

تاثیر زمان برداشت، رطوبت خاک و رقم بر صدمات مکانیکی و خصوصیات رئولوژیک سیب زمینی

سعید ظریف نشاط^۱، محمد حسین سعیدی راد^۲، عباس روحانی^۳

^۱ سعید ظریف نشاط- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

^۲ محمد حسین سعیدی راد- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

^۳ عباس روحانی- استادیار دانشگاه صنعتی شاهرود دانشکده کشاورزی

*نویسنده مسئول:

مشهد مجتمع کشاورزی طرق، صندوق پستی: ۴۸۸، کد: پستی ۹۱۷۳۵- تلفن: ۰۵۱۱۳۸۲۲۳۷۳- موبایل: ۰۹۱۵۵۱۱۹۴۲۲

پست الکترونیکی: zarifneshat@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۲۶

چکیده

سیب زمینی پس از گندم، برنج و ذرت، مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می آید. همواره بخش عمده ای از سیب زمینی در مراحل برداشت و پس از برداشت از بین می رود که مطالعه پارامترهای تاثیر گذار بر این صدمات می تواند در مدیریت کاهش ضایعات موثر واقع شود. در این تحقیق، تاثیر رقم، زمان برداشت و رطوبت خاک بر روی میزان صدمات مکانیکی ایجاد شده و بعضی خصوصیات رئولوژیک مانند انرژی شکست، مقاومت به نفوذ و واهلش در حین برداشت و پس از انبار مانی دو ماهه در قالب طرح آماری فاکتوریل بررسی شد. نتایج نشان داد رقم، تاریخ برداشت و رطوبت خاک تاثیر معنی داری بر میزان صدمه وارده بر سیب زمینی در هنگام برداشت و پس از انبار مانی 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 (نقطه پژمردگی) بود و کمترین میزان صدمه مربوط به برداشت در خاک با رطوبت ۱۵ درصد (ظرفیت مزرعای) بود. در برداشت زود هنگام (اواسط شهریور) بیشترین میزان صدمه و برداشت دیر هنگام (اواخر مهرماه) کمترین میزان در صدمه به سیب زمینی حاصل شد. نتایج مربوط به خواص رئولوژیک نشان داد که رقم، زمان برداشت و مدت انبار مانی اثر معنی داری بر روی خصوصیات رئولوژیک داشته بطوریکه بیشترین انرژی مورد نیاز برای شکست برابر ۸۷/۲۲ میلی ژول مربوط به واریته فونتانه بود و کمترین آن به میزان ۷۳/۳۴ میلی ژول مربوط به واریته آگریا بود.

واژگان کلیدی: سیب زمینی- صدمه مکانیکی- برداشت- خصوصیات رئولوژیک

مقدمه

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان، در آینده 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 بیشتر میوه ها بریدگی^۱ و کوفتگی^۲ از مهمترین و مرسوم ترین نوع صدمات مکانیکی برداشت و پس از برداشت می باشد. معمولا بیماریهای قارچی در صورت ایجاد صدمات مکانیکی ایجاد می گردد که از این میان میتوان به کپک خاکستری^۳ و کپک آبی^۴ اشاره کرد. این اورگانیسیم ها مانند بیشتر پاتوژنهای پس از برداشت نمی توانند بافت سالم را مبتلا کنند و معمولا وارد بافت مرده و یا صدمه دیده می شوند لذا صدمات مکانیکی می تواند عامل اصلی آلودگی و بیماری شود. در صورت جلوگیری از ایجاد صدمه در محصولات، برای جلوگیری از بیماری کمتر به قارچ کش ها نیاز خواهد بود (Van Zeebroeck et al., 2007).

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، پس از گندم، برنج و ذرت، مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می آید. این محصول در سال ۲۰۰۷ حدود ۱۹/۳ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت جهان را به خود اختصاص داده بود که از این سطح حدود ۳۲۲ 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 (Anon, 2009., FAO). در استان خراسان رضوی در حال حاضر بیش از ۱۴۷ هزار تن سیب زمینی از سطحی برابر با ۵۴۰۰ هکتار زمین زراعی با میانگین عملکرد ۲۷ تن برداشت می شود و چهل هزار تن سیب زمینی برداشت شده است (Anon, 2009). سیب زمینی دارای پروتئین با کیفیت بالا، ویتامین ها و عناصر معدنی ضروری و مقدار بسیار پایین چربی است. مقدار انرژی تثبیت شده ناشی از نشاسته در واحد سطح در این محصول ۳ تا ۴ برابر غلات می باشد. این گیاه با عملکرد بالا در واحد سطح و قابلیت کشت در مناطق مختلف، و

1- Cutting

2- Bruising

3- Bortrytis

4- Penicillium

درصد، رقم دراگا ۴/۵ درصد، رقم مارفونا ۶/۱ درصد و رقم سانته ۸/۹ درصد گزارش شده است. 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. 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 کلی انجام این تحقیق کمک در کاهش ضایعات پس از برداشت محصول حساس سیب زمینی می‌باشد. با انجام این تحقیق می‌توان شرایط مناسب برداشت سیب زمینی جهت کاهش ضایعات آن به تولیدکنندگان توصیه نمود. از طرف دیگر با اعمال مدیریت صحیح در زمینه زمان و روش برداشت ضایعات آن را به حداقل رساند. نتایج به دست آمده از این تحقیق قابل استفاده برای تولیدکنندگان این محصول بوده و با ترویج نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای می‌توان کشاورزان را با اصول صحیح برداشت و مدیریت آن آشنا نمود.

مواد و روشها

این آزمایش در سالهای زراعی ۸۹-۸۸ 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.

در این آزمایش برای برداشت سیب زمینی از یک دستگاه تراکتور مس فرگوسن ۳۹۹ و ماشین برداشت سیب زمینی نیمه اتوماتیک دو ردیفه دو نقاله‌ای ساخت شرکت سبز دشت اصفهان استفاده شد. این ماشین بصورت دنباله بند تراکتوری، با تیغه‌های مثلثی یکپارچه و دو نقاله با شیب یکسان بدون لرزاننده بوده که توان حرکتی خود را از محور تواندهی تراکتور می‌گیرد. مشخصات سیب زمینی کن مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.

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., Goyal et al). صدمه غده در حالت کلی به دو بخش تقسیم می‌شود: ۱- خارجی (ترک، بریدگی، کنده شدن پوست و ایجاد شکاف) ۲- داخلی (عمدتا لکه‌های سیاه ناشی از کوفتگی) (Baritelle et al, 2000). بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از محصول سیب زمینی در عملیات برداشت و جابجایی 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 بعلت 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 تحقیقی هاید و همکاران (۱۹۸۳) نشان دادند 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). تاکنون برآورد صحیح و معتبری در خصوص میزان ضایعات سیب زمینی در حین برداشت و پس از برداشت انجام نشده است. آنچه مسلم است این است که همواره بخش عمده‌ای از 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. 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

جدول ۱ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی
Table.1 Soil characteristics of the experimental field

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

جدول ۲ مشخصات سیب زمینی کن مورد استفاده در آزمایش
Table 2 Characteristics of potato harvester used in the experiment

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

آزمایش انتخاب گردید. در جدول ۳ مشخصات ظاهری واریته‌های مذکور بیان شده است.

جدول ۳ مشخصات ظاهری ارقام سیب زمینی مورد استفاده در آزمایش
Table 3 Morphological characteristics of potato cultivars used in the experiment

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



شکل ۱ سیب زمینی کن مورد استفاده در آزمایش
Fig. 1 Potato harvester used in the experiment

پارامترهای مورد اندازه‌گیری میزان صدمات مکانیکی وارده به سیب زمینی در حین برداشت و همچنین میزان صدمه به محصول پس از دو ماه انبار مانی می‌باشد. خصوصیات رئولوژیکی سیب زمینی‌ها شامل واهلش^۱، مقاومت به نفوذ^۲ و آزمون مقاومت به فشار^۳ (تعیین انرژی مورد نیاز برای شکست بافت) برای هر واریته بلافاصله پس از برداشت و پس از دوره انبار مانی دو ماهه در سه تاریخ برداشت اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه بعضی از صدمات بلافاصله بعد از برداشت بروز نکرده و پس از ماندن در انبار ایجاد میشود اندازه‌گیری این صدمات پس از یک دوره انبار داری مذکور ضرورت دارد.

جدول ۲ 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 بموقع منطقه (اواسط شهریور)، برداشت بموقع (اوایل مهرماه) و دو هفته بعد از تاریخ برداشت بموقع (اواسط مهرماه). رطوبت زمین در زمان برداشت در دو سطح: نقطه پژمردگی (رطوبت خاک ۹ درصد) و ظرفیت مزرعه‌ای (رطوبت خاک ۱۵ درصد). رقم سیب زمینی در سه سطح: ارقام آگریا، سانته و فونتانه. رقم غالب سیب زمینی کشت شده در منطقه آگریا می‌باشد اما سایر ارقام سیب زمینی نیز مانند سانته و فونتانه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند لذا رقم‌های فوق الذکر برای این

¹- Stress Relaxation

²- Puncture

³- Compression

صدمات ناشی از برداشت مکانیکی

نیروی نفوذی با پروب فلزی با قطر ۳ میلی متر و سرعت بارگذاری ۳۰ میلی متر 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 بدست 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 میلی متر بر دقیقه توسط پروب دستگاه تحت فشار محوری قرار گرفت و تغییر شکلی برابر با ۳ میلی متر 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).

$$\%R = \frac{F_{t1}}{F_{t0}} \times 100 \quad (1)$$

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

نتایج و بحث

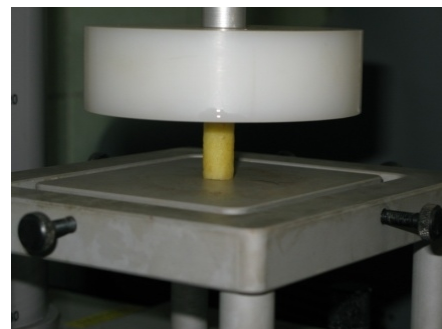
صدمات مکانیکی: نتایج آنالیز واریانس میزان صدمات مکانیکی وارده به سیب زمینی در هنگام برداشت و پس از مدت ۲ ماه انبار مانی در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان می دهد که تاثیر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، واریته و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت و همچنین اثر متقابل رطوبت خاک و واریته برداشت در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل تاریخ برداشت و واریته 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 واریته بر میزان صدمات مکانیکی بر درصد وزنی صدمات مکانیکی در زمان برداشت معنی دار نگردید.

پس از برداشت، از هر تیمار بطور تصادفی ۵۰ غده از ردیفهای برداشت شده انتخاب گردید و میزان صدمات مکانیکی شامل خسارت پوستی سطحی، خسارت وارده به قسمت گوشتی غده (بریدگی، کوفتگی و زخمی شدن عمقی) بعنوان 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 ۳-۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد، بمدت دو ماه نگهداری و سپس میزان صدمات اندازه گیری شد.

خصوصیات رئولوژیک

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 واریته های مختلف سیب زمینی به طول ۲۰ و قطر ۱۱ میلی متر 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 بارگذاری ۵ میلی متر 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
Fig1-A view of the manufactured dryer

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

جدول ۴ خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد صدمات مکانیکی سیب زمینی در هنگام برداشت و دو ماه پس از انبار مانی
Table 4 Summary analysis of variance (mean squares) of potato mechanical damage during harvest and after storage for two months stay

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	واریته سیب زمینی
۶/۶۴ ns	۸/۸۵ **	۲	رطوبت خاک × تاریخ برداشت
۱۲/۷۲ **	۱۹/۷۲ **	۲	رطوبت خاک × واریته
۱/۹۳ ns	۱/۱۹ *	۴	تاریخ برداشت × واریته
۲/۶۸ ns	۰/۵۰۳ ns	۴	تاریخ برداشت × رطوبت خاک × واریته
۲/۲۹	۰/۳۶۶	۳۴	خطا

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

جدول ۵ نتایج آزمون مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن
Table 5 Results of comparison of mean test using by Duncan's test

درصد صدمات مکانیکی پس از انبار مانی ۲ ماهه	درصد صدمات مکانیکی در حین برداشت	
۲۶/۷۵ c	۱۸/۹۵ b	آگریا
۲۱/۱ b	۱۵/۶ a	سانته
۱۹/۹۲ a	۱۵/۳۰ a	فونتانه
۲۳/۸۴ c	۱۸/۲۶ c	اواسط شهریور ماه
۲۲/۵۸ b	۱۶/۴۷ b	اوایل مهر ماه
۲۱/۳۴ a	۱۵/۱۱ a	اواسط مهر ماه
۲۸/۶ b	۲۲/۹۵ b	نقطه پژمردگی
۱۶/۵۸ a	۱۰/۲۷ a	ظرفیت مزرعه ای

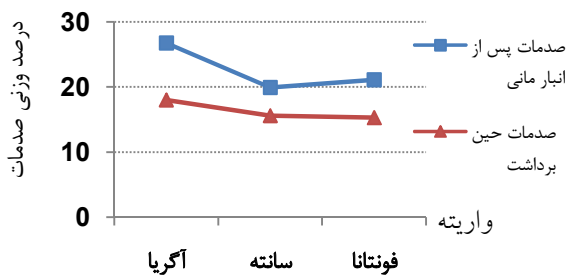
اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۶ نتایج آزمون مقایسه میانگین ها پس از انبار مانی دو ماهه با استفاده از آزمون دانکن
Table 6 Results of comparison of mean test using by Duncan's test

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

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

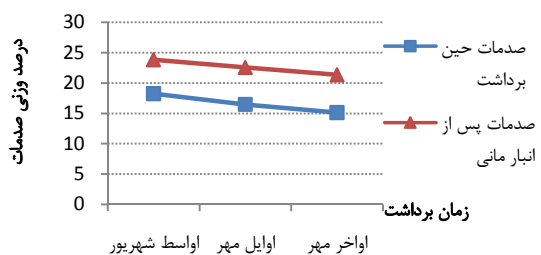
طی انبار داری، قابل رویت شده و نهایتاً میزان صدمات افزایش می‌یابد.



شکل ۳ تاثیر واریته بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبار مانی

Fig. 3. Variety effect on the rate of damaged during harvest and after storage stay

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، 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 فیزیکی 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.



شکل ۴ تاثیر تاریخ برداشت بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبار مانی

Fig. 5.2. Effect of harvest date on damaged during harvest and after storage stay

در مورد صدمات مکانیکی سیب زمینی پس از انبار مانی دو ماهه می‌توان گفت که فقط اثرات اصلی رطوبت خاک، تاریخ برداشت، واریته 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 می‌توان گفت بیشترین میزان صدمه مکانیکی وارده مربوط به واریته آگریا می‌باشد که بطور معنی داری بیشتر از دو واریته دیگر می‌باشد. همچنین بیشترین صدمه در تاریخ برداشت اواسط شهریور ایجاد گردیده که بعد از آن بترتیب مربوط به تاریخهای اوایل مهر و اواسط مهر می‌باشد. همین نتایج نیز برای درصد صدمات پس از یک انبار مانی دو ماهه نیز بدست آمده است.

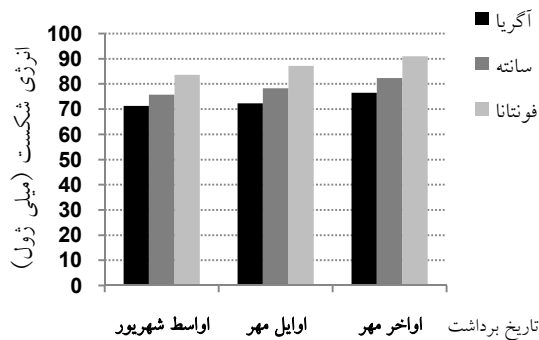
اثر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، واریته و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت بر میزان صدمه در حین برداشت معنی دار بوده است. بیشترین میزان صدمه مربوط به واریته آگریا (۱۸/۹۵ درصد) و بعد از آن بترتیب واریته سانته بمیزان ۱۵/۶ درصد و واریته فونتانه بمیزان ۱۵/۳ درصد گردیده است (شکل ۳). در مورد تاثیر زمان برداشت 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 بترتیب میزان صدمات ۱۶/۴۷ و ۱۵/۱۱ درصد را بوجود آورده است. 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 بطور معنی داری بیشتر از حالتی است که رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرع‌ای (۱۴-۱۵ درصد) باشد. در مورد صدمات ایجاد شده پس از یک دوره انبار مانی دو ماهه می‌توان گفت ترتیب میزان صدمات ایجاد شده در واریته‌ها، 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 دو ماهه مربوط به واریته آگریا با درصد صدمه ۲۶/۷۵ درصد و پس از آن بترتیب واریته سانته با ۲۱/۱ و فونتانه 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 انبار مانی نسبت به صدمات حین برداشت اینست 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 میکرواورگانیس‌مها در

خصوصیات رئولوژیکی

شکستن بافت سیب زمینی مورد نیاز خواهد بود. دلیل این امر افت آب و کم شدن میزان تردی و فشار داخل سلولی (Turgor) می باشد.

مقدار مقاومت به نفوذ بطور معنی داری تحت تاثیر وارپته و تاریخ برداشت قرار می گیرد. نتایج جدول ۶ نشان می دهد که وارپته فونتانه با مقدار ۶/۷۶ نیوتن بیشترین مقاومت را دارا بوده و وارپته های سانته و آگریا بترتیب را ۶/۵۶ و ۶/۲۶ نیوتن در رده های بعدی قرار دارند.

محققان مختلف یک همبستگی مثبت بین سفتی آکوستیک سیب و سفتی مگنس-تیلور را نشان دادند (نقل از وانزبروک و همکاران ۲۰۰۷). سفتی آکوستیک و استحکام بافت (firmness) در مدت انبار داری بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و حساسیت به صدمه به علت کاهش در تورم سلولی بافت میوه، کاهش می یابد.



شکل ۵ تاثیر تاریخ برداشت و وارپته بر میزان انرژی شکست سیب زمینی
Fig. 5 Effect of harvest date and variety on potato fracture energy

با بررسی نتایج آزمون واهلش می توان 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 می تواند ناشی از خصوصیات بافت سیب زمینی باشد. موارد زیر را به صورت کلی می توان از این تحقیق نتیجه گرفت:

- بیشترین میزان صدمه وارده مربوط به وارپته آگریا می باشد و وارپته های سانته و فونتانه در رده های بعدی قرار دارد.
- بیشترین میزان صدمه در تاریخ برداشت اوایل شهریورماه (زود برداشت) می باشد و بعد از آن تاریخهای 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

با توجه به نتایج حاصله از آنالیز واریانس می توان گفت تاریخ برداشت و وارپته سیب زمینی اثر معنی داری بر خصوصیات رئولوژیک سیب زمینی برداشت (انرژی شکست، مقاومت به نفوذ و واهلش) در هنگام برداشت در سطح احتمال ۱ درصد داشته است. از طرف دیگر اثر متقابل تاریخ برداشت در وارپته هیچگونه تاثیر معنی داری بر این خصوصیات نداشته است. در مورد خصوصیات رئولوژیک محصول پس از یک دوره انبار مانی دو ماهه می توان 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 وارپته سیب زمینی بر تمامی خصوصیات رئولوژیک در سطح ۰/۰۱ اثر معنی دار داشته است. از طرف دیگر اثرات متقابل تاریخ برداشت و وارپته بر این خصوصیات معنی دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین تاریخ برداشت و وارپته سیب زمینی بر خصوصیات سیب زمینی در هنگام برداشت و پس از یک انبار مانی دوماهه در جدول ۶ بیان شده است. با توجه به جدول ۶ می توان گفت میزان انرژی شکست، مقاومت به نفوذ و درصد واهلش بترتیب در وارپته های آگریا، سانته و فونتانه بطور معنی داری افزایش می یابد. همچنین این خصوصیات بترتیب از زمانهای برداشت اواسط شهریور تا اواسط مهرماه افزایش معنی داری داشته است. نتایج بدست آمده از جدول ۶ در مورد تغییرات خصوصیات رئولوژیک سیب زمینی پس از یک انبار مانی دو ماهه نشان می دهد که وارپته آگریا کمترین و وارپته فونتانه بیشترین مقدار را دارا می باشند. همچنین این مقادیر (خصوصیات رئولوژیک) در زمان برداشت اواسط شهریور کمترین و برای تاریخ برداشت اواسط مهرماه بیشترین مقدار را دارا می باشد.

نتایج حاصله از آنالیز واریانس نشان دهنده تاثیر معنی دار وارپته سیب زمینی و تاریخ برداشت بر میزان انرژی شکست سیب زمینی می باشد. با توجه به جدول ۶ می توان گفت بیشترین انرژی شکست مربوط به وارپته فونتانه بمیزان ۸۷/۲۲ میلی ژول بوده و بعد از آن این میزان انرژی مربوط به وارپته های سانته و آگریا می باشد (بترتیب ۷۸/۷۷ و ۷۳/۳۴ میلی ژول). این خصوصیات پس از انبار مانی نیز قابل توجه بوده بطوریکه مقادیر انرژی شکست برای وارپته های فونتانه، سانته و آگریا بترتیب برابر ۱۰۶/۷۷، ۱۰۴/۳۹ و ۹۰/۵ میلی ژول می باشد. لذا می توان گفت وارپته فونتانه با توجه به خصوصیات بافتی بیشترین مقاومت به شکست را دارا می باشد 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 بطوریکه با ماندن در انبار انرژی بیشتری برای

- زمان برداشت از عوامل موثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سیب زمینی می‌باشد. با طولانی شدن زمان برداشت انرژی شکست و تنش آسایبی سیب زمینی افزایش می‌یابد و در مقاومت به نفوذ بجز در حالت دیر برداشت (اواخر مهر) در سایر تاریخهای برداشت تاثیر معنی داری ندارد.
- افزایش پیدا می‌کند. رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای کمترین میزان صدمه را بدنبال خواهد داشت.
- سه وارسته سیب زمینی مورد مطالعه دارای خصوصیات بافتی مختلف بوده که این امر موجب تفاوت در انرژی شکست بافت، نیروی مورد نیاز برای نفوذ آنها می‌گردد. از این حیث رقم فونتانه دارای بیشترین مقاومت به نفوذ و گسیختگی نسبت به دو وارسته دیگر می‌باشد.
- نتایج آزمون تنش آسایبی که نشان داد که وارسته های فونتانه، سانته و اگریا بترتیب بیشترین توانایی را در مستهلک کردن تنش های وارده دارا می‌باشند.

منابع

- 1- Anonymous. 2000. ASAE standard. **Compression of food materials of convex shape**. ASAE S368.3 MAR 95.
- 2- Anon. 2009. **Agricultural Statistical Bulletin**. Ministry of Jihad-Agriculture. Khorasan Organization. (in Farsi)
- 3- Baritelle, A.L., Hyde, G.M., Thornton, R. and Bajema, R. 2000. A classification system for impact-related defects in potato tubers. **American Journal of Potato Research**. 77(3):143–148.
- ۴- 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.
- 5- Bishop, Chris F.H., 1980. **Potato mechanization storage**. First publication. Farming press LTD. Pp. 97-130.
- 6- Goyal, R.K. and R.M. Ilyas. 2003. **Effect of transportation distance on quality farm fresh tomatoes**. An ASAE meeting presentation, paper number: 036114. WWW.ASAE.org
- ۷- Abadi, H., Majidi, E. and Niamanesh, H. 1999. **Investigation on The Effect of Temperature Theresholds on The Tuber Growth Process and Secondary Growth In Various Potato SVs In Ardabil Region**. Seed and Plant Improvement Institute. (in Farsi)
- ۸- Abadi, H. and Panah, H. D. 2002. Study, Evaluation And comparison on TPS Drived Tubers and Commercial Cultivars. Research Repot. **Seed and Plant Improvement Institute**. (in Farsi)
- ۹- Hyde, G.M., Thornton, R.E., Woodruff, D.W. 1983. Potato harvester performance with automatic chain load control. **Transactions of the ASAE**. Vol.26.
- 10- Malcom, E.2002. **Food Texture and Viscosity (Concept and Measurment)**. Elsevier Sience and Technology Books.
- ۱۱- Peters, R., 1996. Damage of potato tubers, a review. **Potato research**, 39, 479-484.
- ۱۲- Van Zeebroeck, M., Van linden, V., Darius, P., De Ketelaere, B., Ramon, H., and Tijkskens, E. 2007. The effect of fruit properties on the bruise susceptibilty of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, 45, 168-175.
- 13- WWW.FAO.org.Source:CIP, AFO.file:// Waste. Htm
- 14- WWW.FAO.org.Source: Jara solis, Alvaro.1991.file://Potato. Waste. Htm
- 15- Hesse, P.R. 1971. **A Text Book of Soil Chemical Analysis**. John Murray Publication. London., 525p.

THE EFFECT OF HARVEST DATE, SOIL MOISTURE AND CULTIVAR ON MECHANICAL DAMAGE AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POTATO

Zarifneshat S^{1*}, Saeidirad M.H², Rohani A³

1- Saeed Zarifneshat- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, Iran.

2- Mohammad Hossein Saeidirad- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, Iran.

3- Abbas Rohani- Assistant Professor, Dept. of Water and Soil, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

*Corresponding author: zarifneshat@yahoo.com

Abstract

Potato is one of the most important agricultural products after wheat, rice and corn. Considerable amount of potato is always damaged during harvesting and post harvesting process. Studying on parameters influence these damages can be effective in the management of loss control. In this study, the effect of variety, harvesting time and soil moisture on mechanical of samples, during harvest and storage time of two month. Moreover, the effect of these parameters on rheological properties such as rupture energy, Strength against penetration, and stress relaxation has been investigated using factorial design. The results showed that variety, harvesting time and soil moisture have a significant effect on potato damage during harvesting and after storing time. From this point of view, Agria, Sante and Fontane varieties have the most damages respectively. The maximum amount of damages was related to soil moisture with situation of wilting point (9 percent), and minimum amount of damages was related to soil moisture with field capacity (15 percent). During harvesting the Max and Min amount of losses were obtained during early harvesting (middle of September) and late harvesting (middle of October), respectively. The maximum and minimum energy required for rupture was 87.22 and 73.34 E-3 joule related to Fontane and Agria respectively. Strength against penetration was 6.76, 6.56 and 6.26 N for Fontane, Sante and Agria respectively. Max amount of stress relaxation was 72.36% for Fontane by Santa and Agria with 71.20 and 69.04 percent.

Keywords: potato – Mechanical Damage - Harvest – Rheological properties

