

## تأثیر برخی از پارامترهای محصول و خاک بر صدمات و خصوصیات مکانیکی سیب زمینی در حین و پس از برداشت

سعید ظریف نشاط<sup>۱\*</sup>، محمد حسین سعیدی راد<sup>۲</sup>

۱. استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

۲. دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۳۰)

### چکیده

در این تحقیق، تأثیر سه رقم (سانته، آگریا و فونتانا)، سه زمان برداشت (اواسط شهریور، اوایل و اواسط مهرماه) و دو مقدار رطوبت خاک (۹ و ۱۵ درصد) بر صدمات مکانیکی ایجاد شده و بعضی خصوصیات مکانیکی در حین برداشت مکانیکی و پس از یک دوره انبار مانی دو ماهه سیب زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد رقم، تاریخ برداشت و رطوبت خاک تأثیر معنی داری بر میزان صدمه وارده بر سیب زمینی در حین و پس از برداشت دارد. از این نظر رقم آگریا بیشترین میزان صدمه را نسبت به دو رقم سانته و فونتانه دارا بود. بیشترین میزان صدمه مربوط به برداشت در خاک دارای رطوبت ۹ درصد بود و کمترین میزان صدمه مربوط به برداشت در خاک با رطوبت ۱۵ درصد بود. در برداشت زود هنگام بیشترین میزان صدمه و برداشت دیر هنگام کمترین میزان در صدمه به سیب زمینی حاصل شد. رقم، زمان برداشت و مدت انبارمندی اثر معنی داری بر روی خصوصیات مکانیکی داشت بیشترین انرژی شکست مربوط به رقم فونتانه و کمترین آن مربوط به رقم آگریا بود.

**واژه های کلیدی:** سیب زمینی، صدمه، برداشت مکانیکی، خصوصیات مکانیکی

### مقدمه

در واحد سطح و قابلیت کشت در مناطق مختلف، و با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان، درآینده نقش مهمتری در تأمین غذای بشر ایفا خواهد نمود و می تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای غلات در تغذیه مردم مطرح باشد (Hasan Abadi & Hasan Panah, 2002).

در کشور پرو میزان ضایعات سیب زمینی تنها در مرحله انبار داری به مدت ۶ ماه در انبارهای فنی ۱۵٪ و در انبارهای غیر فنی و نامناسب ۵۰٪ گزارش شده است. میزان ضایعات این محصول در ایالات متحده آمریکا ۱۳٪ گزارش شده است (FAO, 1991)

در بیشتر میوه‌ها بریدگی و کوفتگی از مهمترین و مرسوم ترین نوع صدمات مکانیکی برداشت و پس از برداشت می‌باشد. معمولاً بیماری‌های قارچی در صورت ایجاد صدمات مکانیکی ایجاد می‌گردد که از این میان میتوان به کپک خاکستری و کپک آبی اشاره کرد. این اورگانسیم‌ها مانند بیشتر پاتوژن‌های پس از برداشت نمی‌توانند بافت سالم را مبتلا کنند و معمولاً وارد بافت مرده و یا صدمه دیده می‌شوند لذا صدمات مکانیکی می‌تواند عامل اصلی آلودگی و بیماری شود. در صورت جلوگیری از ایجاد صدمه در محصولات، برای جلوگیری از بیماری کمتر به

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، پس از گندم، برنج و ذرت، مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می‌آید. این محصول در سال ۲۰۱۳ حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت جهان را به خود اختصاص داده بود که از این سطح حدود ۳۶۴ میلیون تن محصول برداشت شده بود. این گیاه در ایران بعد از گندم، مهمترین گیاه زراعی است که در سال زراعی ۱۳۸۶ از سطحی حدود ۲۱۰ هزار هکتار، پنج میلیون و دویست و چهل هزار تن سیب زمینی برداشت شده است (FAO, 2014). در استان خراسان رضوی در حال حاضر بیش از ۱۷۹ هزار تن سیب زمینی از سطحی برابر با ۵۸۰۰ هکتار زمین زراعی با میانگین عملکرد ۳۰ تن برداشت می‌شود (Anon, 2014).

سیب زمینی دارای پروتئین با کیفیت بالا، ویتامین‌ها و عناصر معدنی ضروری و مقدار بسیار پایین چربی است. مقدار انرژی تثبیت شده ناشی از نشاسته در واحد سطح در این محصول سه تا چهار برابر غلات می‌باشد. این گیاه با عملکرد بالا

\* نویسنده مسئول: zarifneshat@yahoo.com

محصولات زراعی از جمله سیب زمینی در حین مراحل برداشت و پس از برداشت از بین می‌رود. میزان ضایعات وارده به محصول تحت تاثیر عوامل مختلفی از قبیل رقم، زمان برداشت و رطوبت خاک می‌باشند (Bentini et al, 2006).

بر اساس تحقیقی که در مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل در سال ۱۳۸۱ انجام شد میزان ضایعات سیب زمینی در کشت‌های بهاره برای رقم آگریا ۶/۲ درصد، رقم دراگا ۴/۵ درصد، رقم مارفونا ۶/۱ درصد و رقم سانته ۸/۹ درصد گزارش شده است (Hasan Abadi et al, 2002). در تحقیق دیگری در همان سال در منطقه مذکور میزان عملکرد غیر قابل فروش در کشت‌های بهاره برای رقم آگریا ۵/۳ درصد، نویتا ۵/۰۵ درصد و آریندا ۵/۵۲ درصد بوده است که جزو ضایعات برداشت محسوب می‌شود (۳). همچنین در تحقیق دیگری در منطقه اردبیل در کشت‌های بهاره میزان ضایعات حین برداشت برای رقم آگریا که رقم عمده مورد کشت در کشور می‌باشد ۵/۴۸ درصد گزارش شده است (Hasan Abadi et al, 1999).

در آزمایش دیگری که در خوزستان انجام شد میزان ضایعات در کشت‌های بهاره در مرحله برداشت برای رقم ایلونا ۶/۴ درصد، رقم پیکاسو ۱۰/۶ درصد، دیامانت ۱۲/۵ درصد، سانته ۱۳/۵ درصد، کنکورد ۱۱ درصد و آژاکس ۱۵/۶ درصد گزارش شده که حدود ۲ درصد این ضایعات مربوط به غده‌های پوسیده و بقیه آن شامل غده‌های بد شکل و ریز می‌باشد (Anon, 2000).

هدف از انجام این تحقیق اندازه‌گیری میزان صدمات مکانیکی وارده به سیب زمینی در حین برداشت و همچنین میزان صدمه به محصول پس از دو ماه انبار مانی، با در نظر گرفتن سه رقم مختلف سیب زمینی، سه تاریخ برداشت و دو مقدار رطوبت خاک می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۰-۹۱ در منطقه جلگه رخ شهرستان تربت حیدریه اجرا گردید.

خاک این منطقه دارای بافت متوسط تا سنگین می‌باشد. مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مشخصات خاک مزرعه آزمایشی

EC (dS/m)	درصد اشباع	درصد کربن آلی	درصد آهک	PH	درصد سیلت	درصد رس	درصد شن
۲/۵	۳۹/۵	۰/۶۳۲	۱۷/۲۵	۷/۷	۴۰	۹	۵۱

شخم عمیق زده شد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و

قارچ‌کش‌ها نیاز خواهد بود (Van Zeebroeck et al., 2007).  
صدمه ناشی از نیروهای مکانیکی یکی از علل مهم افت کیفی سیب زمینی در دنیا می‌باشد. علت چنین صدماتی زخمی شدن مکانیکی سیب زمینی است که در ابتدا و در مرحله برداشت و درجه‌بندی رخ می‌دهد. مطالعه‌ای که در آمریکا صورت گرفته است نشان می‌دهد که ۴۲ درصد سیب زمینی‌ها پس از برداشت دچار آسیب گردیده است که این مقدار پس از سورتینگ و درجه‌بندی به ۵۴ درصد می‌رسد. پیشرفت‌های تکنولوژی باعث تغییر الگوی صدمات گردیده است. بطور کلی ۷۰ درصد صدمات وارده به سیب زمینی در طی فرآیند برداشت و ۳۰ درصد آن در هنگام حمل و نقل و انبار داری اتفاق می‌افتد (Peters, 1996).

صدمه غده در حالت کلی به دو بخش تقسیم می‌شود:  
۱- خارجی ( ترک، بریدگی، کنده شدن پوست و ایجاد شکاف)  
۲- داخلی (عمدتا لکه های سیاه ناشی از کوفتگی) ( Baritelle et al, 2000).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از محصول سیب زمینی در عملیات برداشت و جابه‌جایی خسارت می‌بیند که بیش از ۱۰ درصد آنها دچار صدمه کوفتگی گشته و منجر به آبی یا سیاه شدن بافت محصول می‌گردد. مقدار این صدمه 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 سیب زمینی و برخورد مستقیم محصول با قطعات فلزی ماشین، صدمه کوفتگی افزایش می‌یابد (بالای ۲۰ درصد). در صورتی که در خاک‌های با بافت سنگین و رسی بعلت عدم ریزش زود هنگام خاک، صدمه کوفتگی به دو سوم صدمه در خاک‌های خشک و سنی کاهش می‌یابد ( Bishop et al, 1980).

در مطالعه ای، میزان صدمات مکانیکی وارده بر سیب زمینی بررسی گردید نتایج نشان داد که در دو نوع خاک سنی و لومی-رسی مقدار خسارت و صدمه وارد شده به سیب زمینی با افزایش مقدار سیب زمینی و حجم خاک روی نقاله کاهش می‌یابد (Hyde et al, 1983).

آنچه مسلم است این است که همواره بخش عمده‌ای از

برای آماده کردن زمین ابتدا در پاییز زمین مورد نظر



شکل ۱. سیب زمینی کن مورد استفاده در آزمایش

پتاسیم در زمین پخش شد. در اوایل بهار با استفاده از دیسک کلوخه های ایجاد شده خرد و به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره (ازت) در زمین پخش گردید.

در این آزمایش برای برداشت سیب زمینی از یک دستگاه تراکتور مس فرگوسن ۳۹۹ و ماشین برداشت سیب زمینی نیمه اتوماتیک دو ردیفه دو نقاله ای ساخت شرکت سبز دشت اصفهان (شکل ۱) استفاده شد. این ماشین به صورت دنباله بند تراکتوری، با تیغه های مثلثی یکپارچه و دو نقاله با شیب یکسان بدون لرزاننده بوده که توان حرکتی خود را از محور تواندهی تراکتور می گیرد. مشخصات سیب زمینی کن مورد استفاده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. مشخصات سیب زمینی کن مورد استفاده در آزمایش

ابعاد (سانتی متر)	تعداد ردیف	عرض کار (متر)	وزن دستگاه (کیلوگرم)	توان مورد نیاز (اسب بخار)	نوع اتصال	نیروی حرکت	ظرفیت مزرعه ای (هکتار بر ساعت)
۱۱۸×۱۸۳×۲۵۳	۲	۱/۴	۶۹۰	۶۰	سوار	پی تی او	۰/۵

پارامترهای مورد اندازه گیری میزان صدمات مکانیکی وارده به سیب زمینی در حین برداشت و همچنین میزان صدمه به محصول پس از دو ماه انبار مانی می باشد. خصوصیات مکانیکی سیب زمینی ها شامل واهلش<sup>۱</sup>، مقاومت به نفوذ<sup>۲</sup> و آزمون مقاومت به فشار<sup>۳</sup> (تعیین انرژی مورد نیاز برای شکست بافت) برای هر رقم بلافاصله پس از برداشت و پس از دوره انبار مانی دو ماهه در سه تاریخ برداشت اندازه گیری شد.

با توجه به اینکه بعضی از صدمات بلافاصله بعد از برداشت بروز نکرده و پس از ماندن در انبار ایجاد می شود اندازه گیری این صدمات پس از یک دوره انبار داری مذکور ضرورت دارد.

#### صدمات ناشی از برداشت مکانیکی:

پس از برداشت، از هر تیمار بطور تصادفی ۵۰ غده از ردیف های برداشت شده انتخاب گردید و میزان صدمات مکانیکی شامل خسارت پوستی سطحی، خسارت وارده به قسمت گوشتی غده (بریدگی، کوفتگی و زخمی شدن عمقی) به عنوان درصد وزنی از کل غده های برداشت شده تعیین گردید. در تیمار اندازه گیری میزان صدمات پس از انبار مانی، سیب زمینی ها پس از برداشت در انباری با دمای ۵-۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد، به مدت دو ماه نگهداری و سپس میزان صدمات اندازه گیری شد.

در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر عوامل مختلف برداشت بر روی میزان ضایعات این محصول، در قالب طرح آماری فاکتوریل تاثیر رطوبت زمین (در دو سطح)، زمان برداشت (در سه سطح) و رقم سیب زمینی (در سه سطح) بر میزان ضایعات سیب زمینی در حین برداشت و پس از انبار مانی دو ماهه آن در ۳ تکرار بررسی گردید.

تیمارهای آزمایشی عبارتند از:

زمان برداشت سه سطح: دو هفته قبل از تاریخ برداشت به موقع منطقه (اواسط شهریور)، برداشت به موقع (اوایل مهرماه) و دو هفته بعد از تاریخ برداشت به موقع (اواسط مهرماه).

جدول ۳. مشخصات ظاهری ارقام سیب زمینی مورد استفاده در آزمایش

رقم	صافی سطح پوست	شکل غده	رنگ پوست	رنگ گوشت
آگریا	متوسط	بیضی کشیده	کرم	زرد پر رنگ
سانته	صاف	بیضی متمایل به دایره	کرم	زرد کم رنگ
فونتانه	متوسط	بیضی متوسط	سفید	زرد متوسط

رطوبت زمین در زمان برداشت در دو سطح: نقطه پژمردگی (رطوبت خاک ۹ درصد) و ظرفیت مزرعه ای (رطوبت خاک ۱۵ درصد).

رقم سیب زمینی در سه سطح: ارقام آگریا، سانته و فونتانه.

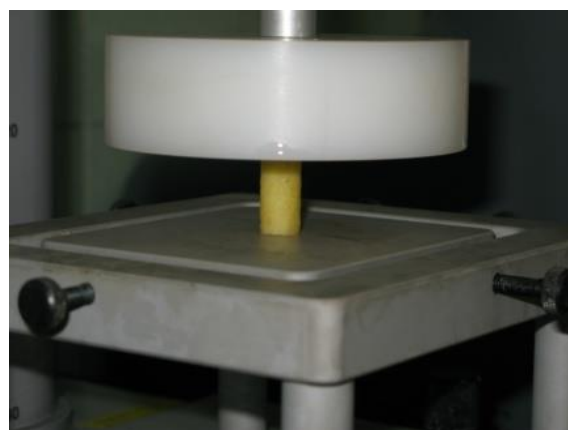
رقم متداول سیب زمینی کشت شده در منطقه آگریا می باشد اما سایر ارقام سیب زمینی نیز مانند سانته و فونتانه نیز مورد استفاده قرار می گیرند لذا رقم های فوق الذکر برای این آزمایش انتخاب گردید. در جدول ۳ مشخصات ظاهری رقم های مذکور بیان شده است.

1. Stress Relaxation  
2. Puncture  
3. Compression

### خصوصیات مکانیکی:

مقاومت فشاری بافت سیب زمینی:

برای اندازه گیری این خصوصیت از دستگاه بافت سنج (Texture Analyzer) (مدل QTS 25Kg ساخت شرکت فارنل انگلستان) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان استفاده شد. این دستگاه دارای نیروسنجی به ظرفیت ۲۵ کیلوگرم نیرو بوده و قابلیت اندازه گیری نیرو با دقت ۰/۰۰۱ نیوتن را دارا می باشد. نمونه های استوانه شکلی از بافت رقم های مختلف سیب زمینی به طول ۲۰ و قطر ۱۱ میلیمتر تهیه گردید (شکل ۲). این نمونه ها طبق استاندارد ASAE بین فک های بالا و پایین دستگاه بافت سنج قرار داده شد و تحت نیروی فشاری با سرعت بار گذاری ۵ میلیمتر در دقیقه قرار گرفت. منحنی نیرو-تغییر شکل توسط نرم افزار دستگاه ترسیم شده و با محاسبه سطح زیر منحنی انرژی مورد نیاز برای گسیختگی محاسبه گردید.



شکل ۲- نمونه سیب زمینی مورد استفاده در آزمایش فشار

مقاومت بافت سیب زمینی در برابر نفوذ:

برای اندازه گیری این خصوصیت نیز از دستگاه بافت سنج استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه سالم سیب زمینی تحت نیروی نفوذی با پروب فلزی با قطر ۳ میلی متر و سرعت بارگذاری ۳۰ میلیمتر در دقیقه قرار گرفت. نیروی اندازه گیری شده برای نفوذ پروب به داخل محصول به عنوان مقاومت در برابر نفوذ منظور گردید. همچنین انرژی مورد نیاز برای این نفوذ با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو-جابجایی به دست آمد.

واهلش:

برای اندازه گیری این صفت که یکی از خصوصیات مهم محصول در زمان انبارداری می باشد و انبارمانی محصول به این خصوصیت مهم وابسته است، با استفاده از دستگاه بافت سنج انجام شد. نمونه های برش خورده استوانه ای شکل سیب زمینی با سرعت ثابت ۶۰ میلیمتر بر دقیقه توسط پروب دستگاه تحت فشار محوری قرار گرفت و تغییر شکلی برابر با ۳ میلیمتر در

نمونه ایجاد می کرد، بعد از اینکه نمونه به این مقدار از تغییر شکل می رسید دستگاه با ثابت نگه داشتن مقدار تغییر شکل ایجاد شده نیرو متناظر با آن (نیروی اعمال از سمت میوه به پروب دستگاه) را به مدت ۶۰ ثانیه ثبت می کرد و منحنی مربوط به آن (نیرو - زمان) را نیز رسم می کرد. با اندازه گیری مقادیر نیرویی در زمان های اولیه ( $F_{t0}$ ) و انتهایی ( $F_{t1}$ ) مقدار واهلش بر حسب درصد (R) را می توان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه نمود (Malcom, 2002).

$$\%R = 100 \frac{F_{t1}}{F_{t0}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح آماری فاکتوریل و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

### نتایج و بحث

**صدمات مکانیکی:** نتایج آنالیز واریانس میزان صدمات مکانیکی وارده به سیب زمینی در هنگام برداشت و پس از مدت ۲ ماه انبار مانی در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان می دهد که اثر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، رقم و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت و همچنین اثر متقابل رطوبت خاک و رقم برداشت در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل تاریخ برداشت و رقم در سطح احتمال ۵٪ بر درصد وزنی صدمات مکانیکی در زمان برداشت معنی دار بوده است. اثر متقابل تاریخ برداشت، رطوبت خاک در زمان برداشت و رقم بر میزان صدمات مکانیکی بر درصد وزنی صدمات مکانیکی در زمان برداشت معنی دار نگردید. در مورد صدمات مکانیکی سیب زمینی پس از انبار مانی دو ماهه می توان گفت که فقط اثرات اصلی رطوبت خاک، تاریخ برداشت، رقم بر درصد وزنی صدمات مکانیکی در زمان برداشت معنی دار گردید و اثرات متقابل معنی دار نشد.

با توجه به نتایج حاصله در جدول ۵ می توان گفت بیشترین میزان صدمه مکانیکی وارده مربوط به رقم آگریا می باشد که به طور معنی داری بیشتر از دو رقم دیگر می باشد. همچنین بیشترین صدمه در تاریخ برداشت اواسط شهریور ایجاد گردیده که بعد از آن به ترتیب مربوط به تاریخ های اوایل مهر و اواسط مهر می باشد. همین نتایج نیز برای درصد صدمات پس از یک انبار مانی دو ماهه نیز به دست آمده است.

اثر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، رقم و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت بر میزان صدمه در حین برداشت معنی دار بوده است. بیشترین میزان صدمه مربوط به رقم آگریا (۱۸/۹۵ درصد) بوده و بعد از آن به ترتیب رقم سانتا بمیزان (۱۵/۶ درصد و رقم فونتانه بمیزان ۱۵/۳ درصد گردیده است

(شکل ۳). در مورد تاثیر زمان برداشت بر میزان صدمات با توجه به جدول ۵ می‌توان گفت بیشترین میزان صدمه وارده (۱۸/۲۶ درصد) در تاریخ برداشت اواسط شهریور ماه بوده و برداشت در تاریخ‌های اوایل مهر و اواسط مهرماه به ترتیب میزان صدمات ۱۶/۴۷ و ۱۵/۱۱ درصد را بوجود آورده است.

جدول ۴. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد صدمات مکانیکی سیب زمینی در هنگام برداشت و دو ماه پس از انبار مانی

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منابع تغییر
درصد صدمات مکانیکی (پس از انبار مانی دو ماهه)	درصد صدمات مکانیکی (هنگام برداشت)		
۱۹۵۱/۲ **	۲۱۶۹/۸ **	۱	رطوبت خاک
۲۸/۲۱ **	۴۵ **	۲	تاریخ برداشت
۲۳۹/۵۱ **	۷۴/۲۷ **	۲	رقم سیب زمینی
۶/۶۴ ns	۸/۸۵ **	۲	رطوبت خاک × تاریخ برداشت
۱۲/۷۲ **	۱۹/۷۲ **	۲	رطوبت خاک × رقم
۱/۹۳ ns	۱/۱۹ *	۴	تاریخ برداشت × رقم
۲/۶۸ ns	۰/۵۰۳ ns	۴	تاریخ برداشت × رطوبت خاک × رقم
۲/۳۹	۰/۳۶۶	۳۴	خطا

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد \* و \*\*: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف متغیرها با استفاده از آزمون دانکن

درصد صدمات مکانیکی در حین برداشت	درصد صدمات مکانیکی پس از انبار مانی ۲ ماهه	
۱۸/۹۵ b	۲۶/۷۵ c	آگریا
۱۵/۶ a	۲۱/۱ b	رقم سائنه
۱۵/۳۰ a	۱۹/۹۲ a	فونتانه
۱۸/۲۶ c	۲۳/۸۴ c	اواسط شهریورماه
۱۶/۴۷ b	۲۲/۵۸ b	تاریخ برداشت اوایل مهرماه
۱۵/۱۱ a	۲۱/۳۴ a	اواسط مهرماه
۲۲/۹۵ b	۲۸/۶ b	رطوبت خاک نقطه پژمردگی
۱۰/۲۷ a	۱۶/۵۸ a	ظرفیت مزرعه‌ای

اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

(2009) Khater می‌باشد.

همچنین در شرایط برداشت در خاک با رطوبت کم، فشار سلولی<sup>۱</sup> سیب زمینی کاهش یافت و الگوی ایجاد صدمه بیشتر به صورت لکه‌های سیاه<sup>۲</sup> می‌باشد (Peters, 1996).

در مورد صدمات ایجاد شده پس از یک دوره انبار مانی دو ماهه می‌توان گفت ترتیب میزان صدمات ایجاد شده در ارقام، زمان برداشت و رطوبت خاک مختلف همانند میزان صدمات در حین برداشت بود ولی میزان صدمات ایجاد شده بمراتب بیشتر از حالت قبل گردید. بیشترین صدمه پس از انبار مانی دوماهه

رطوبت خاک نیز عامل مهمی در بروز صدمات مکانیکی در حین برداشت می‌باشد. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۵ می‌توان گفت اگر میزان رطوبت خاک در حد نقطه پژمردگی (رطوبت ۸-۹ درصد) باشد میزان صدمه ایجاد شده به طور معنی داری بیشتر از حالتی است که رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای (۱۴-۱۵ درصد) باشد. علت ایجاد صدمات مکانیکی کمتر در خاک‌های با رطوبت بالا، افزایش چسبندگی خاک و ایجاد حالت بالشتکی خاک‌های چسبیده به غده مربوط می‌شود. همچنین در خاک‌های با رطوبت بالاتر، خاک در هنگام عبور از روی نقاله ماشین برداشت دیرتر ریزش کرده و نقش پوششی برای سیب زمینی بازی می‌کند که این یافته مطابق با نتایج تحقیق (2003) Yasin et al ، (2006) Bentini et al و

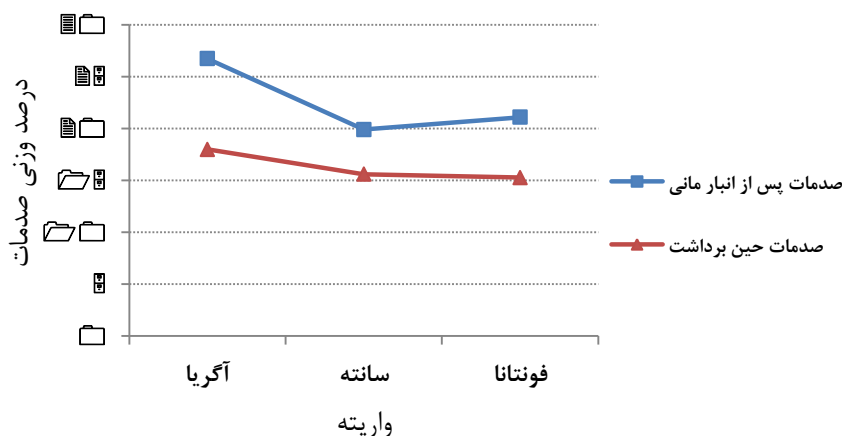
1. Turgor

2. Blackspot

صدمات حین برداشت این است که بعضی از صدمات ایجاد شده در بافت سیب زمینی که در هنگام برداشت رخ می‌دهد و در آن موقع قابل رویت نمی‌باشد (مانند کوفتگی و لکه‌های سیاه)، با توجه به شروع فعالیت میکرواورگانیسرها در طی انبار داری، قابل رویت شده و نهایتاً میزان صدمات افزایش می‌یابد.

مربوط به رقم آگریا با درصد صدمه ۲۶/۷۵ درصد و پس از آن بترتیب رقم سانته با ۲۱/۱ و فونتانا با ۱۹/۹۲ درصد بود. در مورد تاثیر تاریخ برداشت می‌توان گفت بیشترین میزان صدمه مربوط به برداشت در اوایل شهریور ماه بود که صدمه‌ای برابر ۲۳/۸۴ درصد ایجاد کرد و بعد از آن اوایل مهر با ۲۲/۵۸ و اواخر مهر با ۲۱/۳۴ درصد صدمه می‌باشد.

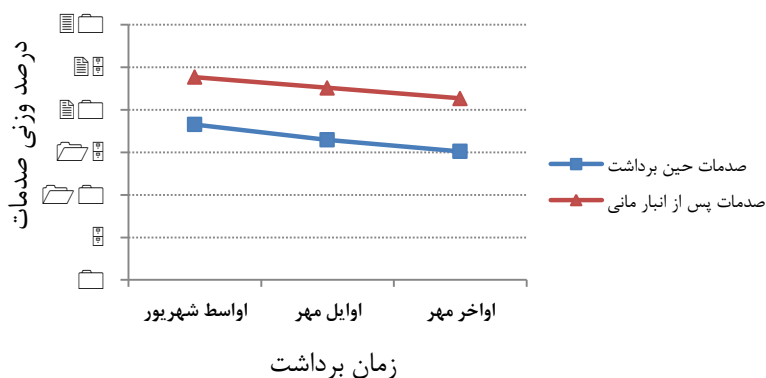
دلیل بیشتر بودن صدمات پس از انبارمانی نسبت به



شکل ۳. تاثیر رقم بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبارمانی

کمترین است که این یک پارامتر مثبت از نقطه نظر جلوگیری از ایجاد صدمه می‌باشد ولی این نکته را بایستی در نظر داشت که هر قدر برداشت به تاخیر بیفتد خواص غذایی و کیفیت بازار پسندی و همچنین خصوصیات مکانیکی سیب زمینی نیز کاهش پیدا می‌کند. لذا بایستی یک زمان بهینه برای داشتن کمترین میزان بروز صدمه و بیشترین کیفیت خوراکی و بافتی در نظر گرفت.

در مورد اثر تاریخ برداشت بر میزان صدمات مکانیکی می‌توان گفت با توجه به اینکه در حالت برداشت زودتر از موقع (اواسط شهریور) پوست سیب زمینی که یک عامل مهم در محافظت غده از صدمه می‌باشد کاملاً تکامل نیافته و نازک می‌باشد میزان صدمه در این حالت بیشتر از تاریخ برداشت بموقع (اوایل مهر) و دیر برداشت (اواخر مهر) می‌باشد. نکته مهم دیگر اینکه میزان صدمه مکانیکی در حالت برداشت دیر هنگام،



شکل ۴. تاثیر تاریخ برداشت بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبارمانی

و واهلش) در هنگام برداشت در سطح احتمال ۱ درصد داشته است. از طرف دیگر اثر متقابل تاریخ برداشت در رقم هیچگونه تاثیر معنی داری بر این خصوصیات نداشته است. در مورد خصوصیات فیزیکی مکانیکی محصول پس از یک دوره انبارمانی

#### خصوصیات مکانیکی

با توجه به نتایج حاصله از آنالیز واریانس می‌توان گفت تاریخ برداشت و رقم سیب زمینی اثر معنی‌داری بر خصوصیات مکانیکی سیب زمینی برداشت (انرژی شکست، مقاومت به نفوذ

خصوصیات بتریب از زمانهای برداشت اواسط شهریور تا اواسط مهرماه افزایش معنی داری داشته است. نتایج به دست آمده از جدول ۶ در مورد تغییرات خصوصیات مکانیکی سیب زمینی پس از یک انبار مانی دو ماهه نشان می‌دهد که رقم آگریا کمترین و رقم فونتانه بیشترین مقدار را دارا می‌باشند. همچنین این مقادیر (خصوصیات مکانیکی) در زمان برداشت اواسط شهریور کمترین و برای تاریخ برداشت اواسط مهرماه بیشترین مقدار را دارا می‌باشد.

نتایج حاصله از آنالیز واریانس نشان دهنده تاثیر معنی دار رقم سیب زمینی و تاریخ برداشت بر میزان انرژی شکست سیب زمینی می‌باشد.

دو ماهه می‌توان گفت تاریخ برداشت بر انرژی شکست و واهلش در سطح احتمال ۱ درصد و بر مقاومت به نفوذ در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی دار داشته است. همچنین رقم سیب زمینی بر تمامی خصوصیات رئولوژیک در سطح ۰/۰۱ اثر معنی دار داشته است. از طرف دیگر اثرات متقابل تاریخ برداشت و رقم بر این خصوصیات معنی دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین تاریخ برداشت و رقم سیب زمینی بر خصوصیات سیب زمینی در هنگام برداشت و پس از یک انبار مانی دو ماهه در جدول ۶ بیان شده است. با توجه به جدول ۶ می‌توان گفت میزان انرژی شکست، مقاومت به نفوذ و درصد واهلش بترتیب در ارقام آگریا، سانته و فونتانه به طور معنی داری افزایش می‌یابد. همچنین این

جدول ۶. نتایج آزمون مقایسه میانگین ها در سطوح مختلف متغیرها پس از انبار مانی دو ماهه با استفاده از آزمون دانکن

رقم	انرژی شکست (mj)		مقاومت به نفوذ (N)		واهلش (%)	
	پس از انبار مانی	حین برداشت	پس از انبار مانی	حین برداشت	پس از انبار مانی	حین برداشت
آگریا	۹۰/۵۰ a	۷۳/۳۴ a	۶/۲۸ a	۶/۲۶ a	۶۹/۰۴ a	۷۱/۵۳ a
سانته	۱۰۴/۳۹ b	۷۸/۷۷ b	۶/۵۳ b	۶/۵۶ b	۷۱/۲۰ b	۷۲/۳۴ b
فونتانه	۱۰۶/۷۷ c	۸۷/۲۲ c	۶/۶۸ c	۶/۷۶ c	۷۲/۳۶ c	۷۳/۳۰ c
اواسط شهریور	۹۸/۹۵ a	۷۶/۸۶ a	۶/۴۴ a	۶/۴۳ a	۶۹/۹۹ a	۷۱/۷۸ a
اوایل مهر	۱۰۰/۰۷ b	۷۹/۲۵ b	۶/۴۶ a	۶/۴۸ a	۷۰/۸۶ b	۷۲/۳۴ a
اواسط مهر	۱۰۲/۶۴ c	۸۳/۲۲ c	۶/۵۹ b	۶/۶۷ b	۷۱/۷۵ c	۷۳/۰۵ b

اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

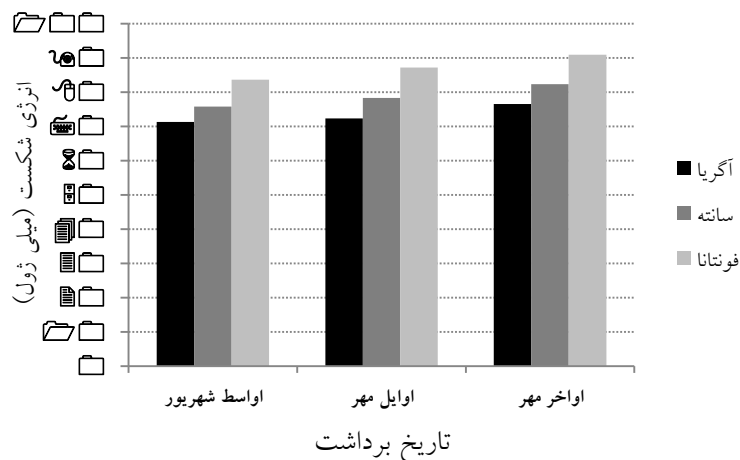
مقدار مقاومت به نفوذ بطور معنی داری تحت تاثیر رقم و تاریخ برداشت قرار می‌گیرد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که رقم فونتانه با مقدار ۶/۷۶ نیوتن بیشترین مقاومت را دارا بوده و رقم‌های سانته و آگریا بترتیب را ۶/۵۶ و ۶/۲۶ نیوتن در رده‌های بعدی قرار دارند.

محققان مختلف یک همبستگی مثبت بین سفتی آکوستیک سیب و سفتی مگنس- تیلور را نشان دادند (Van Zeebroeck et al., 200). سفتی آکوستیک و استحکام بافت (firmness) در مدت انبار داری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و حساسیت به صدمه به علت کاهش در تورم سلولی بافت میوه، کاهش می‌یابد.

با بررسی نتایج آزمون واهلش می‌توان مشاهده نمود که رقم فونتانه دارای قابلیت بالاتری (۷۲/۳۶ درصد) نسبت به رقم سانته (۷۱/۲ درصد) و آگریا (۶۹/۰۴ درصد) در مستهلک نمودن نیروهای فشاری وارده را دارد. این امر می‌تواند ناشی از خصوصیات بافت سیب زمینی باشد. موارد زیر را به صورت کلی می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت :

با توجه به جدول ۳ می‌توان گفت بیشترین انرژی شکست مربوط به رقم فونتانه بمیزان ۸۷/۲۲ میلی ژول بوده و بعد از آن این میزان انرژی مربوط به رقم‌های سانته و آگریا می‌باشد (به ترتیب ۷۸/۷۷ و ۷۳/۳۴ میلی ژول). این خصوصیات پس از انبار مانی نیز قابل توجه بوده به طوری که مقادیر انرژی شکست برای رقم‌های فونتانه، سانته و آگریا بترتیب برابر ۱۰۶/۷۷، ۱۰۴/۳۹ و ۹۰/۵ میلی ژول می‌باشد. لذا می‌توان گفت رقم فونتانه با توجه به خصوصیات بافتی بیشترین مقاومت به شکست را دارا می‌باشد و این امر ممکن است یکی از دلایل ایجاد صدمه مکانیکی کمتر در حین برداشت باشد. تاثیر انبار مانی نیز بر این انرژی نیز قابل توجه است به طوری که با ماندن در انبار انرژی بیشتری برای شکستن بافت سیب زمینی مورد نیاز خواهد بود. دلیل این امر افت آب و کم شدن میزان تردی و فشار داخل سلولی (Turgor) می‌باشد. محققین دیگری نیز نتیجه گرفتند که رقم آگریا نسبت به سایر رقم‌ها در هنگام برداشت مقاومت کمتری به ایجاد کوفتگی دارد ( Eshaghbeygi, A and Besharati, 2009).

بیشترین میزان صدمه وارده مربوط به رقم آگریا می باشد و رقم های سانته و فونتانه در رده های بعدی قرار دارد.



شکل ۵. تأثیر تاریخ برداشت و رقم بر میزان انرژی شکست سبب زمینی

فونتانه دارای بیشترین مقاومت به نفوذ و گسیختگی نسبت به دو رقم دیگر می باشد.

نتایج آزمون واهلش (تنش آسایی) که نشان داد که رقم های فونتانه، سانته و آگریا بترتیب بیشترین توانایی را در مستهلک کردن تنش های وارده دارا می باشند.

زمان برداشت از عوامل موثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سبب زمینی می باشد. با طولانی شدن زمان برداشت انرژی شکست و تنش آسایی سبب زمینی افزایش می یابد و در مقاومت به نفوذ بجز در حالت دیر برداشت (اواخر مهر) در سایر تاریخهای برداشت تأثیر معنی داری ندارد.

بیشترین میزان صدمه در تاریخ برداشت اوایل شهریورماه (زود برداشت) می باشد و بعد از آن تاریخ های اوایل مهر و اواسط مهر (دیر برداشت) در رده های بعدی قرار دارند.

هرچه رطوبت خاک در زمان برداشت کمتر باشد و بطرف نقطه پژمردگی متمایل باشد صدمات بطور معنی داری افزایش پیدا می کند. رطوبت در حد ظرفیت مزرعه ای کمترین میزان صدمه را بدنبال خواهد داشت.

سه رقم سبب زمینی مورد مطالعه دارای خصوصیات بافتی مختلف بوده که این امر موجب تفاوت در انرژی شکست بافت، نیروی مورد نیاز برای نفوذ آنها می گردد. از این حیث رقم

REFERENCES

Anonymous. (2000). ASAE standard. Compression of food materials of convex shape. ASAE S368.3 MAR 95.

Anonymous. (2014). Agricultural Statistical Bulletin. Ministry of Jihad-Agriculture. Khorasan Organization. (in Farsi).

Baritelle A L; Hyde G M; 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; Capara C; Martelli R. (2006). Harvesting Damage to Potato Tubers by Analysis of Impacts recorded with an Instrumented Sphere. *Biosystems Engineering*, 94 (1), 75-85.

Bishop, Chris F.H., (1980). Potato mechanization storage. First publication. Farming press LTD. Pp. 97-130.

Eshaghbeygi, A and Besharati, S. (2009). Potato variety and storage for tuber sensitivity in bruising. *World applied science journal*, 7 (12): 1504-1507.

Hasan Abadi, H., Majidi, E. and Niamanesh, H. (1999). Investigation on The Effect of Temperature Thresholds on The Tuber Growth Process and Secondary Growth In Various Potato SVs In Ardabil Region . Seed and Plant Improvement Institute. (in Farsi).

Hasan Abadi, H. and Hasan Panah. D. (2002). Study, Evaluation And comparison on TPS Drived Tubers and Commercial Cultivars. *Research Repot. Seed and Plant Improvement Institute*. (in Farsi).

Hyde, G.M., Thornton, R.E., Woodruff, D.W. (1983). Potato harvester performance with automatic chain load control. *Transactions of the ASAE. Vol.26*.

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. Cairo, Giza, Egypt*.

Malcom, E. (2002). Food Texture and Viscosity (Concept and Measurement). Elsevier Science and Technology Books.

Peters, R., (1996). Damage of potato tubers, a review. *Potato research*, 39, 479-484.

Van Zeebroeck, M., Van linden, V., Darius, P., De Ketelaere, B., Ramon, H., and Tijskens, E.



(2007). The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 168-175.

Yasin, M & M. Mehmood Ahmad. (2003). Design, and performance evaluation of *rotary potato digger development* .vol .34. no.2. Agricultural

Mechanization in Asia, Africa, and Latin America. Vol.34(2): P, 43-46.

www.FAO.org. Source: Jarasolis, Alvaro. 1991. file:// Potato. Waste. Htm

www.FAO.org/potato-2014/en/world/