بررسی تأثیر سرعت و زاویهٔ لبهٔ تیغه بر مقاومت برشی ساقهٔ ارقام مختلف برنج[1]

رضا طباطبایی کلور، علیمحمد برقعی، رضا علیمردانی، علی رجبی پور، حسین مبلی و علیرضا علامه[2]

تاریخ دریافت مقاله: ٨٢/٨/٢٦ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٣/٩/٩

چکیده

به منظور اندازه‌گیری نیروی برش دینامیکی ساقهٔ برنج، یک دستگاه آزمایشگاهی با مکانیزم برش رفت و برگشتی طراحی و ساخته شد. تأثیر سرعت برشی تیغه در چهار سطح ٠/٦، ٠/٩، ١/٢، و ١/٥ متر بر ثانیه و زاویهٔ لبه تیغه در سه سطح ٢٥، ٣٠، و ٣٥ درجه روی مقاومت برشی ساقهٔ چهار رقم برنج شامل خزر، فجر، بی‌نام و هاشمی مطالعه شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر رقم برنج، سرعت برشی، و زاویه لبهٔ تیغه عوامل اصلی و اثر متقابل رقم برنج و سرعت برشی بر مقاومت برش ساقه در سطح ١ درصد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین مقدار مقاومت برشی به ترتیب مربوط به ارقام خزر و هاشمی با میانگین ٠/٢١٠ و ٠/١٨١ مگاپاسکال به دست آمد. با توجه به نتایج آزمون دانکن تفاوت بین میانگین مقاومت برشی در ارقام فجر، بی‌نام و هاشمی در سطح ١ درصد معنی‌دار نبود ولی مقدار مقاومت برشی رقم خزر در مقایسه با ارقام بی‌نام و هاشمی بیشتر بود. مقاومت برشی ساقه در سرعت برشی ٠/٦ متر بر ثانیه با میانگین ٠/٢٢٦ مگاپاسکال بیشترین و در سرعت برشی ١/٥ متر بر ثانیه با میانگین ٠/١٥٥ مگاپاسکال کمترین مقدار بود. سرعت برشی تیغه در سطوح ٠/٦ و ٠/٩ متر بر ثانیه و همچنین در سطوح ١/٢ و ١/٥ متر بر ثانیه روی مقاومت برشی ساقه تفاوت معنی‌دار نبود ولی در سطوح دیگر تفاوت معنی دار بود. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که مقادیر مقاومت برشی بین زوایای لبهٔ تیغه در سطح ١ درصد معنی‌دار نیست. اثر متقابل رقم برنج و سرعت برشی تیغه روی مقاومت برشی ساقه در سطح ١ درصد معنی‌دار بود و در مقایسهٔ میانگین‌ها، بیشترین مقدار مقاومت برشی ساقه‌ها با میانگین ٠/٢٣٤ مگاپاسکال در سرعت ٠/٦ متر بر ثانیه در رقم فجر و کمترین مقدار آن با میانگین ٠/١٣٧ مگاپاسکال در رقم بی‌نام و در سرعت برش ١/٥ متر بر ثانیه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی

برش، برنج، تیغه، سرعت برشی، مقاومت برشی

١- برگرفته از پایان نامهٔ دکتری. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

٢- به ترتیب دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. صندوق پستی: ٤١١١، دورنگار: ٢٨٠٨١٣٨-٠٢٦١، پیام نگار: r_tabatabaee@yahoo.com، استاد و دانشیاران گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه تهران و کارشناس ارشد بخش فنی و مهندسی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

برنج مادهٔ غذایی بسیار ارزشمندی است و نقش حساسی در تغذیهٔ بشر در جهان کنونی دارد. برنج پس از گندم پر مصرف‌ترین محصول کشاورزی است. برداشت برنج یکی از مراحل مهم و پرزحمت در تولید این محصول محسوب می‌شود [١٢]. در ایران، برنج اغلب با دست برداشت می‌شود. برداشت دستی، علاوه برتلفات، کمبود نیروی کار را در زمان برداشت به همراه دارد و از این رو تأخیر بیشتر در برداشت معایب دیگری را در بر خواهد داشت. برداشت مکانیزه برنج در سال‌های اخیر مورد توجه کشاورزان و تولید کنندگان واقع شده است، لذا طراحی و ساخت ادوات برداشت متناسب با شرایط ارقام برنج ایرانی ضرورت دارد. به منظور کمک به طراحی مهندسی این ادوات تعیین خصوصیات برشی ساقهٔ برنج و بررسی عوامل مختلف تیغه از جمله سرعت برشی، زاویهٔ لبه تیغه، و نوع تیغه ضروری است.

بسیاری از محققان نیاز به داشتن اطلاعات جامع در مورد خصوصیات مکانیکی محصولات کشاورزی و علوفه‌ای را ضروری می‌دانند. نبود دانش کافی دربارهٔ این خصوصیات را بسیاری از مهندسانی اشاره کرده‌اند که با وسایل برش سروکار دارند. یکی از دلایل اولیه، تغییرات گسترده خواص این مواد است. دلیل دیگر، فقدان روش ثابت و دستگاه آزمایشی یکسان برای تعریف و اندازه‌گیری این خصوصیات است [٤].

پرینس و همکاران (Prince *et al*., 1958) و چنسلور (Chancellor, 1958) برای اندازه‌گیری نیروی برش مواد علوفه‌ای تلاش‌هایی کرده‌اند امّا مفید بودن نتایج آنها محدود به سرعت‌های برش خیلی کم تیغه و استفاده از دستگاه برش ضربه‌ای است که به دور از شرایط واقعی کار دروگر است [١، ٢، و ٥].

هایک و هیلبرت (Halyk & Hulburt, 1968) مقاومت برش نهایی ساقهٔ یونجه در فواصل بین گرهی را با روش برش مستقیم مطالعه و اعلام کرده‌اند که مقاومت برشی از ٠/٦ تا ١٧/٩٥ مگاپاسکال تغییر می‌کند. همچنین مشاهده شده است که افزایش درصد رطوبت در تمام طول ساقه موجب کاهش مقاومت برشی می‌شود [٤].

ال هاگ و همکاران (El Hag *et al*., 1971) در یک تحقیق، تأثیر رطوبت، جرم مخصوص مادهٔ خشک، و سرعت بارگذاری را روی مقاومت برش نهایی ساقهٔ پنبه بررسی کردند. میانگین مقاومت برش نهایی به ازای رطوبت ٥٢/٥ و١٣/٢ درصد به ترتیب ١٣/٧٥ و ١٩/٩٨ مگاپاسکال به‌دست آمد [٣].

ایگه و فینر (Ige & Finer, 1975) عوامل مؤثر و نیز اثر متقابل آنها را در برش دروگرهای علوفه با استفاده از آزمایش فاکتوریل بررسی کردند. از منحنی‌های نیرو- جابه‌جایی، فاصله‌ای که چاقو علوفه را فشار می‌دهد، و نیز نیروی برش حداکثر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر اصلی بعضی از عوامل چاقو و نیز برخی از تأثیرات متقابل آنها معنی‌دار بود [٥].

پراساد وگوپتا (Prasad & Gupta, 1975) در یک تحقیق، خواص مکانیکی ساقهٔ ذرت را در ارتباط با برداشت با استفاده از یک دستگاه برش ضربه‌ای مطالعه کردند و مقدار ٥٥ درجه برای زاویهٔ برش و نیز ٢/٦٥ متر بر ثانیه برای سرعت برش را

گزارش دادند [۱۰].

لی و یان (Lee & Yan, 1984) نیروی برش ساقه‌های دو رقم برنج ژاپنی را بررسی کردند. تعیین توان برشی برای گروهی از ساقه‌ها نیز با ساخت مکانیزمی متشکل از واحدبرش‌وواحد تغذیه صورت گرفت. نتیجه این بود که در سرعت پیشروی ۰/٦ متر بر ثانیه وقتی سرعت تیغه از ۰/٦٤ به ۰/۸ متر بر ثانیه تغییر می‌کرد، میانگین توان برش خالص از ۳۳/٤ به ۵/۹۵ وات کاهش و توان بدون بار از ۵۱/۹ به ۱۱٤/۳ وات افزایش می‌یافت. در نتیجه، توان ورودی به ترتیب برای هر دو سرعت تیغه در دو ردیف گیاه ۱۱۱/٤ و۱٤۷/۷ وات به دست آمد [۷].

ماجومدار و داتا (Majumdar & Dutta, 1982) با استفاده از یک دستگاه برش ضربه‌ای از نوع پاندولی، انرژی برشی لازم را برای دو رقم برنج و یک رقم گندم در سرعت برش بین ۲/۵۳ تا ٤/۵ متر بر ثانیه و زوایای لبه ۲۰ و ٤۰ درجه بررسی کردند. تحلیل داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع محصول و زاویهٔ لبهٔ تیغه بر انرژی برشی به ترتیب در سطوح اطمینان ۱ و ۵ درصد معنی دار بود. افزایش سرعت برشی، نیرو و در نتیجه انرژی برش را کاهش داد و زاویهٔ لبه ۲۰ درجه، نسبت به زاویهٔ لبه ٤۵ درجه، انرژی برش کمتری نیاز داشت [۸].

جعفری (۱۳۷۵) اثر عواملی مانند زاویهٔ برش، زاویهٔ تیزی، قطر ساقه، تعداد ساقه و نوع تیغه را بر نیروی برش ساقهٔ گندم و یونجه بررسی کرد. وی با ساخت و نصب وسایلی روی ماشین کشش- فشار، این پارامترها را اندازه گیری کرد. اثر اصلی عوامل تیغه و برخی تأثیرات متقابل بر نیروی برش معنی دار بودند [٦].

همان گونه که مشاهده می‌شود، در اکثر تحقیقات انجام شده، نیروی برش با مکانیزم‌های ضربه‌ای و اغلب در مورد گیاهان علوفه‌ای اندازه‌گیری شده است و سهم غلات به ویژه برنج، در این میان بسیار ناچیز بوده است. علاوه بر این، بیشتر آزمایش‌ها به کمک ماشین‌های کشش- فشار و با سرعت‌های غیر واقعی انجام گرفته است. با توجه به اینکه خصوصیات مکانیکی ساقه‌های ارقام مختلف برنج، نسبت به همدیگر متفاوت است بررسی و تعیین نیروی برش لازم برای هر یک از ارقام ضروری است. از طرف دیگر پارامترهای مربوط به تیغه از جمله زاویهٔ لبه تیغه و سرعت برشی تیغه تأثیر به سزایی در مقدار نیروی برش دارد. بنابراین با تعیین مقادیر مناسب برای این پارامترها می‌توان از آنها به عنوان معیاری‌در طراحی، بهینه‌سازی و ساخت مکانیزم‌های برش دروگرها و یا شانهٔ برش کمباین برنج استفاده کرد.

به طور کلی اهداف تحقیق حاضر را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

۱- اندازه‌گیری نیروی برش ساقه برنج با مکانیزم شانه برش رفت و برگشتی؛

۲- بررسی اثر سرعت‌های مختلف و زوایای لبهٔ تیغه روی مقاومت برشی ساقهٔ برنج؛

۳- بررسی مقاومت برشی ساقه برای ارقام مختلف برنج.

مواد و روش‌ها

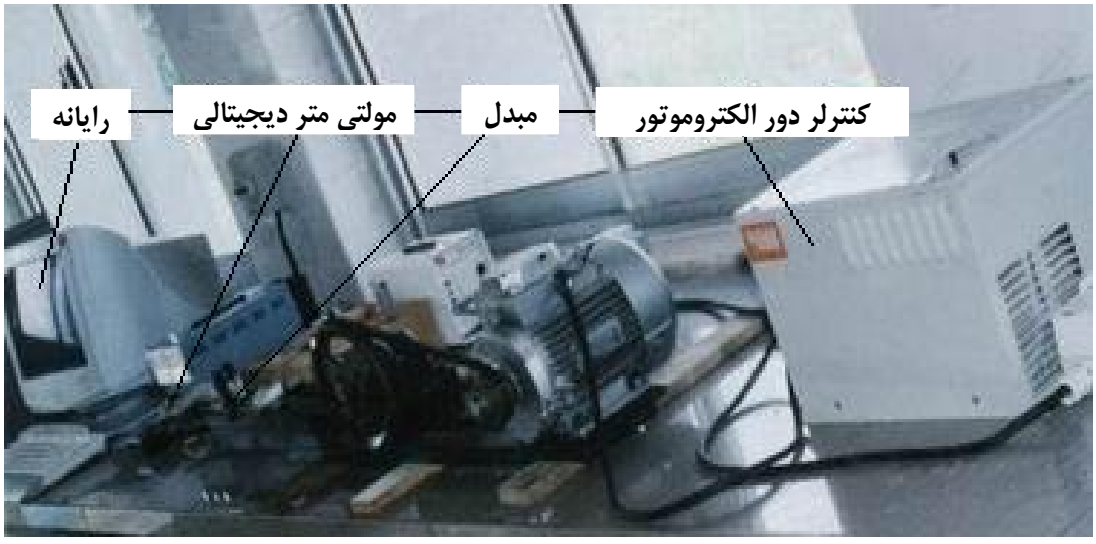
- مواد

در این تحقیق، چهار رقم برنج: خزر، فجر،

هاشمی، و بی‌نام انتخاب شدند. همچنین از سه نوع تیغه با زاویهٔ لبه به ترتیب ۲۵، ۳۰، و۳۵ درجه استفاده شد. نمونه‌های ساقهٔ برنج مورد آزمایش در این تحقیق از مزارع مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت تهیه شد. نمونه‌ها درموقع برداشت محصول به صورت تصادفی از مزرعه انتخاب و با داس دستی درارتفاع ۵ سانتی‌متری از سطح زمین برداشت شدند. ساقه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. آزمایش‌ها به مدت ده روز و در چهار تکرار انجام گرفت.

- دستگاه آزمایشی

یک دستگاه آزمایشگاهی با مکانیزم برش رفت و برگشتی برای برش ساقه‌ها و قابلیت اندازه‌گیری نیروی برش در سرعت‌های برشی ۰/٦، ۰/۹، ۱/۲، و ۱/۵ متر بر ثانیه طراحی و ساخته شد (شکل شمارهٔ ۱). شانهٔ برش این دستگاه متشکل از یک میلهٔ رفت و برگشتی حامل دو تیغه و سه ضد تیغهٔ ثابت بود. زاویهٔ برش (قیچی) ۲۵ درجه، فاصلهٔ تیغه و ضد تیغه ۰/۲، فاصلهٔ مرکز به مرکز آنها ۵۰، و کورس تیغه ۵۰ میلی‌متر بود. حرکت رفت و برگشتی تیغه‌ها از طریق یک مکانیزم لنگ و چلاقدست و انتقال تسمه‌ای توسط یک الکتروموتور با توان یک اسب بخار تأمین شد. حرکت چلاقدست از طریق یک مبدل تیری، یک سرگیردار مجهز به دو عدد کرنش سنج، و یک مکانیزم لغزنده به شانهٔ برش منتقل می‌شد. داده‌های خروجی مبدل از طریق مدار پل وتسون و توسط یک مولتی‌متر دیجیتالی متصل به رایانه، قابل انتقال بود.



شکل شمارهٔ ۱- دستگاه اندازه گیری نیروی برش دینامیکی ساقه و مدار اندازه گیری

با تنظیم فرکانس در دستگاه کنترل‌کنندهٔ دور الکتروموتور، سرعت‌های مختلف رفت و برگشتی تیغه‌ها تنظیم شد. کالیبراسیون مبدل نیرو در آزمایشگاه انجام گرفت و ضریب کالیبراسیون توسط شیب منحنی نیرو- ولتاژ، مقدار ۵/۶۷ نیوتن بر میلی‌ولت به دست آمد.

- اندازه‌گیری نیروی برش ساقه برنج

ابتدا الکتروموتور راه‌اندازی و فرکانس در کنترل کنندهٔ دور الکتروموتور (به منظور تأمین سرعت مورد نظر تیغه) تنظیم شد. خروجی‌های اولیهٔ حاصل از مقاومت اصطکاکی اجزای برش را رایانه ثبت کرد. سپس، ساقه بین فک ثابت و متحرک یک گیره چوبی با پوشش پلاستیکی توسط دو پیچ به طور محکم بسته شده و به آرامی در مقابل تیغه و ضد تیغه قرار گرفت. با قرارگیری تیغه بین دو لبهٔ برش، ساقهٔ بریده شده و نیروی برش حداکثر به کرنش سنج‌ها منتقل شد. در نتیجه، خروجی مبدل به صورت میلی‌ولت توسط یک مولتی‌متر دیجیتالی متصل به رایانه ثبت شد. میانگین مقادیر قرائت شده مربوط به نیروی اصطکاک از مقدار حاصل از برش ساقه کم شده و مقدار خروجی مربوط به برش ساقه به دست آمد. متوسط پنج قرائت، به عنوان نیروی برش نمونه‌ها در نظر گرفته شد. با در اختیار داشتن ضریب کالیبراسیون مبدل (۵/۶۷ نیوتن بر میلی‌ولت) نیروی برش ساقه برحسب نیوتن به دست آمد. میانگین مقاومت برشی ساقه از تقسیم میانگین نیروی برش بر سطح مقطع عرضی ساقه محاسبه و برحسب مگاپاسکال نشان داده شد. به منظور بررسی تأثیر نوع رقم برنج، سرعت برشی تیغه، و زاویهٔ لبه تیغه روی مقاومت برشی ساقه برنج، از طرح بلوک کامل تصادفی با آزمایش فاکتوریل در چهار تکرار استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و Excel تجزیه و تحلیل قرار شدند.

- تعیین سطح مقطع عرضی ساقهٔ برنج

شکل اولیه ساقه در نقطهٔ برش دست نخورده حفظ شد تا سطح مقطع عرضی با فرض دایره‌ای بودن آن [۲ و ۷] محاسبه شود. پس از برش ساقه با استفاده از میکرومتر با دقت ۰/۱ میلی‌متر ابتدا قطر خارجی و دو برابر ضخامت ساقه (با فشردن ساقه میان فک ثابت و متحرک میکرومتر) به دست آمد، قطر داخلی نیز با کم کردن دو برابر ضخامت ساقه از قطر خارجی محاسبه شد و بدین ترتیب سطح مقطع عرضی ساقه با استفاده از فرمول به دست آمد.

نتایج و بحث

جدول شمارهٔ ۱ نتایج تجزیهٔ واریانس اثر اصلی تیمارهای مختلف رقم برنج، سرعت برشی و زاویه لبه تیغه و همچنین اثر متقابل آنها را بر مقاومت برشی ساقه برنج نشان می‌دهد. تجزیهٔ و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تأثیر رقم، سرعت برشی تیغه، و زاویه لبه تیغه به عنوان عوامل اصلی و همچنین اثر متقابل رقم و سرعت برشی بر مقاومت برشی ساقه برنج در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول شمارهٔ ۱- تجزیهٔ واریانس مقاومت برشی ساقهٔ برنج در تیمارهای مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رقم	۳	۰/۰۲۸۳٤۱	۰/۰۰۹٤٤۷	۲۳/۸۲**
سرعت برشی	۳	۰/۱٥٦٥٦۱	۰/۰٥۲۱۸۷	۱۳۱/٥۹**
زاویهٔ لبهٔ تیغه	۲	۰/۰۲۱٥۳	۰/۰۱۰۷٦٥	۲۷/۱٥ **
رقم × سرعت برشی	۹	۰/۰۱۰٤٦۷	۰/۰۰۱۱٦۳	۲/۹۳ **
رقم × زاویهٔ لبه	٦	۰/۰۰٤۸۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۲ns
سرعت × زاویهٔ لبه	٦	۰/۰۰٤۱۰٦	۰/۰۰۰٦۸٤	۱/۷۳ns
رقم × سرعت × زاویهٔ لبه	۱۸	۰/۰۰۷۲۸۱	۰/۰۰۰٤۰٤	۱/۰۲ns
اشتباه	۱٤٤	۰/۰٥۷۱۰۹	۰/۰۰۰۳۹٦	
کل	۱۹۱	۰/۲۹۰۲۰۰		

** معنی دار در سطح ۱ درصد، ns غیر معنی دار

بیشترین و کمترین مقدار میانگین مقاومت برشی با توجه به نتایج آزمون دانکن (جدول شمارهٔ ۲) به ترتیب مربوط به ارقام خزر و هاشمی است که مقادیر میانگین آنها به ترتیب ۰/۲۱۰ و ۰/۱۸۱ مگاپاسکال به دست آمد. مطابق جدول شمارهٔ ۳، با افزایش سرعت، مقاومت برشی کاهش می‌یابد به طوری که مقاومت برشی ساقه در سرعت برشی ۰/٦ متر بر ثانیه با میانگین ۰/۲۲٦ مگاپاسکال دارای بیشترین و در سرعت برشی ۱/٥ متر بر ثانیه با میانگین ۰/۱٥٥ مگاپاسکال کمترین مقدار است. با توجه به نتایج آزمون دانکن (جدول شمارهٔ ٤)، مقاومت برشی ساقه بین زوایای لبهٔ تیغه در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

مطابق جدول شمارهٔ ٥، اثر متقابل رقم و سرعت برش تیغه بر مقاومت برشی ساقه معنی‌دار است. بیشترین مقاومت برشی در رقم فجر با میانگین ۰/۲۳٤ مگاپاسکال در سرعت برشی ۰/٦ متر بر ثانیه و کمترین آن مربوط به رقم بی‌نام در سرعت برشی ۱/٥ متر بر ثانیه با میانگین ۰/۱۳۷ مگاپاسکال به دست آمد.

جدول شمارهٔ ۲- آزمون دانکن برای مقایسهٔ میانگین‌های رقم برنج و مقاومت برشی ساقه

رقم برنج	مقاومت برشی ساقه (مگا پاسکال)
خزر	۰/۲۱۰a
فجر	۰/۱۹۷ab
بی‌نام	۰/۱۸۱b
هاشمی	۰/۱۸۱b

حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

جدول شمارهٔ ۳- آزمون دانکن برای مقایسهٔ میانگین‌های سرعت برشی و مقاومت برشی ساقه

سرعت برشی تیغه (متر بر ثانیه)	مقاومت برشی ساقه (مگا پاسکال)
۰/٦	۰/۲۲٦a
۰/۹	۰/۲۱۳a
۱/۲	۰/۱۷٦b
۱/۵	۰/۱۵۵b

* حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

جدول شمارهٔ ٤- آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌های زاویهٔ لبهٔ تیغه و مقاومت برشی ساقه

زاویه لبه تیغه (درجه)	مقاومت برشی ساقه (مگا پاسکال)
۳۵	۰/۲۰۷a
۳۰	۰/۱۸۹a
۲۵	۰/۱۸۱a

* حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

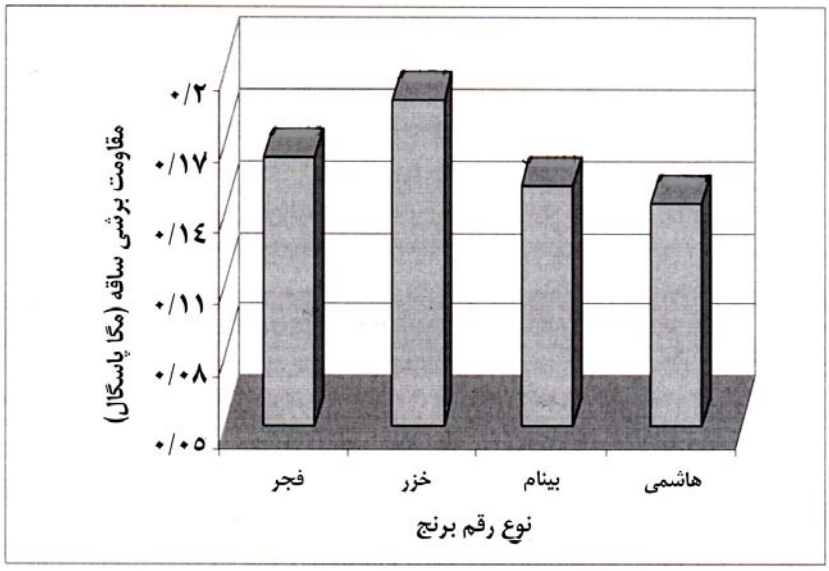
جدول شمارهٔ ۵- مقایسهٔ میانگین‌های مقاومت ساقه در سرعت های برشی تیغه در هر رقم

رقم برنج / مقاومت برشی ساقه (مگاپاسکال)	سرعت برشی تیغه (متر بر ثانیه)			
	۰/٦	۰/۹	۱/۲	۱/۵
خزر	۰/۲۳۱ab	۰/۲۲۵abc	۰/۱۹٦cde	۰/۱۸۷de
فجر	۰/۲۳٤a	۰/۲۱۷abc	۰/۱۸۱def	۰/۱۵۵fg
بی‌نام	۰/۲۲۹ab	۰/۲۰٤bcd	۰/۱۵۵fg	۰/۱۳۷g
هاشمی	۰/۲۱۰abcd	۰/۲۰۵bcd	۰/۱۷۰ef	۰/۱۳۹g

* حروف مشابه بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

- تأثیر رقم

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر رقم برنج روی مقاومت برشی ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول شمارهٔ ۱). به عنوان نمونه، مقاومت برشی ساقه‌ها با سطح مقطع یکسان در ارقام مختلف در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که مقاومت برشی ساقه در رقم خزر بیشتر از ارقام دیگر و رقم هاشمی کمترین مقدار را داراست.



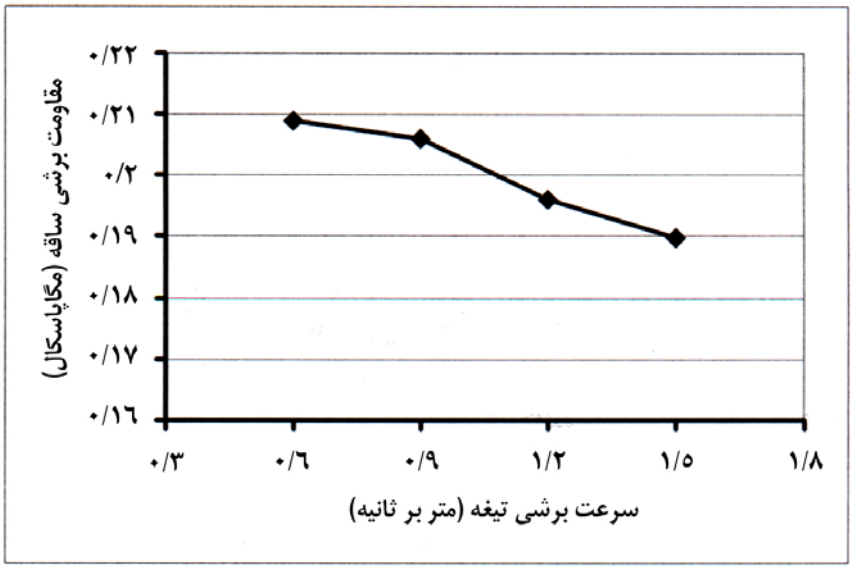
شکل شمارهٔ ۲- مقاومت برشی ساقه در ارقام مختلف برنج در سرعت تیغه ۱/۵ متر بر ثانیه

نتایج آزمون دانکن در جدول شمارهٔ ۲ نشان می‌دهد که رقم خزر و فجر به عنوان ارقام پر محصول به ترتیب با میانگین ۰/۲۰۱ و ۰/۱۹۷ مگاپاسکال دارای مقاومت برشی بیشتری نسبت به ارقام محلی بی‌نام و هاشمی (هر دو با میانگین ۰/۱۸۱ مگاپاسکال) بودند. مطابق جدول شمارهٔ ۲، بین ارقام خزر و فجر و همچنین بین ارقام فجر، بی نام و هاشمی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی رقم خزر با ارقام بی‌نام و هاشمی دارای تفاوت معنی دار بود. این اختلاف به دلیل خصوصیات متفاوت فیزیکی و فیزیولوژیکی ساقه‌های ارقام پرمحصول و محلی است. به علاوه، داده‌های مربوط به سطح مقطع عرضی ساقه‌ها نشان داد که ارقام خزر و فجر به ترتیب دارای حدود ۲ و۱/۵ برابر میانگین سطح مقطع عرضی بزرگتر از ارقام بی‌نام و هاشمی بودند. با افزایش سطح مقطع، سطح تماس و در نتیجه اصطکاک بین ساقه و تیغه افزایش می‌یابد [۹]. همچنین، کارهای اصلاحی روی ارقام پرمحصول، مقاومت برشی ساقه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیقات لی‌و یان (Lee & Yan, 1984) نشان داد که تفاوت مقاومت برشی ساقه در دو نوع رقم برنج ژاپنی معنی‌دار است [۷].

- تأثیر سرعت برشی تیغه

افزایش سرعت برشی تیغه موجب کاهش نیروی برش می‌شود [۹]. تجزیهٔ واریانس داده‌ها در جدول شمارهٔ ۱ نشان می‌دهد که تأثیر سرعت برش تیغه بر مقاومت برشی ساقهٔ برنج درسطح ۱ درصد معنی‌دار است. رابطهٔ بین سرعت برشی تیغه و مقاومت برشی ساقه برای رقم خزر و در زاویهٔ لبهٔ ۲۵ درجه در شکل شمارهٔ ۳ آورده شده است. با توجه به این شکل با افزایش سرعت برشی از ۰/٦ به ۱/۵ متر بر ثانیه، مقاومت برشی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین‌های بیان شده در جدول شمارهٔ ۳ نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت برشی مربوط به سرعت ۰/٦ متر برثانیه با میانگین ۰/۲۲٦ مگاپاسکال و کمترین آن مربوط به سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه با میانگین مقاومت برشی ۰/۱۵۵ مگاپاسکال است. دلیل موضوع آن است که نفوذ تیغه به داخل ساقه (در مقایسه با سرعت‌های بالا) کندتر است و همچنین خمش ساقه موجب افزایش مقاومت برشی می شود.



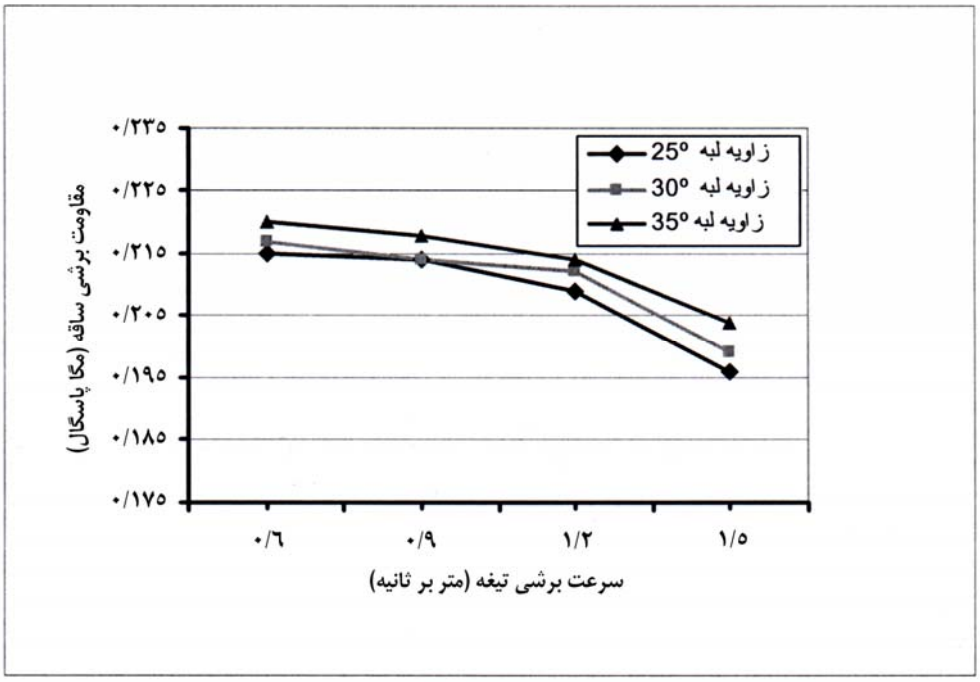
شکل شمارهٔ ۳- رابطهٔ بین سرعت برشی تیغه و مقاومت برشی ساقه در زاویهٔ لبهٔ ۲۵ درجه در رقم خزر

از نتایج جدول شمارهٔ ۳ پیداست که بین سرعت برشی ۰/٦ و ۰/۹ متر بر ثانیه و همچنین بین سرعت‌های ۱/۲ و ۱/۵ متر بر ثانیه در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی دار نیست ولی در سرعت‌های دیگر تفاوت معنی دار هست. دلیل پایین بودن مقاومت برشی در سرعت‌های بالا، کم شدن ضریب اصطکاک بین اجزای برش است. مک رندل و مک نالتی (McRandal & McNulty, 1980) گزارش کردند که سرعت برشی اثر مستقیم و معنی‌داری بر مقاومت برشی در محصولات

کشاورزی دارد [۹]. همچنین لی و یان (Lee & Yan, 1984) گزارش کردند که افزایش سرعت از ۰/٦ به ۰/۸ متر بر ثانیه موجب کاهش نیروی برش و در نتیجه توان برشی می‌شود [۷].

- تأثیر زاویهٔ لبهٔ تیغه

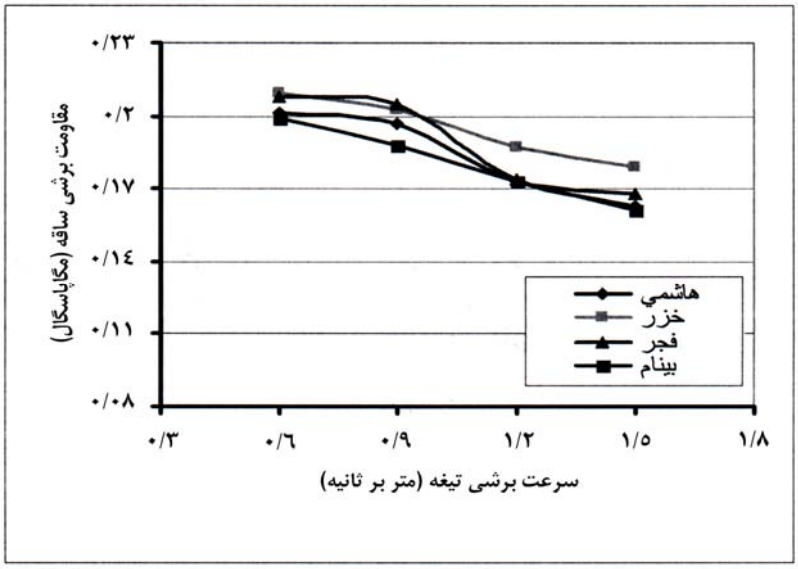
با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس، اثر زاویهٔ لبهٔ بر مقاومت برشی ساقهٔ برنج در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. نتایج آزمون دانکن داده‌ها در جدول شمارهٔ ٤ نشان می‌دهد که بین مقاومت برشی ساقه در سطوح مختلف زاویهٔ لبه در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی در زاویهٔ ۳۵ درجه، نسبت به دو زاویهٔ دیگر، مقادیر مقاومت برشی بیشتر است. مقاومت اصطکاکی بیشتر، ممکن است دلیل افزایش نیروی مورد نیاز باشد. رابطهٔ بین مقاومت برشی ساقه در زوایای مختلف لبهٔ تیغه و نیز سرعت‌های متفاوت، در شکل شمارهٔ ٤ نشان داده شده است. چنسلور (Chancellor, 1965)، زاویهٔ ۲٤ درجه و پراساد (Prasad, 1975) زاویهٔ ۲۳ درجه را برای برش محصولات علوفه‌ای توصیه کردند. انتخاب زاویه‌های کمتر از ۲۳ درجه موجب سایش سریع تیغه می‌شود و زاویه‌های بالاتر از ۳۵ درجه نیروی برش را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد [۱ و ۱۰].



شکل شمارهٔ ٤- رابطهٔ بین مقاومت برشی ساقه در زاویه های مختلف لبهٔ تیغه و سرعت‌های متفاوت در رقم خزر

- اثر متقابل نوع رقم و سرعت برش تیغه

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل رقم و سرعت برشی تیغه بر مقاومت برش ساقه در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری دارد. مطابق جدول شمارهٔ ۵، بیشترین مقاومت برش با میانگین ۰/۲۳٤ مگاپاسکال مربوط به رقم فجر در سرعت برشی ۰/٦ و کمترین آن با میانگین ۰/۱۳۷ مگا پاسکال در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه مربوط به رقم بی‌نام است. همچنین، مقاومت برشی ساقه در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه در رقم خزر با ارقام هاشمی و بی‌نام تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. رابطهٔ بین مقاومت برشی، رقم، و سرعت برشی تیغه برای ارقام مختلف در شکل شمارهٔ ۵ نشان داده شده است. دلیل معنی‌دار بودن این اثر متقابل، بالا بودن مقاومت برشی ارقام خزر و فجر و نیز سرعت برشی پایین ۰/٦ متر بر ثانیه است.



شکل شمارهٔ ۵- رابطهٔ بین مقاومت برشی با رقم و سرعت برشی در زاویهٔ لبه ۲۵ درجه

نتیجه‌گیری

با توجه به‌تحلیل‌ها، موارد زیر نتیجه‌گیری و پیشنهاد می‌شود:

- ساقه‌های ارقام مختلف برنج مقاومت برشی متفاوت دارند. ارقام پرمحصول فجر و خزر به دلیل کارهای اصلاحی روی آنها و همچنین داشتن سطح مقطع بزرگتر، در مقایسه با ارقام محلی بی‌نام و هاشمی، مقاومت برشی بیشتری دارند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مکانیزم‌های برش، امکان تغییر سرعت برش تیغه را با توجه به رقم به وجود آورند.
- با افزایش سرعت تیغه از ۰/٦ به ۱/۵ متر بر ثانیه، مقاومت برشی ساقه کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. کاهش اصطکاک بین اجزای برش همین است. دلیل کمتر بودن مدت زمان تماس بین سطح تیغه و ساقه باشد. پیشنهاد می‌شود به

منظور کاهش توان مصرفی برش، حداکثر سرعت رفت و برگشت تیغه با توجه به سرعت پیشروی ماشین در نظر گرفته شود.

- تغییر زاویهٔ لبهٔ تیغه در محدوده انتخاب شده تأثیر قابل توجهی بر مقاومت برشی ندارد ولی در زاویه‌های بالاتر از ۳۵ درجه، مقاومت برشی تمایل به افزایش دارد بنابراین توصیه می‌شود زاویه‌های لبه کمتر از ۳۰ درجه انتخاب شود.
- پیشنهاد می‌شود این آزمایش‌ها روی ارقام دیگر برنج نیز ادامه یابد و همچنین اثر عوامل دیگر تیغه، از جمله زاویهٔ تیزی، فاصلهٔ لقی، و زاویهٔ برش نیز بر مقاومت برشی بررسی شود تا تأثیرات متقابل آنها تعیین گردد.
- پیشنهاد می‌شود با تجهیز یک دروگر به ابزار اندازه‌گیری، آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای انجام شود تا کلیهٔ عوامل مؤثر بر برش ساقه‌ها در نظر گرفته شوند.

قدردانی

اجرای تحقیق حاضر با مساعدت مالی مؤسسه تحقیقات برنج کشور و همکاری دانشگاه تهران میسر شده است که بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

مراجع

1- Chancellor, W. J. 1958. Energy requirments for cutting forage. Agricultural Engineering. 39, 633-636.

2- Chancellor, W. J. 1965. An experiment on force and energy requirments for cutting paddy stalks. The Malaysian Agr. Journal. 45 (2).

3- ElHag, H. E., Kunze, O. R. and Wilkes L. H., 1971. Influence of moisture, dry matter, density and rate of loading on ultimate strength of cotton stalks. Transactions of the ASAE. 14, 713-716.

4- Halyk, R. M. and Hurlbut, L. W. 1968. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. Transactions of the ASAE. 11, 256-257.

5- Ige, M. T. and Finner, M. F. 1975. Effects of interaction between factors affecting the shearing characteristics of forage harvester. Transactions of the ASAE. 8, 1011-1016.

6- Jafari Naeem, K. 1996. Construcion of shear force neasuring system and design of atripelex harvesting machine. M. Sc. Thesis. Tarbiat modarres universigy. (In: Farsi)

7- Lee, S. W. and Yan H. 1984. Threshing and cutting forces for Korean rice. Transactions of the ASAE. 16, 1654-1657, 1660.

8- Majumdar, M. and Datta, R. K. 1982. Impact cutting energy of paddy and wheat by a pendulum type dynamic test. Journal of Agr. Eng. (India). 19 (4).

9- McRandal, D. M. and McNulty, P.B. 1980. Mechanical and physical properties of grasses. Transactions of the ASAE. 23, 816-821.

10- Prasad, J. and Gupta, C. P. 1975. Mechanical properties of maize stalk as related to harvesting. J. Agric. Eng. Res. 20, 79-87.

11- Prince, R. P. 1961. Measurment of ultimate strength of forage stalks. Transactions of the ASAE. 4, 208-209.

12- Rajput, D. S. and Bohle, N. G. 1973. Static and dynamic shear properties of paddy stem. The harvester (India), Vol. 7, 17-21.

Investigating the Effects of Velocity and Blade Bevel Angle on Stem Shear Strength of Different Rice Varieties

R. Tabatabaee koloor, A. M. Borghaie, R. Alimardani, A. Rajabipoor, H. Mobli and A. R. Allameh

An experimental dynamic shear test apparatus with reciprocating mechanism was designed and constructed to measure the shear force of paddy stem. The effects of shearing velocity at four levels (0.6, 0.9, 1.2 and 1.5 m/s), and three levels of blade bevel angle (25, 30 and 35 degree) were also investigated on shear strength of four Iranian varieties of paddy, including 'Khazar', 'Fajr', 'Hashemi', and 'Binam'. Analysis of variance of the data indicated that all the main effects of treatments as well as interaction between variety and shearing velocity affected the shear strength at 1% level of confidence. The maximum and minimum values of shear strength were related to the varieties 'Khazar' and 'Hashemi', with mean of 0.210 MPa and 0.181 MPa, respectively. The results of Duncan test indicated no significant differences among the levels of shearing velocity at 0.6 m/s and 1.5 m/s at 1% level. The maximum and minimum shear strength were 0.226 MPa and 0.155 MPa for shearing velocities of 0.6 m/s and 1.5 m/s, respectively. The diference between levels of blade bevel angle was not significant. Interaction between variety and shearing velocity had significan difference on shear strength. The maximum and minimum shear strength were related to 'Fajr' with mean of 0.234 MPa at 0.6 m/s, and 'Binam' with mean of 0.137 MPa at 1.5 m/s, respectively.

Key words: Blade, Cutting, Rice, Shear Strength, Shearing Velocity