وهوای کوهستانی است. نتایج آزمون نمونه مرکب از خاک مزرعه آزمایشی در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- خواص فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (سانتی‌متر)	آزمون بافت خاک*			جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت ظرفیت مزرعه (درصد)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)
	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)				
۰-۳۰	۲۰	۲۲/۵	۵۷/۵	۲/۶۹	۱/۳۸	۲۳/۲	۱۲/۷

* بافت خاک از نوع لوم رسی شنی (Sandy-Clay-Loam).

جدول ۲- خواص شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (سانتی‌متر)	الکتريکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد)	نیترژن (درصد)	فسفر (p.p.m)	پتاسیم (p.p.m)	کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	سدیم Na^+	مجموع کاتیون‌ها	هدایت
											بر متر
۰-۳۰	۱/۲۵	۷/۷۶	۰/۸۶	۰/۰۹	۳۱	-	۴/۵	۱/۹	۳/۳	۹/۷	۱/۲۵

برای برداشت محصول از تراکتور مسی فرگوسن ۱۳۹۹ و ماشین سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه ساخت شرکت تک‌دیفرانسیل با توان اسمی ۱۱۰ اسب بخار سبزدشت اصفهان با مشخصات فنی ارائه شده در جدول ۳ مجهز به چرخ‌های باریک ویژه کشت‌های ردیفی استفاده شد.

جدول ۳- مشخصات فنی ماشین سیب‌زمینی‌کن

نوع دستگاه	نوع اتصال	ابعاد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	زاویه تیغه و نقاله با افق (درجه)	فاصله میان میله‌های نقاله (میلی‌متر)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)
دو ردیفه	سوار شونده	۲۵۵×۱۸۵×۱۲۰	۶۰۰	۲۸	۳۲	۰/۵

اجرای آزمایش، در ۵۴ کرت آزمایشی به ابعاد ۳×۲۰ متر و با اختصاص تیمارهای مختلف سبب‌زمینی رقم آگریا در اواخر فروردین‌ماه کشت گردید. برای آنکه غده‌ها مرحله رسیدگی کامل را بگذرانند و پوست آنها سخت‌تر شود، برابر نظر کارشناس زراعت، حدود ۳ هفته قبل از برداشت (اوایل مهرماه)، آبیاری زمین (از نوع بارانی و منبع آب چاه عمیق) قطع شد ولی بوته‌های سبب‌زمینی به علت خشک شدن کامل سبزینه در اثر سرمازدگی، سرزنی نشدند. با اندازه‌گیری مرتب رطوبت خاک تا رسیدن به رطوبت کمینه، به ترتیب عملیات برداشت در کرت‌های اصلی مربوط به هر سطح رطوبت اجرا شد. محصول با سبب‌زمینی‌کن با سه محدوده سرعت پیشروی (۱/۵-۱)، (۲/۵-۲) و (۳/۵-۳) کیلومتر در ساعت (به ترتیب در دنده‌های ۱، ۲ و ۳ سنگین تراکتور و سرعت موتور ۱۸۹۳ دور در دقیقه) و دو عمق کار تیغه ۲۰ و ۲۳ سانتی‌متر در کرت‌های فرعی برداشت شد. برای تعیین سرعت پیشروی، مدت‌زمان طی کردن مسافت ۲۰ متر توسط تراکتور در حین برداشت، اندازه‌گیری شد.

افزایش سرعت پیشروی تراکتور به بیش از ۳ کیلومتر در ساعت و عمق کار بیش از ۲۳ سانتی‌متر، باعث افزایش بیش از حد لغزش چرخ‌های محرک تراکتور گردید. از این رو محدوده‌های سرعت و عمق کار ماشین، منطبق بر شرایط واقعی کار در مزرعه انتخاب و ارزیابی شد. به دنبال آن با نمونه‌برداری از محصولات برداشت شده در پشت ماشین، میزان افت کمی محصول و آسیب‌های خارجی و داخلی وارد شده بر آنها به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

برای نمونه‌برداری، کادری به ابعاد ۱×۳ متر، به طور تصادفی در هر کرت در دو محل قرار داده شد. سبب‌زمینی‌هایی که در داخل کادر به راحتی و بدون جا به جا کردن خاک دیده می‌شدند به عنوان نمونه آشکار جمع‌آوری شدند. پس از آن با زیرورو کردن خاک، غده‌های برداشت شده‌ای که پس از ریزش از انتهای ماشین، با خاک

با توجه به بعد مسافت بین محل اجرای آزمایش و آزمایشگاه خاک و به منظور کاهش خطا، برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از یک دستگاه بازتاب‌سنج حوزه زمان^۱ ساخت آمریکا استفاده شد. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک است؛ با استفاده از رابطه^۱ و اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت وزنی خاک محاسبه شد.

$$\theta_v = \frac{\rho_b}{\rho_w} \theta_m \quad (1)$$

که در آن، θ_m = رطوبت وزنی خاک؛ θ_v = رطوبت حجمی خاک (عدد قرائت شده با دستگاه TDR)؛ ρ_b = جرم مخصوص ظاهری خاک؛ و ρ_w = جرم مخصوص ظاهری آب ($\rho_w \approx 1$) است.

روش اجرای آزمایش

در برداشت مکانیزه سبب‌زمینی با یک دستگاه سبب‌زمینی‌کن مجهز به زنجیر نقاله، در شرایط مختلف رطوبت خاک، عمق کار تیغه و سرعت پیشروی تراکتور، اثر هر یک از عوامل مذکور و اثر متقابل آنها بر میزان افت کمی و آسیب‌های مکانیکی وارد شده به محصول به تفکیک بررسی و شرایط بهینه از نظر کاهش آسیب‌های وارد شده به غده‌های سبب‌زمینی تعیین شد. طرح آزمایشی از نوع کرت‌های نواری خردشده^۲ با سه فاکتور در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود که کرت‌های اصلی مربوط به سه سطح رطوبت خاک ۱۹-۱۸، ۱۵-۱۴ و ۱۰-۹ درصد بر پایه وزن خاک خشک به ترتیب معادل با ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای خاک و کرت‌های فرعی مربوط به سرعت پیشروی تراکتور در سه سطح (۱/۵-۱)، (۲/۵-۲) و (۳/۵-۳) کیلومتر در ساعت و عمق کار تیغه در دو سطح ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر بودند. برای

و کلوخ پوشانده شده بودند، جمع‌آوری و توزین شدند؛ این غده‌ها نمونه مدفون را تشکیل می‌دادند. در مرحله بعد، کل خاک داخل کادر تا عمق گسترش غده‌ها با بیل زیرورو شد تا نمونه غده‌های برداشت نشده جمع‌آوری شوند (در این آزمایش نمونه برداشت نشده به دست نیامد).

برای تعیین افت کمی محصول در هر کرت، در صد وزنی غده‌های مدفون و له شده موجود در نمونه‌های هر کرت به کل نمونه‌ها (آشکار + مدفون) محاسبه گردید. به منظور بررسی کیفیت محصول، آسیب‌های مکانیکی خارجی و داخلی وارد شده به غده‌ها در هر کرت، بر اساس استاندارد کمیته بازاریابی سیب‌زمینی^۱ و مؤسسه مهندسی کشاورزی اسکاتلند^۲ در سال ۱۹۷۳، اندازه‌گیری شد. بدین منظور پس از برداشت محصول، غده‌های موجود در نمونه‌های آشکار به چهار گروه دسته‌بندی شدند

(شکل ۱):

- غده‌هایی که آسیب دیدگی آنها در حد کنده شدن پوست باشد (PD).
- غده‌هایی که آسیب دیدگی آنها به عمق کمتر از سه میلی‌متر وارد شده باشد (LD).
- غده‌هایی که آسیب دیدگی آنها به عمق بیش از سه میلی‌متر وارد گردیده باشد (HD).
- غده‌های سالم (UD).

هر غده برحسب شدیدترین آسیب وارده به آن در گروه مناسب قرار داده شد و درصد وزنی هر گروه نسبت به کل نمونه آشکار به دست آمد. با ضرب درصد وزنی هر گروه در ضرایب تعیین شده برای هر گروه (جدول ۴) و جمع آنها (رابطه ۲)، شاخصی به نام شاخص آسیب‌دیدگی‌های خارجی^۳ (EDI) به دست آمد.

جدول ۴- ضریب شاخص شدت آسیب‌دیدگی‌های خارجی

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

مأخذ: (Hemmat & Taki, 2001) و (McRae, 1980).

این کار، لازم بود از هر نمونه تیمار، پنج غده بزرگ‌تر از ۱۵۰ گرم و پنج غده کوچک‌تر از ۱۵۰ گرم، به طور تصادفی انتخاب و پوست‌برداری شود. پس از آن، قسمت‌هایی از هر نمونه غده که به صورت لکه‌های سیاه ظاهر شدند با چاقوی تیز جدا و توزین شدند. درصد وزنی مقدار بافت سیاه جدا شده به کل غده محاسبه و میانگین هر نمونه به دست می‌آمد. این نمونه‌ها نیز با ضریب ۷ به عنوان شاخص آسیب‌های داخلی (IBI) بیان می‌گردد (رابطه ۳).

$$EDI = \left[\left(\frac{PD}{AW} \times 1 \right) + \left(\frac{LD}{AW} \times 3 \right) + \left(\frac{HD}{AW} \times 7 \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

که در آن،

AW مساوی با وزن کل غده‌ها در نمونه آشکار است.

نمونه‌های آشکار پس از بررسی آسیب‌دیدگی‌های خارجی، دوباره پس از سه ماه نگهداری در شرایط انبار سنتی موجود در منطقه، به منظور تعیین آسیب‌دیدگی‌های داخلی بررسی شدند که به صورت لکه‌های سیاه^۴ در زیر پوست ظاهر می‌شوند. برای

1- Potato Marketing Board (PMB)
3- External Damages Index (EDI)

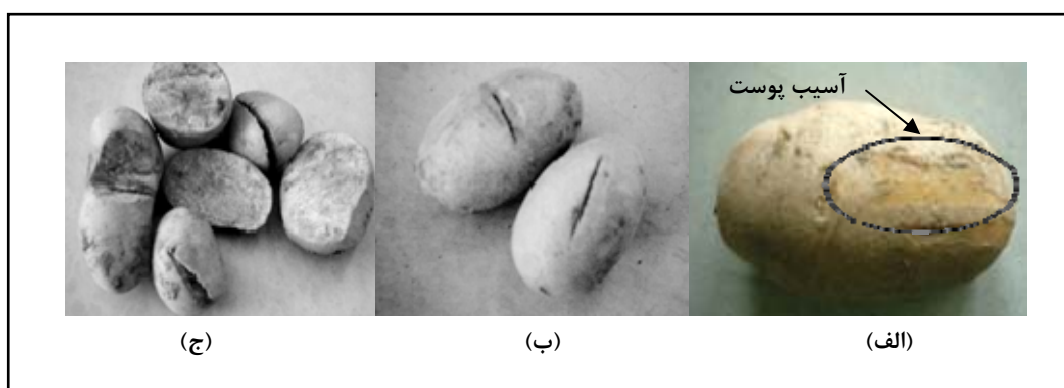
2- Scottish Institute of Agricultural Engineering (SIAE)
4- Black spot

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده...

روش‌های برداشت سنتی و مکانیزه، روش‌های اندازه‌گیری مذکور در کرت‌های آزمایشی که در آنها سیب‌زمینی به روش سنتی برداشت شده بود، به طور جداگانه تکرار شد و نتایج به دست آمده از دو روش، با استفاده از آزمون t مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

$$IBI = BS \times 7 \quad (3)$$

که در آن، BS مساوی با درصد وزنی بافت سیاه شده به وزن غده است. برای مقایسه میزان آسیب‌های وارد شده به غده‌ها در



شکل ۱- نمونه آسیب دیدگی‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی
الف- کنده شدن پوست، ب- بریدگی کمتر از ۳ میلی‌متر، ج- بریدگی بیش از ۳ میلی‌متر

نتایج و بحث

مدفون نشان می‌دهد. طبق این شکل، در سرعت ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت (S1)، در هر دو عمق کار و در سرعت ۲/۵-۲ کیلومتر در ساعت (S2)، در عمق کار ۲۰ سانتی‌متر (d1)، با کاهش میزان رطوبت خاک از میزان غده‌های مدفون کاسته شده است. با کاهش رطوبت خاک، به علت کمتر شدن چسبندگی بین خاکدانه‌ها و همچنین چسبندگی کمتر خاک با غده‌های سیب‌زمینی، خاک وارد شده به ماشین، سریع‌تر از فضای خالی نقاله زنجیری ریزش می‌کند و حجم کمتری از آن به انتهای ماشین منتقل می‌شود (Bishop & Maunder, 1980). در خاک‌های با رطوبت کمتر، این عامل احتمالاً موجب کاهش غده‌های مدفون شده است.

در شکل ۲-ب نیز تأثیر سطوح مختلف سرعت در شرایط مختلف رطوبت خاک و عمق کار، بر میزان غده‌های مدفون بررسی شده است. در هر دو عمق کار مشاهده می‌شود که میزان غده‌های مدفون در شرایط

نتایج تجزیه واریانس افت کمی محصول و میزان آسیب‌های مکانیکی خارجی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در تیمارهای آزمایشی مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است.

تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان افت کمی محصول

جدول شماره ۵ نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمار سرعت پیشروی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل تیمارهای رطوبت خاک، سرعت پیشروی و عمق کار تیغه در سطح احتمال ۱ درصد بر نسبت غده‌های مدفون به کل غده‌های سیب‌زمینی (افت کمی محصول) پس از برداشت است. تیمارهای عمق کار، از نظر تأثیر بر افت کمی محصول، اختلاف معنی‌داری ندارند. شکل ۲-الف، تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک در شرایط مختلف عمق کار و سرعت پیشروی را بر درصد غده‌های

سرعت کم S1، غالباً به طور معنی‌داری کمتر از میزان غده‌های مدفون در سطوح دیگر سرعت است و این میزان کاهش، در خاک‌های با رطوبت کمتر M2 و M3، بیشتر مشهود است. با افزایش سرعت پیشروی، حجم خاک انتقال یافته به زنجیر نقاله بیشتر می‌شود و این حجم زیاد خاک در هنگام ریزش از انتهای ماشین باعث می‌گردد غده‌های بیشتری در زیر خاک دفن شوند.

جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی بر افت کمی و آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی

میانگین مربعات M.S.						تابع تغییر
شاخص	غده‌های	غده‌های	غده‌های	نسبت	درجه آزادی	S.O.V.
آسیب‌دیدگی خارجی (EDI)	بریده شده بیش از ۳ میلی‌متر	بریده شده کمتر از ۳ میلی‌متر	پوست‌کنده	غده‌های مدفون به کل	d.f.	
۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۰۷۷*	۰/۱۰۲*	۰/۰۶۱ ^{ns}	۰/۰۴۹*	۰/۰۹۵ ^{ns}	۲	فاکتور افقی A (رطوبت خاک)
۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۴	خطای (a)
۰/۰۴۷ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۸۹*	۲	فاکتور عمودی B (سرعت)
۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۴	خطای (b)
۰/۰۵۲ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۲۱*	۰/۰۲۰ ^{ns}	۴	(A×B)
۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۸	خطای (c)
۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۱	فاکتور C (عمق کار)
۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۲	(A×C)
۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۴۶**	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۲	(B×C)
۰/۰۵۴**	۰/۰۳۱*	۰/۰۴۶**	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۴۱**	۴	(A×B×C)
۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۱۸	خطای (d)
۱۶/۲۲	۵۶/۰۵	۶۴/۲۰	۲۶/۴۹	۳۱/۷۸	-	ضریب تغییر (درصد)

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار

غده‌های آشکار نشان می‌دهد. به طور کلی، با کاهش رطوبت خاک دیده می‌شود که از میزان آسیب دیدگی‌های پوست غده‌ها کاسته شده است، زیرا در خاک مرطوب احتمالاً پوست سیب‌زمینی نرم‌تر است و شرایط مساعدتری برای آسیب‌دیدگی دارد. در رطوبت حد بالای M1، بیشترین درصد غده‌های پوست‌کنده مربوط به سرعت S2 (۲/۵-۲) کیلومتر در ساعت) است و در شرایط رطوبت خاک کمتر M2 و M3، با افزایش سرعت پیشروی تا ۳ کیلومتر در ساعت، از میزان آسیب دیدگی‌های پوست غده‌ها کاسته شده است. با توجه به افزایش مقدار خاک وارد شده به نقاله ماشین در سرعت

تأثیر تیمارهای مختلف بر آسیب‌های وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی

در بررسی میزان آسیب‌های وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی به تفکیک نوع آسیب‌دیدگی‌های خارجی (جدول ۵)، دیده می‌شود که تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک در زمان برداشت و همچنین تأثیر متقابل تیمارهای سرعت پیشروی و رطوبت خاک بر میزان غده‌های پوست‌کنده شده در حین برداشت، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

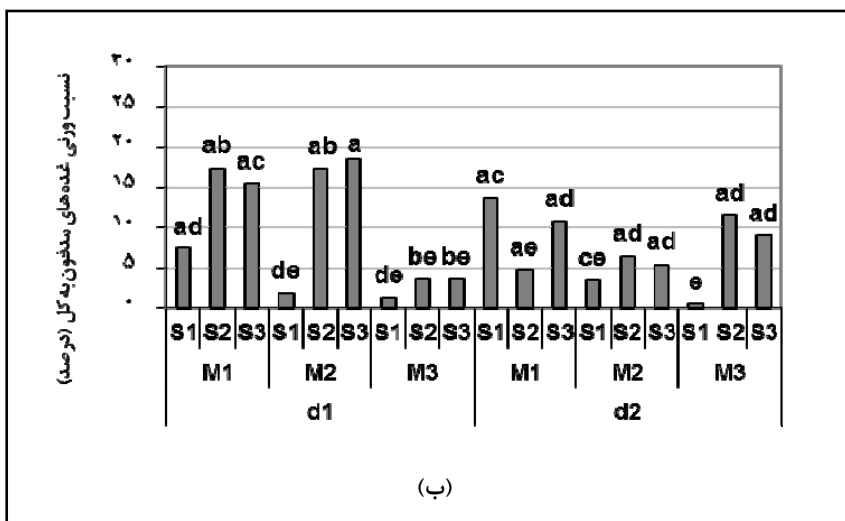
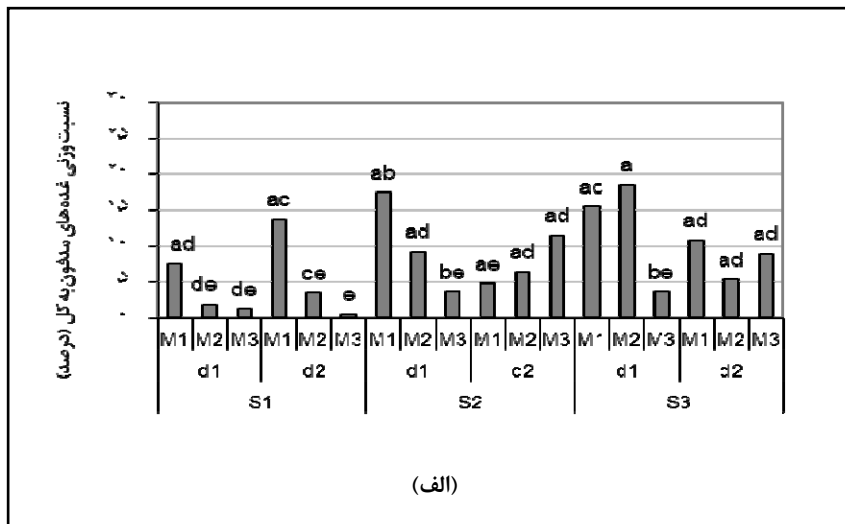
شکل ۳، تأثیر متقابل تیمارهای رطوبت خاک و سرعت پیشروی را بر نسبت وزنی غده‌های پوست‌کنده به

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده...

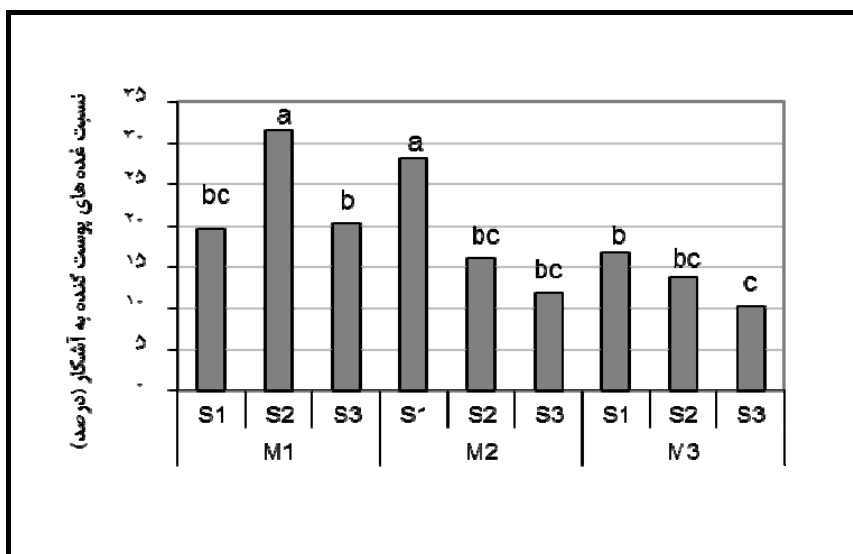
مشخصات نمادهای تیماری در شکل‌های ۲ تا ۶:

M1: رطوبت خاک ۱۸-۱۹ درصد (۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)؛ M2: رطوبت خاک ۱۴-۱۵ درصد (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)؛ M3: رطوبت خاک ۹-۱۰ درصد (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)؛ d1: عمق کار تیغه ۲۰ سانتی‌متر؛ S1: محدوده سرعت ۱-۱/۵ کیلومتر در ساعت؛ S2: محدوده سرعت ۲-۲/۵ کیلومتر در ساعت؛ S3: محدوده سرعت ۳-۳/۵ کیلومتر در ساعت؛ d2: عمق کار تیغه ۲۳ سانتی‌متر

پیشروی بالاتر، احتمالاً لایه خاک موجود روی نقاله ماشین، مانند بالشی عمل کرده که از تماس مستقیم غده‌ها با قطعات مکانیکی متحرک ماشین و در نتیجه از آسیب‌دیدگی غده‌ها جلوگیری کرده است. نتایج حاصل با گزارش‌های پیترسون و همکاران (Peterson *et al.*, 1975)، کونگ و هالدرسون (Kong & Halderson, 1991)، بنتینی و همکاران (Bentini *et al.*, 2006) و خاطر (Khater, 2009) مطابقت دارد.



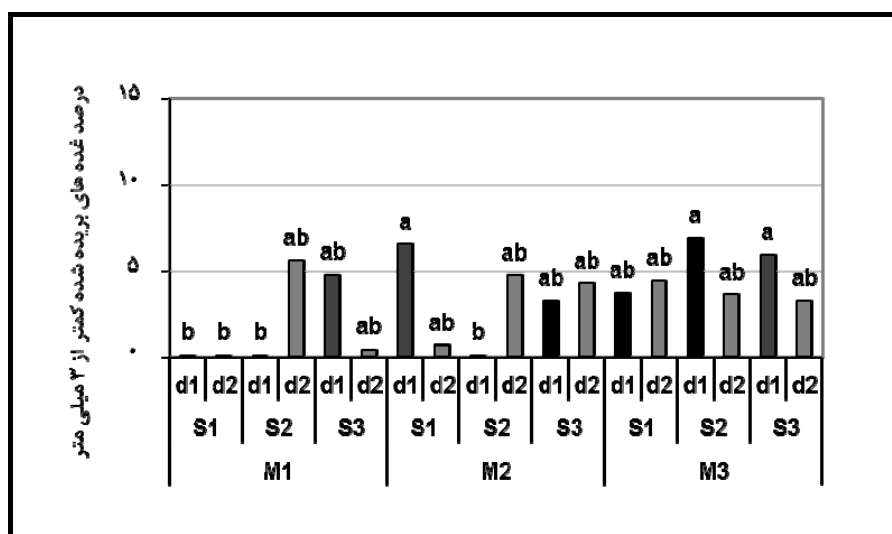
شکل ۲- نسبت وزنی غده‌های سیب‌زمینی مدفون به کل محصول برداشت شده در سطوح مختلف رطوبت خاک (M)، سرعت پیشروی (S) و عمق کار (d)



شکل ۳- تأثیر متقابل رطوبت خاک (M) و سرعت پیشروی (S) بر نسبت وزنی غده‌های پوست‌کنده به غده‌های آشکار

اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در باره تأثیر متقابل رطوبت خاک، سرعت پیشروی و عمق کار در این نوع آسیب‌دیدگی می‌توان گفت که کمترین میزان آسیب‌دیدگی در شرایط رطوبت خاک حد بالا M1 و سرعت پایین S1 به دست آمده است. احتمالاً سرعت پیشروی زیاد، باعث انتقال غده‌های سیب‌زمینی با شتاب بیشتر و آسیب‌دیدن آنها در اثر برخورد با قسمت‌های مکانیکی ماشین شده است.

در مورد میزان غده‌های بریده شده یا له شده تا عمق کمتر از ۳ میلی‌متر، اثر متقابل تیمار سرعت و عمق کار تیغه و همچنین اثر متقابل هر سه تیمار رطوبت خاک، سرعت و عمق کار، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار دارند. در شکل ۴ تأثیر عمق کار در شرایط مختلف سرعت و رطوبت خاک بر میزان غده‌های آسیب‌دیده تا ۳ میلی‌متر نشان داده شده است. طبق نمودار در سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت پیشروی، بین عمق کارهای مختلف

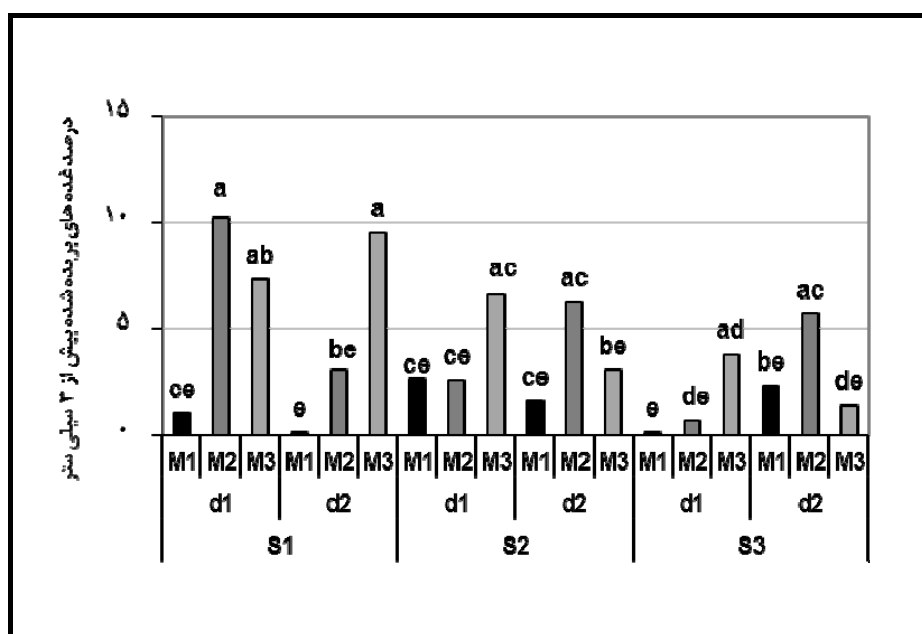


شکل ۴- نسبت وزنی غده‌های بریده شده کمتر از ۳ میلی‌متر به غده‌های آشکار، در سطوح مختلف رطوبت خاک (M)، سرعت پیشروی (S) و عمق کار (d)

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده...

با توجه به نمودار مشاهده می‌شود که کمترین میزان آسیب‌دیدگی بیش از ۳ میلی‌متر در غده‌ها، در شرایط رطوبت خاک ۱۹-۱۸ درصد به دست آمده است. شاید بتوان علت آن را قابلیت نفوذ بهتر تیغه در خاک مرطوب و نرم و فراهم شدن عمق مناسب برای برداشت غده‌ها و در نتیجه کاهش احتمال برخورد تیغه با غده سیب‌زمینی بیان کرد.

در بررسی میزان غده‌های بریده‌شده بیش از ۳ میلی‌متر دیده می‌شود که تیمار رطوبت خاک و اثر متقابل سه تیمار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را ایجاد کرده‌اند (جدول ۵). تأثیر رطوبت خاک در شرایط مختلف عمق کار و سرعت بر میزان بریدگی بیش از ۳ میلی‌متر غده‌های سیب‌زمینی، در شکل ۵ مقایسه شده است. در این مورد نیز

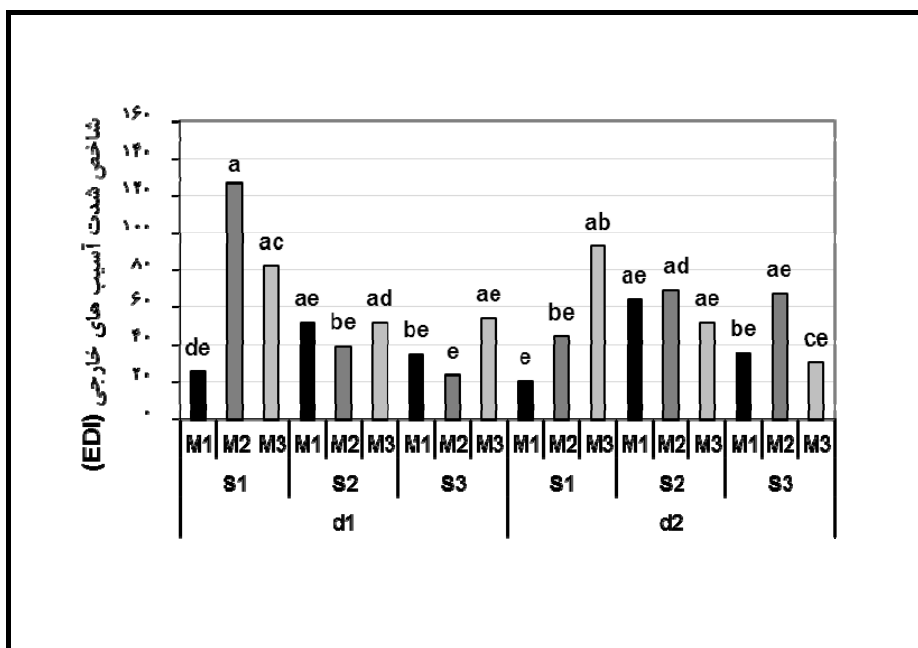


شکل ۵- نسبت وزنی غده‌های بریده‌شده بیش از ۳ میلی‌متر به غده‌های آشکار در سطوح مختلف رطوبت خاک (M)، سرعت پیشروی (S) و عمق کار (d)

پیشروی و عمق کار تیغه، در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص شدت آسیب‌های خارجی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی اختلاف معنی‌دار دارند. در شکل ۶، تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر میانگین EDI در سرعت‌های پیشروی و عمق کار مختلف ماشین مقایسه شده است.

تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص شدت آسیب دیدگی‌های خارجی (EDI)

طبق نتایج اعلام شده در ستون هفتم جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، سطوح مختلف رطوبت خاک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل تیمارهای رطوبت خاک، سرعت



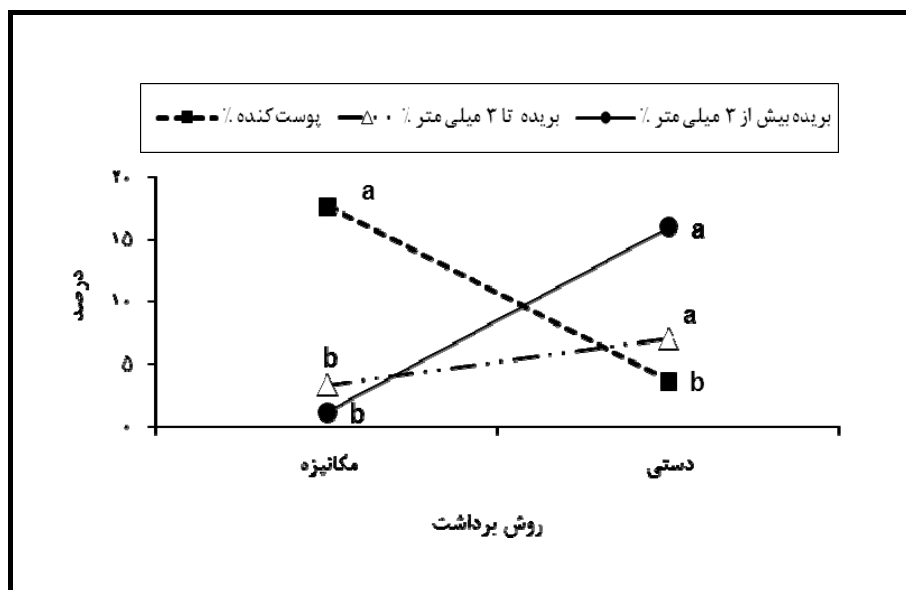
شکل ۶- شاخص شدت آسیب‌های خارجی واردشده به غده سیب‌زمینی در سطوح مختلف رطوبت خاک (M)، سرعت پیشروی (S) و عمق کار (d)

و سنتی سیب‌زمینی نشان می‌دهد که بین دو روش از نظر آسیب دیدگی‌های خارجی به صورت پوست‌کنی و بریدگی کمتر از ۳ میلی‌متر در سطح احتمال ۵ درصد و از نظر آسیب بریدگی بیش از ۳ میلی‌متر و به طور کلی از نظر شاخص شدت آسیب دیدگی‌های خارجی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. نتایج مقایسه آماری دو روش به صورت نمودار در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود، روش مکانیزه نسبت به روش سنتی (دستی) تأثیر معنی‌داری بر کنده شدن پوست غده‌ها دارد ولی در مورد آسیب‌های بریدگی کمتر از ۳ میلی‌متر و به خصوص بریدگی بیش از ۳ میلی‌متر غده‌ها، روش سنتی نسبت به روش مکانیزه به طور معنی‌داری درصد بالاتری را نشان می‌دهد.

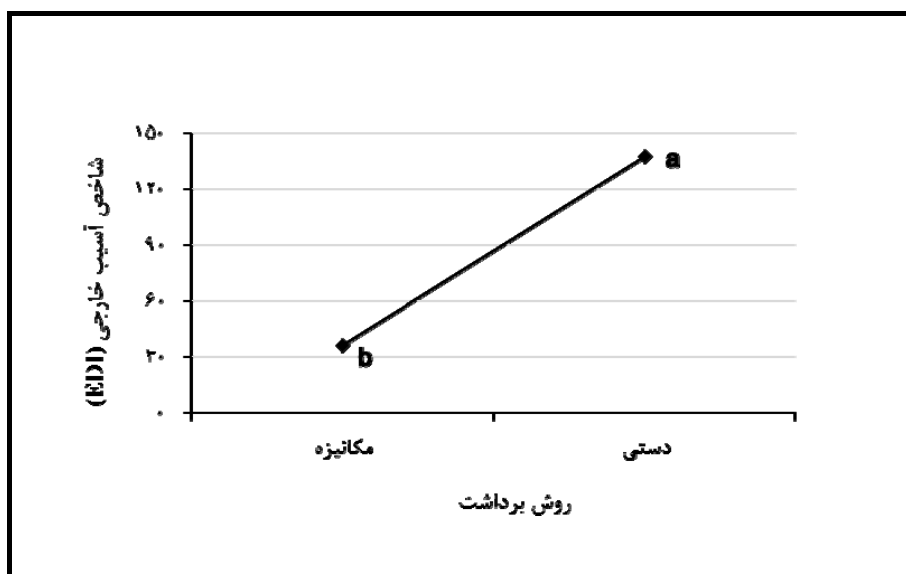
بالا بودن ضریب آسیب بریدگی بیش از ۳ میلی‌متر (ضریب ۷) در تعیین شاخص شدت آسیب دیدگی‌های خارجی و کمتر بودن این نوع آسیب در شرایط خاک مرطوب M1، باعث شده است که شاخص آسیب‌دیدگی‌های خارجی در خاک با رطوبت ۱۸-۱۹ درصد مقدار کمتری داشته باشد. با توجه به شکل ۶، در هر دو عمق کار کمترین میزان شدت آسیب‌دیدگی در شرایط سرعت پیشروی ۱-۱/۵ کیلومتر در ساعت (S1) و رطوبت خاک ۱۸-۱۹ درصد (M1) به دست آمده است.

مقایسه روش برداشت مکانیزه و برداشت سنتی از نظر میزان آسیب‌های واردشده به غده‌های سیب‌زمینی
 نتایج آزمون t برای مقایسه روش‌های برداشت مکانیزه

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده...



شکل ۷- مقایسه روش‌های برداشت سنتی و مکانیزه سیب‌زمینی از نظر آسیب‌های دیدگی‌های خارجی به غده‌ها



شکل ۸- مقایسه شدت آسیب‌های خارجی به غده‌ها در روش‌های برداشت دستی و مکانیزه سیب‌زمینی

روش دستی بیشتر است تا در روش مکانیزه. با توجه به اینکه در تعیین شاخص شدت آسیب دیدگی‌های خارجی، آسیب‌های از نوع بریدگی محصول نسبت به آسیب پوست‌کنندگی ضریب بالاتری دارد، در حالت کلی طبق شکل ۸، شدت آسیب‌دیدگی‌های خارجی غده‌های سیب‌زمینی به طور معنی‌داری در روش سنتی بیشتر از روش مکانیزه است.

در برداشت با ماشین، غده‌های سیب‌زمینی همراه با حجم زیادی از خاک برداشت و پس از آن به واسطه نقاله از هم جدا می‌شوند؛ ولی در روش دستی، برداشت غده‌های سیب‌زمینی با بیل است و امکان برخورد تیغه بیل با غده‌ها و بریدن آنها، در اثر بی اطلاع بودن از محل دقیق غده در خاک، بسیار زیاد است. در نتیجه امکان آسیب‌دیدگی به صورت بریدگی یا دونیم شدن در

نتایج بررسی آسیب‌های دیدگی‌های داخلی غده‌های سیب‌زمینی

پس از نگهداری نمونه‌های سیب‌زمینی از تیمارهای مختلف در انبار و پوست‌گیری آنها، برابر نظر کارشناس بیماری‌های گیاهی هیچ‌گونه اثری از لکه سیاه در نمونه‌ها مشاهده نشد. در یک وارسته معین سیب‌زمینی، حساسیت به لکه سیاه با درصد ماده خشک غده ارتباط دارد و معمولاً وقتی مقدار ماده خشک غده کمتر از ۲۰ درصد باشد، به لکه سیاه حساسیتی نشان داده نمی‌شود (Rezaee & Soltani, 1996)؛ بنابراین وارسته سیب‌زمینی مورد آزمایش نسبت به لکه سیاه احتمالاً حساسیت نداشته است.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به دست آمده در برداشت مکانیزه سیب‌زمینی، با افزایش سرعت پیشروی به ویژه در شرایط خاک مرطوب (رطوبت ۱۹-۱۸ درصد خاک)، احتمالاً به دلیل افزایش حجم خاک انتقال یافته توسط نقاله ماشین، بر میزان غده‌های سیب‌زمینی دفن شده پس از برداشت (افت کمی محصول) افزوده می‌شود. از طرفی،

مراجع

- Baritelle A.L., Hyde, G.M., Thornton, R. and Bajema, R. 2000. A classification system for impact-related defects in potato tubers, American J. Potato Res. 77(3): 143-148.
- Bentini, M., Caprara, C. and Martelli, R. 2006. Harvesting damage to potato tubers by analysis of impacts recorded with an instrumented sphere. Biosystems Engineering. 94(1): 75-85.
- Bishop, C. F. H. and Maunder, W. 1980. Potato Mechanization and Storage. First publication. Farming press LTD. 97-130.
- Hemmat, A. and Taki, O. 2001. Potato losses and mechanical damage by potato diggers in Fereidan's region of Isfahan. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 5(2): 195-209. (in Persian)
- Khater, I. M. M. 2009. Effect of working speeds of mechanical harvesting on potato damage in south eastern Qantara. 4th Conference on Recent Technology in Agriculture. 3-5 Nov. Cario, Giza, Egypt.
- Kong, W. S. and Halderson, J. L. 1991. A vibratory two-row potato digger. Applied Engineering in Agriculture. 7(6): 683-687.

در شرایط رطوبت پایین خاک نیز با افزایش سرعت پیشروی تا ۳ کیلومتر در ساعت از میزان آسیب‌دیدگی کنده شدن پوست غده‌ها کاسته می‌شود. با توجه به کمتر بودن میزان غده‌های آسیب‌دیده تا ۳ میلی‌متر و بیش از ۳ میلی‌متر، در شرایط رطوبت ۱۹-۱۸ درصد خاک و سرعت پیشروی ۱/۵-۱ کیلومتر در ساعت و بالا بودن ضریب این نوع آسیب‌دیدگی در تعیین شاخص EDI، کمترین میزان شدت آسیب دیدگی‌های خارجی در شرایط گفته شده به دست می‌آید. نظر به اینکه در برداشت مکانیزه، بیشترین آسیب وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی از نوع پوست‌کنی است، طبق نتایج به دست آمده، برای کاهش توأم افت کمی و آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی به محصول، شرایط رطوبت ۱۵-۱۰ درصد خاک و سرعت پیشروی ۳-۲ کیلومتر در ساعت برای برداشت با ماشین سیب‌زمینی کن پیشنهاد می‌شود.

در حالت کلی، شدت آسیب‌های خارجی وارد شده به غده‌های سیب‌زمینی در برداشت به روش سنتی، نسبت به روش برداشت مکانیزه بیشتر است.

بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌های مکانیکی وارد شده...

- McRae, D.C. 1980. Mechanical damage to potatoes by harvesting and handling. *Ann. Appl. Biol.* 96, 360-363.
- Ministry of Agriculture Jihad. 2015. Crop production yearbook (2013-2014). Department of Planning and Economy. (in Persian)
- Mousazadeh, H., Mobli, H. and Zaefizadeh, M. 2006. A determination of potato tuber mechanical damage due to impacts of three harvesting machines, and their comparison, Ardebil area. *Iranian J. Agric Sci.* 37(5): 911-918. (in Persian)
- Peters, R. 1996. Damage of potato tubers, a review. *Potato Research.* 39, 479-484.
- Peterson, C.L., Thornton, R.E. and Smittle, D.A. 1975. Potato harvester evaluations. *Transactions of the ASAE.* 18(2): 240-245.
- Rezaee, A. and Soltani, A. 1996. Introduction to Potato Production. *Jahad-e Daneshgahi Mashhad Publications.* 145. (in Persian)
- Srivastava, A. K., Goreing, C. R. and Rohrbach, R. P. 1993. *Engineering Principles of Agricultural Machines.* Published by the American Society of Agricultural Engineers.
- Thornton, R.E., Hyde, G.W., Thornton, R.K. and Hammond, M.W. 1985. Chain speed adjustment to obtain low tuber damage at harvest. *ASAE Paper No. 85:* 1141.
- Valueva, T. I. 1975. Effect of weather and soil conditions and degree of ripeness of potato tubers on resistance to mechanical damage. *Nauchnye Trudy, Institute Kartoffel'nogo. Khozyaistva.* 24, 124-130.

Effective Parameters on Mechanical Damages of Potato During Mechanized Harvesting

A. Reshadsedghi *

* Corresponding Author: Assistant professor of Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

Email: sedghi_al@yahoo.com

Received: 3 November 2015, Accepted: 19 April 2016

The effects of soil moisture content, forward speed and operation depth during harvesting by a potato digger (without conveyor shaker) on tubers quantitative and qualitative damages were studied and the optimum conditions were determined for treatments. The experiments were arranged as a strip split plot test based on complete block design with three factors and three replications. Mechanical damage rates of potatoes due to mechanized and traditional (manual) harvesting methods were compared by t-test. Buried tubers rate (quantitative loss) was increased with increasing of forward speed especially in wet soil probably due to the excessive soil transferred to the conveyor. Peeled tubers rate was reduced by increasing forward speed to 3 km/h in soils with low moisture content. The optimum conditions for mechanized potato harvesting with minimal quantitative loss and damage rate to product quality obtained at soil moisture of 10-15% db (40-60% Field Capacity) and 2-3 km/h forward speed. The cutting damage of tubers in traditional harvesting method was more than mechanized one, while the peeling damage rate was less. Generally, external damage rate of tubers in traditional method was significantly higher than that of obtained from mechanized method.

Key Words: Forward speed, Mechanical damages, Mechanized harvesting of potato, Operation depth, Soil moisture content