بررسی میزان آسیب سیب‌زمینی تحت بارگذاری دینامیکی

حامدافشاری[۱*]، سعید مینایی[۲]، مرتضی الماسی[۳]، پرویز عبدالمالکی[۴]

۱-دانشجوی سابق دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۲- دانشیار مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی و رئیس قطب علمی مهندسی بازیافت و کاهش ضایعات محصولات استراتژیک کشاورزی
۳- استاد مکانیزاسیون کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
٤- استادیار دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در ایران میزان قابل توجهی از محصولات تولیدی بخش کشاورزی به ضایعات تبدیل می‌شود. سیب‌زمینی که دارای بیشترین انرژی غذایی به ازای واحد سطح می‌باشد یکی از محصولات عمده کشور بوده و میزان ضایعات آن نیز بر اساس گزارشات منتشره قابل توجه است. بخشی از آسیب‌های ایجاد شده در غده سیب‌زمینی ناشی از صدمات مکانیکی است که در چرخه تولید مکانیزه سیب‌زمینی هنگامی که غده‌ها با اجزای ثابت و متحرک ماشین‌ها، سنگ‌ها و کلوخ‌ها و با یکدیگر برخورد می نمایند ایجاد می‌گردد. مقدار آسیب‌های مکانیکی که در اثر برخورد در غده ایجاد می‌شود، به خواص مکانیکی و رئولوژیک غده‌ها و نیروهای خارجی اعمال شده به آن بستگی دارد. بنابراین کنترل میزان آسیب‌های مکانیکی وارده، افزون بر عوامل محیطی، به کاهش نیروهای خارجی اعمال شده به غده در حین کندن و مراحل مختلف جا به جایی سیب زمینی درون ماشین نیز بستگی دارد. برخی از تحقیقات حاکی از آن است که خواص مکانیکی و رئولوژیک غده‌ها و استعداد آن‌ها به آسیب‌پذیری یکی از مباحثی است که اهمیت بیشتری نسبت به تنظیم‌های ماشین برداشت دارد. برخی از ارقام آسیب‌پذیر با توجه به تنظیمات صحیح ماشین‌های برداشت باز دچار آسیب می‌شوند. لذا لزوم شناخت خواص مکانیکی ارقام و آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر نیروهای مختلف به منظور مکانیزه نمودن صحیح محصول و کاهش ضایعات ضروری است.

در این تحقیق با انجام آزمایشات ضربه بر روی سه رقم سیب زمینی اگریا، آئولا و مارفونا با استفاده از دستگاه آونگی اثرات زاویه رهایی غده، رقم محصول و اندازه غده بر نوع و حجم آسیب مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که اثر رقم محصول، اندازه غده و زاویه رهایی بر حجم آسیب معنی‌دار بوده و حجم آسیب در رقم آئولا به طور معنی داری بیش از ارقام دیگر می‌باشد. همچنین آسیب دیدگی در غده‌های بزرگتر بیش از غده‌های کوچک و متوسط است.

کلید واژگان: سیب‌زمینی، ضربه، اندازه غده، حجم آسیب

۱-مقدمه

با افزایش مداوم جمعیت دنیا نیاز به مواد غذایی روز به روز با سرعتی شگرف افزایش می‌یابد. سازمان خواروبار جهانی[1] اعلام کرده است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۸ میلیارد نفر خواهد رسید که تأمین موادغذایی این جمعیت نیاز به کوشش و پیگیری فراوان در زمینه کشاورزی و علوم وابسته دارد.با وجود پیشرفتهای قابل توجه در سه دهه اخیر مصرف سالیانه مواد غذایی فقط در حدود ۲۰ درصد افزایش یافته است. بر اساس برآوردهای موجود تا سال ۲۰۳۰ باید مقدار تولید محصولات غذایی در کشورهای درحال توسعه ۷۰ درصد بیشتر از تولید فعلی آن باشد تا بتواند همگام با جمعیت رو به رشد حرکت نماید و بدرستی جوابگوی نیاز های آنها باشد(اسدی و حسندخت، ۱۳۸٤).

1. FAO

* مسئول مکاتبات: hamed.afshari@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به شرایط آب و هوایی، محدودیت منابع آبی و نیز محدودیت زمینهای دارای پتانسیل تولید کشتهای دیم، افزایش تولید محصولات کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان امکان پذیر نیست. بنابراین برای تأمین مواد غذایی باید بهرهوری از عوامل تولید بویژه آب و خاک افزایش و ضایعات مواد غذایی تا حد امکان کاهش یابد (حقوقی،۱۳۷۷). هر ساله مقدار بسیار زیادی از محصولات زراعی و باغی در مراحل گوناگون بویژه پس از برداشت دچار افت کیفیت میگردد به طوری که مقدار این ضایعات درکشورهای جهان سوم به دلیل کم توجهی به اصول نگهداری فرآوردههای کشاورزی و عدم توسعه و تکامل روشهای علمی انبارداری و خسارت ناشی از آفتهای انباری بیش از کشورهای صنعتی است. چنانچه آسیبهای وارده به محصولات کشاورزی در مزرعهها و باغها نیز به آن افزوده شود، موجب تولید مقدار زیادی ضایعات در محصولات کشاورزی خواهد شد به طوری که بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی مقدار این ضایعات در کشورهای آمریکای لاتین به ۳۳ درصد و در آفریقا به ٤٠ درصد بالغ میشود (زمردی، ۱۳۷۰). در کشور ما نیز به دلیل نارساییهای موجود در سیستم نگهداری، تبدیل و توزیع، مقداری از محصولات کشاورزی ضایع میشود که مقدار آن به نسبت بالا است. بر پایهٔ آمارهای موجود به طور متوسط ۳۵ درصد از محصولات کشاورزی در ایران ضایع میشود که این خود غذای ۱۵ تا ۲۰ میلیون نفر از جمعیت کشور است (کلانتری، ۱۳۷۳). در این میان سیب زمینی یکی از محصولات استراتژیک میباشد که به علت ذخیره مقدار زیادی کربوهیدرات نقش مهمی در تغذیه جوامع بشری و امنیت غذایی دارا می باشد، همچنین یکی از محصولات عمده زراعی کشور به شمار می-رود و سطح زیر کشت آن در ایران در حدود ١٦٦ هزار هکتار میباشد (معمارزاده، ۱۳۸۲). لیکن تحقیقات کافی بر روی این محصول در کشور صورت نگرفته و ضرورت آن احساس می-گردد. از جمله تحقیقاتی که باید درباره سیب زمینی اجرا شود، بررسی ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی آن به منظور کاهش ضایعات در مراحل مختلف عملیات کشاورزی میباشد.

میزان آسیب سیبزمینی پس از برداشت در ایالات متحده آمریکا یازده درصد و پس از انبارداری ۳۷ تا ۵۷ درصد بیان شده است (Schoorl and Holt , 1983). در تحقیقی دیگر میزان خسارت ناشی از آسیب مکانیکی سیبزمینی به کشاورزان آمریکا ۱۵۰ میلیون دلار گزارش شده است (1985 ,Sietal) که به طور متوسط برای هر کشاورز ۱۰۰۰۰ دلار میباشد و پیشبینی میزان آن در زمان حال سالیانه ۱۲۰۰۰ دلار است. بر اساس گزارش وزارت کشاورزی آمریکا ۸ درصد از تولید محصول سیبزمینی در زمان عملیات برداشت و حمل و نقل از بین میرود (Matthew and Hyde,1992).

در انگلیس تنها ٦٤ درصد محصول سیبزمینی فاقد آسیب کوفتگی میباشد (Potato Marketing Board,1973).

میزان آسیب مکانیکی وارده بر سیبزمینی در لهستان در یک دوره ۱۰ ساله از ده تا سی درصد عملکرد کل محصول گزارش گردیده است (Arwowski,1985).

برداشت مکانیزه منبع اصلی صدمه به محصول سیب زمینی میباشد(Thornton and William, 1998). در چرخه تولید مکانیزه سیبزمینی، غدهها با اجزای ثابت و متحرک ماشینها، سنگها و کلوخها و با یکدگر برخورد می نمایند. تسریع در علمیات برداشت به دلیل زمان محدود دریک شرایط خاص آب و هوایی منتج به افزایش خسارت مکانیکی غدههای سیبزمینی میشود. این خسارتها در نهایت باعث کاهش عملکرد و ارزش اقتصادی محصول میشود.

ضمن برداشت ممکن است ترکهایی به طریقهی مکانیکی ایجاد شوند. ارقام سیب زمینی از نظر حساسیت به ترک خوردگی متفاوتاند(رجبی، ۱۳۷۹). ترک خوردگی ممکن است ناشی از ضربههای ناگهانی باشد. شدت آن به توانایی عکس العمل واریته، بلوغ غده و میزان فشار مکانیکی ضمن برداشت بستگی دارد. غدههای نارس و غدههای بزرگ بسیار آسیب پذیر هستند. در تحقیقی نشان داده شده است که وقتی برداشت مستقیماً بوسیله ماشین صورت گیرد وقوع ترک خوردگیها طی برداشت غالباً کمتر از زمانی است که برداشت با بیرون آوردن غدهها در سطح زمین و جمع آوری بعدی آنها انجام شود(Smittle et al., 1974). غده سیب زمینی دارای ۸۰٪ آب است. آب از طریق پوست، زخمهای مکانیکی ایجاد شده هنگام برداشت و نیشها تبخیر میشود. نسبت مقدار تلفات آب به ازای هر واحد سطح پوست، زخم و نیش به ترتیب ۱، ۳۰۰ و ۱۰۰ است. نیش زدن غدهها نیز به تلفات زیاد تبخیر منتهی میشود(رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵ و Fennir, 2002). ایجاد زخمهای مکانیکی موجب افزایش تنفس غده و تولید دی اکسید کربن، آب و حرارت میگردد که دسترسی به

Archive of SID
www.SID.ir

اکسیژن را کاهش داده و فرایند ترمیم را کند یا متوقف می‌کند. عواملی که بر میزان تنفس اثر می‌گذارند عبارتند از: درجه بلوغ غده، میزان آسیب و مقدار قند. در غده‌های نارس، آسیب دیده یا غده‌هایی که شروع به نیش زدن کرده اند، میزان تنفس بالاتر است(رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). عمل تنفس که در غده آسیب دیده بالا می‌رود را می‌توان با اندازه گیری میزان تولید دی اکسید کربن به وسعت آن پی برد (Mohsenin, 1968; Fennir, 2002). ماشین برداشت باید به گونه‌ای کار کند که کمترین آسیب دیدگی در غده‌ها مشاهده گردد(Bishop et al., 1980)، در این حالت ایده آل احتمال ایجاد ۱۰٪ آسیب دیدگی وجود خواهد داشت. در غیر این صورت درصد غده‌هایی که متحمل آسیب دیدگی می‌شوند تا ۳۰٪ برای غده‌هایی که به صدمه دیدگی مقاوم باشند یا حتی به بیش از ٦٥٪ در غده‌های مستعد افزایش می‌یابد. ماشین برداشت مقدار زیادی از خاک را در طی برداشت جابجا می‌کند و چون وضعیت خاک و حرکت آن بر آسیب دیدگی موثر است، بر خسارات وارده به سیب زمینی حین برداشت تأثیر می‌گذارد(Campbell, 1982 ; Thornton and William, 1998). در صورتیکه غده‌ها در شرایط نسبتاً خشک برداشت شوند، ضمن برداشت و جدا شدن در طول حرکت روی زنجیر نقاله ماشین، بطور جدی و بیش از غده‌هایی که پس از بارندگی یا بعد از آبیاری برداشت می‌شوند، زخمی می‌گردند. نتیجه تحقیقی در موسسه مهندسی زراعی اسکاتلند روی یک نوع سیب زمینی کن با زنجیر نقاله، نشان داده است که اثر واریته، سبکی خاک یا خشکی فصل و درجه حرارت پایین خاک بر مقدار آسیب‌ها، از اهمیت بیشتری نسبت به تنظیم‌های ماشین برداشت همچون سرعت زنجیر نقاله یا نسبت سرعت زنجیر نقاله به سرعت پیشروی برخوردار است (Buston et al. 1977). همچنین آسیب‌های مکانیکی میزان گلیکو آلکالوئیدها را در غده سیب‌زمینی افزایش می‌دهد(فلاحی،۱۳۷٦).

ارقام زراعی از نظر حساسیت به ضرب دیدگی و توسعه لکه سیاه[1] به علت اختلاف در استحکام مکانیکی و میزان ماده خشک با یکدیگر تفاوت واضح دارند(Schippers,1971). لکه سیاه از ضرب دیدگی ناشی از وارد شدن ضربه در طی برداشت، جابجایی و درجه بندی یا از فشار وارده طی دورهٔ انبارداری ایجاد می‌شود. لکه سیاه اولین بار در سال ۱۹۱۳ در انگلستان تشریح گردید. در یک واریته معین، حساسیت به لکه سیاه با درصد ماده خشک غده ارتباط دارد. تمام عواملی که مقدار ماده خشک را کاهش می‌دهند مثل به کارگیری مقدار زیادی پتاسیم و ازت یا برداشت غده‌های نارس، حساسیت به لکه سیاه را نیز کاهش خواهند داد. افت وزن در اثر تبخیر حساسیت غده‌ها به لکه سیاه را افزایش می‌دهد(Smith, 1968).

با توجه به این موارد شناخت و مطالعه گسترده‌تر طبیعت نیروی ضربه، غده‌های سیب‌زمینی، انواع آسیب‌های مکانیکی و علل ایجاد آنها به منظور حل بخشی از مشکلات فوق ضروری به نظر می‌رسد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-انتخاب، نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

غده‌های سیب‌زمینی از سه رقم اگریا، آئولا (بالاترین میزان ماده خشک در بین ارقام انتخاب شده) و مارفونا (پایین‌ترین میزان ماده خشک در بین ارقام انتخابی) که در مناطق مختلف کشور کشت می‌شوند، از منطقه اداره کشاورزی دماوند از یکی از کشاورزان نمونه که تمامی مراحل خاکورزی، کاشت، داشت و برداشت را با هماهنگی و زیر نظر متخصصین کشاورزی انجام داده بود تهیه شد. ارقام انتخابی با مشاوره مرکز تحقیقات سیب‌زمینی انتخاب گردیدند. کلیه غده‌ها به طور دستی در سه اندازه مختلف کوچک (کوچکتر از ۱۰۰ گرم)، متوسط (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم) و بزرگ (بالاتر از ۲۰۰ گرم) (1999 وHyde) طبقه‌بندی شده به گونه‌ای که غده‌ها عاری از آسیب ظاهری بودند.

قابل ذکر است که نمونه‌ها در هنگام آزمایش، در دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. قبل از انجام آزمایش ضربه هر یک از نمونه‌ها کاملاً تمیز شده و وزن گردیدند.

۲-۲-پارامترهای مکانیکی آزمون ضربه

در حال حاضر به دلیل روشن نبودن مبانی فیزیکی سختی در مواد مهندسی توافقی کلی برای تعیین سختی در قالب یک واحد فیزیکی صورت نگرفته است. از این رو سختی یک ماده بر مبنای آزمایشات عینی مشخص می‌گردد. این شرایط در مواد و محصولات دارای ساختار سلولی، از جمله محصولات کشاورزی نیز صادق است (Mohsenin , 1968). اولین

1. Black spot

Archive of SID
www.SID.ir

تعریف پذیرفته شده برای سختی یک جسم عبارت است از "مقاومت به ایجاد فرورفتگی دائمی در اثر بارگذاری استاتیک یا دینامیک". همچنین می‌توان از "میزان انرژی جذب شده تحت بارهای دینامیک" نیز به نام معیار سختی جسم استفاده نمود (Davis, et al., 1982). روشی دیگر که برای تعیین سختی اکثر محصولات کشاورزی بکار می‌رود تست ضربه از طریق آزمون آونگی است. از تست ضربه پارامترهای مختلفی را می‌توان استخراج نمود که یکی از آنها ضریب بازگشت[1] بوده و در این تحقیق هم محاسبه گردیده است. این ضریب که مهمترین مشخصه مکانیکی جسم تحت ضربه می‌باشد (Bajema, et al.,1998)، بیان کننده میزان پلاستیک بودن برخورد است و معمولاً به صورت نسبت سرعت نسبی نهایی به سرعت نسبی اولیه اجسام برخورد کننده در جهت عمود بر سطح تماس تعریف شود (شاکری و درویزه، ۱۳۷۶) (رابطه ۱).

$$(۱)\quad e = (v_۲ - v_۱) / (u_۲ - u_۱)$$

در رابطه فوق، u سرعت پیش از برخورد و v سرعت پس از برخورد می‌باشد و اندیس‌های ۱ و ۲ دلالت بر برخورد دو جسم دارند. طبیعتاً اگر یکی از اجسام ثابت باشد، مقدار این ضریب به شکل $e = (-v_۱) / (u_۱)$ خواهد بود.

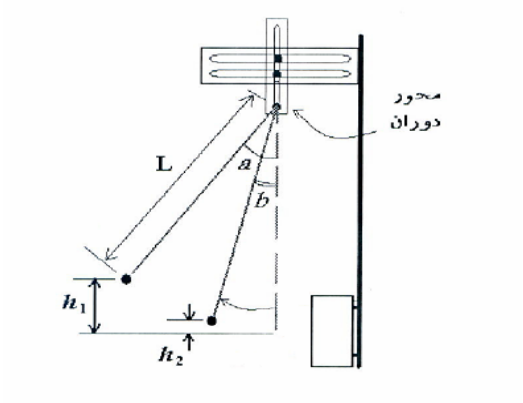
در صورتی که بخواهیم ضریب بازگشت را از طریق یک آزمون ضربه تعیین کنیم می‌توان یکی از روابط ۲ یا ۳ (صرف نظر از علامت منفی) را بکار برد (Mohsenin , 1968).

$$(۲)\quad e = \frac{v_۱}{u_۱} = (h_r / h_d)^{\frac{۱}{۲}}$$

$$(۳)\quad e = \sin(\frac{b}{۲}) / \sin(\frac{a}{۲})$$

در اینجا a و b به ترتیب زاویه اولیه و زاویه پس ازجهش آونگ می‌باشد(شکل ۱). مقدار e برای اجسام مطلقاً الاستیک برابر واحد بوده و برای اجسام غیرالاستیک کوچکتر از یک می‌باشد(Bueche and Hecht, 1997).

1. Coefficient of restitution



شکل ۱ نمایی از مکانیسم و قطعات اصلی دستگاه آزمون ضربه شامل زوایای رهاسازی (a) و جهش (b) (افکاری و مینایی، ۱۳۸۲)

۲-۳-دستگاه آزمون ضربه و نحوه انجام آزمایش

به منظور ایجاد امکان اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی که در بخش پیشین به آن اشاره شد، از دستگاه بارگذاری ضربه‌ای از نوع آونگی (افکاری و مینایی، ۱۳۸۲) با تغییراتی استفاده شد. دستگاه به گونه‌ای طراحی گردیده که بتوان تا حد امکان مقدار دقیق وقابل اندازه‌گیری از انرژی را به شکل ضربه‌ای به محصولات اعمال نمود و در عین حال بتوان میزان جهش آونگ را نیز اندازه‌گیری کرد.

این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری جهش آونگ، پس از برخورد[2] را داشته و محور دورانی آونگ از اصطکاک اندکی برخوردار بوده و به نوعی طراحی شده بود که امکان نصب هر نوع حسگر دورانی در سمت دیگر آن وجود داشت. در بخش بالایی دستگاه نیز از مقیاسی به شکل ربع دایره به عنوان شاخص اندازه‌گیری زاویه آونگ استفاده گردید. همچنین میزان جهش وزنه از طریق پتانسیومتر انجام می‌شد.

غده به صورت آونگی از ارتفاعی معادل $(h_۱ = L - L\cos\alpha)$ سقوط کرده که در آن L طول رابط آونگ از محل دوران تا غده بوده و a زاویه رهاسازی آونگ می‌باشد. پس از برخورد غده به صفحه فولادی، آونگ تا ارتفاعی معادل $h_2 = L - L\cos b$ بازگشت می‌کند که در آن b معادل زاویه بازگشت آونگ است. با فرض آن که $(mgh_۱)_{top} = (\frac{۱}{۲} mv^۲)_{botton}$ می باشد. لذا سرعت غده در زمان برخورد به بلوک در پایین‌ترین نقطه نوسان، معادل $\sqrt{۲gh_۱}$ مقداری معلوم خواهد بود.

2. rebound

Archive of SID
www.SID.ir

انرژی سینتیک حاصل از ضربه نیز برابر است با:

$$E_k = \frac{1}{2} MV^2 \quad (٤)$$

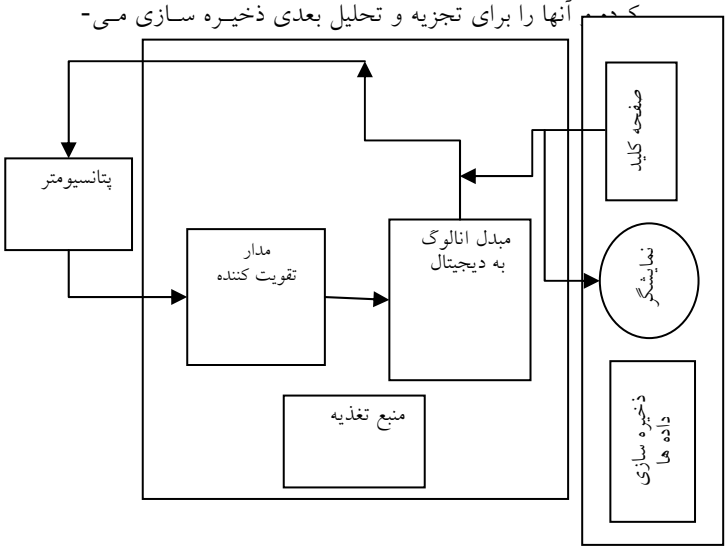
که در ان E_k معادل انرژی سینتیک بر حسب ژول و v سرعت آونگ بیش از برخورد بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

قابل ذکر است در این آزمون ابتدا برای راه اندازی دستگاه، آزمایش‌های اولیه‌ای با انواع سیم، نخ نایلونی و رابط‌های مختلف از جمله چوب به عنوان میله آونگ انجام گرفت ولی در نهایت، آزمایشات نشان‌دادند بهترین گزینه نخ نایلونی می‌باشد زیرا در این وضعیت کمینه ارتعاش در عامل ضربه (غده) ایجاد می‌گردد. در دستگاه‌های مشابه در تست ضربه نیز از چنین سامانه‌ای استفاده شده است (Bajema, 1998 etal.,).

۲-٤-اجزای الکترونیکی سیستم اندازه‌گیری

امروزه در بسیاری از دستگاه‌های مکانیکی که شامل یک واحد کنترل می‌باشند از سیستم‌های الکترونیکی و دیجیتال استفاده می‌گردد. نیاز به چنین ترکیبی به عنوان یک مجموعه مکاترونیک[1] بیش از همه در سیستم‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری احساس می‌شود. شکل ۲ نمایی از اجزای سیستم اندازه‌گیری و کنترل و نحوه ارتباط آنها با پتانسیومتر را در دستگاه آونگی نشان می‌دهد.

این دستگاه با دقت زیادی داده‌های اندازه‌گیری را جمع‌آوری کرده و آنها را برای تجزیه و تحلیل بعدی ذخیره سازی می-



شکل ۲ نمای کاملی از اجزای سیستم اندازه‌گیری و نحوه ارتباط آنها با پتانسیومتر

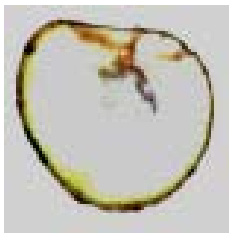
1. mechatronic

۲-۵-نحوه اعمال ضربه به غده‌ها

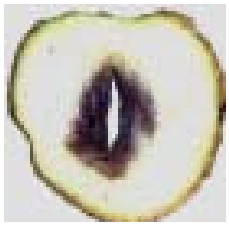
غده‌ها در ابتدا تمیز شده، وزن گردیده و در سه اندازه وزنی کوچک (کوچکتر از ۱۰۰ گرم)، متوسط (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم) و بزرگ (بالاتر از ۲۰۰ گرم) درجه‌بندی شدند. با توجه به آنکه بن ساقه سیب‌زمینی نسبت به ضربه حساس‌تر است این قسمت برای ضربه مشخص گردیده، در قلابی که توسط چسب‌های نر و ماده درست شده، قرار گرفته و از زوایای مختلف ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ٦۵ درجه به طرف صفحه فولادی رها می‌شد. قابل ذکر است که آزمایشات با ۱۰ تکرار صورت گرفت.

۱- بدون آسیب (n)

۲- ترک خوردگی



۳- کوفتگی



۵- ایجاد لکه قهوه‌ای داخل غده

٦- کوفتگی به همراه لکه قهوه‌ای

۷-سفید شدگی بافت

شکل ۳ انواع آسیب‌های مشاهده شده در غده‌های سیب‌زمینی

www.SID.ir

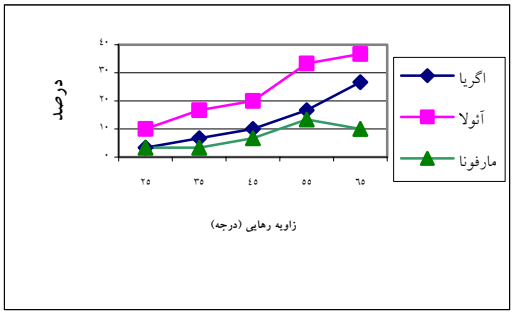
میـزان زاویـه رهـایی و زاویـه بازگـشت نیـز در هـر تـست اندازه‌گیری گردید. ناحیه‌ای از غده که مورد ضـربه قـرار مـی-گرفت به منظور برش ومشاهده آسیب علامت گذاری مـی‌شـد. غده‌ها پس از دریافت ضربه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده - شده و به مدت ۲۵ روز در دمای اتاق نگهداری شـدند. پـس از این مدت عمود بر محل آسیب برش‌های یکسانی بـه ضـخامت ۳mm زده شد. هر دو طرف برش در زیر نـور چـراغ مطالعـه، مشاهده گردیـد تـا هـر گونـه آسـیب داخلـی گـزارش گـردد. آسیب‌هایی که روی پوست در اثر ضربه ایجاد شده بـود (نظیـر ترک) در همان ابتدا باخطکـش انـدازه‌گیـری و گـزارش شـده است. لایه‌های آسیب دیده توسط اسکنر، اسکن شده و با کمک نرم‌افزار Autocad14 سطح آسیب در هر لایه مشخص شد و با توجه به آن که ضخامت لایه‌هـا نیـز مـشخص اسـت حجـم آسیب به راحتی تعیین گردید.

پس از لایه، لایه شدن غده و مـشاهده آسـیب‌هـای مختلـف، آسیب‌های مکانیکی به صورت زیر طبقه‌بندی شدند که تصاویر آن در شکل ۳ نشان داده شده است.

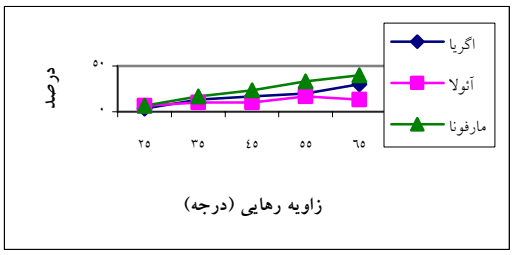
در شکل ۳، آسیب‌های ایجاد شده در زاویای مختلـف نـشان داده شده است. غده‌هایی که فقط دچـار کـوفتگی، ایجـاد لکـه قهوه‌ای داخل غده، سفید شدگی بافت شدند آسیب آنهـا را بـه نام آسیب داخلی (b) ولی آنهـایی کـه دچـار تـرک خـوردگی بودند، ترک (c) و آنهایی که هم دارای آسیب داخلـی بودنـد و هم ترک، آسیب توام (bc) نامگذاری شدند.

۳-مشاهدات ونتایج

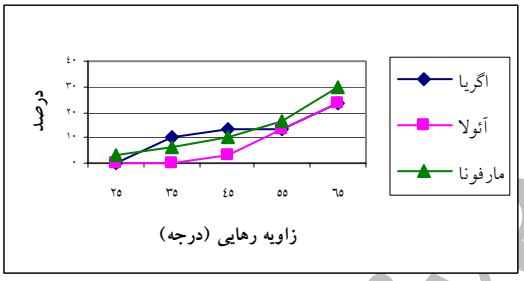
در این قسمت غده‌ها بر اساس نوع آسیب طبقه‌بندی شدند و درصد آن آسیب در اثر رهایی از زوایای مختلف محاسبه گردید که در اشکال زیر مشاهده می‌گردد.



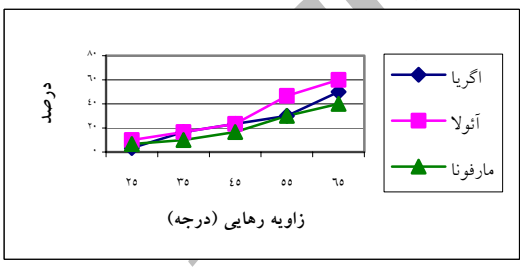
شکل ٤ میزان غده هایی که فقط دچار آسیب داخلی شده‌اند



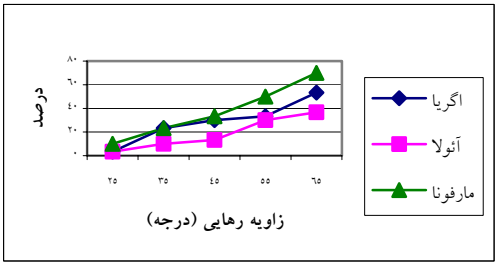
شکل ٥ میزان غده هایی که فقط دچار ترک شده‌اند



شکل ٦ میزان غده هایی که هم ترک و هم آسیب داخلی در آنها مشاهده شد

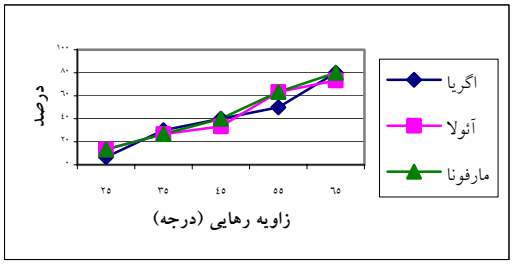


شکل ۷ کل غده هایی که دچار آسیب داخلی شده‌اند



شکل ۸ کل غده هایی که در آنها ترک مشاهده شد

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹ کل غده هایی که دجار آسیب شده‌اند

زمانی که نسبت یا درصد آسیب خاصی را در نمونه‌ها بدانیم، نسبت یا درصد آن در کل جمعیت را می‌توان با یک درصد اطمینان از طریق فرمول زیر تخمین زد (Wonnacott, 1985).

$$\pi = p \pm 1.96\sqrt{p(1-p)/n}$$

π : نسبت یا احتمال وقوع در جمعیت که مجهول است. n تعداد غده‌ها در آزمایش مورد نظر می‌باشد.

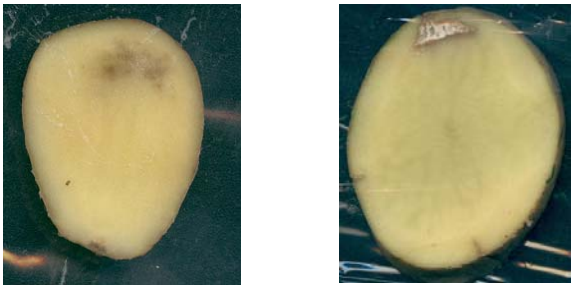
احتمال ایجاد انواع مختلف آسیب در ارقام سیب زمینی به صورت جدول ۱ می‌باشد.

نتایج نشان دهنده این مطلب بودند که در رقم اگریا تا سطح انرژی ۰,۲۵ ژول در غده‌ها هیچ‌گونه آسیبی مشاهده نشد، ولی از سطح انرژی ۰,٤٥٥ ژول ترک در غده‌ها و ۰,۷۵۲ ژول آسیب داخلی و۰,۳۷۰ ترک و آسیب داخلی شروع به ظاهر شدن نمودند همچنین در رقم آئولا تا سطح انرژی ۰,۱٤ ژول در غده‌ها هیچ‌گونه آسیبی مشاهده نشد، ولی از سطح میانگین انرژی ۰,۲۳۱ ژول ترک در غده‌ها و ۰,۲۲٤ ژول آسیب داخلی و ۰,۷۹۵، ترک و آسیب داخلی شروع به ظاهر شدن نمودند و در رقم مارفونا تا سطح انرژی ۰,۱٦ ژول در غده‌ها هیچ‌گونه آسیبی مشاهده نشد، ولی از سطح انرژی ۰,۲۵۹ ژول، ترک در غده‌ها و ۰,۲۷۰ ژول، آسیب داخلی و۰,۲۸۰ ژول، ترک و آسیب داخلی شروع به ظاهر شدن نمودند.

از جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که استعداد غده‌های رقم اگریا نسبت به آسیب داخلی و ترک تقریباً یکسان است در صورتیکه غده‌های رقم آئولا نسبت به آسیب داخلی مستعدتر و غده‌های رقم مارفونا نسبت به ترک حساس‌تر می‌باشند. که این نتیجه را محققین دیگری نیز در زمینه ارقام دیگر تأیید نموده‌اند که غده‌هایی با ماده خشک بالا مانند رقم آئولا به طور معنی‌دار نسبت به صدمات داخلی مستعدتر از صدمات سطحی هستند (Simmonds, 1977; Vakis, 1978).

۳-۱-تاثیرات رقم، اندازه وزنی غده و زاویه رهایی بر حجم آسیب

با توجه به آنکه اندازه‌گیری حجم آسیب از روشهای غیر برشی بسیار پر هزینه بوده و توجیه اقتصادی در انجام آن روشها برای انجام تحقیق نبود از برش لایه‌ای در محل آسیب به منظور مشاهده آسیب استفاده گردید. پس از اعمال ضربه و نگهداری غده‌ها در مدت اشاره شده، توسط اسلایسر، برش-هایی به ضخامت ۳ میلی متر، عمود بر محل آسیب داده شده، سپس بوسیله اسکنر HR6X، برش‌ها اسکن شده (شکل ۱۰) و مساحت سطح آسیب دیده از طریق نرم افزار Autocad 14 اندازه‌گیری و در نهایت حجم آسیب محاسبه گردید.



شکل ۱۰ نمونه‌ای از برش های اسکن شده توسط اسکنر

پس از اندازه گیری حجم آسیب، داده‌ها به نرم افزار Excell منتقل گردیده و پس از دسته‌بندی آن‌ها، در نرم افزار SPSS 11.5 مورد تحلیل قرار گرفتند.

به منظور بررسی تأثیر رقم، زاویه رهایی غده و اندازه وزنی غده بر حجم آسیب، نتایج بررسی در قالب طرح کاملا تصادفی فاکتوریل با ۹ تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) حاکی از آن است که فاکتور رقم و اندازه غده و زاویه رهایی غده در سطح ۹۹ درصد بر روی این صفت معنی دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل بین زاویه رهایی و اندازه غده نیز در سطح ۹۹ درصد بر حجم آسیب معنی دار است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ احتمال ایجاد انواع آسیب در نمونه و جامعه آماری ارقام مختلف

	زاویه رهایی غده (درجه)	رقم	فقط ترک ٪	فقط آسیب داخلی ٪	آسیب داخلی و ترک توام ٪	کل غده های دچار شده به ترک ٪	کل غده های دچار شده به آسیب داخلی ٪	کل غده های آسیب دیده ٪
احتمال در نمونه	۲۵	اگریا	۳	۳	۰	۳	۳	۷
		آئولا	۷	۱۰	۰	۳	۱۰	۱۳
		مارفونا	۷	۳	۳	۱۰	۷	۱۳
احتمال در جمعیت	۲۵	اگریا	۰-۹	۰-۹	۰	۰-۹	۰-۹	۰-۱۶
		آئولا	۰-۱۶	۰-۲۱	۰	۰-۹	۰-۲۱	۰-۲۵
		مارفونا	۰-۱۶	۰-۹	۰-۹	۰-۲۱	۰-۱۶	۱-۲۵
احتمال در نمونه	۳۵	اگریا	۱۳	۷	۱۰	۲۳	۱۷	۳۰
		آئولا	۱۰	۱۷	۰	۱۰	۱۷	۲۶
		مارفونا	۱۷	۳	۷	۲۳	۱۰	۲۷
احتمال در جمعیت	۳۵	اگریا	۱-۲۵	۰-۱۶	۰-۲۱	۸-۳۸	۴-۳۰	۱۴-۴۶
		آئولا	۰-۲۱	۴-۳۰	۰	۰-۲۱	۴-۳۰	۱۰-۴۲
		مارفونا	۴-۳۰	۰-۹	۰-۱۶	۸-۳۸	۰-۲۱	۱۱-۴۳
احتمال در نمونه	۴۵	اگریا	۱۷	۱۰	۱۳	۳۰	۲۳	۴۰
		آئولا	۱۰	۲۰	۳	۱۳	۲۳	۳۳
		مارفونا	۲۳	۷	۱۰	۳۳	۱۷	۴۰
احتمال در جمعیت	۴۵	اگریا	۴-۳۰	۰-۲۰	۱-۲۵	۱۴-۴۶	۸-۳۸	۲۲-۵۸
		آئولا	۰-۲۱	۶-۳۴	۰-۹	۱-۲۵	۸-۳۸	۱۶-۵۰
		مارفونا	۸-۳۸	۰-۱۶	۰-۲۱	۱۶-۵۰	۴-۳۰	۲۲-۵۸
احتمال در نمونه	۵۵	اگریا	۲۰	۱۷	۱۳	۳۳	۳۰	۵۰
		آئولا	۱۷	۳۳	۱۳	۳۰	۴۷	۶۳
		مارفونا	۳۳	۱۳	۱۷	۵۰	۳۰	۶۳
احتمال در جمعیت	۵۵	اگریا	۶-۳۴	۴-۳۰	۱-۲۵	۱۶-۵۰	۱۴-۴۶	۳۲-۶۸
		آئولا	۴-۳۰	۱۶-۵۰	۱-۲۵	۱۴-۴۶	۲۹-۶۵	۴۶-۸۰
		مارفونا	۱۶-۵۰	۱-۲۵	۴-۳۰	۳۲-۶۸	۱۴-۴۶	۴۵-۸۰
احتمال در نمونه	۶۵	اگریا	۳۰	۲۷	۳۰	۶۰	۵۷	۸۷
		آئولا	۱۳	۳۷	۲۳	۳۷	۶۰	۷۳
		مارفونا	۴۰	۱۰	۳۰	۷۰	۴۰	۸۰
احتمال در جمعیت	۶۵	اگریا	۱۴-۴۶	۱۱-۴۳	۱۴-۴۶	۴۳-۷۷	۳۹-۷۵	۷۵-۹۹
		آئولا	۱-۲۵	۲۰-۵۴	۸-۳۸	۲۰-۵۴	۴۲-۷۸	۵۷-۸۹
		مارفونا	۲۲-۵۷	۰-۲۱	۱۴-۴۶	۵۴-۸۶	۲۲-۵۸	۶۶-۹۴

www.SID.ir

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین‌های کرنش گسیختگی به روش LSD

	رقم			زاویه رهایی (درجه)					اندازه غده (گرم)		
	اگریا	آئولا	مارفونا	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	>۲۰۰
حجم آسیب (cm^3)	۰,۸۳۶	۱,۲۱۳	۰,۶۷۰	۰,۰۷۲	۰,۲۴۴	۰,۵۸۲	۱,۱۱۸	۲,۵۰۵	۰,۱۹۲	۰,۵۱۴	۲,۰۱۶
	B	A	B	D	CD	C	B	A	C	B	A

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مقادیر حجم آسیب در آزمون آونگی

منابع تغییرات	رقم	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
زاویه رهایی	اگریا	۶۹,۶۶۶	۴	۱۷,۴۱۶	۷,۹۷۲	۰,۰۰۰
	آئولا	۱۹۸,۸۹۷	۴	۴۹,۷۲۴	۲۲,۲۲۲	۰,۰۰۰
	مارفونا	۸۰,۳۳۰	۴	۲۰,۰۸۲	۱۵,۶۲۰	۰,۰۰۰
اندازه	اگریا	۶۸,۹۰۱	۲	۳۴,۴۵۰	۱۵,۷۶۸	۰,۰۰۰
	آئولا	۱۴۴,۰۱۵	۲	۷۲,۰۰۷	۳۲,۸۱	۰,۰۰۰
	مارفونا	۵۷,۵۲۰	۲	۲۸,۷۶۰	۲۲,۲۶۹	۰,۰۰۰
اندازه× زاویه رهایی	اگریا	۴۸,۶۱۰	۸	۶,۰۷۶	۲,۷۸۱	۰,۰۰۷
	آئولا	۹۸,۸۱۴	۸	۱۲,۳۵۲	۵,۵۲۰	۰,۰۰۰
	مارفونا	۸۲,۲۶۹	۸	۱۰,۲۸۴	۷,۹۹۹	۰,۰۰۰
خطا	اگریا	۲۹۴,۹۵۱	۱۳۵	۲,۱۸۵		
	آئولا	۲۹۹,۸۳۴	۱۳۴	۲,۲۳۸		
	مارفونا	۱۷۳,۵۶۸	۱۳۵	۱,۲۸۶		
کل	اگریا	۶۰۹,۲۲۶	۱۵۰			
	آئولا	۹۷۷,۲۳۱	۱۴۹			
	مارفونا	۴۵۸,۰۵۵	۱۵۰			

جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین‌های حجم آسیب به روش LSD

	رقم	زاویه رهایی (درجه)					اندازه غده (گرم)		
		۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	>۲۰۰
حجم آسیب (cm^3)	اگریا	۰,۰۵۸	۰,۲۷۸	۰,۶۱۸	۰,۹۸۲	۲,۲۴۲	۰,۲۳۴	۰,۳۷۴	۱,۸۳۷
		C	BC	BC	B	A	B	B	A
	آئولا	۰,۰۹۶	۰,۳۶۴	۰,۶۹۷	۱,۶۰۶	۳,۳۱۶	۰,۱۹۱	۰,۸۳۲	۲,۷۲۲
		C	C	C	B	A	C	B	A
	مارفونا	۰,۰۶۱	۰,۱۰۶	۰,۳۹۴	۰,۷۷۲	۱,۹۷۶	۰,۱۵۱	۰,۳۱۹	۱,۵۴۰
		C	C	BC	B	A	B	B	A

www.SID.ir

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس مقادیر حجم آسیب در آزمون آونگی

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
رقم	۲٤,٤۹۷	۲	۱۲,۲٤۸	٦,٤٤۱	۰,۰۰۲
زاویه رهایی	۳۲۷,۸٤۸	٤	۸۱,۹٦۲	٤۳,۱۰۰	۰,۰۰۰
اندازه	۲٥۷,٦٥۱	۲	۱۲۸,۸۲٥	٦۷,۷٤۳	۰,۰۰۰
رقم×زاویه رهایی	۲۱,۹۹٦	۸	۲,۷٥۰	۱,٤٤٦	۰,۱۷٦
رقم×اندازه	۱٤,۹٥۲	٤	۳,۷۳۸	۱,۹٦٦	۰,۰۹۹
اندازه× زاویه رهایی	۲۰۹,٥۷۹	۸	۲٦,۱۹۷	۱۳,۷۷٦	۰,۰۰۰
رقم×زاویه رهایی× اندازه	۲۲,۰۸٥	۱٦	۱,۳۸۰	۰,۷۲٦	۰,۷٦۸
خطا	۷٦۸,۲۸۳	٤۰٤	۱,۹۰۲		
کل	۲۰٤٤,٥۱۲	٤٤۹			

میانگین‌های مربوط به تجزیه فوق برای مقایسه میانگین از روش LSD در سطح ۵ درصد مورد آزمون قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

بر اساس یافته های مندرج در جدول ۳ حجم آسیب در رقم آئولا به طور معنی داری بزرگتر از دو رقم دیگر می‌باشد و میزان آسیب در زاویه رهایی ٦۵ درجه نیز نسبت به سایر زوایا بالاتر بوده همچنین حجم آسیب غده‌های بزرگ از غده‌های متوسط و غده‌های متوسط به طور معنی‌داری بیشتر از غده‌های کوچک می‌باشد.

همچنین تحلیل‌های آماری در هر یک از ارقام صورت پذیرفت تا اثر اندازه وزنی غده و زاویه رهایی بر حجم آسیب - آنها جداگانه بررسی گردد که این نتایج در جداول ٤ و ۵ آمده است.

همانطور که مشاهده می‌شود در هر سه رقم اندازه غده و زاویه رهایی و اثر متقابل آنها بر حجم آسیب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده و حجم آسیب در غده‌های بزرگ به طور معنی‌داری بزرگتر از غده‌های کوچک و متوسط می‌باشد. همچنین میزان آسیب در اثر رهایی از زاویه ٦۵ درجه (انرژی ۰,۳۵ ژول) به طور معنی داری بالاتر از سایر زوایا می‌باشد.

٤-نتیجه‌گیری

طبق آنچه که که در بخش نتایج آمد به طور خلاصه می‌توان به نتیجه‌گیری زیر اشاره نمود.

۱-در آزمون آونگی مشاهده گردید که استعداد غده‌های رقم اگریا نسبت به آسیب داخلی و ترک تقریباً یکسان است در صورتیکه غده‌های رقم آئولا نسبت به آسیب داخلی مستعدتر و غده‌های رقم مارفونا نسبت به ترک حساس‌تر می‌باشند.

۲-اثر رقم، اندازه غده و زاویه رهایی آونگ در سطح ۹۹ درصد بر حجم آسیب معنی دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل بین زاویه رهایی و اندازه غده نیز در سطح ۹۹ درصد بر حجم آسیب معنی دار است.

۳-حجم آسیب در رقم آئولا به طور معنی داری بیشتر از دو رقم دیگر می‌باشد. میزان آسیب در زاویه رهایی ٦۵ درجه نیز نسبت به سایر زوایا بالاتر بوده، همچنین حجم آسیب غده‌های بزرگ از غده‌های متوسط و غده‌های متوسط به طور معنی‌داری بیشتر از غده‌های کوچک می‌باشد. بنابراین در هنگام برداشت و جابجایی رقم آئولا باید مراقبت بیشتری برای جلوگیری از بروز آسیب مکانیکی صورت گیرد.

٤-با توجه به آنکه ارقامی با ماده خشک بالا برای صنعت چیپس‌سازی مناسب می‌باشند و صدمات مکانیکی کیفیت چیپس تولیدی را کاهش می‌دهند، لذا با توجه به نتایج، رقم اگریا را می‌توان برای آن صنایع توصیه نمود.

۵-منابع

[1]Asadi,M., Hasandokht,M., 2005, Iran, Investigation of methods for reducing vegetable losses, Second National Symposium On Losses of Agricultural Products.

[2]Hoghghi,M., 1998, Food security, Water and Development, 2&3, Pages 47-51.

[3]Rajabi, A., 2000, Potato diseases. Tehran university publication center.

[4]Rezaei,A., Soltani,A., 1995 Cultivation of Potato, Mashhad Jahad Daneshgahi.

[5]Zomorodi, A., 1990, Health of plants and agricultural products, Tehran.

[6]Fallahi,M., 1991, Post harvest physiology of vegetables, Barsava.

[7]Fallahi,M., 1996, Science and technology of potato, Barsava.

[8]Kalantari,I, 1993, Food security, global and

Archive of SID

www.SID.ir

international dimension, Development and Agriculture economic, Autumn, 6.
[9]Memarzadeh, e., 2003, Potato, Management of promotion and public partnership. [10]Bajema, Rick W., Gary M. Hyde, and Andre Baritelle. 1995a. Effects of temperature and strain rate on the dynamic failure properties of potato tissue.
[11]Bishop, C.F.H. and W.F. Maunder. 1980. Potato mechanization and storage. Farming press Ltd, England.
[12]Buston, M.J., A.J. Hamilton, G.S. Lock and B.W. Sheppard. 1977. An investigation into the effect on potato tuber damage of varying the web speed to forward speed ratio of an elevator digger. Dept. Note SIN222, Scottish Inst. Agric. eng., Penicuick.
[13]Campbell, D.J. 1982. A review of the clod problem in potato production. J. of Agr. Eng. Res. 27:(5)373-395.
[14]Davis, H. E.; Troxell, G.E. and Hauck, G.F. (1982). The Testing of Engineering Materials.4th. edn. McGraw-Hill, New York, N.Y.
[15]Fennir, M.A. 2002. Respiratory response of healthy and diseased potatoes (Solanum tuberosum L.) under real and experimental storage conditions. Ph.D. thesis, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Macdonald Campus of McGill University, Montreal, Canada.
[16]Hyde, G. M., R. W. Bajema, W. Zhang. 1993. Measurement of Impact Damage Thresholds in Fruits and Vegetables. Proceedings, IV International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Valencia-Zaragoza, Spain, March 22-26.
[17]Mathew, R and G M. Hyde. 1992. Potato impact damage thresholds. ASAE Paper No. 92-1514, Nashville, TN, Dec.
[18]Matthew, R. and Hyde, G.M. (1992) Potato damage thresholds. ASAE paper No.921514, 1-10.
[19]Mohsenin, N. Physical properties of plant and animal materials. Pennsylvania state university, 1968.
[20]Mohsenin, N.N. 1968. Physical properties of plant and animal materials.2nd Ed. Gordon and Breach Science publ., NY. 472pp
[21]Schippers, P.A. 1971. Measurement of black spot susceptibility of potato. Am. Potato J. 48:71-78.
[22]Schoorl, D. and Holt, J.E., (1983) cracking in potatoes. Journal of Texture Studies 14, 61-70
[23]Simmonds, M.W. 1977. Relation between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. Potato Res. 20, 137-140.
[24]Smith, O. 1968. Internal black spot of potatoes. Pages 303-307 in O. Smith, ed. Potatoes: Production, Storing, Processing. Avi Publishing Co., Inc., West Port., CT. 642pp.
[25]Smittle, D.A., R.E. Thornton, C.L. Peterson and B.B. Dean. 1974. Harvesting potatoes with minimum damage. Am. Potato J. 51:152-164.
[26]Thornton, M. and B. William. 1998. Preventing potato bruise damage. Collage of Agriculture. University of Idaho. Bul. 725.
[27]Vakis, N. J, 1978. Specific gravity, dry matter content and starch content of 50 potato cultivars grown under Cyprus conditions. Potato Res. 21, 171-181.

Archive of SID

www.SID.ir