تعیین نیرو، کار و مدول الاستیسیته برشی گیاه آلوئه‌ورا

حکمت ربانی[1*]، نگین سهرابی[2]، رشید غلامی[3]

۱. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲. گروه مهندسی بیوسیستم ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
۳. دانشکده کشاورزی سنقر، دانشگاه رازی، کرمانشاه

چکیده

آگاهی از خواص و رفتار مکانیکی گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در طراحی دستگاه‌های برداشت و پس از برداشت می‌باشد. در این تحقیق از گیاه باغبانی، دارویی و غذایی آلوئه ورا مورد بررسی قرار گرفته است. برگ‌های آلوئه‌ورا از مقطع عرضی برش داده شد. یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی برای بررسی تأثیر سرعت برش، زاویه برش و ضخامت برگ بر روی نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته گیاه آلوئه‌ورا استفاده گردیده است. با افزایش زاویه برش از صفر به ۳۰ و ۴۵ درجه مشاهده گردید که مقادیر نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته کاهش یافت اما این کاهش برای افزایش زاویه از صفر به ۳۰ درجه در سطح ۵٪ معنی‌دار و برای افزایش از ۳۰ به ۴۵ درجه از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود. با افزایش سرعت برش نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته کاهش یافت که این کاهش برای افزایش سرعت از ۱۵۰ به ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه غیر معنی‌دار ولی برای افزایش سرعت به ۴۵۰ میلی‌متر بر دقیقه در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. مقدار ماکزیمم و مینیمم نیروی برش به ترتیب برابر با ۲۰/۹ و ۴/۱۱ نیوتن می‌باشد. مقدار ماکزیمم و مینیمم کار انجام شده برای برش به ترتیب ۱۳۳و ۱۱/۱ ژول می‌باشد. مقدار ماکزیمم و مینیمم مدول الاستیسیته به ترتیب ۰/۵۶۵و ۰/۰۱۳ مگاپاسکال می‌باشد.

کلمات کلیدی: *آلوئه‌ورا، نیروی برش، کار برش، مدول الاستیسیته.*

[*]نویسنده مسئول: Hrabbani2010@gmail.com
Hrabbani47@razi.ac.ir

تعیین نیرو، کار و مدول الاستیسیته برشی گیاه آلوئه‌ورا

مقدمه

امروزه استفاده از گیاهان دارویی به عنوان مواد دارویی و مکمل‌های غذایی برای بهبود سلامت عمومی و درمان بیماری-های مختلف جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. گیاه صبرزرد یا آلوئه‌ورا[1] با نام علمی *Aloe barbadensis (MILLER)* و از خانواده *Liliaceae* یکی از گیاهان دارویی است که از گذشته‌های دور استفاده شده و کاربرد فراوانی دارد [۶]. آلوئه‌ورا دارای خواص دارویی بسیار زیادی می‌باشد از جمله: بهبود زخم، ضد سرطان، ضد دیابت، آنتی اکسیدان و ضد اولسر می‌باشد. این گیاه همچنین اثرات بیولوژیکی متنوعی از جمله ایمونومدولاتوری و فعالیت‌های ضد توموری دارد [۳]. قسمت مرکزی برگ این گیاه سلول‌های پارانشیم یا مزوفیل حاوی مایع شفاف لزج می‌باشد (شکل ۱) که حاوی غلظت بالایی از ترکیبات آنتراکینون است. در فرآیندهای مربوط به فرآوری برای خارج کردن ژل از برگ این گیاه اولین مرحله برش آن می‌باشد.

عوامل مؤثر بر نیروی برش و انرژی برشی را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود: عوامل گیاهی که صرفنظر از وسیله برش به خصوصیات گیاه مورد برش بستگی دارند. این خصوصیات شامل نوع گیاه، محتوای رطوبتی گیاه، میزان رسیدگی آن، قطر ساقه گیاه و تراکم گیاه (مقدار مواد جامد واقع در گیاه) می‌باشد. عوامل مربوط به روش کار که شامل میزان تغذیه، سرعت پیشروی، ضخامت مواد تحت برش، فشردگی اولیه، ارتفاع برش، سرعت تیغه و دیگر فاکتورهای مؤثر می‌باشد. عوامل مربوط به طراحی که شامل عرض برشی، ضخامت لبه تیزی، ضخامت تیغه، زاویه تیزی تیغه، نوع تیغه، فاصله خلاصی، زاویه تمایل، زاویه لغزش و غیره می‌باشد [۱۲] که برای بررسی تأثیر هرکدام از این عوامل تحقیقاتی انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

شکل ۱- برگ آلوئه‌ورا

در پژوهشی که بر روی گل رز صورت گرفته است ضریب مقاومت در برابر خرد شدن، مدول چگالی و بازده برش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده وجود ارتباط و اثر معنی‌دار زاویه برش بر ضریب مقاومت در برابر خرد شدن، مدول چگالی و بازده برش در سطح ۵ درصد بوده است. مشخص شد که افزایش زاویه برش سبب افزایش در مقدار هر سه پارامتر خواهد شد [۱۴].

همچنین تعیین مقاومت برشی، مقاومت کششی، انرژی برش و کندن گلبرگ و کاسبرگ گل محمدی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده آن بوده که افزایش زاویه برش سبب کاهش مقاومت برشی، انرژی مصرفی در

[1] Aloe Vera

واحد سطح و مدول الاستیسیته می‌شود. از طرفی مشخص شد که تغییرات سرعت برش می‌تواند در برخی سطوح بر میزان پارامترهای برشی اندازه گیری شده تاثیر گذار باشد [۴].

در تحقیقی مدول یانگ، تنش برشی و تنش خمشی در چهار سطح رطوبتی و سه واریته مختلف از کانولا[۲] تعیین شد. نتایج نشان داد که سه صفت مورد بررسی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابند. همچنین تفاوت رقم نیز اثر معنی‌دار روی این صفات دارد [۹]. در تحقیقی مقایسه خواص مکانیکی دو رقم از برنج نشان داد که میانگین استحکام برشی و تنش خمشی و مدول یانگ با تغییر رقم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ دارند [۱۶]. همچنین اثرات زاویه تیزی، زاویه مایل، سرعت برش و نوع تیغه (لبه صاف و لبه مضرس) بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه گل پیرتروم نشان دادند که زوایای مایل و تیزی تیغه تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در سطح ساقه دارند. برای تیغه‌های مضرس مقدار هر دو صفت مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه بیشتر از آن برای تیغه‌های صاف بود. همچنین با افزایش سرعت برش مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه کاهش می‌یابند [۱]. در تحقیق دیگری نیرو و انرژی برشی ساقه ذرت مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در برش مستقیم با افزایش سرعت، مقاومت و انرژی برشی کاهش می‌یابند [۱۳]. 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. نتایج نشان داد که تأثیر سطح مقطع عرضی و رطوبت ساقه بر نیروی برش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. اثر متقابل نوع رقم و سطح مقطع عرضی در سطح ۱٪ و همچنین اثر متقابل نوع رقم و رطوبت در سطح ۵٪ معنی‌دار است. با افزایش سطح مقطع عرضی، نیروی برش افزایش می‌یابد و افزایش درصد رطوبت موجب کاهش نیروی برش می‌شود. تأثیر نوع رقم، سرعت برش تیغه و زاویه لبه تیغه درسطح ۱٪ به عنوان عوامل اصلی و همچنین اثر متقابل نوع رقم و سرعت برشی تیغه روی مقاومت برشی ساقه برنج معنی‌دار است [۲]. درتحقیقی اثر میزان رطوبت بر روی تنش برشی و انرژی در واحد سطح ساقه آفتابگردان بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در قسمت پایین ساقه انرژی و تنش برشی از قسمت بالای ساقه بیشتر است [۱۰]. تحقیقی دیگر برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه یونجه انجام گرفت. آزمایشات در چهار سطح رطوبتی و در سه قسمت مختلف از ساقه انجام گرفتند. نتایج نشان دادند که، مقدار تنش خمشی در پایین ترین سطح رطوبتی تقریبا سه برابر بیشتر از مقدار تنش خمشی در بالاترین سطح رطوبتی است. انرژی برشی در قسمت‌های پایین ساقه بیشتر از قسمت‌های بالا بوده است. نتایج همچنین نشان دادند که با افزایش رطوبت ساقه استحکام کششی، تنش خمشی، مدول یانگ، تنش پیچشی کاهش و مقاومت برشی و نیروی برش افزایش می‌یابند [۱۱]. در تحقیقی که بر روی ویژگی‌های خمشی و برشی ساقه گندم واریته الوند انجام گرفت به این نتایج دست یافتند، که تنش برشی برای ساقه گندم در نتیجه کاهش رطوبت کاهش می‌یابد. نیروی برشی برای ساقه در نتیجه افزایش ارتفاع برش کاهش می‌یابد. برای زاویه ۳۰ درجه نسبت به زوایای صفر و ۱۵ درجه تنش برشی کمتر است. تنش خمشی و مدول الاستیسیته با کاهش رطوبت و با افزایش ارتفاع برش افزایش می‌یابد [۸]. درتحقیق انجام شده برای بررسی خواص برشی و خمشی شاخه درختان آلبالو و گردو نتایج نشان داد که با افزایش سرعت برشی استحکام برشی و انرژی برشی ویژه برای هر دو شاخه در هر دو سطح رطوبتی مورد آزمایش به طور خطی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده در سطح رطوبتی بالاتر استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش نسبت به سطح رطوبتی پایین‌تر بیشتر می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس و آزمون دانکن نشان دادند که تغییر سرعت خمشی تاثیر معنی-

[2] conola

داری بر استحکام خمشی، انرژی خمشی و مدول الاستیسیته در سطح احتمال ۵٪ ندارد. همچنین قطر شاخه تاثیر معنی-داری درسطح احتمال ۵٪ بر مدول الاستیسیته دارد، به طوری که با افزایش قطر شاخه آلبالو و گردو در هر سطح رطوبتی مقدار مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد [۵]. تحقیقی که برای اندازه‌گیری استاتیکی و دینامیکی نیروی برش ساقه‌های برنج سفید ایرانی انجام گرفت. نتایج نشان داد که نیروی برشی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد. ماکزیمم و مینیمم مقاومت برشی برای حالت استاتیکی بیشتر از حالت دینامیکی است. مقاوت برشی با افزایش سرعت برش کاهش می‌یابد. ونیز زاویه اریب تیغه و نوع تیغه تأثیر معنی‌داری بر روی استحکام برشی ساقه برنج ندارد [۲]. تحقیقی برای تعیین تأثیر سرعت تیغه در انرژی و بازده برشی در برش ساقه سورگوم انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان دادند که انرژی برشی مورد نیاز همبستگی خطی منفی با نیروی برشی تیغه و رطوبت ساقه دارد و بازده برشی همبستگی خطی مثبت با این پارامترها دارد. همچنین بازده برش در سرعت‌های بالاتر بیشتر است [۱۷].

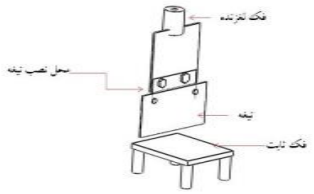
بررسی منابع انجام شده نشان دادند که خواص برشی گیاه آلوئه‌ورا تا بحال توسط سایر محققین گزارش نشده است. از اینرو در این تحقیق کار انجام شده مدول الاستیسیته و نیروی لازم برای برش گیاه آلوئه‌ورا به دست آمده است. نتایج حاصل از این تحقیق بطور مؤثری در طراحی و بهینه سازی تجهیزات مربوط به فرآوری این گیاه دارویی از اطلاعات پایه و اساسی می‌باشند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برگ‌های آلوئه‌ورا از شهرستان قصرشیرین از توابع استان کرمانشاه تهیه گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها در محل برش از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد. هر نمونه به سه قسمت برش خورده و ضخامت هر قسمت به طور جداگانه اندازه‌گیری شد. مقداری از نمونه‌های مربوط به آزمایش با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند، و در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. سپس وزن شده و محتوای رطوبتی آنها بر پایه وزن تر بدست آمد.

برش نمونه‌ها با عمود شدن تیغه بر بعد عرضی نمونه‌ها انجام گرفت. برای برش از تیغه با جنس آهن گالوانیزه و زاویه تیزی ۴/۲۳ درجه استفاده شد. نیروی برش، انرژی مصرفی برای برش و مدول الاستیسیته آلوئه‌ورا با استفاده از دستگاه آزمون کشش- فشار[3] با دقت ۰/۰۰۱ نیوتن بدست آمد (**شکل ۲**). نیروی برش بیشینه، نقطه‌ی اوج منحنی نیرو - جابه‌جایی بوده و از این نمودار بدست آمد. همچنین سطح زیر منحنی نیرو - جابه‌جایی انرژی مصرفی برای برش می‌باشد. مدول الاستیسیته در برش که سفتی ماده را تحت بار برشی نشان می‌دهد و بعبارتی مقاومت در برابر تغییر شکل برشی می‌باشد، از نسبت تنش برشی به کرنش برشی بدست آمده است.

[3] Zwick /roell universal testing machine



شکل ۲- دستگاه آزمون و فک برش گیاه آلوئه‌ورا

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور زاویه، سرعت برش و ضخامت برگ در سه تکرار انجام شد. جهت بررسی تأثیر زاویه برش از سه زاویه برش صفر، ۳۰ و ۴۵ درجه استفاده شد. همچنین برای بررسی تأثیر سرعت برش از چهار سرعت ۱۵۰، ۲۵۰،۳۵۰ و ۴۵۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. اثر تیمارها با استفاده از برنامه ANOVA PROC در نرم‌افزار SAS 9.1 تحلیل شد و در صورت معنی‌دار بودن مقدار F ($P < ۰/۰۵$)، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

درصد رطوبت ساقه‌ها بر پایه تر برابر با ۹۲/۵٪ بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از بررسی تأثیر زاویه برش، سرعت برش و ضخامت برگ بر مدول الاستیسیته، نیروی برشی و کار انجام شده در جدول ۱) آورده شده است. نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که میانگین کار انجام شده برای برش ۳۵/۱ ژول و بیشترین و کمترین مقدار آن نیز به ترتیب ۱۳۳ و ۱۱/۱ ژول بود. میانگین نیروی برشی برگ‌ها ۸/۷ نیوتن، بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب ۲۰/۹ و۴/۱۱ نیوتن بوده است. میانگین مدول الاستیسیته ۰/۱۹۴ مگاپاسکال، بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب ۰/۵۶۵ و ۰/۰۱۳ مگا پاسکال بود. همانطور که از جدول ۱) مشاهده می‌گردد اثر هر سه تیمار بر متغیرهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که از تیمارهای مناسبی برای بررسی خواص برشی آلوئه‌ورا استفاده شده است، به طوری که می‌توان با کنترل این عوامل به طراحی سامانه‌های فرآوری بهینه پرداخت، نتایج مشابه از تاثیر سرعت بر پارامترهای مکانیکی در گل رز نیز توسط ربانی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش گردیده است.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات مورد مطالعه در برش گیاه آلوئه‌ورا

تیمار	درجه آزادی	کار انجام شده (ژول)	نیروی برشی (نیوتن)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)
سرعت برش	۳	۰/۰۲۳۴**	۳۴/۲۲۸۲**	۱۰۲۴/۵۷۷۰**
زاویه برش	۲	۰/۱۲۶۴**	۴۲۸/۶۳۷۸**	۲۵۳۲/۸۱۱۶**
ضخامت	۲	۰/۱۷۷۲**	۸/۸۰۴۵**	۱۲۶۴/۹۸۹۴**
سرعت برش × زاویه برش	۶	۰/۰۰۵۵	۱۲/۲۸۳۷**	۶۹۳/۷۷۶۴**
سرعت برش × ضخامت	۶	۰/۰۰۳۶	۳/۹۹۸۳	۴۹۸/۷۹۶۹*
زاویه برش×ضخامت	۴	۰/۰۴۵۵**	۴۰/۲۸۱۳**	۳۷۳/۷۱۶۱
ضخامت ×زاویه برش × سرعت برش	۱۲	۰/۰۰۷۲	۳/۹۴۹۵	۵۸۱/۳۲۵۴
خطا	۷۲	۰/۳۵۲	۲۳۶/۰۱۱۹	۱۷۱/۵۹۵۰
ضریب تبیین	–	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۷

*در سطح ۵٪معنی‌دار ؛ **در سطح ۱٪ معنی‌دار

نتایج آزمون دانکن نشان داد که برای نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ بین سرعت برش ۴۵۰ میلی‌متر بر دقیقه با سایر سرعت‌های برش دارد و همانطور که از جدول و نمودارهای مربوط به تأثیر سرعت مشاهده می‌شود با تغییر سرعت برش از ۱۵۰به ۴۵۰ میلی‌متر بر دقیقه مقدار هر سه صفت کاهش می‌یابد و کاهش آن در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد (**جدول ۲**). نصیری و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند [۵] که با افزایش سرعت برش استحکام برشی و انرژی برشی ویژه شاخه درختان آلبالو و گردو کاهش می‌یابند. همچنین خزائی و همکاران (۱۳۸۱) همین نتیجه را برای تأثیر سرعت برش بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه گزارش کردند [۱]. نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته آلوئه‌ورا بین زوایای صفر و ۳۰ درجه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد ولی برای تغییر زاویه از ۳۰ به ۴۵ درجه اثر معنی‌داری در مقادیر این صفات ندارد (**جدول ۳**). همچنین اسحاق‌بیگی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند [۸] که تنش برشی ساقه گندم در زاویه برش ۳۰ درجه کمتر از زوایای صفر و ۱۵ درجه می‌باشد. با افزایش ضخامت برگ و به عبارتی رشد گیاه آلوئه‌ورا مقادیر نیروی برش، کار انجام شده و مدول الاستسیسیته کاهش یافته‌اند. علت این امر را می‌توان افزایش ساختار ژله‌ای موجود در برگ گیاه دانست. زیرا برش مواد ژله‌ای در مقایسه با بافت گیاهی نیاز به صرف نیرو و انرژی کمتری برای برش دارد (**جدول ۴**).

جدول ۲- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین اثرات سرعت برش بر مدول الاستیسیته، نیروی برش و کار انجام شده

سرعت برش (میلیمتر بر دقیقه)	کار انجام شده ژول	نیروی برشی نیوتن	مدول الاستیسیته
۱۵۰	۰/۲۲۲۶[a]	۹/۵۶۲۲[a]	۳۸/۹۶۹[a]
۲۵۰	۰/۲۱۰۱[a]	۹/۵۲۴۴[a]	۳۴/۴۹۹[a]
۳۵۰	۰/۱۹۹۱[a]	۸/۶۰۴۸[a]	۳۲/۶۴۶[a]
۴۵۰	۰/۱۵۵۳[b]	۷/۱۶۰۰[b]	۲۴/۲۵۳[b]

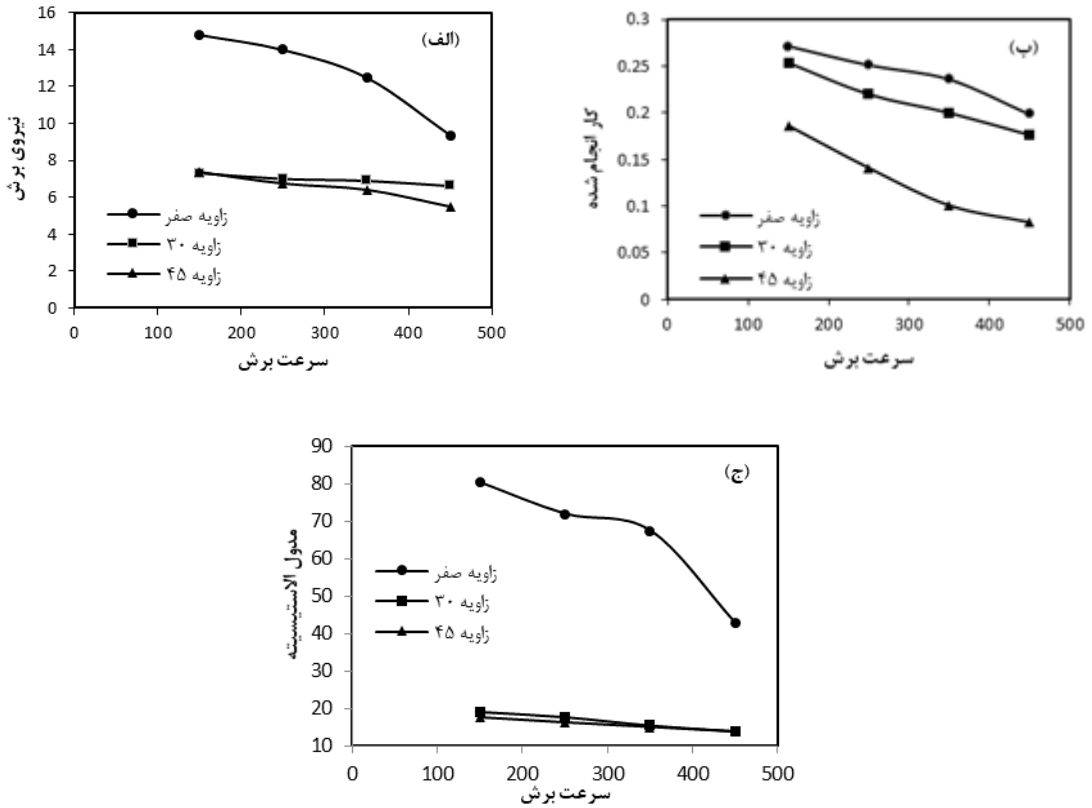
جدول ۳- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه اثرات زاویه برش بر مدول الاستیسیته، نیروی برش و کار انجام شده

زاویه برش(درجه)	کار انجام شده ژول	نیروی برشی نیوتن	مدول الاستیسیته
صفر	۰/۲۹۱۰[a]	۱۲/۶۸۸۹[a]	۶۵/۶۶۳[a]
۳۰	۰/۲۱۴۲[b]	۶/۹۴۸۶[b]	۱۶/۳۲۶[b]
۴۵	۰/۱۲۷۶[b]	۶/۵۰۱۱[b]	۱۵/۷۸۶[b]

جدول ۴- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه اثرات ضخامت برگ بر مدول الاستیسیته، نیروی برش و کار انجام شده

ضخات برگ	کار انجام شده ژول	نیروی برشی نیوتن	مدول الاستیسیته
۱	۰/۲۳۷۶[a]	۹/۱۲۶۹[a]	۳۷/۵۲۷[a]
۲	۰/۲۳۲[a]	۸/۹۹۶۴[a]	۳۴/۲۳۲[a]
۳	۰/۱۱۳۳[b]	۸/۱۶۵۳[b]	۲۶/۰۱۷[b]

همانطور که از شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت برش مقادیر نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته کاهش یافته است که علت آنرا می‌توان اینگونه شرح داد که در سرعت‌های پایین برش ساقه ابتدا در مقابل تیغه فشرده شده بعد بریده می‌شود، در صورتیکه در سرعت‌های بالا به دلیل خواص ویسکوالاستیک ساقه گیاه آلوئه‌ورا مقدار فشردگی ساقه کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در سرعت‌های بالای برش، دیواره الاستیک سلول زمان کافی برای انتقال نیرو به مایع ویسکوز داخل سلول را ندارد و لذا سریعتر و با نیروی برش کمتری بریده می‌شود. همچنین از این نمودار مشخص می‌شود که با افزایش زاویه برش مقدار نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته کاهش یافته و نمودار مربوط به زاویه صفر درجه بالاتر از دو نمودار دیگر می‌باشد به علت اینکه در زوایای بیش از صفر درجه تماس تیغه از یک نقطه شروع شده و با پیشروی تیغه برش انجام می‌گیرد که در مقایسه با حالت زاویه صفر درجه که لحظه تماس تیغه کل لبه با ساقه تماس برقرار می‌کند که نیازمند نیروی بیشتری برای نفوذ می‌باشد چرا که بافتی از ساقه که در برابر نفوذ مقاومت می‌کند دارای حجم بیشتری می‌باشد احتیاج به نیرو و کار بیشتری دارد. همچنین بردار سرعت V تیغه دارای دو مؤلفه عمودی V_n و مؤلفه مماسی V_s می‌باشد. در زاویه برش صفر، $V_s = 0$ و $V_n = V$ است. در این حالت ساقه با فشرده شدن در فاصله بین تیغه و ضد تیغه بریده می‌شود. در صورتیکه با افزایش زاویه مایل، مؤلفه مماسی V_s با ایجاد سرش بر روی ساقه سبب برش ساده‌تر ساقه می‌شود.



شکل ۳- نمودار تأثیر سرعت برش در زوایای مختلف برش بر مقدار: الف- نیروی برش؛ ب-کار انجام شده؛ ج- مدول الاستیسیته

نتیجه‌گیری

۱- با افزایش زاویه مایل از صفر درجه به ۳۰ و ۴۵ درجه مقادیر نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته کاهش می‌یابند. البته این کاهش بین زوایای صفر و ۳۰ درجه در سطح ۵٪معنی‌دار ولی برای تغییر زاویه از ۳۰ درجه به ۴۵ درجه غیر معنی‌دار می‌باشد.

۲- با افزایش سرعت برش از ۱۵۰ به ۴۵۰ میلی‌متر بر دقیقه اثر معنی‌داری روی مقادیر نیروی برش، کار انجام شده برای برش و مدول الاستیسیته دارد. با این افزایش سرعت مقادیر صفات مورد بررسی در مورد گیاه آلوئه‌ورا کاهش می‌یابد.

۳- با افزایش رشد گیاه علاوه بر افزایش ژل داخل نیرو و انرژی کمتری برای برش نیاز است.

۴- از اینرو با توجه به موارد فوق پیشنهاد می‌شود گیاه در آخرین مرحله از رشد به عبارتی حداکثر ضخامت برداشت شود. همچنین در سامانه‌های فرآوری گیاه آلوئه‌ورا از سرعت برش و زاویه برش بزرگتر استفاده شود.

۵- پیشنهاد می‌شود با ساخت یک واحد برش و مجهز کردن آن به سیستم های اندازه‌گیری مقاومت برشی گیاه در حالت دینامیک و در محدوده سرعت‌های واقعی برش اندازه‌گیری شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از دانشگاه رازی، کرمانشاه و همچنین گروه مکانیک بیوسیستم این دانشگاه به سبب مساعدت‌های صورت گرفته تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

۱. خزائی ج، ربانی ح، و گلبابایی، ف. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت برشی و نیروی کندن گل پیرتروم. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۳): ۴۴۴-۴۳۳.

۲. طباطبایی کلور ر، برقعی ع، علیمردانی ر، رجبی پور، ع، و مبلی ح. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر بر نیرو و مقاومت برشی ساقه برنج. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، ۱۱(۲): ۲۷۷-۲۶۱.

۳. مسیبی ق. قضاوی ع. عقیلی ب، و میرشفیعی ع. ۱۳۸۸. فعالیت ایمونومدولاتوری آلوئه‌ورا در مدل حیوانی مولتیپل اسکلروزیس. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک، ۴۳(۳): ۱۱۵-۱۰۹.

۴. سهرابی، ن. ربانی، ح. غلامی، ر. ۱۳۹۲. تعیین مقاومت برشی، مقاومت کششی، انرژی برش و کندن گلبرگ و کاسبرگ گل محمدی. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۳۶ (۲): ۹۳-۱۰۴.

۵. نصیری ا، رفیعی ش، ابراهیمی م، مبلی ح. و رجبی پور ع. ۱۳۸۹. خواص برشی و خمشی شاخه درخت آلبالو و گردو. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج).

۶. یزدانی د. رضایی م.ب، کیانبخت س، و خسروانی س. ۱۳۸۵. مروری برجنبه های مختلف گیاه صبرزرددارویی، ۵(۱۹): ۸-۱.

7. Chattopadhyay, P.S., and Pandey, K.P.1998. Mechanical Properties of Sorghum Stalk in relation to Quasi-Static Deformation. Journal of Agricultural Engineering Research, 73: 199-206.
8. Esehaghbeygi, A., Hoseinzadeh, B., Khazaei, M., and Masoumi, A. 2009. Bending and Shearing Properties of WheatStem of Alvand Varity.World Applied Sciences Journal, 6(8): 2028-1032.
9. Hoseinzadeh B., and shirneshan, A. 2012. Bending and Shearing Characteristics of Canola Stem. American-Eurasian Journal Agricultural & Environment, 12 (3): 275-281.
10. Ince, A., Ugrluay. S., Guzel, E., and Ozcan, M. 2005. Bending and Shearing Characteristics of Sunflower Stalk Residue. Biosystems Engineering, 92(2): 175-18.
11. NazariGaledar, M., Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Tabatabaeefar, A., Sharifi, A., O'Dogherty, M.J., Rafee, S., and Richard, G. 2008. Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. Bio systems Engineering, 101(2): 199–208.
12. Persson, S.1987. Mechanics of Cutting Plant Material. Monograph, No.7 (Translated by Tvakoli hashtjin).
13. Prasada, J. and Gupta. C. P.1975. Mechanical properties of maize stem as related toharvesting. Journal of Agricultural Engineerig Research, 20: 79-87.

14. Rabbani, H., Sohrabi, N., Gholami, R., Jaliliantabar, F and Waismorady, A. 2015. Determination of mass density module, crush resistance coefficientand cutting efficiency of rose (Rosa Damascene Mill). Scientia Horticulturae, 190, 144–148
15. Tabatabaee Koloor, R., and Borgheie, A. 2006. Measuring the Static and dynamic cutting force of stems for Iranian rice varieties. Journal of Agricultural. Science and. Techology, 8: 193-198.
16. Tavakoli M., Tavakoli, H., Azizi, M.H., and Haghayegh, G.H. 2010. Advance Journal of Food Science and Technology, 2(1): 50-54.
17. Yiljep, Y.D., and Mohammed, U.S. 2005. Effect of knife velocity on cutting energy and efficiency during impact cutting of sorghum stalk. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal, 7: 1-10.

Determining cutting force, cutting work and elasticity module of Aloe Vera

Hekmat Rabbani[1*], Negin Sohrabi[2], Rashid Gholami[3]

1. Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah
2. Biosystems Engineering Department, Tabriz University, Tabriz
3. Agricultural Faculty of Songhor, Razi University, Kermanshah

Abstract

Having information about plant's mechanical properties and behavior is necessary for designing harvesting and post harvesting farm equipment. In this research horticultural plant, herb pharmaceutical and nutritive Aloe Vera was used. The leaves of Aloe Vera were cut at the junction of stem. A completely randomized design with factorial experiment was used to investigate the effect of cutting speed, cutting setting angle and thickness of leaves on Aloe Vera cutting force, cutting work and elasticity module. Investigated that cutting force, cutting work and elasticity module were decreased by increasing cutting setting angles from zero to 30 & 45 degrees but it was significant at level 5% for increasing angles from zero to 30 degrees and not significant for increasing angles 30 to 45 degrees. Cutting work and elasticity module was decreased by increasing cutting speed that was not significant for increasing speed from 150 to 250 and 350 mm/min but was significant for speed 450 mm/min at level 5%. Maximum and minimum cutting forces were 20.9 and 4.11N respectively. Maximum and minimum cutting works were 133 and 11.1J respectively. Maximum and minimum cutting elasticity modules were 0.565 and 0.013MPa respectively.

Key words: Aloe Vera, cutting force, cutting work, elasticity module.

**Corresponding author
E-mail: Hrabbani2010@gmail.com
Hrabbani47@razi.ac.ir