

بررسی عوامل مؤثر بر نیرو و مقاومت برشی ساقه برنج

رضا طباطبایی کلور

استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مازندران

علیمحمد برقی

استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و حد علوم و تحقیقات تهران

رضاعلی‌مردانی

دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

علی رجبی پور

دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

حسین مبلی

استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران

چکیده

گیاه برنج در طول دوران رشد و در طی عملیات برداشت در معرض نیروهای طبیعی و مکانیکی مختلف قرار دارد. به منظور کمک به طراحی مهندسی مکانیزم‌های برش و ادوات برداشت، داشتن اطلاعات صحیح در مورد خصوصیات فیزیکی و برشی ساقه برنج ضرورت دارد. در این تحقیق، برخی از مشخصه‌های فیزیکی ساقه برنج از جمله، درصد رطوبت، سطح مقطع عرضی و جرم واحد طول تعیین و تاثیر این عوامل بر روی نیروی برشی ساقه مورد بررسی قرار گرفت. به علاوه، نیروی برش ساقه با طراحی و ساخت یک دستگاه برش با مکانیزم رفت و برگشتی اندازه‌گیری شده و تأثیر عوامل مختلف از جمله نوع رقم، سرعت برشی تیغه، زاویه لبه تیغه و نوع تیغه روی مقاومت برشی ساقه با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر سطح مقطع عرضی و رطوبت ساقه بر نیروی برش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند. ضمناً، اثر متقابل نوع رقم و سطح مقطع عرضی در سطح ۱٪ و همچنین اثر متقابل نوع رقم و رطوبت در سطح ۵٪ معنی‌دار بودند. با افزایش سطح مقطع عرضی، نیروی برش افزایش یافته و افزایش درصد رطوبت موجب کاهش نیروی برش گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع رقم، سرعت برش تیغه و زاویه لبه تیغه در سطح ۱٪ به‌عنوان عوامل اصلی و همچنین اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه روی مقاومت برشی ساقه برنج معنی‌دار بودند. نوع تیغه اثر معنی‌داری روی مقاومت برشی ساقه نداشت. نتایج آزمون دانکن نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار مقاومت برشی به ترتیب مربوط به ارقام خزر و هاشمی بوده که مقادیر میانگین آنها به ترتیب ۲۰۴/۱ و ۱۸۰/۹ کیلو پاسکال به دست آمد. همچنین، مقاومت برشی ساقه در سرعت برشی ۰/۶ متر بر ثانیه با میانگین ۲۱۲ کیلو پاسکال دارای بیشترین مقدار و در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه با میانگین ۱۶۴/۵ کیلو پاسکال دارای کمترین مقدار بودند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، مقاومت برشی ساقه برای زاویه لبه ۳۵ درجه تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ با زوایای لبه ۲۵ و ۳۰ درجه نشان داد. اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه روی مقاومت برشی معنی‌دار بود. بیشترین مقدار مقاومت برشی در رقم فجر با

میانگین ۲۳۴/۴ کیلو پاسکال در سرعت برشی ۰/۶ متر بر ثانیه و کمترین مقدار آن مربوط به رقم هاشمی در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه با میانگین ۱۶۱/۶ کیلو پاسکال به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، ساقه برنج، نیروی برش، سرعت برشی تیغه، مقاومت برشی ساقه

مقدمه

برنج که یک ماده غذایی بسیار ارزشمند است، مهم‌ترین محصول غله در کشورهای در حال توسعه و غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان بوده و پس از گندم پرمصرف‌ترین محصول کشاورزی می‌باشد. حدود ۹۵ درصد برنج دنیا در کشورهای در حال توسعه و ۹۲ درصد آن در آسیا تولید می‌شود که در مقایسه با تولید ۴۰ درصدی گندم، آمار قابل توجهی است (۷). بر اساس گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی جهان (فائو^۱) در سال ۲۰۰۲، سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۵۵۰ هزار هکتار، مقدار تولید آن ۲/۱ میلیون تن و متوسط عملکرد آن در هکتار برابر ۳۸۴۵/۵ کیلوگرم بوده است (۱).

برداشت، یکی از مهم‌ترین و سخت‌ترین مراحل عملیات در چرخه تولید برنج می‌باشد. در ایران همانند برخی دیگر از کشورهای تولید کننده برنج، برداشت اغلب با دست انجام می‌گیرد. جدای از تلفات عمده دانه که در حین برداشت دستی برنج اتفاق می‌افتد، به دلیل کمبود شدید نیروی کار کشاورزی به ویژه در اوج فصل برداشت، کشاورزان با مشکلات عدیده‌ای در زمان برداشت محصولاتشان مواجه هستند. این امر موجب تأخیر بیشتر در عملیات برداشت و در نتیجه اتلاف بیشتر محصول خواهد شد. تحت این شرایط، برداشت به موقع محصول از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

برای برداشت برنج، بهترین وسیله کمباین برنج است که عدم تولید آن در داخل، گران بودن قیمت دستگاه، عدم سازگاری کمباین‌های خارجی با ارقام برنج ایرانی، ضعف بنیه مالی تولیدکنندگان برنج برای خرید کمباین و از همه مهم‌تر یکپارچه نبودن زمین‌های زراعی، ما را بر آن می‌دارد که بعد از کمباین توجه را به روی دروگرها معطوف سازیم (۲). بسیاری از دروگرهای موجود در کشور، وارداتی، کپی‌سازی شده از یک نمونه خارجی و یا ساخت آن‌ها بر مبنای تجربی می‌باشد. از آنجایی که برداشت مکانیزه برنج در سال‌های اخیر مورد توجه کشاورزان و تولیدکنندگان واقع شده است، لذا طراحی و ساخت ادوات برداشت متناسب با شرایط ارقام برنج ایرانی حایز اهمیت است. طراحی و ساخت یک دروگر یا شانه برش کمباین، نیاز به مطالعه اساسی پارامترهای محصول و رابطه ماشین-گیاه دارد. داشتن اطلاعات دقیق و داده‌های مهندسی در مورد خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی در طراحی ماشین‌ها، فرآیندها و کنترل آن‌ها؛ در تحلیل و تعیین بازدهی یک ماشین، توسعه یک محصول جدید و ارزیابی و حفظ کیفیت محصول نهایی نقش بسزایی دارد. این اطلاعات اساسی نه تنها برای مهندسان، بلکه برای محققان و تولیدکنندگان مواد غذایی، متخصصان اصلاح نباتات و دانشمندی که با محصولات کشاورزی سروکار دارند بسیار ارزشمند است (۱۲).

به منظور برآورد انرژی مصرفی برداشت کننده محصول و طراحی آن یا کارهایی از قبیل ساخت و بهینه سازی آن‌ها، داشتن نیروی برش و مقاومت برشی هر محصول لازم و ضروری است (۲). با توجه به اینکه، مکانیزم برش دروگرهای برداشت غلات و همچنین شانه برش کمباین‌ها دارای حرکت رفت و برگشتی می‌باشد، لذا تعیین نیروی برش دینامیکی که حالت واقعی برش را نشان می‌دهد، با شبیه سازی این مکانیزم‌ها حایز اهمیت است. از طرف دیگر، بعضی از عوامل مؤثر بر فرآیند برش مربوط به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی

ساقه بوده و برخی دیگر به شکل هندسی و تنظیم تیغه و ضد تیغه و شرایط سینماتیکی دستگاه بستگی دارد. با بررسی و تعیین این عوامل و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل و تعمیم آن‌ها می‌توان شرایط واقعی را مورد ارزیابی قرار داد.

جعفری (۱۳۷۵) اثر عواملی مانند زاویه تیزی، زاویه برش، قطر ساقه، تعداد ساقه و نوع تیغه را روی نیروی برش ساقه یونجه وحشی (آتریپلکس^۱) بررسی کرد. وی با ساخت وسایلی و نصب آن‌ها روی دستگاه اینسترون^۲ این عوامل را اندازه‌گیری کرد. کمترین نیروی مصرفی مربوط به زاویه برش ۶۷ درجه و زاویه تیزی ۲۵ درجه بود و بیشترین نیروی مصرفی در زاویه برش ۲۷ درجه و زاویه تیزی ۳۵ درجه به دست آمد (۲).

چنسلور^۳ (۱۹۶۵) تأثیر تعداد ساقه‌ها و نوع تیغه را روی نیروی برش ساقه‌های برنج مورد مطالعه قرار داد. نیروی برش حداکثر برای دسته‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ تایی ساقه در دو نوع تیغه دنداندار و بدون دندان اندازه‌گیری شد. افزایش تعداد ساقه‌ها نیروی برش را افزایش داد ولی نسبت افزایش تعداد ساقه‌ها و افزایش نیروی برش یکسان نبود. میانگین حداکثر نیروی برش در تیغه نوع صاف ۱۳۹/۵ نیوتن و در نوع دنداندار ۱۳۵ نیوتن به دست آمد (۴).

لی و یان^۴ (۱۹۸۴) نیروی برش ساقه‌های دو رقم برنج ژاپنی را مورد بررسی قرار دادند. اندازه‌گیری نیروی برش ساقه برنج توسط دستگاه برش که روی ماشین آزمایش یونیورسال نصب شده بود، در سرعت برش ۵۰ میلی‌متر در دقیقه انجام گرفت. توان برشی برای گروهی از ساقه‌ها نیز با ساخت مکانیزمی متشکل از واحد برش و واحد تغذیه انجام شد. نتیجه این بود که در سرعت پیشروی ۰/۶ متر بر ثانیه وقتی که سرعت چاقو از ۰/۶۴ به ۰/۸ متر بر ثانیه تغییر می‌کرد، میانگین توان برش خالص از ۵/۹۵ به ۳۳/۴ وات کاهش یافت و توان بدون بار از ۵۱/۹ به ۱۱۴/۳ وات افزایش پیدا کرد. در نتیجه، توان ورودی به ترتیب برای هر دو سرعت چاقو در دو ردیف گیاه ۱۱۱/۴ و ۱۴۷/۷ وات به دست آمد (۹).

سامرز و همکاران^۵ (۲۰۰۲) خواص برشی ساقه برنج را در طول و نزدیک به گره بررسی کردند. آن‌ها ابتدا قطر، وزن واحد طول و رطوبت ساقه را اندازه‌گیری کرده و سپس نیروی برش را در دو رقم برنج تعیین کردند. آزمایش توسط ماشین اینسترون مدل ۱۱۲۲ در سرعت برشی حداکثر ۰/۲۱ متر بر ثانیه انجام گرفت. آزمایش‌ها نشان داد که محل برش (گره و یا فاصله بین گره‌ها) و تعداد ساقه‌ها پارامترهای مهمی در برش هستند. نیروی برش در فاصله بین گره‌ها کمتر از گره به دست آمد (۱۵).

همانگونه که مشاهده می‌شود در بیشتر تحقیقات انجام شده، اندازه‌گیری نیروی برش توسط مکانیزم‌های ضربه‌ای صورت گرفته است که بسیاری از این اندازه‌گیری‌ها در مورد گیاهان علوفه‌ای بوده و سهم غلات به‌ویژه برنج، در این میان بسیار ناچیز است. علاوه بر این، بیشتر آزمایش‌ها توسط ماشین‌های کشش-فشار و با سرعت‌های پایین و غیرواقعی انجام گرفته است. از آنجا که مکانیزم برش دروگرهای برداشت غلات و همچنین شانه برش کمباین‌ها به صورت حرکت رفت و برگشتی می‌باشد، لذا تعیین نیروی برش دینامیکی که حالت واقعی برش را نشان می‌دهد، با شبیه‌سازی این مکانیزم‌ها می‌تواند در بهینه‌سازی و طراحی این دستگاه‌ها مفید باشد. از طرف دیگر، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ساقه‌های ارقام مختلف برنج نسبت به همدیگر متفاوت است لذا بررسی و تعیین نیروی برش لازم برای هر یک از ارقام ضروری می‌باشد. همچنین، عوامل مختلف تیغه از جمله زاویه لبه تیغه، نوع تیغه و سرعت برشی تیغه تأثیر به‌سزایی در مقدار نیروی برش دارند. بنابراین، با تعیین مقادیر مناسب برای این پارامترها می‌توان از آن‌ها به‌عنوان معیاری در طراحی، بهینه‌سازی و ساخت مکانیزم‌های برش دروگرها و شانه برش کمباین برنج مورد استفاده قرار داد.

به‌طور کلی، اهداف تحقیق حاضر را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- تعیین مشخصه‌های فیزیکی ساقه‌های چهار رقم برنج ایرانی به نام‌های خزر، فجر، بی‌نام و هاشمی که شامل تخمین قطر، سطح مقطع عرضی، درصد رطوبت و وزن واحد طول ساقه می‌باشد.

- ۲- بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی روی نیروی برشی ساقه.
- ۳- اندازه گیری نیروی برش ساقه برنج به صورت دینامیکی با طراحی و ساخت یک دستگاه آزمایشگاهی با مکانیزم شانه برش رفت و برگشتی.
- ۴- بررسی اثرات عوامل مختلف تیغه از جمله، سرعت تیغه، زاویه لبه و نوع تیغه روی مقاومت برشی ساقه.
- ۵- بررسی اثرات متقابل عوامل مختلف مذکور روی مقاومت برشی ساقه برنج.

مواد و روش‌ها

مواد آزمایشی

در تحقیق حاضر، چهار رقم برنج ایرانی به نام‌های فجر و خزر (ارقام پرمحصول) و هاشمی و بینام (ارقام محلی) که در استان گیلان تولید می‌شوند برای انجام آزمایش انتخاب گردید. نمونه‌های ساقه برنج مورد آزمایش در زمان برداشت محصول از مزارع مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت به دست آمد. نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده و توسط یک داس دستی در ارتفاع ۵ سانتی متری از پایه گیاه برداشت شدند. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و آزمایش‌ها در همان روز انجام گرفت.

تعیین خصوصیات فیزیکی ساقه برنج

به منظور بررسی اثر خصوصیات فیزیکی ساقه بر روی نیروی برشی، تعیین خواص فیزیکی ساقه‌ها در مرحله آزمایش ضروری می‌باشد. از جمله خواص اندازه گیری شده عبارتند از: قطر، ضخامت، وزن واحد طول، سطح مقطع عرضی و درصد رطوبت ساقه. پس از انجام هر آزمایش برش، دو نمونه یک سانتی متری از محل برش انتخاب گردید تا پارامترهای مورد نظر اندازه گیری شوند.

سطح مقطع عرضی و رطوبت ساقه

شکل اولیه ساقه در نقطه برش دست نخورده حفظ شد تا محاسبه سطح مقطع عرضی با فرض دایره ای بودن مقطع صورت گیرد (۱۴). پس از برش ساقه، با استفاده از یک میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی متر ابتدا قطر خارجی و دو برابر ضخامت ساقه (با فشردن ساقه میان فک ثابت و متحرک میکرومتر) به دست آمد و سپس قطر داخلی با کم کردن دو برابر ضخامت از قطر خارجی محاسبه شد. سطح مقطع عرضی ساقه با استفاده از فرمول سطح مقطع دایره محاسبه گردید.

به منظور تعیین درصد رطوبت ساقه، نمونه‌ها در یک آون در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند (۱۰). پس از بیرون آوردن از آون، وزن ماده خشک ثبت گردید و درصد رطوبت بر پایه وزن ماده تر محاسبه گردید. به منظور بررسی اثر رطوبت ساقه روی نیروی برش، ساقه‌ها با قرارگیری در معرض جریان هوای خشک در سه دسته رطوبتی (۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصد) بر مبنای وزن تر طبقه بندی شدند. با توجه به اینکه معمولاً در مرحله برداشت، رطوبت ساقه‌ها کمتر از این مقدار نمی‌باشد این محدوده انتخاب گردید.

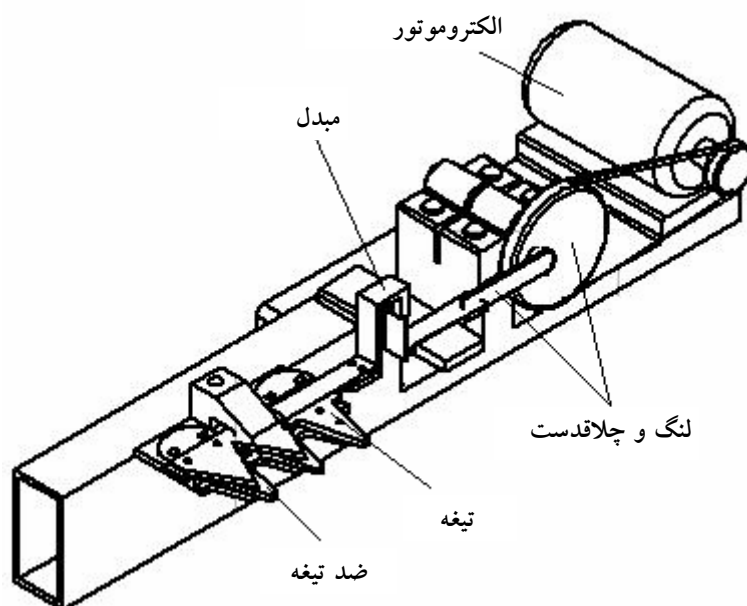
دستگاه اندازه گیری نیروی برش دینامیکی ساقه

به منظور شبیه سازی شرایط واقعی که در آن ساقه‌ها در معرض نیروی برش دینامیکی هستند یک دستگاه آزمایشگاهی با مکانیزم شانه برش رفت و برگشتی برای برش ساقه‌ها و اندازه گیری نیروی برش طراحی و ساخته شد (شکل ۱). به علاوه، چاقوهایی با سه زاویه لبه مختلف و دو نوع تیغه ساخته شد.

مکانیزم برش این دستگاه متشکل از یک میله رفت و برگشتی حامل دو تیغه و سه ضد تیغه می باشد. فاصله مرکز به مرکز تیغه‌ها و ضد تیغه‌ها از همدیگر ۵۰ میلی‌متر و کورس تیغه نیز ۵۰ میلی‌متر است. حرکت رفت و برگشتی تیغه‌ها از طریق یک مکانیزم لنگ و چلاق دست و انتقال تسمه‌ای توسط یک الکتروموتور با توان یک اسب بخار تأمین گردید. حرکت چلاق دست از طریق یک میله رابطه و مبدل تیری یک سرگردار مجهز به کرنش سنج و یک مکانیزم لغزنده به شانه برش منتقل گردید. مکانیزم اندازه‌گیری به این صورت است که، حرکت از تیر به شانه برش منتقل گردیده و در نتیجه نیروی برش از طریق تیر منتقل شده و توسط کرنش سنج‌ها حس می‌شود. خروجی مبدل از طریق مدار پل و تستون و توسط یک مولتی متر دیجیتالی متصل به کامپیوتر و قابل برنامه ریزی ثبت گردید. سرعت های مختلف رفت و برگشت تیغه‌ها با تنظیم فرکانس در دستگاه کنترل کننده دور الکتروموتور تنظیم گردید. کالیبراسیون مبدل نیرو در آزمایشگاه انجام گرفت و ضریب کالیبراسیون از روی شیب منحنی نیرو - ولتاژ به دست آمد.



الف) نمای دستگاه در محل آزمایش



ب) نمای شماتیک دستگاه و اجزای آن

شکل ۱- نمای کلی و شماتیک دستگاه ساخته شده

طرح آزمایشی

به منظور بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی ساقه روی نیروی برش از طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل در چهار تکرار استفاده گردید. در این طرح، چهار رقم برنج (خزر، فجر، هاشمی و بینام)، سه سطح رطوبت ساقه (۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد بر مبنای وزن تر) و چهار سطح مقطع عرضی ساقه (۷/۳۴، ۱۰/۶۱، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۴۲ میلی متر مربع) مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر خواص فیزیکی روی نیروی برش ساقه برنج

نیروی برش ساقه برنج تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی ساقه قرار می گیرد. نتایج تجزیه های آماری به صورت جداول و نمودارهایی ارائه شده اند. در جدول ۱ خلاصه نتایج تجزیه واریانس برای عوامل مورد مطالعه روی نیروی برش ساقه برنج آمده است. نتایج تجزیه داده ها نشان می دهد که میانگین نیروی برش ساقه برنج ۲/۱۸ نیوتن و حدود تغییرات آن ۳/۵۷۲-۱/۴۴۵ نیوتن می باشد.

همانگونه که از جدول ۱ مشخص است، اثر عواملی مانند نوع رقم برنج، سطح مقطع عرضی و رطوبت ساقه بر نیروی برش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشند. ضمناً، اثر متقابل نوع رقم و سطح مقطع عرضی در سطح ۱٪ و همچنین اثر متقابل نوع رقم و رطوبت در سطح ۵٪ معنی دار است. در زیر تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر نیروی مورد نیاز برای برش ساقه های برنج به تفکیک مورد بحث قرار گرفته است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برای عوامل مورد مطالعه بر روی نیروی برش ساقه برنج

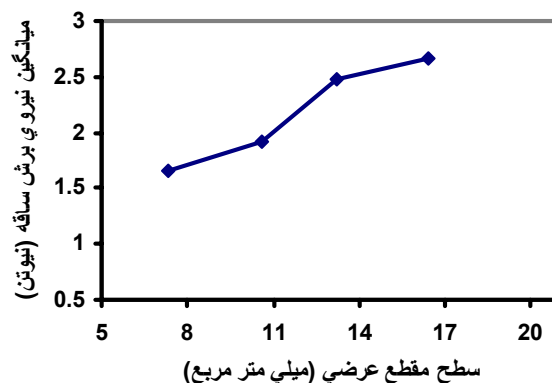
| F | میانگین مربعات | مجموع مربعات | درجه آزادی | منابع تغییر |
|-----------|----------------|--------------|------------|------------------------|
| ۱۳۴۰/۱۲** | ۹/۰۹۳ | ۲۷/۲۸۰ | ۳ | رقم |
| ۱۱۸۶/۸۱** | ۸/۰۵۳ | ۲۴/۱۵۹ | ۳ | سطح مقطع |
| ۱۴۱/۵۱** | ۰/۹۶۰ | ۸/۶۴۲ | ۹ | رقم × سطح مقطع |
| ۴۰/۰۶** | ۰/۲۷۲ | ۰/۵۴۴ | ۲ | رطوبت |
| ۲/۲۲* | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۹۰ | ۶ | رقم × رطوبت |
| ۱/۳۳ns | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۵۴ | ۶ | سطح مقطع × رطوبت |
| | ۰/۰۱۰ | ۰/۱۸۷ | ۱۸ | رقم × سطح مقطع × رطوبت |
| ۱/۵۲ns | ۰/۰۰۷ | ۰/۶۵۱ | ۹۶ | خطا |
| | | ۶۱/۶۰۷ | ۱۴۳ | کل |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪. ns معنی دار نیست.

ضریب تغییرات داده ها ۳/۷۸ درصد است.

تأثیر سطح مقطع عرضی ساقه

نتایج تجزیه گام به گام داده‌های نیروی برش ساقه برنج نشان می‌دهد که بین دو متغیر کمی سطح مقطع عرضی و رطوبت ساقه، سطح مقطع عرضی بیشترین تأثیر را روی نیروی برش ساقه داشته است. از شکل ۲ پیداست که با افزایش سطح مقطع از ۷/۳۴ به ۱۶/۴۲ میلی‌متر مربع میانگین نیروی برش ساقه حدود ۳۸٪ افزایش یافته که طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، این تغییرات ناشی از تغییرات معنی‌دار سطح مقطع بر نیروی برش ساقه در سطح ۱٪ می‌باشد.



شکل ۲- میانگین نیروی برش مربوط به چهار رقم برنج در سطوح مقطع مختلف

جدول ۲ نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه بین میانگین‌های اثر سطح مقطع عرضی بر روی نیروی برش ساقه را در سطح ۱٪ نشان می‌دهد. از نتایج این جدول مشخص است که بین میانگین نیروی برش ساقه در سطوح مقطع ۱۳/۲۵ و ۱۶/۴۲ میلی‌متر مربع تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین، این عدم معنی‌دار بودن بین سطوح مقطع ۷/۳۴ و ۱۹/۶۲ نیز مشاهده می‌شود.

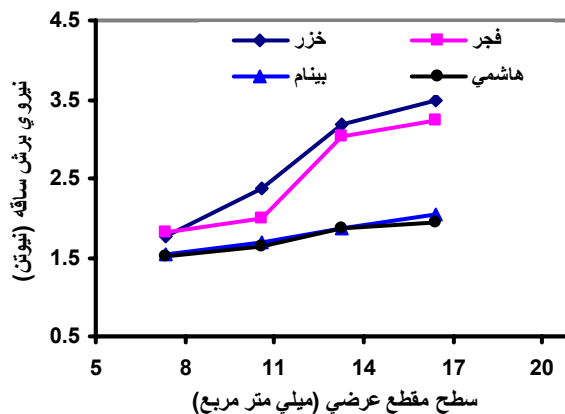
جدول ۲- نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های نیروی برش ساقه برنج در سطوح مقطع مختلف با استفاده از آزمون دانکن

| سطح مقطع عرضی (میلی متر مربع) | طبقه | نیروی برش ساقه (نیوتن) |
|-------------------------------|------|------------------------|
| ۱۶/۴۲ | a | ۲/۶۷۳ |
| ۱۳/۲۵ | a | ۲/۴۷۲ |
| ۱۹/۶۲ | b | ۱/۹۱۶ |
| ۷/۴۳ | b | ۱/۶۵۸ |

* برای هر متغیر اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

مطابق جدول ۲، بیشترین و کمترین مقدار نیروی برش ساقه به ترتیب مربوط به تیمارهای با سطح مقطع ۱۶/۴۲ میلی‌متر مربع با میانگین ۲/۶۷۳ نیوتن و سطح مقطع ۷/۳۴ میلی‌متر مربع با میانگین ۱/۶۵۸ نیوتن به دست آمد. هرچه سطح مقطع بزرگتر باشد، سطح تماس و در نتیجه اصطکاک بین ساقه و تیغه افزایش می‌یابد. افزایش نیروی برش با افزایش سطح مقطع عرضی ساقه توسط لی^۱ و یان^۲ (۱۹۸۴) برای ارقام برنج ژاپنی، راجپوت^۳ و بول^۴ (۱۹۷۳) برای برنج رقم T-۶۵ و همچنین توسط کوشواها و همکاران^۵ (۱۹۸۳) برای ساقه گندم گزارش شده است (۸، ۹، ۱۴ و ۱۸).

باتوجه به معنی دار بودن اثر متقابل رقم و سطح مقطع عرضی ساقه (جدول ۱) بررسی اثر سطح مقطع بر نیروی برش ساقه در هر یک از گروه‌ها نشان می‌دهد که در سطوح مقطع ۱۳/۲۵ و ۱۶/۳۲ بین رقم خزر و فجر با ارقام بینام و هاشمی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). شکل ۳ نیروی برش مربوط به سطوح مقطع مختلف برای چهار رقم را نشان می‌دهد. بیشترین تأثیر سطح مقطع بر نیروی برش، مربوط به ارقام فجر و خزر در سطح مقطع بالا بوده و بیشترین مقدار نیروی برش مربوط به رقم خزر در سطح مقطع ۱۶/۴۲ با میانگین ۳/۴۷۹ نیوتن به دست آمد.



شکل ۳- اثر متقابل سطح مقطع عرضی و نوع رقم بر روی نیروی برش

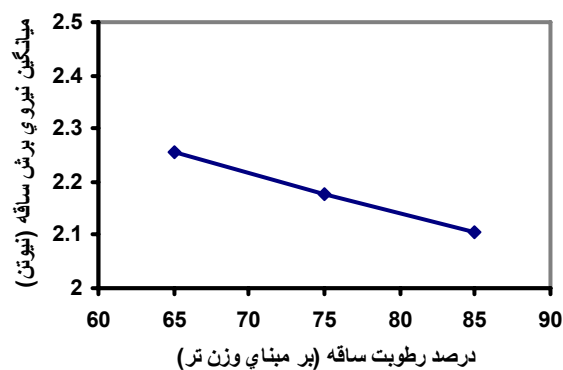
تأثیر رطوبت ساقه

مطابق جدول ۱، اثر رطوبت بر روی نیروی برش ساقه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴، نشان می‌دهد که کاهش مقدار رطوبت از ۸۵٪ به ۶۵٪ موجب افزایش نیروی برش می‌گردد ولی بین سطوح مختلف رطوبت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. اثر مقدار رطوبت روی میانگین نیروی برش برای چهار رقم برنج در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل نوع رقم با سطح مقطع عرضی ساقه با استفاده از آزمون دانکن.

| نیروی برش ساقه (نیوتن) | | | | |
|-------------------------------|--------|----------|----------|---------|
| سطح مقطع عرضی (میلی‌متر مربع) | | | | |
| نوع رقم برنج | ۷/۳۴ | ۱۰/۶۱ | ۱۳/۲۵ | ۱۶/۴۲ |
| خزر | ۱/۷۶۷d | ۲/۳۶۲bcd | ۳/۱۹۴ab | ۳/۴۷۹a |
| فجر | ۱/۸۱۰d | ۱/۹۹۱cd | ۳/۰۴۳abc | ۳/۲۳۲ab |
| بینام | ۱/۵۵۳d | ۱/۶۷۸d | ۱/۸۷۶d | ۲/۰۴۴cd |
| هاشمی | ۱/۵۰۱d | ۱/۶۳۴d | ۱/۸۷۰d | ۱/۹۳۷d |

برای هر متغیر، اعداد موجود در هر ردیف یا ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.



شکل ۴- میانگین نیروی برش ساقه برنج در رطوبت‌های مختلف ساقه

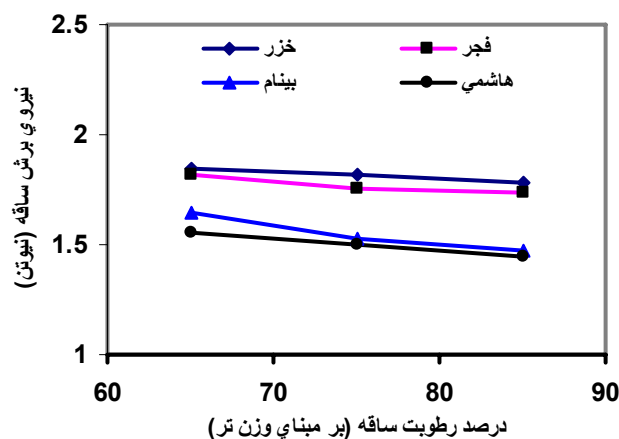
جدول ۴- نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های نیروی برش ساقه برنج در رطوبت‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن.

| درصد رطوبت ساقه (بر مبنای تر) | طبقه | نیروی برش ساقه (نیوتن) |
|-------------------------------|------|------------------------|
| ۸۵ | a | ۱۰۶/۲ |
| ۷۵ | a | ۱۷۸/۲ |
| ۶۵ | a | ۲۵۶/۲ |

برای هر متغیر، اعداد موجود در هر ردیف با ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

دلیل افزایش نیروی برش ساقه در اثر کاهش رطوبت، ناشی از دهیدراته شدن ساقه‌ها و نتیجه سفت شدن آن‌ها با نزدیک شدن به موقع برداشت می‌باشد. برداشت دیرهنگام، کاهش رطوبت و گرم شدن بیش از حد هوا می‌تواند از عوامل کاهش درصد رطوبت ساقه‌ها در هنگام برداشت باشند (۵). راجپوت^۱ و بول^۲ (۱۹۷۳) برای ساقه برنج و پراساد^۳ و گوپتا^۴ (۱۹۷۵) برای ساقه ذرت افزایش نیروی برش ساقه در اثر کاهش رطوبت را گزارش کردند (۱۴) و (۱۳).

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل رطوبت و نوع رقم بر نیروی برش ساقه، بررسی اثر رطوبت بر نیروی برش ارقام مختلف نشان می‌دهد (شکل ۵ و جدول ۵) که رقم خزر و هاشمی در رطوبت‌های ۶۵ و ۷۵ درصد در سطح ۱٪ دارای تفاوت معنی‌داری بوده و بیشترین مقدار نیروی برش مربوط به رقم خزر در رطوبت ۶۵ درصد با میانگین



شکل ۵- اثر متقابل درصد رطوبت و نوع رقم بر نیروی برش

جدول ۵ - مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل نوع رقم با درصد رطوبت ساقه با استفاده از آزمون دانکن

| نیروی برش ساقه (نیوتن) | | | |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| درصد رطوبت ساقه (بر مبنای وزن تر) | | | |
| نوع رقم برنج | ۸۵ | ۷۵ | ۶۵ |
| خزر | ۵۷۴/۲abc | ۷۲۱/۲ab | ۸۰۷/۲ a |
| فجر | ۴۵۷/۲ abc | ۵۲۲/۲ abc | ۵۷۸/۲ abc |
| بینام | ۷۳۳/۱ bc | ۷۵۳/۱ bc | ۸۷۸/۱ abc |
| هاشمی | ۶۶۱/۱c | ۷۱۶/۱ c | ۷۶۳/۱ bc |

اعداد موجود در هر ردیف یا ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ ندارند.

جدول ۶- نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های نیروی برش ساقه برنج در ارقام مختلف با استفاده از آزمون دانکن.

| نوع رقم برنج | طبقه | نیروی برش ساقه (نیوتن) |
|--------------|------|------------------------|
| خزر | a | ۷۰۱/۲ |
| فجر | a | ۵۱۹/۲ |
| بینام | b | ۷۸۸/۱ |
| هاشمی | b | ۷۱۳/۱ |

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ ندارند.

۲/۸۷ نیوتن و کمترین مقدار نیروی برش مربوط به رقم هاشمی در رطوبت ۸۵ درصد با میانگین ۱/۶۶۱ نیوتن به دست آمد.

تأثیر نوع رقم

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان می‌دهد که تغییر در نوع رقم اثر بسیار معنی داری (در سطح ۱٪) بر روی نیروی برش ساقه دارد. با توجه به نتایج آزمون دانکن (جدول ۶) بین میانگین نیروی برش ساقه رقم‌های خزر و فجر با ارقام بینام و هاشمی تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد ولی تفاوت بین رقم خزر و فجر و نیز بین رقم بینام و هاشمی معنی دار نیست. دلیل این تفاوت این است که ارقام خزر و فجر به عنوان ارقام پرمحصول که کارهای اصلاحی بر روی آنها انجام گرفته است (یک جنبه از کارهای اصلاحی به منظور مقاوم کردن ساقه‌ها در برابر خمیدگی و یا ورس می‌باشد) موجب تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در ساختمان گیاه از جمله مقاوم و سفت شدن ساقه‌ها شده است. یافته‌های لی و یان^۱ (۱۹۸۴) نشان داد که نیروی برش ساقه رقم ایندیکا-جاپونیکا^۲ کمتر از نیروی برش رقم جاپونیکا بود (۹).

مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج

جدول ۷ نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی تیمارهای مختلف نوع رقم برنج، سرعت برشی تیغه، زاویه لبه تیغه و نوع تیغه و همچنین اثرات متقابل آنها را روی مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج نشان می‌دهد. از تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده مشخص است که تأثیر نوع رقم، سرعت برشی تیغه در سطح ۱٪ و زاویه لبه تیغه در سطح ۵٪ به عنوان عوامل اصلی و همچنین اثر متقابل نوع رقم و سرعت برش تیغه روی مقاومت برش ساقه برنج در سطح ۱٪ معنی دار می‌باشد. نوع تیغه تأثیر معنی داری روی مقاومت برشی ندارد.

مشابه آنچه که در تجزیه داده‌های مربوط به بررسی اثر خواص فیزیکی روی نیروی برش در بخش قبلی ارائه گردید، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد که تأثیر نوع رقم بر روی مقاومت برشی ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۸ نشان می‌دهد که رقم خزر و فجر به ترتیب با میانگین ۱۹۸/۹ و ۲۰۴/۱ کیلوپاسکال دارای مقاومت برشی بیشتری نسبت به ارقام بینام و هاشمی به ترتیب با میانگین ۱۸۱/۲ و ۱۸۰/۹ کیلوپاسکال می‌باشند. مطابق این جدول بین ارقام خزر و هاشمی و همچنین بین ارقام بینام و هاشمی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی رقم خزر و فجر با ارقام بینام و هاشمی تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. این اختلاف به دلیل خصوصیات متفاوت فیزیکی و فیزیولوژیکی ساقه‌های ارقام پر محصول و محلی می‌باشد. به علاوه داده‌های مربوط به سطح مقطع عرضی ساقه‌ها نشان می‌دهد که ارقام خزر و فجر به ترتیب دارای حدود ۲ و ۱/۵ برابر

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس مربوط به عوامل مورد مطالعه بر روی مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج.

| منابع تغییر | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | F |
|-----------------------------------|------------|--------------|----------------|---------------------|
| رقم | ۳ | ۲۹۱۷۳/۹۷ | ۹۷۲۴/۶۵ | ۲۳/۵۷۹** |
| سرعت تیغه | ۳ | ۲۶۶۰۱۱/۲۸ | ۸۸۶۷۰/۴۳ | ۲۱۵/۰۰** |
| رقم × سرعت تیغه | ۹ | ۸۴۲۰/۷۴ | ۹۳۵/۶۴ | ۲/۲۶۸* |
| زاویه لبه تیغه | ۲ | ۳۶۶۰۸/۳۸ | ۱۸۳۰۴/۱۹ | ۴۴/۳۸۳** |
| رقم × زاویه لبه | ۶ | ۱۳۵۱/۹۵ | ۲۲۵/۳۳ | ۰/۵۴۶ ^{ns} |
| سرعت × زاویه لبه | ۶ | ۲۴۲۳/۵۲ | ۴۰۳/۹۲ | ۰/۹۷۹ ^{ns} |
| رقم × سرعت × زاویه لبه | ۱۸ | ۴۹۲۳/۶۵ | ۲۷۳/۵۴ | ۰/۶۶۳ ^{ns} |
| نوع تیغه | ۱ | ۶۷۵/۳۸ | ۶۷۵/۳۷ | ۱/۶۳۷ ^{ns} |
| رقم × نوع تیغه | ۳ | ۱۲۴۹/۳۲ | ۴۱۶/۴۴ | ۱/۰۱ ^{ns} |
| سرعت × نوع تیغه | ۳ | ۲۵۴۳/۲۵ | ۸۴۷/۷۵ | ۲/۰۵۵ ^{ns} |
| رقم × سرعت × نوع تیغه | ۹ | ۴۹۶۱/۱۰ | ۵۵۱/۲۳۰ | ۱/۳۳۶ ^{ns} |
| زاویه لبه × نوع تیغه | ۲ | ۷۷/۳۶ | ۳۸/۶۸ | ۰/۰۹۴ ^{ns} |
| رقم × زاویه لبه × نوع تیغه | ۶ | ۴۴۳۱/۳۶ | ۷۳۸/۵۶ | ۱/۷۹۱ ^{ns} |
| سرعت × زاویه لبه × نوع تیغه | ۶ | ۲۳۲/۵۸ | ۳۸/۷۶ | ۰/۰۹۴ ^{ns} |
| رقم × سرعت × زاویه لبه × نوع تیغه | ۱۸ | ۶۱۴۰/۰۱ | ۳۴۱/۱۱ | ۰/۸۲۷ ^{ns} |
| خطا | ۲۸۸ | ۱۱۸۷۷۵/۰۵ | ۴۱۲/۴۲ | |
| کل | ۳۸۳ | ۴۸۷۹۹۹/۳۵ | | |

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪. ns غیر معنی‌دار ضریب تغییر داده‌ها ۱۰/۳۶ درصد است.

جدول ۸- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های نوع رقم و مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج

| نوع رقم | طبقه | مقاومت برشی ساقه (کیلوپاسکال) |
|---------|------|-------------------------------|
| خزر | a | ۱/۲۰۴ |
| فجر | a | ۹/۱۹۸ |
| بینام | b | ۲/۱۸۱ |
| هاشمی | b | ۹/۱۸۰ |

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

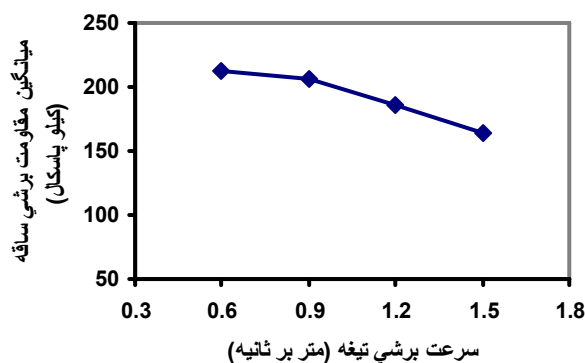
میانگین سطح مقطع عرضی بزرگتر از ارقام بینام و هاشمی می‌باشند. با افزایش سطح مقطع، سطح تماس و در نتیجه اصطکاک بین ساقه و تیغه افزایش می‌یابد (مک رندل^۱ و مک نالتی^۲ ۱۹۸۰).

تأثیر سرعت برشی تیغه

افزایش سرعت برشی تیغه موجب کاهش نیروی برش گردید. تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۷ نشان می‌دهد که تأثیر سرعت برشی تیغه بر روی مقاومت برشی ساقه برنج در سطح ۱٪ معنی‌دار است. رابطه بین سرعت برشی تیغه و میانگین مقاومت برشی ساقه در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به این شکل با افزایش سرعت برشی از ۰/۶ به ۱/۵ متر بر ثانیه مقاومت برشی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین‌های بیان شده در جدول ۹ نشان می‌دهد که بین بیشترین مقدار مقاومت برشی مربوط به سرعت ۰/۶ متر بر ثانیه و کمترین مقدار مربوط به سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه ۲۲/۴ درصد اختلاف وجود دارد که نشان دهنده تفاوت معنی‌دار سرعت برشی بر مقاومت برشی ساقه می‌باشد. در سرعت‌های پایین تیغه، نفوذ تیغه به داخل ساقه نسبت به سرعت‌های بالای تیغه کندتر انجام می‌گیرد. همچنین خمش ساقه‌ها در سرعت‌های کم موجب افزایش مقاومت برش می‌گردد.

از نتایج جدول ۹ پیداست که بین سرعت برش ۰/۶ و ۰/۹ متر بر ثانیه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود نداشته ولی در سرعت‌های دیگر تفاوت معنی‌دار می‌باشد. مک رندل و مک نالتی (۱۹۸۰)، دلیل پایین بودن مقاومت برشی در سرعت‌های بالا را کم شدن ضریب اصطکاک بین لبه تیغه و ساقه بیان کردند. همچنین آن‌ها گزارش کردند که سرعت برشی اثر مستقیم و معنی‌داری روی مقاومت برشی در محصولات کشاورزی دارد (۱۱). لی



شکل ۶- تأثیر سرعت برشی تیغه بر روی مقاومت برشی ساقه

جدول ۹- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های سرعت برشی و مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج.

| مقاومت برشی ساقه (کیلو پاسکال) | طبقه | سرعت برشی تیغه (متر بر ثانیه) |
|-----------------------------------|------|----------------------------------|
| ۰/۲۱۲ | a | ۶/۰ |
| ۸/۲۰۶ | a | ۹/۰ |
| ۷/۱۸۵ | b | ۲/۱ |
| ۵/۱۶۴ | c | ۵/۱ |

و یان (۱۹۸۴) دریافتند که افزایش سرعت تیغه از ۰/۶ به ۰/۸ متر بر ثانیه موجب کاهش نیروی برش و در نتیجه توان برش گردید (۹).

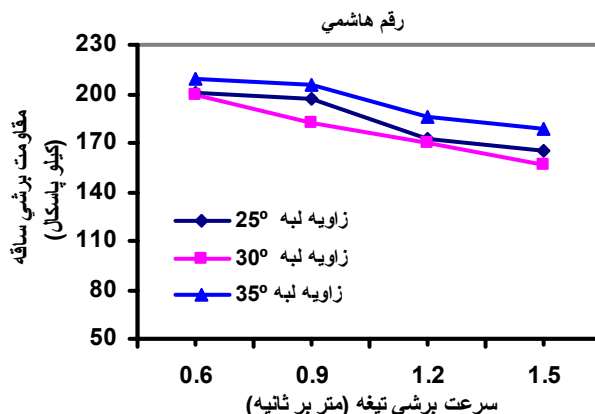
تأثیر زاویه لبه تیغه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر زاویه لبه روی مقاومت برشی ساقه برنج در سطح ۵٪ معنی دار است. نتایج آزمون دانکن داده‌ها (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که بین مقاومت برشی ساقه در زوایای لبه ۲۵ و ۳۰ درجه در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد ولی تفاوت بین زاویه لبه ۳۵ درجه با دو زاویه دیگر در سطح ۱٪ معنی دار است. رابطه بین مقاومت برشی ساقه در زوایای لبه مختلف تیغه و نیز سرعت‌های متفاوت در شکل ۷ برای رقم هاشمی نشان داده شده است. چنسلور (۱۹۵۸) زاویه لبه ۲۴ درجه و پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) زاویه ۲۳ درجه را برای برش محصولات

جدول ۱۰- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های زاویه لبه تیغه و مقاومت برش دینامیکی ساقه.

| زاویه لبه تیغه (درجه) | طبقه | مقاومت برشی ساقه (کیلو پاسکال) |
|--------------------------|------|-----------------------------------|
| ۳۵ | a | ۲۰۶/۶ |
| ۳۰ | b | ۱۸۸/۹ |
| ۲۵ | b | ۱۸۱/۳ |

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ ندارند.



شکل ۷- مقاومت برشی ساقه در سرعت‌های مختلف و سه زاویه لبه تیغه برای رقم هاشمی

علوفه‌ای توصیه کردند (۳ و ۱۴). انتخاب زوایای کمتر از ۲۳ درجه موجب سایش سریع تیغه می‌شود و از سوی دیگر، زوایای بالاتر از ۳۰ درجه نیروی برش را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (۱۴).

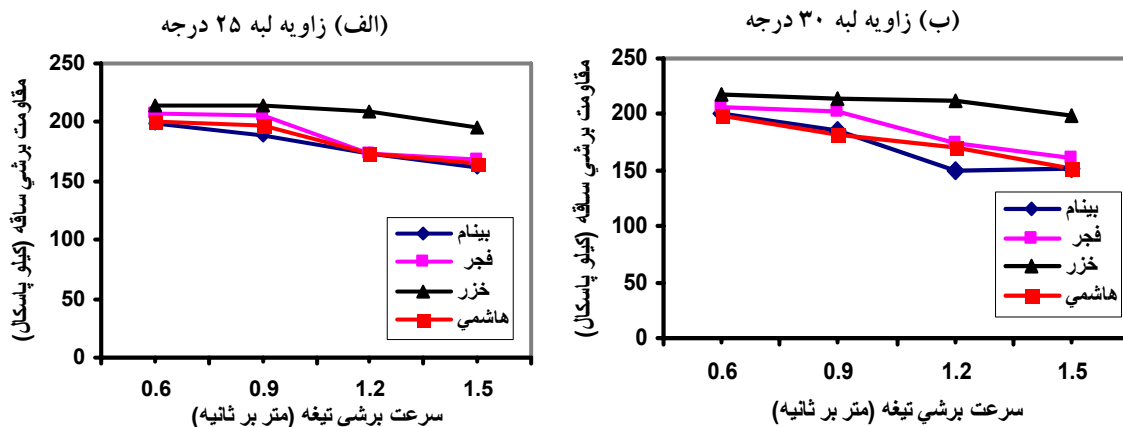
اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد که اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه بر روی مقاومت برشی ساقه سطح ۱٪ تفاوت معنی داری دارد. مطابق جدول ۱۱ در هر چهار رقم، میانگین مقاومت برشی در سرعت‌های ۰/۶ و ۰/۹ متر بر ثانیه با سرعت‌های ۱/۲ و ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی داری نشان می‌دهند. مطابق این جدول بیشترین مقدار مقاومت برشی با میانگین ۲۳۴/۴ کیلو پاسکال مربوط به رقم فجر در سرعت برشی ۰/۶ متر بر ثانیه بوده و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۶۱/۶ کیلو پاسکال در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه برای رقم هاشمی به‌دست آمد.

جدول ۱۱- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه بر روی مقاومت برش دینامیکی ساقه برنج.

| مقاومت برشی ساقه (کیلو پاسکال) | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| سرعت برشی تیغه (متر بر ثانیه) | | | | |
| نوع رقم برنج | ۰/۶ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱/۵ |
| خزر | ۲۳۱/۱a | ۲۲۵/۴abc | ۱۹۶/۷def | ۱۸۹/۱efg |
| فجر | ۲۳۴/۴a | ۲۱۶/۹abcd | ۱۸۱/۳fg | ۱۷۴/۸hi |
| بینام | ۲۱۸/۸ab | ۲۰۳/۸cdef | ۱۷۴/۸hi | ۱۶۷/۴i |
| هاشمی | ۲۰۹/۸bcde | ۲۰۱/۹cde | ۱۷۰/۲gh | ۱۶۱/۶i |

برای هر متغیر، اعداد موجود در هر ردیف یا ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

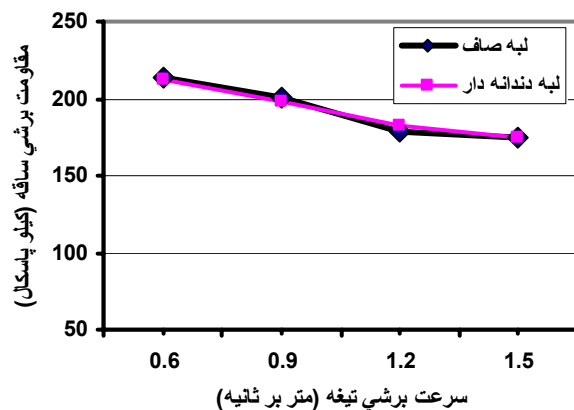


شکل ۸- مقاومت برشی ساقه برای چهار رقم در سرعت‌های مختلف و زوایای لبه ۲۵ و ۳۰ درجه

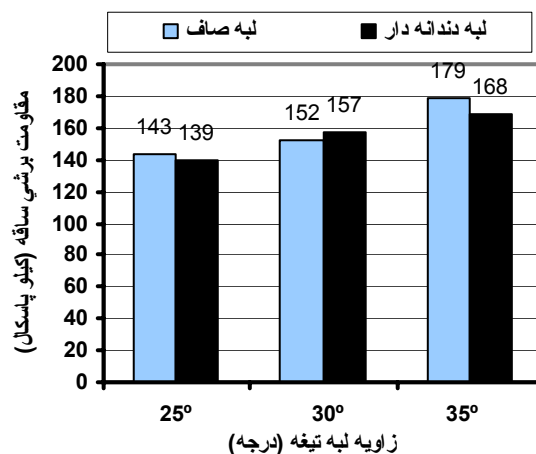
همچنین مقاومت برشی ساقه در سرعت برشی ۱/۵ متر بر ثانیه در رقم خزر با ارقام دیگر تفاوتی معنی‌دار دارد. رابطه بین مقاومت برشی، نوع رقم و سرعت برش تیغه برای زوایای لبه ۲۵ و ۳۰ درجه در شکل ۸ نشان داده شده است.

تأثیر نوع تیغه

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر نوع تیغه بر روی مقاومت برشی ساقه‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. از شکل‌های ۹ و ۱۰ پیداست که نوع تیغه از نظر صاف یا دندانه دار بودن تأثیر معنی‌داری بر روی مقاومت برشی ساقه ندارد. اصولاً، دندانه



شکل ۹- مقاومت برشی ساقه برای دو نوع لبه در سرعت‌های مختلف برای رقم خزر



شکل ۱۰- مقاومت برشی ساقه برای دو نوع لبه در زوایای مختلف برای رقم فجر

دار کردن تیغه‌ها در دروگرها به منظور نگهداری محصول می‌باشد، به طوری که تا حدودی از فشردن ساقه‌ها به طرف جلو بر اثر حرکت تیغه جلوگیری کرده و باعث قطع آن‌ها می‌شود.

نتیجه گیری

در مجموع از نتایج این ارزیابی می‌توان دریافت که خصوصیات فیزیکی ساقه برنج تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی نیرو و مقاومت برشی ساقه دارند به طوری که افزایش رطوبت ساقه موجب کاهش نیروی برشی و افزایش سطح مقطع عرضی و جرم واحد طول موجب افزایش نیروی برشی ساقه گردید. مقاومت برشی ارقام محلی و اصلاح شده نیز نسبت به هم متفاوت می‌باشند به طوری که مقاوم‌ترین رقم‌ها در برابر برش به ترتیب ارقام خزر و فجر بوده و ارقام بیسنام و هاشمی دارای مقاومت برشی کمتری می‌باشند. عوامل مختلف تیغه از جمله سرعت برشی و زاویه لبه تیغه نیز مقاومت برشی را تحت تأثیر قرار دادند. افزایش سرعت برش تیغه موجب کاهش قابل ملاحظه مقاومت برشی ساقه گردید به طوری که کمترین مقدار مقاومت برش در بالاترین سرعت یعنی ۱/۵ متر بر ثانیه به دست آمد. همچنین زوایای لبه تیغه در محدوده ۲۵ و ۳۰ درجه دارای مقاومت برش کمتری نسبت به زاویه لبه ۳۵ درجه می‌باشد. شکل لبه تیغه از نظر صاف یا دندانه‌دار بودن تأثیری بر نیرو و مقاومت برش ساقه ندارد. بنابراین توصیه می‌شود که در طراحی مکانیزم برش دروگرها و یا شانه برش کمباین برنج، عوامل مذکور بایستی مد نظر قرار گیرد تا توان مصرفی برای برش ساقه‌ها به حداقل خود برسد.

همانگونه که ملاحظه گردید، مقادیر به دست آمده مقاومت برشی با روش استاتیکی حدود ۷-۸ برابر بزرگتر از مقادیر حاصل از روش دینامیکی می‌باشند. با توجه به اینکه روش اندازه گیری نیروی برش دینامیکی تا حدود زیادی شرایط واقعی را شبیه سازی می‌کند، بنابراین استفاده از داده‌های این روش در طراحی ماشین موجب کاهش قابل ملاحظه ای در محاسبات مربوط به توان دستگاه می‌گردد.

منابع و مأخذ:

- ۱- آمارنامه فائو (F.A.O.). ۱۳۸۲. سازمان خواروبار و کشاورزی جهان.
- ۲- جعفری نعیمی، کاظم. ۱۳۷۵. ساخت دستگاه اندازه گیری نیروی برش گیاهان و طراحی سیستم برش ماشین برداشت آترپلکس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- 3- Chancellor, W. J. 1958. Energy requirements for cutting forage. *AGRICULTURAL ENGINEERING*. 39(10): 633-636
- 4- Chancellor, W.J. 1965. An experiment on force and energy requirements for cutting paddy stalks. *The Malaysian Agricultural Journal*. Vol. 45, No.2, 200-205.
- 5- Halyk, R.M. and L.W. Hurlbut. 1968. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. *Transactions of the ASAE* 11(2): 256-257.
- 6- Ige, M.T. and M.F. Finner. 1975. Effects of interaction between factors affecting the shearing characteristics of forage harvester. *Transactions of the ASAE* 11(3): 1011-1016.
- 7- Joliano, B. O. 1993. Rice in human nutrition. *FAO. Food and Nutrition series*. No. 26, FAO, Rome.
- 8- Kushwaha, R.L., A.S. Vaishnar and C.C. Zoerb. 1983. Shear strength of wheat straw. *Canadian Agricultural Engineering*. Vol. 25, No. 2, 163-166.
- 9- Lee, S. W. and Yan Huh. 1984. Threshing and cutting forces for Korean rice. *Transactions of the ASAE* 17(5): 1654-1657, 1660.
- 10- Majumdar, M. and R. K. Datta. 1982. Impact cutting energy of paddy and wheat by a pendulum type dynamic test. *Journal of Agr. Engng. (India)*. Vol. 19, No.4., 45- 49.
- 11- McRandal, D.M. and P.B. McNulty. 1980. Mechanical and physical properties of grasses. *Transactions of the ASAE* 23(4): 816-821.
- 12- Mohsenin, N.N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Vol.1. Gordon and Breach, New York.
- 13- Prasad, J. and C.P. Gupta. 1975. Mechanical properties of maize stalk as related to harvesting. *J. Agric. Engng. Res.* 20(1): 79-87.
- 14- Rajput, D. S. and N.G. Bhole. 1973. Static and dynamic shear properties of paddy stem. *The Harvester*. Vol. 7. 17-21.
- 15- Summers, M.D., B.M. Jenkins and M. W. Yore. 2002. Cutting properties of rice straw. Paper No. 026154. An ASAE meeting presentation.

Investigation of the parameters affected the cutting force and strength of paddy stem

R. Tabatabaei Kolor

Assistant Professor, Agricultural Machinery Department, University of Mazandaran

A. M. Borghaei

Professor of Dept. Of Agricultural Machinery, Azad Islamic University, Tehran

R. Alimardani and A. Rajabipoor

Assoc. Professor, Agricultural Machinery Department, Tehran University

H. Mobli

Assis. Professor, Agricultural Machinery Department, Tehran University

Abstract

The paddy plant is subjected to natural loadings throughout the growing season and severe mechanical treatments during harvesting. In order to aid in the engineering design of the harvesting machines, there is a need for more information concerning the physical and cutting properties of paddy stems. In this study, physical characteristics such as, moisture content, cross-sectional area and linear density of stems as well as their effects were investigated on the cutting force of paddy stem. A shear apparatus with reciprocating mechanism was designed to measure the cutting force. A factorial experiment in the form of Randomized Complete Design was used to determine the effects of variety, blade velocity, blade bevel angle and blade type on the shearing strength of paddy stem. Analysis of variance of the data indicated that variety; cross-sectional area and moisture content as well as interaction between variety and cross-sectional area at 1% level, also, variety and moisture content at 5% level of confidence were significant. The cutting force increased with an increase in cross-sectional area and decreased with increase of moisture content. Based on the statistical analysis results, variety, shear velocity and blade bevel angle affected the shear strength at 1% level but blade type did not. Also, the interaction between variety and shearing velocity was significant. The results of Duncan test showed that the maximum and minimum shear strength were related to the variety of "Khazar" and "Hashemi" with average of 204.1 and 180.9 Kpa, respectively. Also, the shear strength for shearing velocities of 0.6 and 1.5 m/s were 204.1 and 180.9 Kpa, respectively. The difference between blade bevel angle of 35 degree with 25 and 30 degrees was significant. Interaction between variety and shearing velocity had significant difference on shear strength. The maximum and minimum shear strength was related to "Fajr" with mean of 234.4 Kpa at 0.6 m/s, and "Hashemi" with mean of 161.6 Kpa at 1.5 m/s, respectively.

Key words: Physical properties, paddy stem, cutting force, blade cutting velocity, stem shear strength.