

بررسی رفتار برشی ساقه درختچه زینتی برگ نو در زمان هرس

محمد رضا کماندار^۱، جعفر مساح^۲ و مجید خانعلی^۳

۱- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

۲- دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۶ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۷/۰۹	رفتار برشی ساقه یک نوع درختچه زینتی (برگ نو) در زمان هرس در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. دانستن پارامترهایی از قبیل نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه، به طراحی و ساخت ماشینهای مناسب هرس این گیاه کمک شایانی می کند. در این تحقیق نمونه‌های مورد نیاز، در اوایل خردادماه از سه میان گره پنجم، دهم و پانزدهم ساقه انتخاب و میزان رطوبت آنها در زمان هرس ۵۸ درصد بر مبنای تو محاسبه گردید. آزمون برش شبه استاتیکی در چهار سطح سرعت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلیمتر بر دقیقه و آزمون برش ضربه‌ای در چهار سطح سرعت ۱، ۲، ۳ و ۴ متر بر ثانیه، بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. با توجه به نتایج حاصل از برش شبه استاتیکی، موقعیت برش ساقه تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر هر یک از پارامترهای نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی داشته و اثر متقابل سرعت و موقعیت برش و اثر فاکتور سرعت برش بر پارامترهای انرژی مصرفی و مقاومت برشی به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار گردید. با توجه به نتایج حاصل از برش ضربه‌ای، اثر فاکتورهای سرعت برش، موقعیت برش و اثر متقابل سرعت و موقعیت برش بر هر یک از پارامترهای نیروی برش و انرژی مصرفی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده و همچنین اثر موقعیت برش بر پارامتر مقاومت برشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. نتایج تحقیق نشان داد ساقه برگ نو در برابر دو نوع برش مذکور، رفتاری کاملاً متضاد را نشان می دهد.

* عهده دار مکاتبات

Email: jmassah@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه شهرها از لحاظ وجود برخی از مسائل مانند آلودگی هوا و سرو صدای وسایل نقلیه، نسبت به گذشته قابل مقایسه نیستند. در حال حاضر شهرها به عنوان مهم‌ترین کانون تمرکز فعالیت و زندگی انسان‌ها، برای حفظ پایداری خود چاره‌ای جز پذیرش ساختار سیستم‌های طبیعی نظیر پارک‌ها و فضاهای سبز شهری را

نداشته و نتایج پژوهش‌های اخیر نشان می دهد، فضاهای سبز و پارک‌ها یک شهر را برای زیستن، مساعد ساخته و با آثار مخرب گسترش صنعت و حمل و نقل شهری مقابله می کند. در شکل بندی یک فضای سبز شهری از انواع مختلف درختان و درختچه‌ها استفاده می گردد. درختچه همیشه سبزی مانند برگ نو^۱ یا مندارچه با نام

برش، مهم‌ترین عامل تاثیر گذار روی نیروی برش و انرژی مصرفی برش خواهد بود (۳). محسنین گزارش کرد، خواص مکانیکی ساقه گیاهان (رفتار ساقه در برابر بارهای برشی، کششی و فشاری) تابعی از ارتفاع ساقه و آهنگ بارگذاری می‌باشد (۴). بریت^۵ و کلیس^۶ در گزارشی بیان کردند خواص مکانیکی مانند کشش، فشار، خمش، برش و اصطکاک از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در برش مواد سلولی بوده و این پارامترها به رطوبت، قطر ساقه، رسیدگی و وارپته نمونه‌ها بستگی دارد (۵). دیرنده^۷ در برش مواد علوفه‌ای با استفاده از یک جعبه برش، مقاومت برشی را در رطوبت‌های ۲۰ و ۳۵ درصد به ترتیب در محدوده‌های ۸۸-۲۵ و ۱۲۸-۵۹ مگاپاسکال گزارش کرد (۶). پراساد^۸ و گوپتا^۹ گزارش کردند که مقطع ساقه و محتوای رطوبتی آن از مهم‌ترین عوامل مؤثر در انرژی برشی و نیروی برشی ساقه گیاهان می‌باشند. همچنین این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش سرعت برش ساقه ذرت، مقاومت برشی آن کاهش می‌یابد (۷). اسکوبیز^{۱۰} با بررسی و مطالعه خواص مکانیکی ساقه‌های انگور زمستانه به دو روش مکانیکی و اشعه X نشان داد که روند تغییر خواص مکانیکی در طول ساقه گیاه را می‌توان توسط یک چند جمله‌ای درجه دوم بیان کرد (۸) توکلی و همکاران در برش ساقه جو در سه سطح سرعت ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه و در سطوح رطوبتی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد گزارش کردند با افزایش سرعت و میزان رطوبت، مقادیر مقاومت برشی و انرژی برشی کاهش می‌یابد (۹). تقی جراح و همکاران در برش ساقه چغندر قند در سه سطح سرعتی ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه گزارش کردند با افزایش سرعت برش، مقاومت برشی و انرژی برشی مخصوص افزایش می‌یابد (۱۰)

علمی *Ligustrum Ovalifolium* از گیاهان خانواده برگ نو *Oleaceae* به لحاظ زیبایی از نظر فرم و شکل-پذیری، اهمیت بسیار زیادی در فضاهای سبز شهری داشته و استفاده از آن برای ایجاد مناظر زیبا و همچنین برای کشت در حاشیه فضاهای سبز و منازل، بعنوان پرچین از دیر باز مورد توجه انسان بوده است. نحوه هرس و آرایش ساقه‌های برگ نو از نظر شکل ظاهری، نقش موثری در زیباسازی فضای سبز شهری ایفا می‌کند. عملیات هرس برگ نو به طور معمول در مساحت‌های کوچک با قیچی‌های باغبانی و بصورت دستی انجام شده و در مساحت‌های بزرگی مانند پارک‌ها و حواشی خیابان‌ها با استفاده از شمشاد زن‌ها و اره‌های موتوری انجام می‌گیرد. دانستن خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ساقه برگ نو خصوصاً خواصی از قبیل نیروی مورد نیاز برش، انرژی مصرفی برش و مقاومت ساقه در برابر برش، به طراحی و ساخت ماشین‌های جدید و مناسب هرس کمک فراوانی کرده و همچنین با بهینه سازی دستگاه-های موجود، می‌توان از وارد شدن صدمات و آسیب‌های جدی ناشی از تحمل وزن دستگاه و انتقال ارتعاش به بدن و بازوهای کاربر جلوگیری کرد (۱). بر خلاف تحقیقات فراوانی که روی برش شبه استاتیکی^۱ و ضربه‌ای^۲ ساقه-های گیاهان زراعی و باغی از قبیل گندم، جو، گلرنگ، آفتابگردان، یونجه، زیتون و غیره انجام گرفته، تحقیق خاصی در زمینه بررسی و تعیین خواص مکانیکی ساقه برگ نو انجام نشده است. در ادامه به برخی از این تحقیقات و نتایج حاصله اشاره می‌گردد.

پرنس و همکاران^۳ با بررسی محصولات علوفه‌ای، تاثیر کاهش سطح مقطع برش روی کاهش انرژی مورد نیاز برش محصولات علوفه‌ای را گزارش کردند (۲) چنسلر^۴ با مطالعه و بررسی محصولات علوفه‌ای نشان داد با انتخاب یک تیغه مناسب، ضخامت کل ماده تحت

5- Bright
6- Kleis
7- Darnedde
8- Prasad
9- Gupta
10- Skubizs

1- Quasi- static shear
2- Impact shear
3- Prance *et al.*
4- Chancellor

انرژی ویژه برش نیز افزایش می‌یابد. همچنین کمترین انرژی ویژه برش را در زاویه برش ۶۰ درجه و سرعت برشی ۷/۹ متر بر ثانیه و بیشترین انرژی ویژه برش را در زاویه برش ۹۰ درجه و سرعت ۱۶/۴ متر بر ثانیه بیان کردند (۱۵). طباطبایی کلور و همکاران در برش ساقه نیشکر گزارش کردند، بیشترین مقدار مقاومت برشی ساقه در قسمت پایین ساقه و روی گره حاصل شده و ساختار سلولی متفاوت در قسمت‌های مختلف ساقه را دلیل تغییر در مقاومت برشی عنوان کردند (۱۶)

مواد و روش‌ها

هدف اصلی این پژوهش، مطالعه رفتار مکانیکی ساقه درختچه زینتی برگ نو در زمان هرس بوده، که از طریق تعیین و بررسی برخی از خواص مکانیکی مانند نیروی برش مورد نیاز، مقاومت برشی ساقه گیاه و میزان انرژی مصرفی در زمان برش انجام شد. مطالعه این خواص و نتایج آن علاوه بر بهینه‌سازی کاربرد ادوات هرس موجود، در طراحی و ساخت ابزارها و ماشین‌های مناسب هرس این درختچه قابل استفاده می‌باشد. در این تحقیق نمونه‌های مورد نیاز در اوایل خردادماه از ساقه‌های جوان برگ نو موجود در فضای سبز پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران انتخاب شد (این ساقه‌ها تاکنون هرس نشده و نسبت به ساقه‌های هرس شده فصل گذشته دارای قطر کمتر و میزان خشبی بودن پایین‌تری می‌باشند). به منظور تعیین درصد رطوبت در زمان انجام آزمون برش، نمونه‌ها توزین و در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت درون آون خشک شدند. میزان رطوبت در زمان آزمون برش ۵۸ درصد بر مبنای تر محاسبه گردید (۱۷) با توجه به اینکه سطح مقطع ساقه برگ نو بیضوی شکل بوده و قطر ساقه در قسمت فوقانی آن کمتر از قسمت تحتانی آن می‌باشد، نمونه‌ها از سه بخش بالایی، میانی و پایینی ساقه و از میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم با محدوده قطر بزرگ و کوچک ساقه به ترتیب ۴/۳۸-۵/۱۱ و ۴/۵۶-۳/۴۴ میلی‌متر در میان

دنگ و همکاران^۱ با مطالعه برش ضربه‌ای ساقه لوبیای سودانی در محدوده سرعتی ۷/۲۳-۱/۲۸ متر بر ثانیه در برش عمودی تیغه و زاویه اریب ۳۰ درجه، مقدار انرژی مصرفی ۱۴۶/۹۶ نیوتن متر و مقدار نیروی برشی ۷۴۷/۲۵ نیوتن را برای یک ساقه با قطر ۳۰ میلی‌متر گزارش کردند (۱۱). مک راندال^۲ و مک نالتی^۳ در برش ضربه‌ای ساقه‌های علوفه و یولاف، کاهش ۲۵ درصدی انرژی مصرفی با افزایش سرعت از ۲۰ به ۶۰ متر بر ثانیه را گزارش کردند. همچنین این محققین حداقل سرعت برش جهت برش ساقه‌های گیاهان مذکور را تابعی از نوع تیغه بیان کردند (۱۲). یلجیب^۴ و محمد^۵ با برش ضربه‌ای ساقه سورگوم تا سرعت ۸/۵ متر بر ثانیه، نشان دادند که انرژی مورد نیاز برش یک نسبت خطی و معکوس با وزن چاقو دارد. این محققین همچنین محدوده سرعتی ۷/۳-۵/۲ متر بر ثانیه را برای برش بخش پایینی ساقه جهت رسیدن به راندمان برش ۱۰۰ درصد، پیشنهاد کردند (۱۳). پراساد و گوپتا در برش ضربه‌ای ساقه‌های ذرت در محدوده‌های سرعت برش ۱/۶۲، ۲/۴۲، ۳/۲۰ و ۳/۹۵ متر بر ثانیه برای یک تیغه با زاویه ۲۳ درجه، زاویه اریب ۳۲ درجه و زاویه تیزی ۵۵ درجه، گزارش کردند که سرعت ۲/۶۵ متر بر ثانیه یک سرعت مناسب بوده و انرژی برش و ماکزیم نیروی برش دارای یک نسبت مستقیم با سطح مقطع ساقه می‌باشند (۷). چاتوپادهای و پاندی با ارائه یک مدل ریاضی برای برش ساقه‌های سورگوم و همچنین برش آنها در آزمایشگاه توسط یک تیغه چکشی در محدوده سرعت برش ۱۰ تا ۶۰ متر بر ثانیه، گزارش کردند که با افزایش سرعت، انرژی برشی بر واحد سطح مقطع کاهش می‌یابد (۱۴). ماتانکر و همکاران با بررسی تأثیر سرعت و زاویه برش تیغه در برش ضربه‌ای بر روی انرژی برش ساقه‌های نیشکر گزارش کردند، با افزایش سرعت برش

- 1- Dange
- 2- McRandal
- 3- McNulty
- 4- Yiljep
- 5- Mohammed

برش شبه استاتیکی در چهار سرعت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه بر روی نمونه‌های تهیه شده از میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه انجام گردید. مقدار نیروی لحظه‌ای برش توسط نیروسنج دستگاه آزمون کشش- فشار اندازه‌گیری شد و نمودار نیروی برشی نسبت به تغییر شکل و جابجایی محل اثر نیرو، برای هر یک از نمونه‌ها بدست آمد.

در شکل شماره ۳، نمونه‌ای از نمودار برشی میان گره پانزدهم ساقه در سرعت برش ۵ میلی‌متر بر دقیقه نشان داده شده است. پس از تعیین نیروی برش، با استفاده از رابطه شماره (۱) مقدار مقاومت برشی نمونه‌ها محاسبه گردید (۱۸).

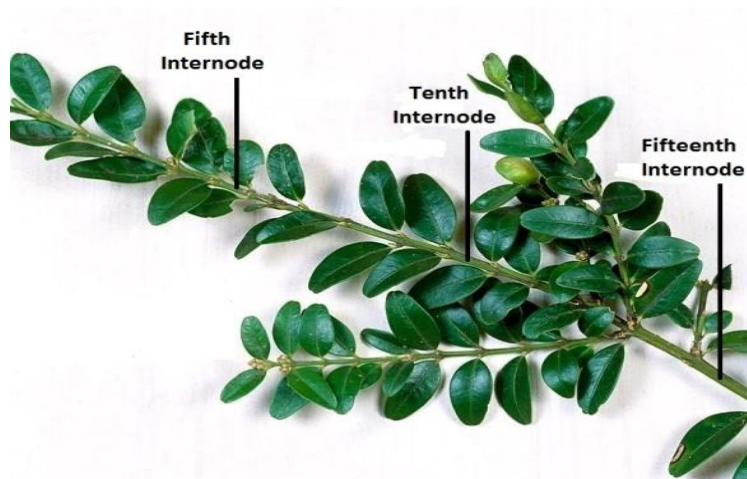
$$\tau_s = \frac{F_s}{2A} \quad (1)$$

که در آن τ_s ، مقاومت برشی (Mpa)؛ F_s ، نیروی برشی (N) و A ، سطح مقطع نمونه (mm^2) می‌باشد.

گره پنجم، ۴/۸۷-۵/۹۸ و ۳/۹۰-۵/۱۵ میلی‌متر در میان گره دهم و ۵/۴۴-۶/۸۸ و ۴/۷۲-۵/۸۵ میلی‌متر در میان گره پانزدهم انتخاب گردید. در شکل شماره ۱، نمونه‌ای از ساقه برگ نو و وضعیت هر یک از سه بخش انتخابی برش نشان داده شده است. به منظور محاسبه دقیق خواص مکانیکی برشی ساقه برگ نو از قبیل نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی و همچنین بررسی تاثیر پارامترهای سرعت و موقعیت برش بر خواص مذکور، این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی برای هر دو نوع برش شبه استاتیکی و ضربه‌ای در ۸ تکرار اجرا گردید.

الف: آزمون برش شبه استاتیکی

در این آزمون، از دستگاه آزمون کشش- فشار یونیورسال ستام مدل STM-5 بانضمام یک جعبه برش مضاعف که بر روی فک‌های بالایی و پایینی آن نصب شده بود استفاده گردید (شکل شماره ۲). نمونه‌های مورد نظر تحت اثر نیروی برش شبه استاتیکی مضاعف اعمالی توسط فک‌های دستگاه، مورد برش قرار گرفتند. آزمون



شکل (۱) نمونه ساقه برگ نو و موقعیت های انتخابی برش

میان گره های پنجم (fifth internode)، دهم (tenth internode) و پانزدهم (fifteenth internode)
Figure (1) Privet stalk sample and internode positions (fifth, tenth and fifteenth internodes)



شکل (۲) دستگاه آزمون کشش- فشار یونیورسال ستام بانضمام جعبه برش مضاعف
Figure (2) The proprietary tension/compression testing machine and coupled shear box

پایینی پاندول، بانضمام نمایشگر KAMOS و تقویت کننده ولتاژ TIKا مدل TM1010 تشکیل شده است. کرنش سنج^۱ ها توسط پل وتستون^۲ به یکدیگر متصل و خروجی آنها پس از تقویت، توسط نمایشگر و نرم افزار Kamos 1.1 نصب شده بر روی کامپیوتر تحلیل گردید.

به انتهای پاندول یک تیغه برش با زاویه تمایل ۹۰ درجه، زاویه اریب ۶۰ درجه و زاویه تیزی ۲۳ درجه متصل گردید. با رها سازی پاندول از زاویه مشخص (θ_1) نسبت به محور تعادل، تیغه با نمونه برخورد کرده و پس از برش آن پاندول تا زاویه ثانویه (θ_2) نسبت به محور تعادل عمودی در سمت دیگر حرکت خواهد کرد. پس از برخورد پاندول با نمونه و برش آن، با توجه پارامترهای دستگاه و زاویه پاندول بعد از برخورد با نمونه، انرژی برشی نمونه توسط رابطه ۲ محاسبه گردید.

با انتگرال گیری و محاسبه مساحت زیر نمودار نیرو- تغییر شکل، مقدار انرژی مصرفی در برش نمونه‌ها قابل محاسبه می‌باشد، اما در این تحقیق از مقادیر محاسبه شده انرژی مصرفی برش توسط نرم افزار دستگاه آزمون کشش- فشار ستام، در این خصوص استفاده گردید.

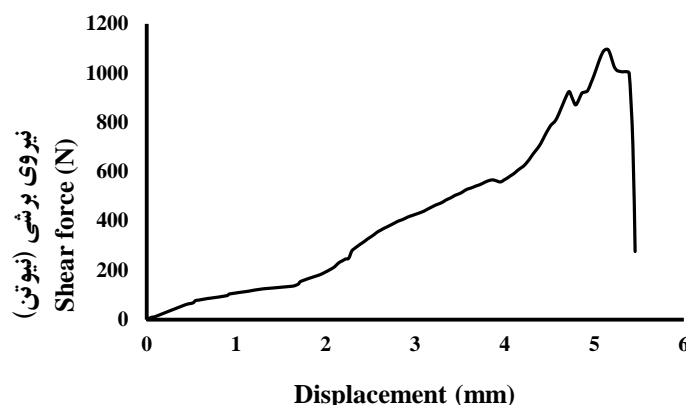
ب: آزمون برش ضربه‌ای

در برش ضربه‌ای، رفتار نمونه‌های ساقه برگ نو در برابر این نوع برش از طریق بارگذاری ضربه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت و مقدار انرژی مصرفی برش، نیروی مورد نیاز برش و مقاومت برشی نمونه‌ها محاسبه گردید. در آزمون برش ضربه‌ای، از دستگاه آزمون ضربه پاندولی ساخته شده و در چهار سرعت ۱، ۲، ۳ و ۴ متر بر ثانیه استفاده گردید. دستگاه مذکور از یک پاندول نوسانی به همراه تیغه برش و سیستم جمع آوری داده تشکیل شده که طرحواره آن در شکل شماره ۴ نشان داده شده است.

سیستم جمع آوری داده، از چهار کرنش سنج HBM مدل 1LY116/120 نصب شده در دو وجه بخش

1- Strain gage
2- Whetstone bridge

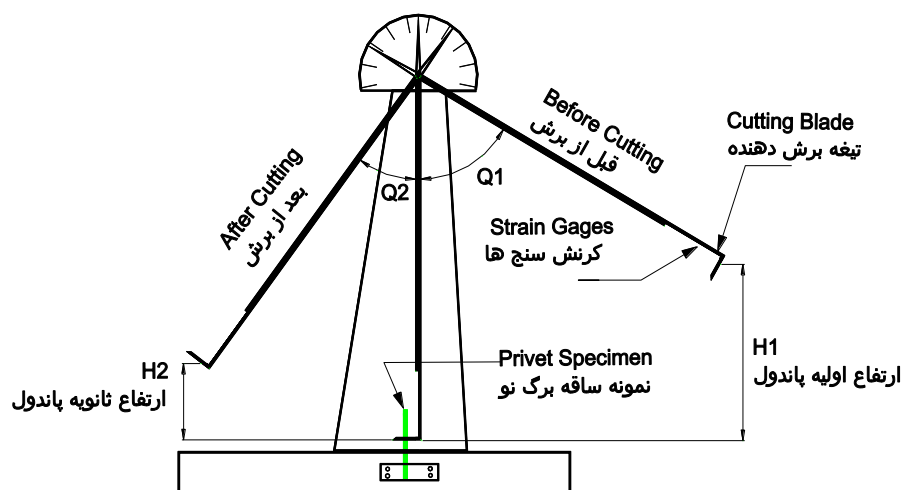
کماندار و همکاران: بررسی رفتار برشی ساقه ...



جابجایی محل اثر نیرو (میلیمتر)

شکل (۳) نمودار نیروی برشی نسبت به جابجایی محل اثر نیرو (میان گره پانزدهم ساقه در سرعت برش ۵ میلیمتر بر دقیقه)

Figure (3) Shearing force versus displacement curve (shear speed: 5 mm/min and internode: fifteenth)



شکل (۴) شکل شماتیک موقعیت پاندول قبل و بعد از برش

Figure(4) Schematic diagram of pendulum position before and after cutting

$$V = [2gL(1 - \cos\theta_1)]^{1/2} = [2gH_1]^{1/2} \quad (3)$$

که در آن V ، سرعت ضربه‌ای برش (m/s) و H_1 ، ارتفاع مرکز جرم پاندول از محل قرارگیری نمونه (m) می‌باشد (۱۹).

با توجه به ساختار دستگاه تست ضربه‌ای ساخته شده، از چهار زاویه رها سازی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۵ درجه در این تحقیق استفاده گردید. نیروی برش ضربه‌ای ساقه برگ نو که محاسبه آن یکی از پارامترهای اصلی این تحقیق می-

$$U = mgr(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = mgL \cos\theta_2 \quad (2)$$

که در آن U ، انرژی برشی (J)؛ m ، جرم پاندول (kg)؛ L ، طول پاندول (m)؛ r ، فاصله مرکز جرم پاندول تا محور دوران (m)؛ θ_1 ، زاویه اولیه پاندول قبل از برخورد (deg)؛ θ_2 ، زاویه ثانویه پاندول بعد از برخورد (deg) می‌باشد [۱۹]. با توجه به روابط حاکم بر حرکت نوسانی پاندول، سرعت برخورد پاندول در لحظه برش نمونه برگ نو توسط رابطه ۳ محاسبه گردید.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر فاکتور سرعت برش روی پارامتر نیروی برشی معنی دار نبود ولی اثر آن روی پارامترهای انرژی مصرفی و مقاومت برشی ساقه برگ نو در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید. اثر برهم کنش دو فاکتور سرعت برش و موقعیت برش بر روی نیروی برشی معنی دار نبود ولی اثر آن روی پارامترهای مقاومت برشی ساقه و انرژی مصرفی برش در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. همچنین مشخص شد که اثر فاکتور موقعیت برش ساقه بر روی پارامترهای نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشد. نتایج حاصل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در خصوص تأثیر و مقایسه میانگین‌های سرعت برش و موقعیت برش بر روی سه صفت نیروی مورد نیاز برش، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه برگ نو در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

باشد، از داده‌های خروجی سیستم جمع آوری داده دستگاه آزمون بدست آمد.

نتایج و بحث

الف: رفتار مکانیکی در برش شبه استاتیکی

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها در برش شبه استاتیکی ساقه نشان داد، در محدوده سرعت‌ها و موقعیت‌های انتخابی برش، حدود تغییرات نیروی برش ۱۸۲-۹۵۳ نیوتن، حدود تغییرات انرژی مصرفی برش ۹۵-۱۵۶۷ ژول و حدود تغییرات مقاومت برشی ساقه ۱۹-۳۷ مگاپاسکال می باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (ANOVA) فاکتورهای سرعت و موقعیت برش و اثر متقابل آنها در برش شبه استاتیکی روی پارامترهای نیروی برشی، انرژی مصرفی و مقاومت برشی ساقه برگ نو در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول (۱) نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای سرعت و موقعیت برش در برش ساقه برگ نو

Table(1) Variance analyses of cutting privet stalk under different loading rates and internode positions

انرژی مصرفی برش (ژول) Shear consumption energy (J)	مقاومت برشی (مگاپاسکال) Shear strength (Mpa)	نیروی برش (نیوتن) Shear force (N)	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Source of variation
16552.03*	38.41*	47836.17 ^{ns}	3	سرعت برش Loading rate (A)
707066.96**	71.25**	210552.70*	2	موقعیت برش Internod position (B)
28851.7**	1.82**	5109.48 ^{ns}	6	اثر متقابل سرعت × موقعیت Interaction A × B
			11	خطا Error

*** و * اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد. ns عدم اختلاف معنی دار

**and *Significant in statistic level of 1% (P < 1%) and 5% (P < 5%). ns Not significant

جدول (۲) مقایسه میانگین‌های اثر فاکتور سرعت برش و موقعیت برش بر روی خواص برشی

Table (2) The means comparison of loading rate and internod position effect on cutting properties

انرژی مصرفی برش (ژول) Shear consumption energy (J)	مقاومت برشی (مگاپاسکال) Shear strength (Mpa)	نیروی برش (نیوتن) Shear force (N)	سرعت برش (میلیمتر بر دقیقه) Loading rate (mm/min)
351.02 ^a	19.15 ^a	388.60 ^a	5
378.81 ^a	29.12 ^b	368.91 ^a	10
609.08 ^b	29.33 ^b	441.33 ^a	15
881.17 ^c	33.32 ^c	620.41 ^a	20
موقعیت میان گره			
Internod position			
182.55 ^a	25.06 ^a	231.71 ^a	میان گره پنجم Fifth internode
476.12 ^b	30.10 ^b	408.44 ^b	میان گره دهم Tenth internode
1011.73 ^c	32.86 ^c	686.88 ^c	میان گره پانزدهم Fifteen internode

عدم اختلاف معنی‌دار میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

Mean values followed by different letters are significantly different from others in the same column ($\alpha = 0.01$)

برشی را با افزایش سرعت برش گزارش کردند (۹) همپتان و همکاران با مطالعه برش ساقه نیشکر در سرعت-های برش ۵، ۱۰ و ۱۵ میلیمتر بر دقیقه، افزایش مقاومت برشی و انرژی برش را با افزایش سرعت برش گزارش کردند (۲۰). تقی جراح و همکاران با برش ساقه نیشکر در سه سرعت برش ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه، افزایش انرژی مصرفی و مقاومت برشی با افزایش سرعت برش را گزارش کردند (۱۰). همچنین با توجه به نتایج جدول شماره ۲ و بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن، بیشترین مقدار میانگین نیروی مورد نیاز برش، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه به ترتیب با مقادیر ۶۸۶/۸ نیوتن، ۱۰۱۱/۷ ژول و ۳۲/۸ مگاپاسکال در قسمت پایین و در میان گره پانزدهم ساقه و کم‌ترین آنها به ترتیب ۲۳۱/۷، ۱۸۲/۵ و ۲۵/۰ در قسمت فوقانی و در میان گره پنجم ساقه برگ نو حاصل شد. دلایل اصلی تغییر در صفات مورد بررسی در موقعیت‌های مختلف ساقه را، افزایش قطر ساقه و افزایش خشبی بودن از میان گره پنجم تا پانزدهم آن برشمرد. دوقرتی و همکاران نشان

با توجه به نتایج، بیشترین مقدار میانگین نیروی مورد نیاز برش، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه در سرعت برش ۲۰ میلیمتر بر دقیقه و به ترتیب ۶۲۰/۴ نیوتن، ۸۸۱/۱ ژول و ۳۳/۳۲ مگاپاسکال و کمترین آنها در سرعت برش ۵ میلیمتر بر دقیقه و به ترتیب ۳۳۸/۶ نیوتن، ۳۵۱/۰ ژول و ۱۹/۱ مگاپاسکال حاصل گردید. مشخص است با افزایش سرعت برش مقدار هر یک از پارامترهای نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه برگ نو افزایش یافته است. دلیل افزایش مقادیر مذکور را میتوان می‌توان ناشی از افزایش تغییر شکل دیواره بیرونی ساقه با افزایش سرعت برش ساقه، مشابه نظر محسنین و همکاران دانست (۴). در واقع در بازه شروع برش تا تسلیم ساقه در برابر برش، بخشی از انرژی مصرفی برش صرف تراکم اولیه ساقه شده و با افزایش سرعت در محدوده بارگذاری شبه استاتیکی، میزان این تراکم اولیه افزایش می‌یابد. توکلی و همکاران با بررسی برش ساقه جو در محدوده سرعت برشی ۵ تا ۱۵ میلیمتر بر دقیقه، افزایش انرژی مصرفی و مقاومت

در شکل شماره ۵، تأثیر متقابل دو پارامتر سرعت و موقعیت برش ساقه برگ نو روی انرژی مصرفی برش نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص شد که با افزایش سرعت برش از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، مقدار انرژی مصرفی برش در هر سه موقعیت برش میان گره پنجم، دهم و پانزدهم ساقه، افزایش می‌یابد. آنچه مشخص است، تغییرات انرژی مصرفی برش در میان گره پانزدهم در محدوده سرعت انتخابی، نسبت به سایر میان گره ها محسوس تر می‌باشد. با توجه به نمودار شکل شماره ۵ با افزایش سرعت از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، در هر یک از سطوح میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه، انرژی مصرفی برش به ترتیب به نسبت ۲/۳، ۲/۵ و ۲/۷ افزایش می‌یابد. در واقع میتوان بیان کرد که در برش شبه استاتیکی با یک سرعت مشخص، مصرف انرژی برای هرس بخش های پایینی ساقه نسبت به بخش های بالایی آن بین ۲ تا ۳ برابر بیشتر خواهد بود. مدل سازی تغییرات انرژی مصرفی برش بر حسب سرعت برش برای هر یک از میان گره های ساقه برگ نو، با استفاده از رگرسیون و به صورت توابع چند خطی درجه دو مطابق شکل شماره ۵ انجام شد. مقادیر ضریب تبیین برای هر سه معادله بیشتر از ۰/۹۶ حاصل شد که بیانگر دقت بالای مدل سازی انجام شده می‌باشد. در این معادلات E_s انرژی مصرفی برش بر حسب ژول و V سرعت برش بر حسب میلی‌متر بر دقیقه می‌باشد. با توجه به نمودار و معادلات رگرسیون حاکم بر آن مشخص است که روند تغییر انرژی مصرفی برش در طول ساقه برگ نو توسط یک چند جمله‌ای درجه دوم بیان شده که با نظر سایر محققین در این خصوص مطابقت دارد (۸).

تأثیر متقابل سرعت برش و موقعیت برش بر روی مقاومت برشی ساقه برگ نو در شکل شماره ۶ نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشخص است که با افزایش سرعت برش از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، مقاومت برشی ساقه برگ نو در میان گره پنجم از ۱۹/۶ به ۲۹/۷ مگاپاسکال، در میان گره دهم از ۲۵/۶ به ۳۳/۳

دادند با افزایش قطر و سطح مقطع دیواره ساقه گندم از گره اول تا گره چهارم مقاومت برشی ساقه از ۴/۹۱ به ۷/۲۶ مگاپاسکال افزایش می‌یابد (۲۱). سزیز و همکاران^۱ با مطالعه برش ساقه زیتون تأثیر افزایش قطر ساقه را بر روی افزایش نیروی برشی و انرژی مورد نیاز برش گزارش کردند (۲۲). اسحاق بیگی و همکاران با مطالعه ساقه گندم گزارش کردند با افزایش ارتفاع ساقه از سطح زمین، تنش برشی کاهش می‌یابد (۲۳). نظری و همکاران گزارش کردند، مقاومت برشی و انرژی برشی ساقه یونجه با افزایش ارتفاع ساقه کاهش می‌یابد (۲۴). اینس و همکاران^۲ با بررسی بقایای ساقه‌های آفتابگردان در مزرعه تأثیر کاهش مقاومت برشی و انرژی ویژه برش را با افزایش ارتفاع ساقه از سطح زمین گزارش کرده و دلیل آن را غیر یکنواختی ساختمان ساقه آفتابگردان بیان نمودند (۲۵). توکلی و همکاران در مطالعه خواص مکانیکی ساقه جو گزارش کردند با افزایش سرعت برش از ۵ به ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه، مقاومت برشی از ۴/۲۴ تا ۴/۹۸ مگاپاسکال برای گره اول، ۴/۷۲ تا ۵/۴۰ مگاپاسکال برای گره دوم و ۵/۲۲ تا ۵/۸۰ مگاپاسکال برای گره سوم افزایش می‌یابد (۹). تقی نژاد و همکاران با مطالعه اثر اندازه و ابعاد ساقه بر روی ساقه نیشکر نشان دادند که با افزایش قطر ساقه، مقاومت نهایی و انرژی برشی مخصوص ساقه افزایش یافت (۲۶). اینس و همکاران مقادیر مقاومت برشی و انرژی ویژه برش بقایای ساقه آفتابگردان را به ترتیب برابر ۱/۰۷ مگاپاسکال و ۱۰/۰۸ میلی ژول بر میلی‌متر مربع ارائه نموده و نشان دادند، دو پارامتر مذکور در بخش پایینی ساقه دارای مقدار بیشینه می‌باشند (۲۵). بنابراین می‌توان بیان کرد که نتایج حاصل از تأثیر سرعت و موقعیت برش ساقه برگ نو بر روی پارامترهای برش شبه استاتیکی با نتایج حاصل از بررسی و مطالعات سایر محققین همخوانی دارد.

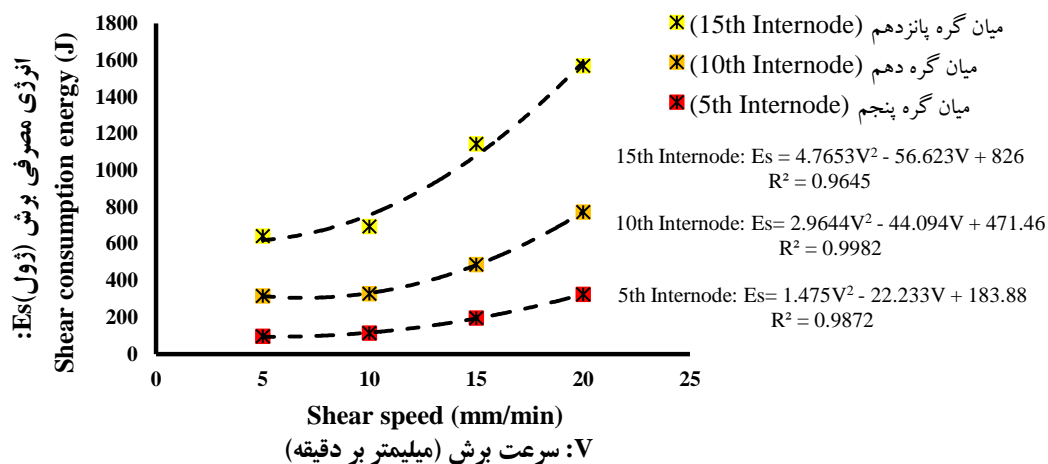
1- Sessiz et al.

2- Ince et al.

کماندار و همکاران: بررسی رفتار برشی ساقه ...

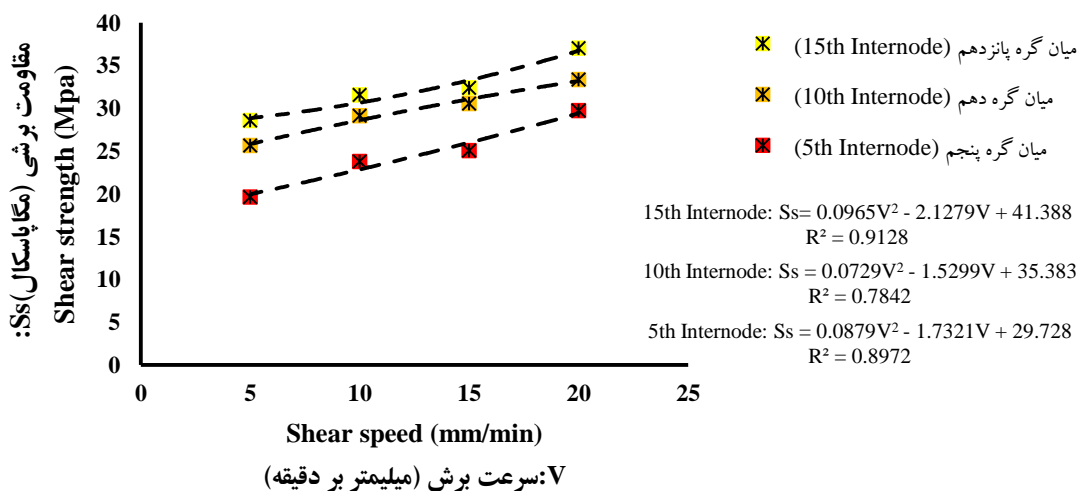
صورت یک منحنی چند خطی درجه دو برای تمامی میان گره‌های ساقه تغییر می‌نماید. در این معادلات S_s مقاومت برشی ساقه بر حسب مگاپاسکال و V سرعت برش بر حسب میلیمتر بر دقیقه می‌باشد. روند تغییرات این معادلات در واقع بیانگر این موضوع است که روند تغییر مقاومت برشی در طول ساقه برگ نو به صورت یک منحنی چند خطی درجه دوم می‌باشد (۸).

و در میان گره پانزدهم از ۲۸/۵ به ۳۷/۰ مگاپاسکال افزایش می‌یابد. حداقل مقدار مقاومت برش ساقه در میان گره پنجم و سرعت ۵ میلیمتر بر دقیقه با مقدار ۱۹/۶ مگاپاسکال و حداکثر آن در سرعت برش ۲۰ میلیمتر بر دقیقه و میان گره پانزدهم با مقدار ۳۷/۰ مگاپاسکال حاصل گردید. معادلات رگرسیون حاکم بر منحنی‌های شکل شماره ۶ نشان می‌دهد که مقاومت برشی با افزایش سرعت به



شکل (۵) تغییرات انرژی مصرفی برش نسبت به سرعت برش و موقعیت برش

Figure(6) Relationship between shear energy and shear speed at different internode positions



شکل (۶) نمودار تغییرات مقاومت برشی نسبت به سرعت و موقعیت برش

Figure(7) Relationship between shear strength and cutting speed at different internode positions

ب: رفتار مکانیکی در برش ضربه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (ANOVA) فاکتورهای سرعت برش و موقعیت برش و اثر متقابل آنها در برش ضربه‌ای بر روی نیروی مورد نیاز برش، انرژی مصرفی و مقاومت برشی ساقه برگ نو در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها در برش ضربه‌ای ساقه برگ نو در محدوده سرعت و موقعیت انتخابی برش، تغییرات نیروی برش بین ۱۵/۹۴-۰/۶۲ نیوتن، انرژی مصرفی برش بین ۱۹/۵۶-۳/۹۵ ژول و مقاومت برشی بین ۱/۱-۰/۰۳ مگاپاسکال می‌باشد. با توجه به نتایج، مشخص است که اثر فاکتورهای سرعت برش و اثر متقابل بین سرعت برش و موقعیت برش روی هر یک از پارامترهای نیروی برش، انرژی مصرفی و مقاومت برشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده ولی اثر فاکتور موقعیت برش فقط روی دو پارامتر نیروی برشی و انرژی مصرفی برش معنی دار می‌باشد. نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های اثر سرعت و موقعیت برش ساقه برگ نو بر روی صفات نیروی برش، انرژی مصرفی و مقاومت برشی در جدول شماره ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول شماره ۴ مشخص است با افزایش سرعت برش از ۱ تا ۴ متر بر ثانیه، مقدار هر یک از پارامترهای مورد بررسی کاهش می‌یابد. در واقع مقادیر حداقل میانگین‌های نیروی برشی، ۱/۰۷ نیوتن، انرژی مصرفی ۶/۸۴ ژول و مقاومت برشی ۰/۰۴ مگاپاسکال، در سرعت برش ۴ متر بر ثانیه حاصل شد. مقادیر حداکثر میانگین‌های نیروی برشی، ۱۴/۸۱ نیوتن، انرژی مصرفی ۱۸/۲۵ ژول و مقاومت برشی ۰/۴۱ مگاپاسکال، در سرعت برش ۱ متر بر ثانیه بدست آمده است.

تحقیقات انجام شده بر روی برش ضربه‌ای ساقه سایر گیاهان نتایج مشابهی را ارائه کرده است. پارساد و گوپتا با مطالعه برش ضربه‌ای ساقه ذرت گزارش کردند که سرعت ۲/۶۵ متر بر ثانیه یک سرعت بهینه جهت برش

ساقه ذرت بوده و در واقع در این سرعت میزان انرژی در واحد سطح مقطع ساقه کمترین خواهد بود (۷) یلجیب و محمد با بررسی اثر سرعت برش در برش ضربه‌ای ساقه سورگوم در دو ارتفاع ۲۰ و ۱۲۰ میلیمتر از سطح زمین، گزارش کردند که حداقل انرژی لازم برای برش در دو ارتفاع مذکور برابر با ۷/۸۷ و ۱۲/۵۵ نیوتن متر بوده که در سرعت‌های برش ۲/۹۱ به ۳/۵۴ متر بر ثانیه بدست می‌آید (۱۳). مک راندل و مک نالتی در برش ساقه‌های چمن و جو دو سر در محدوده سرعتی ۲۰ تا ۶۰ متر بر ثانیه در زوایای مختلف تیغه گزارش کردند که با افزایش سرعت، میزان انرژی بر واحد سطح مقطع کاهش یافته و نسبت کاهش انرژی در این محدوده سرعتی، در حدود ۲۵ درصد می‌باشد (۱۲). چاتوپادھی^۱ و پاندی^۲ با برش ضربه‌ای ساقه‌های سورگوم با استفاده از یک تیغه برش چکشی در محدوده سرعتی ۲۰ تا ۶۰ متر بر ثانیه نشان دادند که با افزایش سرعت برش، انرژی بر واحد سطح مقطع ساقه و گشتاور روی محور تیغه در زمان برش ساقه کاهش می‌یابد (۱۴)

با توجه به جدول شماره ۴ مشخص است با حرکت به سمت پایین ساقه از میان گره پنجم تا پانزدهم هر یک از پارامترهای نیروی برشی، انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه در برابر برش افزایش می‌یابد. در واقع مقادیر حداکثر میانگین‌های نیروی برشی ۱۱/۶ نیوتن، انرژی مصرفی برش ۱۶/۵۱ ژول و مقاومت برشی ۰/۵۱ مگاپاسکال در میان گره پانزدهم و مقادیر حداقل میانگین‌های نیروی برشی ۶/۴۵ نیوتن، انرژی مصرفی ۱۲/۷۴ ژول و مقاومت برشی ۰/۲۵ مگاپاسکال، در میان گره پنجم ساقه برگ نو حاصل شده است.

1- Chattopadhyay

2- Pandey

کماندار و همکاران: بررسی رفتار برشی ساقه ...

جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای سرعت و موقعیت برش برگ نو

Table(3) Variance analyses of cutting privet stalk under different loading rates and internode positions

انرژی مصرفی برش (ژول)	مقاومت برشی (مگاپاسکال)	نیروی برش (نیوتن)	درجه آزادی	منابع تغییر
Shear consumption energy (J)	Shear strength (Mpa)	Shear force (N)	Degree of freedom	Source of variation
80.42**	0.255**	108.99**	3	سرعت برش Loading rate (A)
15.01**	0.08 ^{ns}	10.39**	2	موقعیت برش Internode position (B)
1.53**	8.68**	14.02**	6	اثر متقابل سرعت × موقعیت Interaction A × B
			11	خطا Error

** و * اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد. ns عدم اختلاف معنی دار

**and *Significant in statistic level of 1% (P < 1%) and 5% (P < 5%). ns Not significant

جدول (۴) مقایسه میانگین‌های اثر فاکتور سرعت برش و موقعیت برش بر روی خواص برشی برگ نو

Table(4) The means comparison of loading rate and internode position effect on the mechanical properties

انرژی مصرفی برش (ژول)	مقاومت برشی (مگاپاسکال)	نیروی برش (نیوتن)	سرعت برش (متر بر ثانیه)
Shear consumption energy (J)	Shear strength (Mpa)	Shear force (N)	Loading rate (m/s)
18.25 ^a	0.41 ^a	14.81 ^a	1
17.04 ^a	0.22 ^{ab}	8.41 ^b	2
15.54 ^a	0.21 ^{ab}	3.69 ^c	3
6.84 ^b	0.04 ^b	1.07 ^d	4
			موقعیت میان گره
			Internode position
12.74 ^a	0.25 ^a	6.45 ^a	میان گره پنجم Fifth internode
14.03 ^b	0.27 ^a	9.68 ^b	میان گره دهم Tenth internode
16.51 ^c	0.51 ^a	11.60 ^c	میان گره پانزدهم Fifteen internode

عدم اختلاف معنی دار میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد

Mean values followed by different letters are significantly different from others in the same column ($\alpha = 0.01$)

روی انرژی برش و ماکزیمم نیروی برش داشته و هر دو پارامتر مذکور دارای یک نسبت مستقیم با مقطع عرضی ساقه می‌باشند (۷). دنگی و همکاران^۱ همچنین در برش ضربه‌ای ساقه لوبیای سودانی در محدوده سرعتی ۲/۲۸ تا

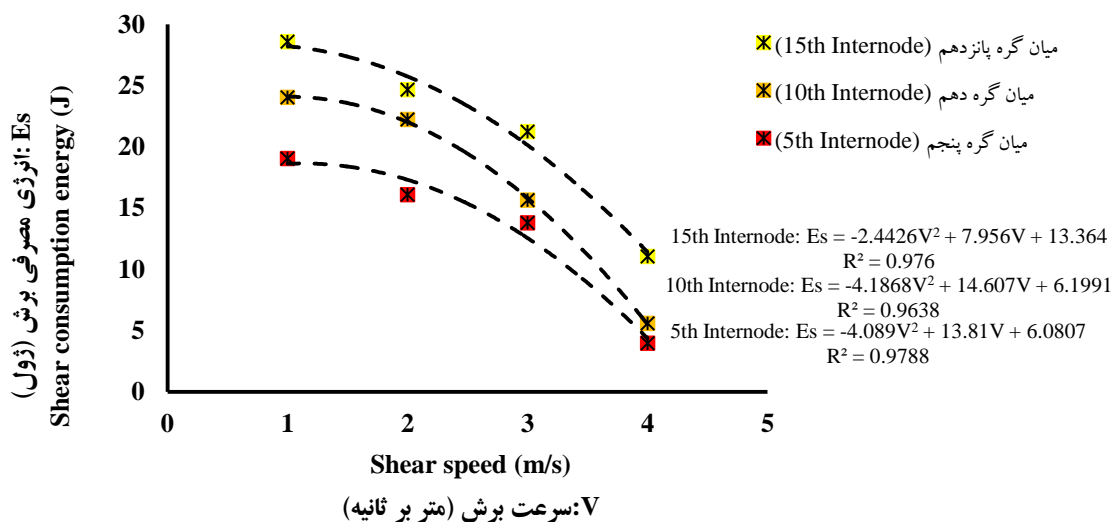
تحقیقات انجام شده در خصوص تاثیر موقعیت برش بر روی برش ضربه‌ای ساقه سایر گیاهان نتایج مشابهی را ارائه کرده است. پارساد و گوپتا با مطالعه اثر موقعیت برش و مقطع ساقه در برش ضربه‌ای ساقه ذرت گزارش کردند که مقطع عرضی ساقه اثر معنی داری بر

است. با توجه به این نمودار مشخص است که با افزایش سرعت برش از ۱ به ۴ متر بر ثانیه، انرژی مصرفی برش در هر سه موقعیت برش میان گره پنجم، دهم و پانزدهم ساقه برگ نو کاهش یافته و در محدوده سرعت بین ۳ تا ۴ متر بر ثانیه، سیر نزولی این نمودار بسیار بیشتر از سایر سرعت‌ها می‌باشد. در واقع تغییرات انرژی برشی در این محدوده سرعت در تمام میان گره‌ها بسیار محسوستر می‌باشد. با توجه به نمودار تغییرات انرژی برشی نسبت به سرعت و موقعیت برش، در محدوده سرعت ۱ به ۲ متر بر ثانیه ۶ درصد، در محدوده سرعت ۲ به ۳ متر بر ثانیه ۸ درصد و در محدوده سرعت ۳ به ۴ متر بر ثانیه ۵۵ درصد کاهش انرژی مصرفی را نشان می‌دهد.

معادلات رگرسیون حاکم بر منحنی‌های این نمودار نشان می‌دهد که انرژی مصرفی برش با افزایش سرعت به صورت یک منحنی چند خطی درجه دوم با ضریب تبیین بیشتر از ۰/۹۶ برای تمامی میان گره‌های ساقه کاهش می‌یابد. در این معادلات E_s مقدار انرژی مصرفی برش بر حسب ژول و V سرعت برش بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد. اثر متقابل سرعت و موقعیت برش بر روی مقاومت برشی ساقه برگ نو در شکل شماره ۸ نشان داده شده است.

۷/۲۳ متر بر ثانیه در محدوده قطر ساقه ۸ تا ۳۰ میلی‌متر گزارش کردند که با افزایش قطر ساقه میزان نیروی برش و میزان انرژی برش ساقه افزایش می‌یابد (۲۷). آزاد بخت و همکاران با مطالعه برش ضربه‌ای ساقه کلزا در ارتفاع‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از سطح زمین گزارش کردند که میزان انرژی مصرفی با افزایش ارتفاع ساقه کاهش یافته و دلیل این کاهش انرژی را کاهش قطر ساقه و تاثیر آن بر روی انرژی مصرفی بیان کردند (۲۸). عزیزاده و همکاران با بررسی ضربه‌ای ساقه وارپته‌های مختلف برنج گزارش کردند که انرژی لازم برای برش میان گره‌های بالایی ساقه برنج نسبت به میان گره‌های پایینی آن دارای مقدار کمتری بوده و دلیل آن را تجمع بیشتر فیبرهای رسیده و همچنین افزایش ضخامت دیواره ساقه در بخش‌های پایینی آن بیان کردند. همچنین این محققین میانگین اختلاف انرژی مصرفی بین گره دوم و سوم را ۳۵ درصد گزارش کردند (۲۹). آزادبخت و همکاران با برش ضربه‌ای ساقه ذرت در مزرعه در سه ارتفاع ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتر از سطح زمین گزارش کردند که در یک رطوبت مشخص، با افزایش ارتفاع ساقه میزان انرژی مورد نیاز برش کاهش پیدا می‌کند (۲۸).

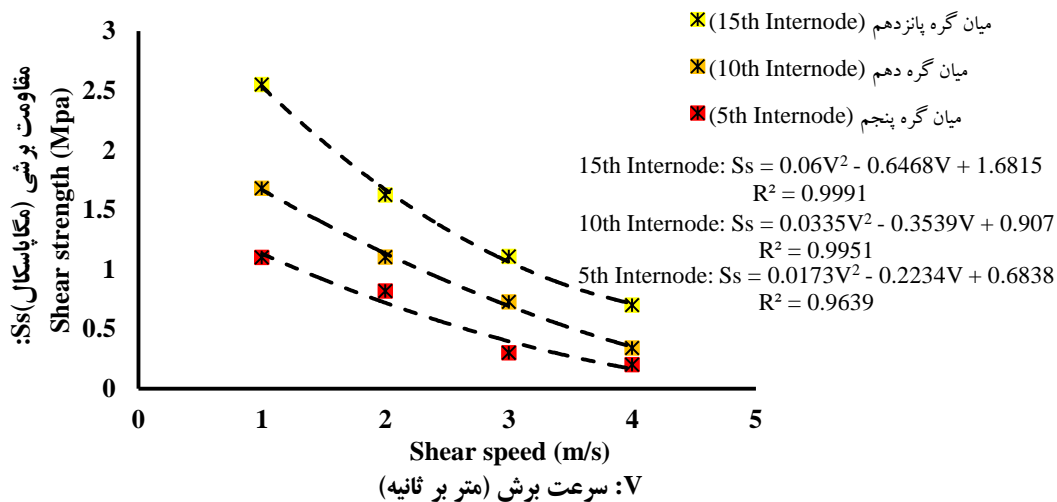
اثر متقابل سرعت در موقعیت برش ساقه برگ نو بر انرژی مصرفی برش در شکل شماره ۷ نشان داده شده



شکل (۷) تغییرات انرژی مصرفی برش نسبت به سرعت و موقعیت برش

Figure(8) Relationship between shear energy and cutting speed at different internod positions

کماندار و همکاران: بررسی رفتار برشی ساقه ...



شکل (۸) تغییرات مقاومت برشی نسبت به سرعت و موقعیت برش

Figure(9) Relationship between shear energy and shear speed at different internod positions

میلیمتر بر دقیقه، انرژی مصرفی برش بترتیب ۲/۲، ۲/۶ و ۲/۹ برابر در میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه افزایش یافت و همچنین در این نسبت سرعت، مقاومت برشی ساقه بترتیب ۱/۵، ۱/۴ و ۱/۲ برابر در میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه افزایش یافت. دلیل اصلی افزایش انرژی مصرفی برش و مقاومت برشی ساقه را میتوان افزایش توام فشردگی ساقه با افزایش سرعت و همچنین افزایش خمشی شدن با افزایش قطر ساقه قلمداد کرد. با توجه به نتایج حاصل از برش ضربه‌ای ساقه برگ نو در نسبت سرعت ۴ متر بر ثانیه به سرعت ۱ متر بر ثانیه، انرژی مصرفی برش بترتیب ۱/۴، ۱/۶ و ۳ برابر در میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه کاهش یافت و همچنین در این نسبت سرعت، مقاومت برشی ساقه بترتیب ۵/۲، ۲۹/۴ و ۵۳/۸ برابر در میان گره‌های پنجم، دهم و پانزدهم ساقه کاهش یافت.

سپاس‌گزاری

از زحمات و حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و همچنین مدیر عامل محترم و کارکنان شرکت انرژی پارس تشکر و قدردانی می‌گردد.

با توجه به این نمودار مشخص است که با افزایش سرعت برش از ۱ به ۴ متر بر ثانیه، مقاومت برشی در هر سه موقعیت برش میان گره پنجم، دهم و پانزدهم ساقه برگ نو کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار مقاومت برشی ساقه برگ نو در میان گره پنجم و در سرعت ۲ متر بر ثانیه و کمترین آن در میان گره پانزدهم و در سرعت برش ۴ متر بر ثانیه ایجاد می‌گردد. تغییرات مقاومت برشی ساقه نسبت به سرعت و موقعیت برش، در محدوده سرعت ۱ به ۲ متر بر ثانیه ۴۵ درصد، در محدوده سرعت ۲ به ۳ متر بر ثانیه ۴ درصد و در محدوده سرعت ۳ به ۴ متر بر ثانیه ۸۰ درصد کاهش مقاومت برشی را نشان می‌دهد. معادلات رگرسیون حاکم بر منحنی‌های این نمودار نشان می‌دهد که مقاومت برشی با افزایش سرعت به صورت یک منحنی چند خطی درجه دو برای تمامی میان گره‌های ساقه تغییر می‌نماید. مقادیر ضریب تبیین برای هر سه معادله بیشتر از ۰/۹۶ حاصل شد که بیانگر دقت بالای مدل‌سازی انجام شده می‌باشد. در این معادلات S_s مقاومت برشی بر حسب مگاپاسکال و V سرعت برش بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از برش شبه استاتیکی ساقه برگ نو در نسبت سرعت ۲۰ میلیمتر بر دقیقه به سرعت ۵

منابع

1. M. Feyzi, A. Jafari, H. Ahmadi, Journal of Agricultural Machinery 6, 90 (2014).
2. R. P. Prince, W. C. Wheeler, D. A. Fisher, Journal of Agricultural Engineering Research, 39, 638 (1958).
3. W. J. Chancellor, Journal of Agricultural Engineering Research, 39, 633 (1958).
4. N. N. Mohsenin, Gordon and Breach Science Publishers, New York, (1963).
5. R. w. Bright, R. W. Kleis, Transaction of the ASAE 7, 100 (1964).
6. W. Dervedde, Zerkleinern Von Halmfutter, LandbForsch- Völkenrode. Sonder 8, 53 (1970).
7. J. Prasad, C. P. Gupta, Journal of Agricultural Engineering Research, 20, 79 (1975).
8. G. Skubisz, Internatinal Agrophysics 15, 197 (2001).
9. H. Tavakoli, S. S. Mohtasebi, A. Jafari, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript 1176 XI, (2009).
10. H. Taghijarah, H. Ahmadi, M. Ghahderijani, M. Tavakoli, Australian Journal of Crop Science, 5, 630 (2011).
11. A. R. Dange, S. T. Thakare, I. Bhasharrao, U. Momin, Journal of Agricultural Technology, 8, 417 (2012).
12. D. M. McRandal, P. B. McNulty, Journal of Agricultural Engineering Research, 23, 329 (1978).
13. Y. D. Yiljep, U. S. Mohammed, Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 05 004. VII, (2005).
14. P. S. Chattopadhyay, K. P. Pandey, Journal of Agricultural Engineering Research, 78, 369 (2001).
15. S. K. Mathanker, T. E. Grift, A. C. Hansen, Biosystems Engineering, 133, 64 (2015).
16. R. Tabatabaee, R. Hadie pour, Journal of Agricultural Engineering 39, 67 (2016).
17. ASAE. S, Moisture relationships of plant-based agricultural products, St. Joseph, Mich, ASAE, (2005).
18. J. M. Gere, S. P. Timoshenko, Thomson Learning Inc, Belmont CA, USA, (2004).
19. F. P. Beer, E. R. Johnston, McGraw-Hill 9th edition, (2009).

20. R. Hematian, G. Najafi, B. Hoseinzadeh, T. Tavakoli, M. H. Khoshtaghaza, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 963 (2012).
21. M. J. O' degherty, J. A. Hubert, J. Dyson, C. J. Marshall, *Jornal of Agricultural Engineering Research*, 62, 133 (1995).
22. A. Sessiz, A. K. Elicin, R. Esgici, G. Ozdemir, L. Nozdrovicky, *Acta technologica agriculturae*, 3, 82 (2013).
23. A. Eshaghbeygi, B. Hoseinzadeh, M. khazae, A. Masoumi, *World Applied Sciences Journal*, 6, 1028 (2009).
24. M. Nazari Galedar, A. Tabatabaeefar, A. Jafari, a. sharifi, S. Rafiee, *Agicultural Engineering International: the CIGR Ejournal Manuscript FP 08 001. X*, (2008).
25. A. Ince, S. Ugurluay, E. Guzel, M. T. Ozcan, *Biosystems Engineering*, 92, 175 (2005).
26. J. Taghinezhad, R. Alimardani, A. Jafari, *Journal of Agricultural Technology*, 9, 281 (2013).
27. A. R. Dange, S. T. Thakare, I. Bhasharrao, *Journal of Agricultural Technology*, 7, 1485 (2011).
28. M. Azadbakht, E. Esmailzadeh, M. Esmaili-Shayan, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14, 147 (2015).
29. M. R. Alizade, F. R. Ajdadi, A. Dabbaghi, *Australian Journal of Crop Science*, 5, 681 (2011).