

تأثیر خاک‌ورزی و سرزنی بوته بر خواص فیزیکی و سختی سطحی غده‌های سیب‌زمینی

رمضان‌علی محمودیه^{۱*}، سعید مینایی^۲، محمدعلی قضاوی خوراسگانی^۳ و مرتضی الماسی^۴

چکیده

یک آزمایش مزرعه‌ای برای مقایسه اثر چهار روش خاک‌ورزی اولیه (برگردان‌دار، بشقابی، بشقاب‌ی بهبود یافته و قلمی) و سرزنی بوته‌ها (سرزنی شده و سرزنی نشده) بر خواص فیزیکی و سختی سطحی غده‌های سیب‌زمینی انجام شد. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار (چهار سطح خاک‌ورزی اولیه $\times$ دو سطح سرزنی بوته‌ها) و در سه تکرار اجرا و از آزمایش‌های فاکتوریل (کرت‌های نواری) برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد. نتایج نشان داد که وزن خشک غده‌ها در خاک‌ورزی اولیه با خاک‌ورز برگردان‌دار + عدم سرزنی بوته‌ها و خاک‌ورزی اولیه با خاک‌ورز بشقابی + عدم سرزنی بوته‌ها به طور معنی‌داری در سطح ۵٪ بیشتر از خاک‌ورزی اولیه با خاک‌ورز بهبود یافته + سرزنی بوته‌ها بود. تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره نشان داد که بین وزن خشک غده و متغیرهای مستقل وزن تر، رطوبت بر پایه وزن خشک، قطر بزرگ و کرویت غده رابطه خطی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، خواص فیزیکی، سختی سطحی، سرزنی بوته‌ها، سیب‌زمینی، ماده خشک.

ارجاع: محمودیه ر. ع. مینایی س. قضاوی خوراسگانی م. ع. و الماسی م. ۱۳۹۱. تأثیر خاک‌ورزی و سرزنی بوته بر خواص فیزیکی و سختی سطحی غده‌های سیب‌زمینی. مجله پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۵۷-۴۹: (۱)۱.

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان).

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان).

۴- استاد گروه مکانیزاسیون و مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

* نویسنده مسئول: ramahmoodieh@khuif.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۳۰

مقدمه

سیب‌زمینی معمولی (*Solanum Tuberosum* L.) به شکل‌های بذری، تازه و فرآوری شده (سرخ کرده و چیپس) و فرآورده‌های صنعتی (نشاسته و مشتقات آن) مصرف می‌شود (بی‌نام، ۱۹۹۹). سطح زیر کشت آن در ایران بیش از ۱۴۹۰۰۰ هکتار و عملکرد متوسط آن ۲۷/۵ تن در هکتار است (بی‌نام، ۲۰۰۹).

افزایش عملکرد سیب‌زمینی مستلزم ایجاد شرایط بهینه خاک برای رشد و توسعه گیاه است. حدود ۶۰٪ از کل انرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه صرف عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر می‌شود (جاکوبس و هارل، ۱۹۸۳). معمولاً برای خاک‌ورزی روشی انتخاب می‌شود که با مصرف کمترین انرژی، بهترین شرایط را برای بستر کشت و رشد گیاه به وجود آورد (منصوری راد، ۱۳۸۱ و کپنر، ۱۹۸۶). از طرفی ترکیب و مقدار آب بافت غده به طور مداوم، در زمان رشد و نمو، رسیدن و انبار کردن در حال تغییر بوده (فنی، ۲۰۰۲) و موجب تغییر خواص فیزیکی و مکانیکی آن می‌شود (گنکارز، ۲۰۰۵ و محسنین، ۱۹۸۶).

اغلب زخم‌های مکانیکی وارده به غده‌ها هنگام برداشت محصولات ایجاد می‌شود که منتفعین را دچار خسارت می‌کند. طراحی و کارکرد ماشین‌های انتقال محصولات کشاورزی تحت تأثیر شکل و اندازه محصول قرار دارد. شکل را می‌توان با کمک محورهای عمود بر هم و اندازه‌گیری طول، عرض و ضخامت محصول مشخص کرد. ابعاد همه محصولات یکنواخت نیستند ولی در اطراف متوسطی از داده‌ها پراکنده هستند. کیفیت خرد کردن، آسیاب کردن، فرآوری و حمل و نقل را می‌توان با میانگین و انحراف از میانگین خواص فیزیکی محصول مشخص کرد و برای سازمان دادن به دسته‌بندی دانه‌ها و کنترل دما، اکسیژن، رطوبت و پخش بازدارنده‌های رشد حین انبارداری استفاده کرد.

شکل و اندازه بر ضریب بسته‌بندی (نسبت حجم محصول به حجم ظرفی که از محصول پر می‌شود) که تحت تأثیر انحراف شکل از کرویت، تغییر شکل و جای‌گیری ناقص در مجاورت دیواره‌های جعبه قرار می‌گیرد، مؤثر است. از عوامل اندازه‌گیری شکل گردی (درجه گردی یا نسبت گردی)، بی‌قاعدگی، کرویت، حجم، اقطار هندسی و وزن مخصوص را نام برد. حجم و وزن مخصوص ظاهری در

خشک کردن و انبار کردن، طراحی سیلوها و سازه‌های انباری، حذف ناخالصی، تعیین رسیدگی میوه‌ها و مشخص کردن کیفیت گیاهان و اندازه سطح اجزای گیاهان در اندازه تبخیر، تنفس، تعیین بازتاب نور، رنگ، انتقال حرارت، آلودگی و غیره مهم است.

در روش مستقیم اندازه‌گیری سطح غده، پوست آن را به نوارهای باریکی می‌برند و حاصل جمع را به دست می‌آورند. درصد ماده خشک غده از عواملی است که مورد مصرف غده را تعیین می‌کند (هاقرز، ۱۹۸۰) و تحت تأثیر درجه بلوغ، نوع رشد و جذب آب و مواد معدنی (کنیت و همکاران، ۲۰۰۴) به وسیله گیاه قرار دارد. وزن زیر آبی سیب‌زمینی میزان ماده خشک آن را نشان می‌دهد (بی‌نام، ۱۹۹۹).

نرمی غده‌های جوشیده شده با درصد ماده خشک ارتباط دارد. در کنسروسازی از غده‌هایی با درصد پایین ماده خشک استفاده می‌شود. برای تولید نشاسته و ورقه، درصد بالای ماده خشک مفید است. در آب‌زدایی غده با درصد ماده خشک بالاتر، آب کمتری تبخیر می‌شود و میزان فرآورده از غده‌های دارای درصد ماده خشک بالا بیشتر است. در تهیه ورقه و خلال نیز درصد بیشتر ماده خشک به معنای جذب کمتر روغن است. بیشتر عواملی که بر کل ماده خشک غده تأثیر دارند، بر عملکرد غده نیز مؤثرند. تحت شرایط معینی ممکن است یک عامل اثر مثبت و تحت شرایط دیگر اثر منفی بر درصد ماده خشک داشته باشد (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). تأثیر واریته بر درصد ماده خشک متفاوت است. عواملی که رشد شاخ و برگ را تحریک می‌کنند، درصد ماده خشک را کاهش می‌دهند و عواملی که رشد غده را تحریک می‌کنند، درصد ماده خشک را افزایش می‌دهند. دمای بالا این درصد را کاهش می‌دهد. غده‌های کوچک درصد ماده خشک پایین‌تری دارند (هاقرز، ۱۹۸۰).

حساسیت آسیب‌پذیری غده‌ها هنگام برداشت با عواملی مانند دمای انبار و غده (توکلی، ۱۳۸۲) و درصد ماده خشک مرتبط است. در یک واریته معین، مقدار پتاسیم و ازت یا برداشت غده‌های نارس، حساسیت به لکه سیاه را که با درصد ماده خشک متناسب است، کاهش می‌دهد. سالیانه بیش از ۱۹۳۸۸ هکتار از اراضی استان اصفهان به کاشت سیب‌زمینی با متوسط عملکرد ۲۴۹۷۸ کیلوگرم در هکتار اختصاص می‌یابد (بی‌نام، ۱۳۸۸).

نظر به اهمیت تولید سیب‌زمینی، شناخت بهترین روش تهیه و تولید این محصول با هدف کاهش انرژی مصرفی و تأمین شرایط بهینه خاک و عوامل مؤثر در ارتقای کیفیت و بهبود خواص فیزیکی غده برای کاهش صدمات مکانیکی آن حین برداشت اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و تعیین بهترین روش یا روش‌های خاک‌ورزی اولیه و تلفیق آن‌ها با سرزنی بوته‌ها بود که در آن‌ها با انجام خاک‌ورزی مورد نیاز، خواص فیزیکی غده هم بهبود یافته و موجب ارتقای سختی سطحی غده شود تا علاوه بر کاهش انرژی مصرفی در مراحل مختلف تولید، تبدیل و فرآوری موجب حفظ کیفیت غده در حمل و نقل، انبارداری و فرآوری شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثر استفاده از خاک‌ورز برگردان‌دار، قلمی،

بشقابی و خاک‌ورز بشقاب‌ی بهبود یافته (قضاوی، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۴) و سرزنی بوته‌ها بر برخی خواص فیزیکی و سختی سطحی غده بررسی شد. پس از آزمایش‌های فاکتوریل به صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار شامل ترکیب عامل ادوات خاک‌ورزی اولیه (سطوح فوق) و عامل سرزنی بوته در دو سطح (سرزده و سر نرده) که سرزنی بوته‌ها عامل اصلی و روش‌های خاک‌ورزی عامل فرعی بود، در سه تکرار برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد.

دو هفته قبل از برداشت، کرت‌های اصلی در جهت عمود بر ردیف محصول به دو قسمت برای اعمال سرزنی بوته‌ها با دست تقسیم شد (جدول ۱). هر کرت اولیه به دو کرت فرعی که روش خاک‌ورزی و سرزنی بوته‌ها اعمال شده بود، تقسیم شد و بنابراین هر تکرار مشتمل بر هشت پلات (تیمار) بود.

جدول ۱- نقشه طرح آزمایشی مورد استفاده

تکرار اول				تکرار دوم				تکرار سوم			
کرت ۱	کرت ۲	کرت ۳	کرت ۴	کرت ۱	کرت ۲	کرت ۳	کرت ۴	کرت ۱	کرت ۲	کرت ۳	کرت ۴
IDP.VK	MB.VK	DP.VK	CH.VK	IDP.NVK	MB.NVK	DP.NVK	CH.NVK	IDP.NVK	MB.NVK	DP.NVK	CH.NVK
IDP.VK	MB.NVK	DP.NVK	CH.NVK	IDP.VK	MB.VK	DP.VK	CH.VK	IDP.VK	MB.VK	DP.VK	CH.VK

(خاک‌ورز بشقاب‌ی) DP، (خاک‌ورز بشقاب‌ی بهبود یافته) IDP، (سرزنی شده) VK، (سرزنی نشده) NVK، (خاک‌ورز برگردان‌دار) MB، (خاک‌ورز قلمی) CH

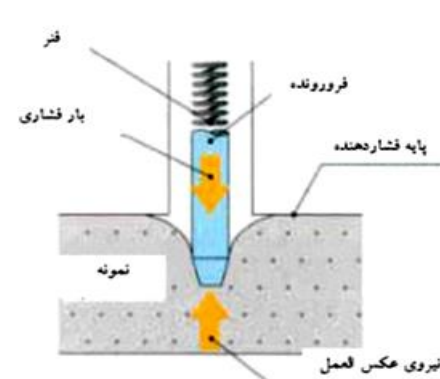
منطقه مورد آزمایش در موقعیت جغرافیایی ۵۱/۴۱ درجه طول شرقی و ۳۲/۴۲ درجه عرض شمالی است. متوسط بارندگی سالیانه این ناحیه حدود ۱۴۶ میلی‌متر و درجه حرارت میانگین منطقه حدود ۱۶/۵ درجه سلسیوس است. بافت خاک زمین زراعی مورد نظر حاوی ۵۰٪ رس، ۴۰٪ شن و ۱۰٪ سیلت بود. زمین مورد آزمایش در سال زراعی گذشته به زیر کشت جو رفته و کاهبن‌ها، کاه و کلش به جامانده پس از برداشت با کمباین در سطح زمین، چرانده شده بود. طول هر پلات اصلی ۲۵ متر و عرض آن ۸ متر در نظر گرفته شد و موقعیت تیمارها به طور تصادفی در هر کرت مشخص شد. در اواخر اسفند ماه، خاک تا عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک‌ورزی اولیه شده و در پی آن عملیات

خاک‌ورزی ثانویه با پنجه انجام شد و بلافاصله عملیات کاشت با دستگاه سیب‌زمینی کار نیمه اتوماتیک و رقم مارفونا که یکی از ارقام متداول منطقه بود، انجام شد و با دور هفت روز تا یک هفته قبل از برداشت آبیاری شد. عملیات داشت شامل خاک دادن پای بوته بعد از خروج جوانه‌ها از خاک همراه با کوددهی سرک (ازته) و کنترل علف‌های هرز با دست انجام شد. سرزنی بوته‌ها دو هفته قبل از برداشت، درست قبل از خشک شدگی ۴۰ درصد بوته‌ها (تورنتون و ویلیام، ۱۹۹۸) با حذف دقیق قسمت‌های هوایی بخش معینی از پلات‌ها با کارد تیز انجام شد. برداشت دستی با کمک بیل برای جلوگیری از هرگونه آسیب احتمالی، در عدم حضور بوته‌ها (روز برداشت سایر

دیگری (سختی) در آن به کار برده می‌شود. در این پژوهش از روش شور A^1 استفاده گردید (محمودیه و همکاران، ۱۳۸۵). این آزمون مقدار نفوذ یک فرورونده خاص را به درون مواد تحت شرایط خاصی از نیرو و زمان اندازه‌گیری می‌کند. عدد سختی مقداری را به سختی یک ماده اختصاص می‌دهد و بر حسب مقیاس‌های مختلف بیان می‌شود. شور A برای مواد نرم‌تر متداول است و با مقادیر عددی که بتواند برخی از موارد فیزیکی را در برگرد، بیان می‌شود. مفهوم اصلی این ایده در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- دستگاه فروسنج مدل GS-719N مورد استفاده



شکل ۲- تغییر شکل در اثر وارد شدن فروسنج

روش اندازه‌گیری سختی با فروسنج بدین گونه است که ابزار به طور عمودی و با سرعت ثابتی نسبت به سطح نمونه به سمت پایین هل داده می‌شود. پس از رسیدن پایه فشار دهنده به نمونه فروسنج ثابت نگه داشته می‌شود و بعد از گذر زمان خاصی (مثلاً یک یا ۱۵ ثانیه) مقدار عدد نشان داده شده، قرائت می‌شود. هنگامی که پایه فروسنج و نمونه به یکدیگر می‌چسبند فشار اضافی با فنر داخل ابزار اعمال می‌شود که شکل نمونه را تغییر می‌دهد (شکل ۲) و نمونه در جهت مخالف نیرویی تعادلی را اعمال می‌کند. فروسنج‌ها از نظر قدرت فنر و شکل فروسنج با هم متفاوتند (چنا و اپارا، ۲۰۱۳ و تابیل و همکاران، ۲۰۰۲).

کرت‌ها نیز سرزنی شدند) انجام شد. نمونه‌هایی از غده‌های هر پلات (تیمار)، به طور تصادفی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

اقطار اصلی (کوچک، متوسط و بزرگ)، قطر هندسی (ریشه سوم حاصلضرب قطرهای اصلی)، نسبت شکلی یعنی نسبت حاصلجمع اقطار کوچک و متوسط به دو برابر قطر بزرگ (گانکارز، ۲۰۰۵)، کشیدگی (نسبت قطر متوسط به قطر بزرگ)، بی‌قاعدگی (نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ)، وزن زیر آب، حجم، سطح، وزن تر، وزن ماده خشک غده، وزن مخصوص ظاهری غده بر پایه تر، رطوبت غده بر پایه خشک، درجه گردی و کرویت (توکلی، ۱۳۸۲) اندازه‌گیری و محاسبه شدند. حجم و وزن مخصوص ظاهری با روش جابجایی مایع اندازه‌گیری شد (توکلی، ۱۳۸۲ و محسنین، ۱۹۸۶). گردی متوسط از معادله ۱ به دست آمد.

$$(1) \quad \text{گردی متوسط} = \frac{\sum r}{nR}$$

که در آن r شعاع انحنا، R شعاع دایره محاطی و n تعداد گوشه‌هاست. بی‌قاعدگی (نسبت محوری)، از نقطه نظر فرایند فنی عبارت است از نسبت کوتاهترین محور به بلندترین محور. با فرض این که حجم غده مساوی با حجم بیضی سه محوری و قطر کره محیطی مساوی با بزرگترین قطر یک بیضی باشد، کرویت از معادله ۲ به دست آمد که در آن a ، b و c به ترتیب قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک بیضی هستند و $(abc)^{1/3}$ را قطر متوسط هندسی گویند. عملکرد در واحد طول ردیف کشت نیز اندازه‌گیری شد. مقدار کرویت، قطر هندسی و نسبت گردی غده‌ها با داشتن قطرهای متعامد غده که با کمک کولیس و با دقت دهم میلی‌متر اندازه‌گیری شد، به دست آمد (توکلی هشتجین، ۱۳۸۲).

$$(2) \quad \text{دستگاه انحناسنج برای اندازه‌گیری و محاسبه شعاع} \quad ((abc)^{1/3}/a)$$

انحنای رئوس اصلی غده‌ها استفاده گردید (ای اس ای ای، ۱۹۹۸). اقطار هندسی غده‌ها هم با کمک کولیس تا دقت دهم میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان ماده خشک و رطوبت غده‌ها، غده‌های رنده شده پس از توزین در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت در آون نگهداری شده و وزن ماده خشک اندازه‌گیری شد. روش‌های مختلفی چون برینل، راکول، ویکرز، شور و غیره برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت یک جسم به نفوذ جسم

متغیرهای سختی سطحی غده شامل متوسط قرائت اولیه (بیشینه)، قرائت ثانویه (کمینه) و اختلاف آن‌ها در شش رأس اصلی غده‌ها بودند.

در این پژوهش از دستگاه مدل GS-719N ساخت کارخانه Techlock Japan استفاده شد که مشخصات فنی آن در جدول ۲ و تصاویر آن در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات فنی ابزار فروسنج مورد استفاده

نوع	مدل	استاندارد	بار فنر (۰-۱۰۰)	ابعاد ایندنتور (mm) (ارتفاع/اندازه)
A	GS-719N	JIS K 6253, ISO 7619, ASTM D 2240	۵۵۰-۸۰۵۰ mN	(۲/۵)/مخروط ناقص با شعاع رأس ۰/۷۹mm و زاویه رأس ۳۵ درجه

نتایج و بحث

پس از به دست آوردن متغیرهای مربوط به هر تیمار، عملیات تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵٪ انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها و Fs حاصل از تجزیه واریانس اثرات مربوطه در جدول‌های ۳ و ۴ آمده‌اند.

سایر نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها بدین صورت بود که آزمون دانکن در سطح ۵٪، بین سطوح مختلف ادوات خاک‌ورزی اولیه و سطوح مختلف سرزنی بوته‌های مربوط به تمامی صفات بررسی شده و همچنین بین میانگین‌های انحراف معیار متغیرهای بررسی شده (نتایج آورده نشدند) اختلاف معنی‌داری نشان نداد و اثر تکرار نیز معنی‌دار نبود.

قبل از برداشت نمونه‌هایی به طور تصادفی از مزرعه جمع‌آوری شد و بعد از شست و شوی جزئی برای جدا شدن ذرات چسبیده به پوست و خشک کردن آن‌ها از طریق پهن کردن بر روی یک پارچه خشک، سختی بیشینه (بعد از یک ثانیه) و کمینه (بعد از ۱۵ ثانیه) آن‌ها به تعداد پنج نقطه در محل رؤس اصلی غده‌ها با فاصله ۵ میلی‌متر اندازه‌گیری و برای تجزیه و تحلیل ثبت شد. برای انجام آزمون سختی از سه غده و برای اندازه‌گیری سایر صفات از پانزده غده در هر پلات استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین متغیرها با نرم‌افزار SPSS و MSTAT-C و تحلیل رگرسیون خطی با نرم‌افزار انجام شد.

جدول ۳- مقادیر Fs مربوط به تجزیه واریانس متغیرها در سطوح مختلف سرزنی بوته‌ها و روش‌های خاک‌ورزی اولیه

متغیر	۱. وزن تر (g)	۲. قطر بزرگ (cm)	۳. قطر کوچک (cm)	۴. قطر متوسط (cm)	۵. قطر هندسی (cm)	۶. عملکرد در واحد طول پشته (g/m)	۷. وزن زیر آب (g)	۸. حجم (cc)	۹. وزن ماده خشک (g)	۱۰. وزن مخصوص ظاهری بر پایه تر (g/cm ³)	۱۱. رطوبت خشک (%)	۱۲. سطح پوست (mm ²)	۱۳. درجه گردی (cm/cm)	۱۴. کرویت (/)	۱۵. سختی بیشینه (Shore A)	۱۶. سختی کمینه (Shore A)	۱۷. اختلاف سختی (Shore A)	۱۸. نسبت شکلی (cm/cm)	۱۹. کشیدگی (cm/cm)	۲۰. بی‌قاعدگی (cm/cm)	اثرات
تکرار R	۴/۶	۱۴/۲	۳/۳	۲/۴	۴/۳	۲/۶	۲/۴	۷/۶	۰/۷	۱/۰	۰/۸	۰/۳	۰/۵۶	۰/۲	۳/۲	۰/۷	۲/۰	۰/۱	۰/۹	۱/۵	
سرزنی A	۵/۷	۲/۸	۲/۵	۳/۶	۲/۷	۱۳/۱	۹/۲	۸/۸	۱۴/۳	۱۲/۳	۱۰/۱	۰/۲	۰/۰۱	۰/۹	۵/۲	۴/۶	۰/۱	۴/۷	۱/۰	۶/۶	
خاک‌ورزی اولیه B	۲/۶	۲/۲	۱/۴	۱/۲	۱/۸	۰/۶	۲	۳/۵	۱/۴	۱/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۸	۳/۹	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۸	
برهمکنش AB	۰/۶	۰/۳	۲/۱	۰/۲	۰/۷	۱/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۳۷	۲/۱	۴/۵	۱/۶	۱/۳	۱/۳	۰/۷	۱/۱	

در سطح ۵٪ کلیه اثرات مربوط به متغیرهای بررسی شده معنی‌دار نشدند.

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارها در سطوح مختلف سرزنی بوته‌ها و ادوات خاک‌ورزی اولیه (آزمون دانکن در سطح ۵٪)

متغیر	سختی کمینه (Shore A)	سختی بیشینه (Shore A)	سطح پوست (mm ²)	وزن ماده خشک (g)	وزن زیر آب (g)	طول پشته (g/mm)	عملکرد در واحد	قطر هندسی (cm)	قطر متوسط (cm)	قطر کوچک (cm)	قطر بزرگ (cm)	وزن تر (g)
تیمار												
MB.VK	۲۶/۶bc	۴۳/۶b	۱۳۵۷۰ab	۲۶/۱ab	۸/۵b	۲۰۶۰/۲ab	۶/۳bc	۶/۱ab	۵/۴۶bc	۷/۳ab	۱۴۸/۹b	
IDP.VK	۲۶/۰c	۴۴/۱b	۱۲۴۹۰b	۲۴/۸b	۷/۵b	۱۷۶۱/۲b	۵/۹c	۵/۷۷b	۵/۰۷c	۷/۰۳b	۱۳۳/۹b	
CH.VK	۲۷/۵ab	۴۵/۳b	۱۶۸۴۰ab	۳۲/۲ab	۱۰/۶ab	۲۰۸۴/۷ab	۶/۸ab	۶/۶۳ab	۵/۸۳ab	۸/۱ab	۱۹۸/۰ab	
DP.VK	۲۶/۴bc	۴۴/۴b	۱۵۶۶۰ab	۳۴/۷ab	۱۱/۲ab	۲۲۴۵/۳ab	۶/۷abc	۶/۷ab	۵/۷۲ab	۷/۹ab	۱۹۰/۷ab	
MB.NVK	۲۸/۷a	۴۸/۲a	۱۶۵۹۰ab	۴۰/۲a	۱۱/۳ab	۲۶۹۳/۹a	۶/۵abc	۶/۵۷ab	۵/۶۳abc	۷/۴ab	۱۸۲/۳ab	
IDP.NVK	۲۶/۲bc	۴۳/۶b	۱۴۳۱۰ab	۳۲/۴ab	۱۰/۵ab	۲۵۳۷/۲a	۶/۵abc	۶/۵۳ab	۵/۶abc	۷/۴ab	۱۶۴/۷ab	
CH.NVK	۲۷/۴ab	۴۵/۰b	۱۷۰۲۰ab	۳۹/۶ab	۱۲/۵a	۲۵۴۵/۷a	۶/۸ab	۶/۸۳a	۵/۶abc	۸/۰۳a	۱۹۳/۳a	
DP.NVK	۲۷/۲ab	۴۵/۱b	۱۸۸۸۰a	۴۷/۱a	۱۵/۱bc	۲۲۸۴ab	۷/۱a	۷/۰۷a	۶/۲a	۸/۳a	۲۴۱/۰a	

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک در ستون هستند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

جدول ۵ ضرایب همبستگی بین متغیرهای محاسبه شده مربوط به خواص فیزیکی و سختی سطحی را نشان می‌دهد. بین متغیرهای وزن تر، قطر بزرگ، قطر کوچک، قطر متوسط، قطر هندسی، عملکرد در واحد طول، وزن زیر آب، حجم، وزن ماده خشک و سطح پوست غده (جدول ۵) همبستگی‌های معنی‌دار مثبت وجود داشت و بین سایر متغیرها (آورده نشدند) همبستگی معنی‌دار وجود نداشت.

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره به روش گام به گام و مدل به دست آمده بین وزن ماده خشک غده و سایر صفات (مدل شماره ۱) و همچنین مدل‌های به دست آمده بین وزن ماده خشک و سایر صفات بجز وزن زیر آب (مدل‌های ۲ تا ۵) در جدول ۶ آمده است. تحلیل رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام بین صفات‌های مربوط به سختی (متغیرهای ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در جدول ۳) و سایر صفات مدلی را ارائه نکرد. معادله کلی خط رگرسیون چند متغیره به صورت $Y = b_0 + b_m X_m + b_n X_n + \dots$ است که در آن Y متغیر وابسته، X_n متغیر مستقل مربوط به جدول ۴ و b_n ضرایب ثابت رگرسیون چند متغیره هستند. $\bar{r}^2$ درصد احتمال معنی‌دار بودن ضرایب رگرسیون ψ بیانگر درجه اعتماد برازش خطی برای ارائه مدل هستند.

از جمله عوامل مهمی که بر آسیب‌های مکانیکی غده مؤثر هستند سرزنی بوته، دمای محیط (دمای متوسط غده‌ها در زمان برداشت ۶°C بود) و میزان پتاسیم کافی موجود در خاک است که به طور مستقیم بر استحکام بافت سطحی

غده مؤثر هستند. اثر عوامل مختلف بر سختی سطحی غده‌ها معنی‌دار نبود و این احتمالاً به دلیل بالا بودن دمای محیط (آپلی و کلر، ۱۹۷۹ و کرسینی و همکاران، ۱۹۹۹) و میزان پتاسیم (داویل و همکاران، ۱۹۷۷) خاک و احتمالاً استعداد کم غده‌های رقم مارفونا به آسیب‌های مکانیکی (همت و تاکی، ۱۳۸۰) مزبور و برداشت در گرم‌ترین ساعت روز (تورنتون و ویلیام، ۱۹۹۸) است که در پژوهش‌های قبلی گزارش شده بود.

تیمار MB.NVK مرسوم زراعت سیب‌زمینی است که به دلیل استفاده از خاک‌ورز برگردان‌دار نسبت به سایر ادوات خاک‌ورزی اولیه بستر کشت را بهتر آماده می‌کند (قضاوی، ۱۹۹۷؛ ۲۰۰۴ و قضاوی و یول، ۱۹۹۹) اما انرژی مصرفی آن بالا بوده (منصوری راد، ۱۳۸۱ و قضاوی، ۱۹۹۷) و همچنین عدم سرزنی بوته‌ها در آن مشکلاتی را اعم از آسیب دیدگی و گسترش بیماری‌ها در پایان دوره رشد و حتی بعد از برداشت و حین انبارداری به وجود می‌آورد (بی‌نام، ۱۳۸۸؛ تورنتون و ویلیام، ۱۹۹۸؛ گودمستد و همکاران، ۱۹۷۸؛ ۱۹۷۹ و لیچ و همکاران، ۱۹۹۳). استفاده از روش دیگری که صرفه انرژی در آن حداکثر باشد، استفاده از خاک‌ورز قلمی است (منصوری راد، ۱۳۸۱) که در شرایط این پژوهش از نظر عملکرد در واحد طول ردیف کشت شده با روش مرسوم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارد.

برای فراوری غده، تهیه ورقه و خلال، درصد بالای ماده خشک مفید است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵). بجز تیمار DP.VK که دارای کمترین میزان ماده خشک بود، سایر

که سختی، مقاومت به نفوذ یک جسم به داخل جسم دیگری است، پیش‌بینی می‌شود که در مقابل نفوذ ذراتی که در ضمن برداشت به غده نفوذ می‌کند مانند کلوخه، سنگ ریزه و خاشاک و ساقه‌های محصول که به غده صدمه مکانیکی وارد می‌کنند، بیشترین مقاومت را داشته باشد.

تیمارها دارای ماده خشک بالاتری بودند. پس بهترین تیمار با تولید ماده خشک بالا و انرژی مصرفی کمتر، تیمار CH.NVK است که عملکرد آن با روش مرسوم اختلاف معنی‌داری ندارد.

تیمار MB.NVK از نظر سختی بیشینه با اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و سختی کمینه آن هم بالا است و از آن جا

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین متغیرهای محاسبه شده مربوط به خواص فیزیکی و سختی سطحی غده‌ها

تغییر	نسبت شکلی (cm/cm)	کشیده (cm/cm)	اختلاف سختی (Shore A)	سختی کمینه (Shore A)	سطح پوست (mm ²)	رطوبت بر پایه خشک (%)	وزن ماده خشک (CC)	وزن زیر آب (g)	عملکرد در واحد طول پشته (g/m)	قطر هندسی (cm)	قطر متوسط (cm)	قطر کوچک (cm)	قطر بزرگ (cm)	صفت
وزن تر (g)	-۰/۳۳	-۰/۱۹	-۰/۰۹	-۰/۳۲	-۰/۹۴**	-۰/۳۵	-۰/۱۸	-۰/۹۱**	-۰/۹۷**	-۰/۹۶**	-۰/۵۲**	-۰/۹۴**	-۰/۸۸**	-۰/۹**
قطر بزرگ (cm)	-۰/۲۵	-۰/۰۸	-۰/۱۷	-۰/۲۳	-۰/۸۴**	-۰/۱۹	-۰/۰۱	-۰/۷۲**	-۰/۸۹**	-۰/۸۱**	-۰/۴۹*	-۰/۹۲**	-۰/۸۰**	۱
قطر کوچک (cm)	-۰/۱۱	-۰/۳۴	-۰/۳۰	-۰/۳۵	-۰/۸۶**	-۰/۳۶	-۰/۲۷	-۰/۷۶**	-۰/۸۴**	-۰/۸۶**	-۰/۵۷**	-۰/۹۶**	-۰/۸۷**	۱
قطر متوسط (cm)	-۰/۵۶**	-۰/۴۵*	-۰/۱۴	-۰/۳۰	-۰/۸۷**	-۰/۴۲*	-۰/۳۳	-۰/۸۶**	-۰/۸۷**	-۰/۹۱**	-۰/۶۵**	-۰/۹۵**	۱	۱
قطر هندسی (cm)	-۰/۳۳	-۰/۲۶	-۰/۲۳	-۰/۳۲	-۰/۹۰**	-۰/۳۴	-۰/۲۲	-۰/۸۲**	-۰/۹۲**	-۰/۹۱**	-۰/۶۰**	۱	۱	۱
عملکرد در واحد طول پشته (g/m)	-۰/۳۳	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۳۸	-۰/۵۲**	-۰/۳۵	-۰/۳	-۰/۵۶**	-۰/۵۴**	-۰/۵۹**	۱	۱	۱	۱
وزن زیر آب (g)	-۰/۴۱*	-۰/۳۵	-۰/۰۹	-۰/۳۱	-۰/۹۱**	-۰/۴۸*	-۰/۳۲	-۰/۹۵**	-۰/۹۶**	۱	۱	۱	۱	۱
حجم (CC)	-۰/۳۷	-۰/۱۳	-۰/۱۲	-۰/۳۲	-۰/۹۲**	-۰/۳۴	-۰/۱۸	-۰/۸۸**	۱	۱	۱	۱	۱	۱
وزن ماده خشک (g)	-۰/۴۶*	-۰/۴۱*	-۰/۰۹	-۰/۳۴	-۰/۸۸**	-۰/۵۷**	-۰/۳۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
وزن مخصوص ظاهری بر پایه تر (g/cm ³)	-۰/۲۶	-۰/۶۸**	-۱/۰۰۱	-۰/۳۴	-۰/۱۶	-۰/۶۲**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رطوبت بر پایه خشک (%)	-۰/۲۹	-۰/۶**	-۰/۱۵	-۰/۴۰*	-۰/۳۴	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
سطح پوست (mm ²)	-۰/۳۲	-۰/۲۳	-۰/۱۴	-۰/۴۵*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درجه گردی (cm/cm)	-۰/۲۱	-۰/۳	-۰/۳۷	-۰/۱۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کروییت (%)	-۰/۰۹	-۰/۴۶*	-۰/۰۷	-۰/۱۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
سختی بیشینه (Shore A)	-۰/۲۱	-۰/۲۲	-۰/۸**	-۰/۶۱**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
نسبت شکلی (cm/cm)	-۰/۳۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

* معنی‌دار در سطح ۵٪ و ** معنی‌دار در سطح ۱٪.

جدول ۶- تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره به روش گام به گام مربوط به متغیرهای جدول ۳

R ²	معنی‌داری احتمال (%)	b _p	b _n	b _m	b	Y	مدل
۰/۹۱	۹۹/۹۱۲	-	-	-	۹۱/۹	وزن ماده خشک	Y=۰/۲۸۱+۳/۱۳۱X ₇
۰/۸۳	۹۹/۹	-	-	-	۶۵	وزن ماده خشک	Y=-۳/۶۵۳+۰/۲۰۹X ₁
۰/۹۰	۹۹/۹	-	-	-	۹۷/۵	وزن ماده خشک	Y=۱۲/۴۷۱+۰/۱۸۶X ₁ -۲/۴۶۲X ₁₁
۰/۹۲	۹۹/۹	-	۹۷	۹۹/۷	۹۹/۷	وزن ماده خشک	Y=۳۹/۶۸۷+۰/۲۶۷X ₁ -۲/۰۲۲X ₂ -۵/۷۲۷X ₁₁
۰/۹۴	۹۹/۹	۹۸/۵	۹۹/۹	۹۹/۶	۹۹/۷	وزن ماده خشک	Y=۱۵۷/۳۰۱+۰/۳۰۴X ₁ -۱/۷۶۵X ₁₁ -۸/۶۰۶X ₂ -۱/۲۰۸X ₁₄

(قضاوی و یول، ۱۹۹۹) مناسب‌تر از روش‌های دیگر است. با وجود این انتخاب روش مناسب خاک‌ورزی و اعمال سرزنی بوته‌ها منوط به بررسی شرایط زراعی مانند بافت و رطوبت خاک، میزان ماده آلی آن، وجود آفت، بیماری و علف هرز و غیره است. در مرحله اول تحلیل رگرسیون خطی، بین وزن ماده خشک و وزن زیر آب غده (مدل ۱ در جدول ۶) نشان داد که بین این دو صفت رابطه خطی وجود دارد که نتایج پژوهش‌های قبلی (بی‌نام، ۱۹۹۹) را تأیید می‌کند. با حذف وزن زیر آب در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه، مدل‌های جدیدی به دست آمد (مدل‌های ۲ تا ۵ در جدول ۶) که نشان داد متغیرهای رطوبت بر پایه خشک، قطر بزرگ و کرویت به طور همزمان بر میزان وزن ماده خشک غده در شرایط پژوهش حاضر یعنی نوع خاک، دور آبیاری، کود مصرفی، رقم و شرایط محیطی که برای تیمارها یکسان بودند، مؤثر هستند.

نتیجه‌گیری

بنابر نتایج حاصل از انجام پژوهش در شرایط حاضر چنین می‌توان گفت که استفاده از خاک‌ورز قلمی و عدم سرزنی بوته برای تولید محصول با ماده خشک بالا مناسب است و خواص سختی غده را نمی‌توان بر اساس خواص فیزیکی آن به دست آورد اما می‌توان از بالا یا پایین بودن سختی کمینه، بالا یا پایین بودن ماده خشک غده‌ها را مقایسه کرد.

پیشنهاد می‌شود این پژوهش در بررسی قابلیت انبارداری محصول و تأثیر آن بر ساختمان سلولی غده نیز تداوم یابد و اثر مقادیر و روش‌های مختلف آبیاری، کوددهی بخصوص کودهای آلی نیز در نظر گرفته شود و آزمون ضربه هم انجام شود و نتایج آن با این پژوهش مقایسه شود.

سپاس‌گزاری

بدین منظور نویسندگان از مسئولین دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) و شرکت آینده شیمی اصفهان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

پژوهش‌های قبلی (آپلی و کلر، ۱۹۷۹؛ کرسینی و همکاران، ۱۹۹۹ و راجرزلوپس، ۱۹۸۰) اثر ماده خشک غده را بر آسیب دیدگی مکانیکی غده نشان داده و بنابراین به نظر می‌رسد از بین تیمارها میزان آسیب پذیری غده‌ها در تیمار IDP.VK باید حداقل باشد اما مقادیر سختی آن از سایر تیمارها کمتر بوده و بنابراین بدون اندازه‌گیری میزان آسیب دیدگی نمی‌توان در مورد آن نظر داد.

وجود همبستگی معنی‌دار بین صفات وزن تر، قطر بزرگ، قطر کوچک، قطر متوسط، قطر هندسی، وزن زیر آب، حجم، وزن خشک و نسبت شکلی که مشخصه‌های فیزیکی غده‌ها را نشان می‌دهند و عدم وجود همبستگی معنی‌دار این صفات با سایر صفات بررسی شده بیانگر این مطلب است که در شرایط پژوهش حاضر خواص سختی سطحی غده به مشخصه‌های فیزیکی مذکور که آسان‌تر هستند، مرتبط نبوده و اختلاف بین تیمارها فقط با بررسی مشخصه‌های فیزیکی مذکور قابل توجیه نیست. اما بین سختی کمینه و مشخصه‌های رطوبت بر پایه خشک و سطح پوست به ترتیب همبستگی‌های معنی‌دار منفی و مثبت در سطح ۵٪ وجود داشت. سطح پوست غده به طور مستقیم تحت تأثیر اندازه غده قرار دارد و با مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نمی‌توان ارتباط آن را با سختی کمینه بررسی کرد و لازم است بررسی‌های دقیق‌تری در ساختمان سلولی و آرایش آن در بافت زیر پوست غده‌های کوچک و بزرگ انجام شود. از آن جا که بین سختی کمینه و رطوبت همبستگی منفی وجود دارد و بالا بودن رطوبت باعث کاهش درصد ماده خشک می‌شود، به نظر می‌رسد می‌توان از سختی کمینه به عنوان یک مشخصه آسان برای مقایسه میزان ماده خشک که در صنایع فرآوری مورد توجه است (رضایی و سلطانی، ۱۳۷۵) استفاده نمود. وجود بافت سنگین خاک در بیشتر نقاط کشور مشکلاتی را در عملیات خاک‌ورزی با خاک‌ورزهای برگردان‌دار و قلمی به همراه دارد (منصوری راد، ۱۳۸۱). تحت چنین شرایطی استفاده از خاک‌ورز بشقاب‌پیشرفته که در مقایسه با روش معمول انرژی کمتری صرف کرده و سرعت کار آن بیشتر است

منابع

۱. بی‌نام، ۱۳۸۸. وزارت جهاد کشاورزی. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. قابل دسترس بر روی صفحه وب: <http://78.39.162.33/zrtbank>
۲. توکلی هاشجین ت. ۱۳۸۲. مکانیک محصولات کشاورزی. دانشگاه زنجان. انتشارات مرکز خدمات فرهنگی سالکان. ۵۲۰ ص.

۳. رضایی ع و سلطانی ا. ۱۳۷۵. زراعت سیب زمینی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۰ ص.
۴. محمودیه ر. ع. ۱۳۸۵. مطالعه اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر میزان آسیب دیدگی سیب زمینی حین برداشت. رساله دکتری تخصصی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۸۱ ص.
۵. منصوری راد د. ۱۳۸۱. تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی. جلد اول، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان. ۸۵۳ ص.
۶. همت ع. و تاکی ا. ۱۳۸۰. بررسی آسیب‌های مکانیکی پنج نوع ماشین سیب‌زمینی‌کن در منطقه فریدن اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۵(۲):۱۹۵-۲۰۹.
7. Aeppli A. and Keller E. R. 1979. Influence of stand location in blackspot susceptibility of potato tubers. *Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau*. 148(2):115-130.
8. Anonymous. 1998. ASAE Standards, 45th ed. S368.3 MAR95. Compression Test of Food Materials of Convex Shape. St. Joseph, Mich. ASAE. 981 pp.
9. Anonymous. 1999. Handbook of Agricultural Engineering. Vol. IV: Agro-Processing Engineering. Edited by: CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering. Published by The ASAE. 540 pp.
10. Canneyt T. V. Tijssens E. Ramon H. Verschoore R. and Sonck B. 2004. Development of a Predictive Tissue Discolouration Model based on Electronic Potato Impacts. *Biosystems Engineering*. 88(1):81-93.
11. Chena L. and Opara U. L. 2013. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International*. 51(2):823-835.
12. Corsini D. Stark J. and Thornton M. 1999. Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho potato fields. *American Journal of Potato Research*. 76(4):221-226.
13. Dwelle R. B. Stallknecht G. F. McDole R. E. and Pavak J. J. 1977. Effect of soil potash treatment and storage temperature on black spot bruises development in tubers of four *Solanum Tuberosum* cultivars. *Am. Potato J.* 54(4):137-146.
14. 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. 184 pp.
15. Gancarz M. 2005. Relationship between geometrical parameters of potato tuber and failure stress of its parenchyma tissue. Book of abstracts. 4th International Workshop for Young Scientists BioPhys. Institute of Agrophysics. Polish Academy of Sciences. Lublin, Poland. Available: <http://www.bps.czu.cz/Lublin/Abstracts/Gancarz.pdf>. Accessed 1 may 2013.
16. Ghazavi M. A. 1997. Energy Inputs and Resulting soil physical conditions of primary tillage implements. Ph.D. thesis, Newcastle University, Newcastle, England. 318 pp.
17. Ghazavi M. A. 2004. Potato mechanization in Iran. Abstracts Handbook for the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 September- 1 October. Available: http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/2/2/1082_ghazavima.htm. Accessed 1 may 2013.
18. Ghazavi M. A. and Yule I. J. 1999. A comparison of the performance of a high speed disk plough and a General purpose mouldboard plough. *Iran Agricultural Research J.* 18(2):185-196.
19. Gudmestad N. C. Stack R. W. Salas B. 1989. Colonization of potato by *Rhizoctonia solani* as affected by crop rotation. In: Vos J. Van Loon C. D. Bollen, G. J. (Eds.), *Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 247-252.
20. Gudmestad N. C. Huguelet J. E. and Zink R. T. 1978. The effect of cultural practices and straw incorporation into the soil on *Rhizoctonia* disease of potato. *Plant Dis.Rep.* 62(11):985-989.
21. Hughes L. C. 1980. Role of tuber properties in determining susceptibility of potato to damage. *Annals of Applied Biology*. 96(3):344-345.
22. Jacobs C. O. and Harrel. W. R. 1983. *Agricultural Power and Machinery*. McGraw Hill Book Co., New York. 613 pp.
23. Kepner R. A. Bainer R. and Barger E. L. 1978. *Principles of Farm Machinery*. 3rd (ed.) Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, USA. 527 pp.
24. Leach S. S. Porter G. A. Rourke R. V. and Clapham W. M. 1993. Effects of moldboard plowing, chisel plowing and rotation crops on the *Rhizoctonia* disease of white potato. *American Potato Journal*. 70(4):329-337.
25. Mohsenin N. N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. 2nd Ed. Gordon and Breach Science pub., NY. 472 pp.
26. Rogers-Lewis D. S. 1980. Methods of reducing damage in main crop potatoes. *Annals of Applied Biology*. 96(3):345-349.
27. Tabil L. G. Sokhansanj S. Crerar W. J. Patil R. T. Khoshtagaza M. H. and Opoku A. 2002. Physical characterization of alfalfa cubes: 1. Hardness. *Canadian Biosystems Engineering*. 44:3.55-3.63.
28. Thornton M. and William B. 1998. Preventing potato bruise damage. *Collage of Agriculture*. University of Idaho. Bul. 725.