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

سعید ظریف نشاط[1]، محمد حسین سعیدی راد[1] عباس روحانی[2]،
1- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
2- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

Email: zarifneshat@yahoo.com

چکیده

سیب زمینی پس از گندم، برنج و ذرت، مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می آید. همواره بخش عمده‌ای از سیب زمینی در مراحل برداشت و پس از برداشت از بین می‌رود 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 فونتانا دارا بود . بیشترین میزان صدمه مربوط به برداشت در خاک دارا ی رطوبت 9 درصد (نقطه پژمردگی) بود و کمترین میزان صدمه مربوط به برداشت در خاک با رطوبت 15 درصد (ظرفیت مزرعه‌ای) بود. در برداشت زود هنگام (اواسط شهریور) بیشترین میزان صدمه و برداشت دیر هنگام (اواخر مهرماه) کمترین میزان درصد 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 87/22 میلی ژول مربوط به واریته فونتانا بود و کمترین آن بمیزان 73/34 میلی ژول مربوط به واریته آگریا بود.

کلمات کلیدی: برداشت- خصوصیات رئولوژیک- سیب زمینی- صدمات مکانیکی

مقدمه

سیب زمینی (Solanum tuberosum L.)، پس از گندم، برنج و ذرت، مهمترین محصول زراعی جهان به شمار می‌آید. این محصول در سال 2007 حدود 19/3 میلیون هکتار از اراضی زیر کشت جهان را به خ ود اختصاص داده بود که از این سطح حدود 322 میلیون تن محصول برداشت شده بود (FAO, 1991).

در استان خراسان رضوی در حال حاضر بیش از 147 هزار تن سیب زمینی از سطحی برابر با 5400 هکتار زمین زراعی با میانگین عملکرد 27 تن برداشت میشود و چهل هزار تن سیب زمینی برداشت شده است (بی نام، 1387).

مقدار انرژی تثبیت شده ناشی از نشاسته در واحد سطح در این محصول 3 تا 4 برابر غلات می باشد. این گیاه با عملکرد بالا در واحد سطح و قابلیت کشت در مناطق مختلف، و با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان، درآینده نقش مهمتری درتأمین غذای بشر ایفا خواهد نمود و می تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای غلات در

تغذیه مردم مطرح باشد (حسن آبادی و همکاران، 1380). صدمه ناشی از نیروهای مکانیکی یکی از علل مهم افت کیفی سیب زمینی در دنیا می باشد. مطالعه‌ای که در آمریکا صورت گرفته است نشان می دهد که 42 درصد سیب زمینی‌ها پس از برداشت دچار آسیب گردیده است که این مقدار پس از سورتینگ و درجه بندی به 54 درصد می‌رسد. پیشرفت‌های تکنولوژی باعث تغییر الگوی صدمات گردیده است . بطور کلی 70 درصد صدمات وارده به سیب زمینی در طی فرآیند برداشت و 30 درصد آن در هنگام حمل و نقل و انبار داری اتفاق می افتد(Peters, 1996; Goyal et al, 2003). صدمه غده در حالت کلی به دو بخش تقسیم میشود : 1- خارجی(ترک، بریدگی، کنده شدن پوست و ایجاد شکاف) 2- داخلی (عمدتا لکه های سیاه ناشی از کوفتگی)(Baritelle et al, 2000).
بررسی‌ها نشان می دهد که حدود 20 درصد از محصول سیب زمینی در عملیات برداشت و جابجایی خسارت می‌بینند که بیش از 10 درصد آنها دچار صدمه کوفتگی گشته و منجر به آبی یا سیاه شدن بافت محصول می گردد. مقدار این صدمه با توجه به زمان برداشت، شرایط خاک، دمای هوا هنگام برداشت و مهارت کشاورز متغیر خواهد بود. (Bishop, 1980). در تحقیقی هاید و همکاران (1983) نشان دادند که در دو نوع خاک شنی 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, 1983).
میزان ضایعات وارده به محصول تحت تاثیر عوامل مخ تلفی از قبیل رقم، ز مان برداشت و رطوبت خاک می باشند. با انجام این تحقیق می توان 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.

مواد و روشها

در این آزمایش برای برداشت سیب زمینی از یک دستگاه تراکتور مس فرگوسن 399 و ماشین برداشت سیب زمینی نیمه اتوماتیک دو ردیفه دو نقاله ای 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 می گیرد. 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 9 درصد) و ظرفیت مزرعه‌ای(رطوبت خاک 15 درصد) و رقم سیب زمینی در سه سطح: ارقام آگریا، سانته و فونتانا.
پارامتر مورد اندازه‌گیری 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 رئولوژیکی سیب‌زمینی‌ها شامل واهلش[1]، مقاومت به نفوذ[2] و آزمون مقاومت به فشار[3] (تعیین انرژی مورد نیاز برای شکست بافت) برای هر واریته بلافاصله پس از برداشت و پس از دوره انبار مانی دو ماهه در سه تار یخ برداشت اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه بعضی از صدمات بلافاصله بعد از برداشت بروز نکرده و پس از ماندن در انبار ایجاد میشود اندازه گیری این صدمات پس از یک دوره انبار داری مذکور ضرورت دارد.

[1]- *Stress Relaxation*
[2]- *Puncture*
[3] - *Compression*

پس از برداشت، از هر تیمار بطور تصادفی 50 غده از ردیفهای برداشت ش ده انتخاب گردید و میزان صدمات مکانیکی شامل خسارت پوستی سطحی، خسارت وارده به قسمت گوشتی غده (بریدگی و کوفتگی) بعنوان درصد وزنی از کل غده های برداشت شده تعیین گردید . برای اندازه گیری مقاومت فشاری بافت سیب زمینی از دستگاه بافت سنج (Texture Analyzer) استفاده شد. نمونه‌های استوانه شکلی از بافت واریته های مختلف سیب زمینی به طول 20 و قطر 11 میلیمتر تهیه گردید. این نمونه‌ها بین فک های بالا و پایین دستگاه بافت سنج قرار داده شد و تحت نیروی فشاری با سرعت بار گذاری 5 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.

برای اندازه‌گیری مقاومت بافت سیب زمینی در برابر نفوذ نیز از دستگاه بافت سنج استفاده شد . بدین ترتیب که نمونه سالم سیب زمینی تحت نیروی نفوذی با پروب فلزی با ق طر 3 میلی متر و سرعت بارگذاری 30 میلیمتر در دقیقه قرار گرفت. نیروی اندازه‌گیری 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.

برای اندازه گیری واهلش نمونه‌های برش خورده استوانه‌ای شکل سیب زمینی با سرعت ثابت 60 میلیمتر بر دقیقه توسط پروب دستگاه تحت فشار محوری قرار گرفت و تغییر شکلی برابر با 3 میلیمتر در نمونه ایجاد می کرد، با ثابت نگه داشتن مقدار تغییر شکل ایجاد شده نیرو متناظر با آن (نیروی اعمال از سمت میوه به پروب دستگاه) را به مدت 60 ثانیه ثبت شد و منحنی مربوط به آن (نیرو – زمان) رسم گردید. با اندازه گیری مقادیر نیرویی در زمان های اولیه (Ft_0) و انتهایی (Ft_1) مفدار واهلش بر حسب درصد (R) را می توان با استفاده از رابطه 1 محاسبه نمود.

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

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

نتایج و بحث

نتایج نشان می دهد که اثر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، وار یته و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت و همچنین اثر م تقابل رطوبت خاک و واریته برداشت در سطح احتمال 1٪ و اثر متقابل تاریخ برداشت و واریته در سطح احتمال 5٪ بر درصد وزنی صدمات مکانیکی در زمان برداشت معنی دار بوده است. میزان صدمات 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.

بیشترین میزان صدمه مکانیکی وارده مربوط به واریته آگریا می باشد 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 می باشد. همین نتایج نیز برای درصد صدمات پس از یک انبار مانی دو ماهه نیز بدست آمده است.

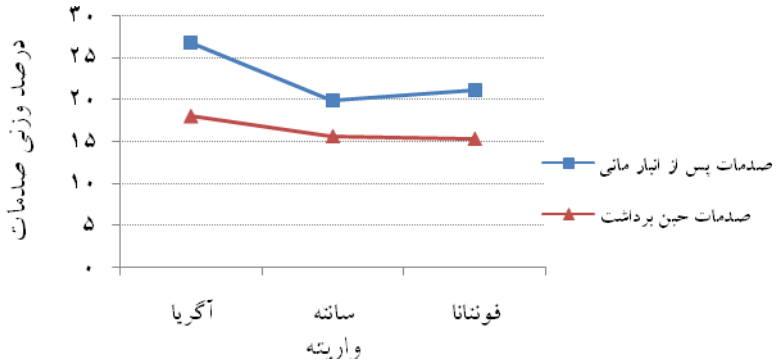
اثر رطوبت خاک، تاریخ برداشت، واریته و اثرات متقابل رطوبت خاک و تاریخ برداشت بر میزان صدمه در حین برداشت معنی دار بوده است . بیشترین میزان صدمه مربوط به واریته آگریا (18/95 درصد) بوده و بعد از آن بترتیب واریته سانته بمیزان 15/6 درصد و واریته فونتانا بمیزان 15/3 درصد گردیده است (شکل 1).

بیشترین میزان صدمه وارده (18/26 درصد) در تاریخ برداشت اواسط شهریور ماه بوده و برداشت در تاریخهای اوایل مهر و اواسط مهرماه بترتیب میزان صدمات 16/47 و 15/11 درصد را بوجود آورده است (شکل 2). رطوبت خاک نیز عامل مهمی در بروز صدمات مکانیکی در حین برداشت می‌باشد می‌توان گفت اگر میزان رطوبت خاک در

حد نقطه پژمردگی (رطوبت 9-8 درصد) باشد میزان صدمه ایجاد شده بطور معنی داری بیشتر از حالتی است که رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای (15-14 درصد) باشد.

صدمات مکانیکی پس از انبار مانی دو ماهه : بطور کلی ترتیب میزان صدمات ایجاد شده در واریته های، 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 مربوط به واریته آگریا با درصد صدمه 26/75 درصد و پس از آن بترتیب واریته سانته با 21/1 و فونتانا با 19/92 درصد بود. در مورد تاثیر تاریخ برداشت می‌توان گفت بیشترین میزان صدمه مربوط به برداشت در اوایل شهریور ماه بود که صدمه ای برابر 23/84 درصد ایجاد کرد و بعد از آن اوایل مهر با 22/58 و اواخر مهر با 21/34 درصد صدمه می‌باشد.

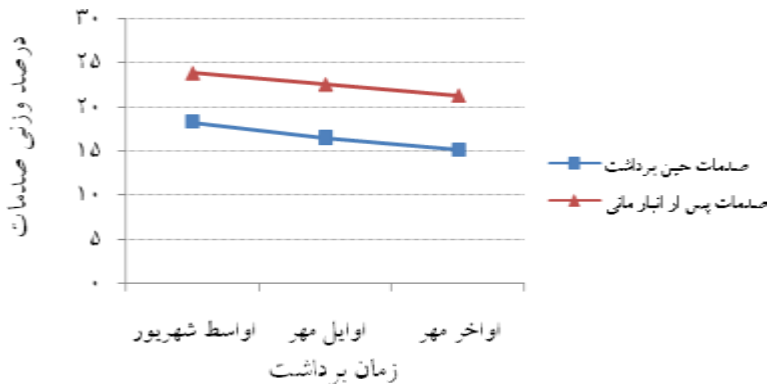
دلیل بیشتر بودن صدمات پس از انبار مانی نسبت به صدمات حین برداشت اینست که بعضی از صدمات ایجاد شده در بافت سیب زمینی که در هنگام برداشت رخ می دهد و در آن موقع قابل رویت نمی باشد (مانند کوفتگی و لکه‌های سیاه)، با توجه به شروع فعالیت میکرو اورگانیسمها در طی انبار داری، قابل رویت شده و نهایتا میزان صدمات افزایش می‌یابد.



شکل 1- تاثیر واریته بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبار مانی

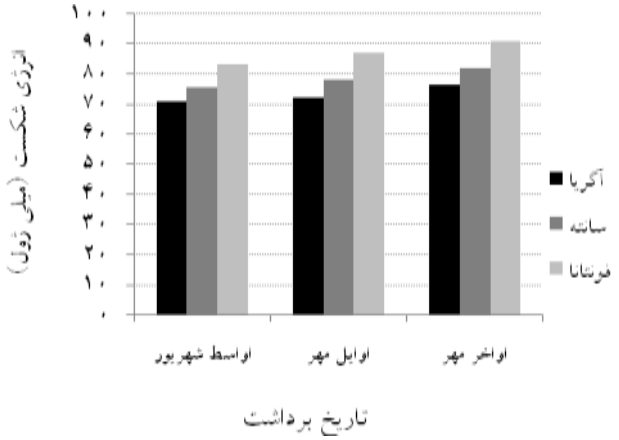
در مورد اثر تاریخ برداشت بر میزان صدمات مکانیکی می توان گفت با توجه به اینکه در حالت برداشت زودتر ا ز موقع (اواسط شهریور) پوست سیب زمینی که یک عامل مهم در محافظت غده از صدمه می باشد کاملا تکامل نیافته و نازک می باشد میزان صدمه در اینحالت بیشتر از تاریخ برداشت بموقع (اوایل مهر) و دیر برداشت (اواخر مهر) 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 می باشد لذا بایستی یک زمان بهینه برای داشتن کمترین میزان بروز صدمه و بیشترین کیفیت خوراکی و بافتی در نظر گرفت. خصوصیات رئولوژیکی:

با توجه به نتایج حاصله از جداول فو ق می توان گفت تاریخ برداشت و واریته سیب زمینی اثر معنی داری بر خصوصیات رئولوژیک سیب زمینی برداشت (انرژی شکست، مقاومت به نفوذ و واهلش) در هنگام در سطح 0/01 داشته است. همچنین این خصوصیات بترتیب از زمانهای برداشت اواسط شهریور تا اواسط مهرماه افزایش معنی داری داشته است. همچنین این مقادیر (خصوصیات رئولوژیک) در زمان برداشت اواسط شهریور کمترین و برای تاریخ برداشت اواسط مهرماه بیشترین مقدار را دارا می‌باشد.



شکل 2- تاثیر تاریخ برداشت بر میزان صدمات وارده در حین برداشت و پس از انبار مانی

نتایج حاصله از آنالیز وا ریانی نشان دهنده تاثیر معنی دار واریته سیب زمینی و تاریخ برداشت بر میزان انرژی شکست سیب زمینی می‌باشد. بیشترین انرژی شکست مربوط به واریته فونتانا بمیزان 87/22 میلی ژول بوده و بعد از آن این میزان انرژی مربوط به واریته های سانته و اگریا می باشد (بترتیب 78/77 و 73/34 میلی ژول). این خصوصیات پس از انبار مانی نیز قابل توجه بوده بطوریکه مقادیر انرژی شکست برای واریته های فونتانا، سانته و اگریا بترتیب برابر 106/77، 104/39 و 90/5 میلی ژول می باشد. لذا می توان گفت واریته فونتانا 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 شکستن بافت سیب زمینی مورد نیاز خواهد بود . دلیل این امر افت آب و کم شدن میزان تردی و فشار داخل سلول(Turgor) می‌باشد. مقدار مقاومت به نفوذ بطور معنی داری تحت تاثیر واریته و تا ریخ برداشت قرار می گیرد. نتایج نشان می‌دهد که واریته فونتانا با مقدار 6/76 نیوتن بیشترین مقاومت را دارا بوده و واریته‌های سانته و آگریا بتر تیب را 6/56 و 6/26 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 وانزیبروک و همکاران 2007). 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 می‌یابد.



شکل5-3- تاثیر تاریخ برداشت و واریته بر میزان انرژی شکست سیب زمینی

با بررسی نتایج آزمون واهلش می توان مشاهده نمود که رقم فونتانا دارای قابلیت بالاتری (72/36 درصد) نسبت به رقم سانته (71/2 درصد) و آگریا (69/04 درصد) در مستهلک نمودن نیروهای فشاری وارده را دارد . این امر می‌تواند ناشی از خصوصیات بافت سیب زمینی باشد.

بعنوان نتیجه گیری کلی می توان گفت بیشترین میزان صدمه وارده مربوط به واریته آگریا می باشد و واریته های سانته و فونتانا در رده‌های بعدی قرار دارد. بیشترین میزان صدمه در تاریخ برداشت اوایل شهریورماه (زود برداشت) می‌باشد و بعد از آن تاریخهای اوایل مهر و اواسط مهر (دیر برداشت) در رده‌های بعدی قرار دارند. رطوبت در حد ظرفیت مزرعه ای کمترین میزان صدمه را بدنبال خواهد داشت . رقم فونتانا دارای بیشترین مقاومت به نفوذ و گسیختگی نسبت به دو واریته دیگر می باشد . واریته های فونتانا، سانته و اگریا بترتیب بیشترین توانایی را در مستهلک کردن تنش های وارده دارا می باشند. با طولانی شدن زمان برداشت انرژی شکست و واهلش سیب زمینی افزایش می‌یابد و در مقاومت به نفوذ بجز در حالت دیر برداشت (اواخر مهر) در سایر تاریخهای برداشت تاثیر معنی داری ندارد.

منابع

1- بی نام. 1387. آمارنامه کشاورزی. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

2- حسن آبادی، حسن و داوود حسن پناه. 1380. بررسی و ارزیابی و مقایسه غده‌های حاصل از بذر حقیقی سیب زمینی با ارقام تجاری. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل.

3- حسن پناه، داوود. 1381. بررسی تاثیر آستانه حرارتی در روند رشد غده و رشد ثانویه در ارقام مختلف سیب زمینی در منطقه اردبیل. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل.

4- Anonymous. 2000. ASAE standard. Compression of food materials of convex shape. ASAE S368.3 MAR 95.

5- Baritelle A L; Hyde G M; Thornton R; Bajema R (2000). A classification system for impact-related defects in potatotubers. American Journal of Potato Research, 77(3),143–148.

6- Bentini M; Capara C; Martelli R. (2006). Harvesting Damage to Potato Tubers by Analysis of Impacts recordedwith an Instrumented Sphere . Biosystems Engineering, 94 (1), 75–85.

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

8- 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

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

11- 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.

12- WWW.FAO.org.Source:CIP, AFO.file:// Waste. Htm

13- WWW.FAO.org.Source: Jara solis, Alvaro.1991.file://Potato. Waste. Htm