بررسی خواص برشی برگ نخل خرما در رابطه با مکانیزاسیون هرس

افشین مرزبان غیاث‌آبادی[1]، نصرت‌اله خادم‌الحسینی[1] و احمد مستعان[2]

چکیده

تولید موفق خرما در گرو انجام عملیات داشت متنوع و اختصاصی فراوانی بر روی نخل می‌باشد. در این بین هرس به عنوان عملیاتی مهم و طاقت‌فرسا در تولید خرما با حذف برگ‌های پیر، شکسته و آفت‌زده باعث کاهش رطوبت محیط تنهٔ نخل، تسهیل دسترسی کارگر به تاج و جلوگیری از تجمع آفات و بیماری‌ها می‌گردد. این عملیات از نظر هزینه‌های مربوط به نیروی کار پس از میوه‌چینی و بسته‌بندی پرهزینه‌ترین عملیات تخصصی تولید خرما می‌باشد، بنابراین اندیشیدن تدابیری اصولی جهت مکانیزه کردن این عمل ضروری به نظر می‌رسد. برای تولید و توفیق هر گونه طرح مهندسی در این زمینه وجود اطلاعات در مورد ویژگی‌های برشی برگ نخل خرما بسیار ضروری می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف فراهم کردن این اطلاعات به منظور استفاده در مکانیزاسیون هرس انجام شد. در این تحقیق با توسعه یک مکانیزم برشی بر اساس برش دو تیغه‌ای (قیچی) و نصب آن بر روی دستگاه کشش‌سنج Zwick مدل Z600E ، اثر زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و رسیدگی برگ بر انرژی و نیروی مورد نیاز در واحد سطح جهت انجام برش برگ نخل خرما (رقم برحی)، در آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. سه زاویهٔ تیغه (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه)، سه زاویهٔ برش (٤٥، ٦٠ و ۹۰ درجه) و دو سطح رسیدگی برگ مطالعه شد. نتایج نشان داد زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و رسیدگی برگ اثر معناداری بر انرژی و نیروی برشی مورد نیاز دارد. حداقل نیروی برشی ویژه (۱۹۹/۹۹ نیوتن بر سانتی‌متر مربع) و انرژی برشی ویژه (۳۷۷/۳۷ نیوتن بر سانتی‌متر مربع) در زاویهٔ تیغهٔ ۲۰ درجه به دست آمد که به دلیل مقاومت کمتر برگ در برابر حرکت تیغهٔ با زاویهٔ کوچکتر می‌باشد. افزایش زاویهٔ برش از ٤٥ تا ۹۰ درجه نیرو و انرژی برشی ویژه را به ترتیب ۲۹ و ۲۳ درصد افزایش داد. این تحقیق اطلاعات مفیدی ایجاد کرد که می‌تواند مورد استفادهٔ طراحان قرار گیرد.

کلمات کلیدی: نخل خرما، خواص برشی، انرژی برشی، نیروی برشی، مکانیزاسیون هرس

۱- اعضای هیأت علمی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

مقدمه

کشت خرما در ایران از سابقه‌ای طولانی برخوردار می‌باشد و در حال حاضر یکی از محصولات مهم باغی کشور به شمار می‌آید. توجه به میزان تولید و صادرات خرما در کشور، سطح زیرکشت و تعداد بهره‌برداران شاغل در این حرفه، توانمندی‌های صنعت خرما و پتانسیل بسیار بالای آنرا نشان می‌دهد. با توجه به ویژگی انحصاری نسبی کشت و کار نخل خرما در خاورمیانه و پایین بودن سطح تکنیکی این منطقه کشور ما می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در توسعه فن‌آوری‌های مربوط به تولید خرما و محصولات صنعتی وابسته به آن ایفا کند که از این رهگذر عایدات سرشاری حاصل خواهد شد. به کارگیری روش‌های مکانیزه تولید خرما، در راستای کاهش هزینه‌ها، کاهش سختی کار و افزایش کمی و کیفی تولید در جهت ارتقای شاخص‌های مثبت این محصول ازاهمیت خاصی برخوردار است. هرس به عنوان عملیاتی مهم و طاقت‌فرسا در تولید خرما با حذف برگ‌های خشک، شکسته و آفت‌زده باعث کاهش رطوبت محیط اطراف تنهٔ نخل، تسهیل دسترسی کارگر به تاج و جلوگیری از تجمع آفات و بیماری‌ها می‌شود (٦). عملیات هرس ازنظر هزینه‌های مربوط به نیروی کار پس از میوه‌چینی و بسته‌بندی پرهزینه‌ترین عملیات تخصصی تولید خرما می‌باشد.

در دوران بهره‌برداری نخل خرما سالیانه به طور متوسط ۱۰۰ نفر ــ روز کار جهت یک هکتار نخلستان مورد نیاز است که بیش از ده درصد این مقدار به عملیات هرس اختصاص می‌یابد (٤). هرس در کشور ما با داس و به شکل سنتی صورت می‌گیرد که سبب اتلاف انرژی و نیروی کار می‌گردد و خطراتی را نیز برای کارگر به دنبال دارد. این عملیات به دلیل کندی کار، راندمان پایین و نیاز به کارگر ماهر بسیار هزینه‌بر می‌باشد و روز به روز با کاهش کارگر ماهر و بی رغبتی جوانان به انجام چنین کارهای سخت و مشکلی، هزینهٔ هرس افزایش می‌یابد (١). بنابراین اندیشیدن تدابیری جهت مکانیزه کردن این عمل ضروری به نظر می‌رسد. اولین گام در این راستا فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز قابل استفاده در مکانیزاسیون هرس نخل می‌باشد. برای تولید و توفیق هرگونه طرح مهندسی در این زمینه وجود این اطلاعات ضروری می‌باشد. بنابراین با این فرضیه که زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و بلوغ برگ بر میزان نیرو و انرژی مورد نیاز جهت برش برگ نخل تأثیر دارد این تحقیق انجام پذیرفته است.

اهداف پژوهش

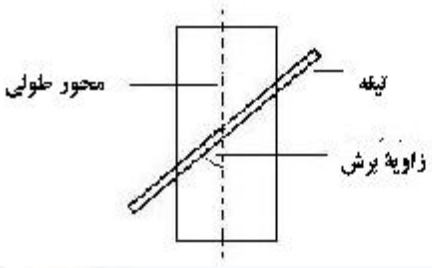
- فراهم آوردن داده‌های مورد نیاز قابل استفاده در مکانیزاسیون هرس برگ خرما
- تعیین میزان نیرو و انرژی مورد نیاز جهت برش برگ نخل خرما
- بررسی تأثیر زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش، بر مقاومت و انرژی برشی برگ نخل خرما
- تعیین زوایای مناسب تیغه و برش با حداقل مقاومت و انرژی برشی

بررسی منابع

عوامل بسیاری بر نیروی برش و انرژی برشی مؤثر می‌باشند. فاکتورهای محصول شامل مقدار رطوبت، میزان رسیده بودن گیاه و خصوصیات ویژه آنها می‌باشد. عوامل مربوط به روش برش، ضخامت لایه، سرعت تیغه و .... از دیگر فاکتورهای مؤثر می‌باشد. عامل‌های طراحی شامل زاویهٔ تیزی، تیزی تیغه، نوع لبهٔ برش و نوع تیغه، زاویهٔ خلاصی، زاویهٔ برش، زاویهٔ تمایل، فاصلهٔ خلاصی، تیغهٔ ثابت و اثرات متقابل عوامل روی یکدیگر نیز مؤثر می‌باشند (۵).

طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، انرژی مورد نیاز در زاویهٔ تیغهٔ بالای ۳۰ درجه به سرعت افزایش می‌یابد و در عمل زاویهٔ تیغه بین ۲۰ تا۳۰ درجه انتخاب می‌شود. استفاده از زوایای کمتر از ۲۰ درجه به خاطر تغییر شکل سریع لبهٔ تیغه و کاهش عمر تیغه توصیه نمی‌شود (۷ و ۱۷). پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) در آزمایشی به منظور تعیین زاویهٔ بهینهٔ تیغه در برش آزاد (برش‌ضربه‌ای) ساقه‌های ذرت، زاویهٔ بهینه را ۲۵ درجه گزارش کردند.

مطابق با شکل (۱) منظور از زاویهٔ برش زاویه‌ای



است که صفحهٔ برش با محور طولی مادهٔ برشی می‌سازد.

شکل (۱): زاویهٔ برش

پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) اثر زوایای برشی مختلف را بر انرژی برشی ساقهٔ ذرت بررسی کردند. زوایای برشی مورد آزمایش عبارت بود از: ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰و ۸۰ درجه. این زوایا با نگهداشتن ساقه ذرت در زوایای مختلف نسبت به جهت حرکت تیغه به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان داد زاویهٔ ۵۵ درجه بهینه می‌باشد. آن‌ها این زاویه را از طریق مدلسازی فرآیند برش پیشنهاد کردند. داسا و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی به منظور ارزیابی پارامترهای طراحی جهت برش کرب‌های نخل روغنی سه زاویهٔ برش ۴۵، ۶۰، ۹۰ درجه را آزمایش کردند، افزایش زاویهٔ برش از ۴۵ تا ۹۰ درجه، نیرو و انرژی برش ویژه را افزایش داد.

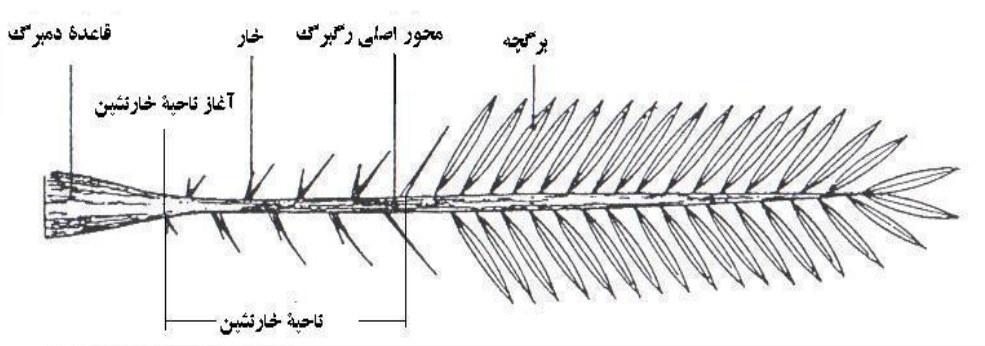
با افزایش سن گیاه و رسیده بودن محصول، انرژی برشی در واحد سطح افزایش می‌یابد. نیروی برشی بزرگتر و انرژی بیشتر در واحد سطح مقطع، برای ساقه و قسمت‌های پایین گیاهان نسبت به بخش بالای گیاهان (شاخه) گزارش شده است (۱۲). جلانی و همکاران (۱۹۹۹) آزمایشاتی روی اثر رسیدگی برگ نخل روغنی بر میزان انرژی برش ویژه و نیروی برش ویژه انجام دادند. سطوح برگ‌های مورد آزمون عبارت بودند از: برگ ردیف دوم زیر خوشه (رسیده ترین برگ)، برگ ردیف بالای خوشه و برگ دو ردیف بالای خوشه، تمام این برگ‌ها از نخل‌هایی با سن و واریته مشابه تهیه شدند. آن‌ها نشان دادند نیروی برشی ویژه و انرژی برشی ویژه مورد نیاز جهت انجام برش با افزایش میزان رسیدگی برگ، افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اثر سه زاویهٔ تیغه شامل ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه و سه زاویهٔ برش شامل ٤٥، ٦٠ و ۹۰ درجه و دو سطح رسیدگی برگ شامل برگ سبز روی ردیف دوم و برگ آمادهٔ هرس روی ردیف اول بر انرژی و مقاومت برشی برگ نخل خرما مورد ارزیابی قرار گرفت. ترکیب‌های مختلف فاکتورهای زاویهٔ برش(سه سطح)، تیزی (سه سطح) و رسیدگی برگ (دو سطح) ۱۸ تیمار آزمایشی و تکرار آن‌ها (۳ مرتبه) در مجموع ٥٤ واحد آزمایش به وجود آورد. برای انجام آزمایشات یک مکانیزم برشی ساخته شد و پس از نصب آن بر روی دستگاه کشش- فشار اندازه‌گیری‌های مورد نیاز انجام گرفت (شکل ۲).

در این تحقیق از ماشین کشش- فشار Zwick® مدل Z600 ساخت آلمان استفاده گردید. این دستگاه یکی از جدیدترین دستگاه‌های تست کشش در ایران است که اخیراً توسط بخش کیفیت فراگیر گروه ملی صنعتی فولاد ایران خریداری و نصب گردیده است. نمونه‌ها (برگ‌های نخل خرما رقم برحی) از قطعهٔ چهارم نخلستان مؤسسهٔ تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور واقع در اهواز تهیه شد. برای انجام این کار، برگ‌ها در دو سطح تر (برگ روی ردیف دوم از شروع ناحیهٔ تاج) و خشک (برگ‌های روی ردیف اول که باید حذف شوند) از فاصله‌ای حدود ۱۵ سانتی‌متر مانده به نقطهٔ برش مورد نظر از نخل جدا شدند. نقطهٔ مورد نظر آغاز ناحیهٔ خارنشین انتخاب شد (شکل ۳).

شکل (۲): مکانیزم برشی ساخته شده



شکل (۳): برگ نخل خرما

دستگاه کشش Zwick® مدل Z600 به کمک نرم‌افزار کامپیوتری "Test Xpert®" داده‌های مربوط به کل سیکل برش را با فرکانس ۵۰Hz ثبت می‌کرد. برای اندازه‌گیری نیرو و انرژی برشی ویژه برگ نخل خرما، ابتدا نیرو و انرژی برشی خالص برگ نخل خرما که برابر تفاضل داده‌های دستگاه در حالت با بار و بدون بار است اندازه‌گیری و با تقسیم این مقدار به سطح مقطع برش پارامترهای نیرو و انرژی برشی ویژه اندازه‌گیری شد.

بلافاصله بعد از برش، سطح مقطع برش برگ‌ها بر روی کاغذ گراف رسم گردید. برای اندازه‌گیری سطح مقطع از روش توزینی استفاده شد. روش کار به این صورت بود که با استفاده از ترازوی بسیار دقیق مدل Sartorius و با توزین نمونه‌ها و داشتن وزن واحد سطح، مساحت آن‌ها بر حسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد (۱۳).

از تقسیم نیروی برشی حداکثر با واحد نیوتن بر سطح مقطع برش با واحد سانتی‌متر مربع، مقاومت برشی بر حسب نیوتن بر سانتی‌متر مربع محاسبه گردید (۱۵).

انرژی برشی ویژهٔ مورد نیاز برش برگ نخل خرما، از تقسیم کار انجام شده یا انرژی برشی بر حسب نیوتن- سانتی‌متر به سطح مقطع برش یافته با واحد سانتی‌متر مربع، بر حسب نیوتن- سانتی‌متر بر سانتی‌متر مربع حاصل گردید (۱۷).

از روش‌های دیگر گزارش انرژی برشی ویژه در منابع انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم می‌باشد، که در این مطالعه از این روش نیز استفاده گردید. میزان انرژی برشی ویژه از حاصل‌ضرب نیروی برشی حداکثر در عمق برش محاسبه گردید (۱۱).

از تقسیم انرژی برشی مورد نیاز در کل فرآیند بر عمق برش نیروی برشی متوسط در طول فرآیند برش محاسبه شد.از تقسیم این مقدار به سطح مقطع برش، نیروی برشی ویژهٔ متوسط حاصل گردید (۱٤). به منظور تعیین اثر فاکتورهای مختلف بر روی انرژی و نیروی ویژهٔ مورد نیاز برش برگ نخل خرما، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز واریانس (ANOVA) انجام شد. این آنالیز برای انرژی برشی ویژه، انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم، مقاومت برشی و نیروی برشی ویژهٔ متوسط انجام گرفت. آنالیز واریانس دو فاکتور مذکور در قالب مدل آماری آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت (۳).

تأثیر زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و رسیدگی برگ بر مقاومت برشی و نیروی برشی ویژهٔ متوسط

تأثیر فاکتور زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و رسیدگی برگ روی مقاومت برشی و نیروی برشی ویژه متوسط در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده است. مطابق با جدول (۱)، با افزایش زاویهٔ تیغه از ۲۰ تا ۳۰ درجه میزان مقاومت برشی به مقدار ۲۹ درصد افزایش پیدا کرده است. این امر می‌تواند به علت مقاومت بیشتر برگ نخل خرما در برابر حرکت تیغهٔ با زاویهٔ تیزی بیشتر باشد زیرا حالت گوه‌ای تیغه با افزایش زاویهٔ تیزی افزایش می‌یابد. این نتایج مطابق با یافته‌های پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) می‌باشد. آن‌ها نشان دادند که مقاومت برشی ساقهٔ ذرت بین زوایای تیغهٔ ۲۰ و ۲۵ درجه حداقل است.

مطابق با جدول (۱)، نیروی برشی ویژهٔ متوسط روند مشابهی نسبت به مقاومت برشی

داشته است. بدین‌ترتیب که با افزایش زاویهٔ تیغه، مقدار نیروی برشی ویژهٔ متوسط افزایش پیدا کرده است. نیروی برشی ویژه متوسط در زاویهٔ ۳۰ درجه نسبت به زوایای ۲۰ و۲۵ درجه به طور معنی‌داری بیشتر بود. با افزایش زاویهٔ تیغه از ۲۰ تا ۳۰ درجه، میزان نیروی برشی ویژه متوسط حدود ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است. مشابهت روند نیروی برشی ویژهٔ متوسط با مقاومت برشی با توجه به ماهیت آن می‌تواند به علت یکنواختی ابعاد برگ‌های بریده شده باشد که با توجه به یکنواختی شرایط رشد و یکسانی سن و واریتهٔ نخل‌ها قابل قبول می‌باشد (۲). پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) و نیوونهوف (۲۰۰۳) نیز روند مشابهی بین مقاومت برشی و نیروی برشی ویژهٔ متوسط ذرت علوفه‌ای گزارش کرده‌اند. نسبت نیروی برشی ویژه متوسط به مقاومت برشی برای این زاویه‌ها به ترتیب ۵۳/٦، ۵۱/۷ و ۵۱ درصد می‌باشد. این ارقام نشان می‌دهد که نیروی برشی مورد نیاز در فرآیند برش برگ نخل خرما نسبت به فرآیند برش تک ساقه‌های محصولات علوفه‌ای از یکنواختی کمتری برخوردار است و این نکته در طراحی ابزار برشی مکانیزه، از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۵).

با افزایش زاویهٔ برش، مقاومت برشی به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. مقاومت برشی برای زاویهٔ برش ٤۵ درجه حداقل بود. با افزایش زاویهٔ برش از ٤۵ تا ۹۰ درجه، مقاومت برشی حدود ۳۱/٦ درصد افزایش پیدا کرده است، که می‌تواند به دلیل کاهش سطح مقطع برش از زاویهٔ ٤۵ تا ۹۰ درجه باشد. این نتایج با یافته‌های داسا (۲۰۰۰) و جلانی و همکاران (۲۰۰۳) و (۱۹۹۹) مطابقت دارد. آن‌ها در آزمایشات خود برای برش برگ نخل روغنی به نتایج مشابهی دست یافتند. پراساد و گوپتا (۱۹۷۵) تفاوت معنی‌داری بین نیروی برشی ویژهٔ ساقهٔ ذرت در زوایای ٤۵ تا ٦۰ درجه مشاهده نکردند، دلیل این عدم هم‌خوانی می‌تواند ناشی از تفاوت ویژگی‌های ساختار آناتومیکی برگ نخل خرما و ساقهٔ ذرت باشد. با افزایش زاویهٔ تیغه از ٤۵ تا ۹۰ درجه، مقاومت برشی ۲۸/۹ درصد افزایش پیدا کرده است.

نیروی برشی ویژهٔ متوسط روند یکسانی نسبت به مقاومت برشی داشته است. بدین‌ترتیب که با افزایش زاویهٔ برش از ٤۵ تا ۹۰ درجه مقدار نیروی برشی ویژهٔ متوسط افزایش پیدا کرده است. همان‌گونه که در جدول (۱) دیده می‌شود، میانگین نیروی برشی ویژه برای زوایای برش ٤۵، ٦۰ و ۹۰ درجه به ترتیب برابر ۱۰۰/۸٤، ۱۱۳/۷۲ و ۱۳۲/۷۰ نیوتن بر سانتی‌متر مربع بوده است.

مقاومت برشی با افزایش رسیدگی برگ، افزایش پیدا کرده است و از نظر آماری برای برش برگ روی ردیف اول خرما (رسیده‌ترین برگ) نسبت به برگ سبز روی ردیف دوم، نیروی برشی بیشتری مورد نیاز بوده است. این تفاوت می‌تواند به دلیل مقاومت بیشتر الیاف برگ رسیده‌تر باشد. این نتایج با یافته‌های محققین مختلف در زمینهٔ برش گیاهی که رسیدگی را عامل مؤثری بر میزان مقاومت برشی گزارش کرده‌اند مطابقت دارد (۱۵). داسا و همکاران (۲۰۰۰) و جلانی و همکاران (۲۰۰۳) و (۱۹۹۹) نیز نتایج مشابهی در مورد برگ نخل روغنی گزارش کرده‌اند. تأثیر فاکتور رسیدگی برگ، روی نیروی برشی ویژه متوسط روند مشابهی با نیروی برشی ویژه داشته است.

جدول شمارهٔ (۱) مقایسهٔ میانگین مقاومت برشی و نیروی برشی ویژه متوسط برگ نخل خرما

تیمار	مقاومت برشی (N/cm^2)	نیروی برشی ویژه متوسط (N/cm^2)
سطوح مختلف فاکتور تیغه		
زاویهٔ تیغهٔ ۲۰ درجه	۱۹۹/۹۹ C	۱۰۷/۲۱ B
زاویهٔ تیغهٔ ۲۵ درجه	۲۱۵/٤۵ B	۱۱۱/٤۸ B
زاویهٔ تیغهٔ ۳۰ درجه	۲۵۱/۷۰ A	۱۲۸/۵٦ A
سطوح مختلف فاکتور زاویهٔ برش		
زاویهٔ برش ٤۵ درجه	۱۹٤/۸۲ C	۱۰۰/۸٤ C
زاویهٔ برش ٦۰ درجه	۲۲۱/۲۱ B	۱۱۳/۷۲ B
زاویهٔ برش ۹۰ درجه	۲۵۱/۱۲ A	۱۳۲/۷۰ A
سطوح مختلف فاکتور رسیدگی برگ		
برگ سبز روی ردیف دوم	۲۱٦/۵۰ B	۱۱۱/۰۱ B
برگ روی ردیف اول (رسیده‌ترین برگ)	۲۲۸/۲۷ A	۱۲۰/۵۰ A

حروف انگلیسی مشابه و متفاوت به ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

تأثیر زاویهٔ تیغه، زاویهٔ برش و رسیدگی برگ بر انرژی برشی ویژه و انرژی برشی ویژهٔ حداکثر

تأثیر فاکتور زاویهٔ تیغه، زاویه برش و رسیدگی برگ روی انرژی برشی ویژه و انرژی ویژهٔ حداکثر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده است، مطابق با جدول (۲) با افزایش زاویهٔ تیغه از ۲۰ به ۳۰ درجه میزان انرژی برشی ویژه به مقدار ۲۳/٤ درصد افزایش پیدا کرده است که می‌تواند به علت مقاومت بیشتر برگ نخل خرما در برابر حرکت تیغهٔ با زاویهٔ تیزی بیشتر باشد زیرا با کاهش زاویهٔ تیزی، از حالت گوه‌ای تیغه کاسته می‌گردد. مطابق با پرسون (۱۹۸۷) لبهٔ تیغهٔ با زاویهٔ کوچکتر معمولاً نیروی برشی و در نتیجه انرژی برشی مورد نیاز را از طریق کاهش مؤلفهٔ نیروی گوه‌ای در جهت حرکت تیغه کاهش می‌دهد. برای برش‌های خیلی عمیق مانند برگ نخل خرما (عمق برش نزدیک ٤ -سانتی‌متر) احتمالاً نیروهای گوه‌ای اثر مهمتری خواهند داشت، علاوه بر نیروی گوه‌ای که وجود حداقلی از آن برای باز کردن راه تیغه جهت عبور از میان مادهٔ برشی ضروری است، نیروی اصطکاکی لبه و جوانب تیغه نیز انرژی برشی را افزایش می‌دهند. زاویهٔ تیغهٔ کمتر مقدار این نیروهای مقاوم را کاهش می‌دهد، درنتیجه کار مقاوم ناشی از آن نیز کاهش می‌یابد و از این‌رو از میزان نیرو و انرژی برشی مورد نیاز کاسته می‌گردد.

تأثیر فاکتور زاویهٔ تیغه روی انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم روند مشابهی نسبت به انرژی برشی ویژه داشته است (جدول ۲). با افزایش زاویهٔ تیغه از ۲۰ تا ۳۰ درجه انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم به اندازهٔ ۲۹/۲ درصد افزایش پیدا کرده است

جدول (۲): مقایسهٔ میانگین انرژی برشی ویژه و انرژی برشی ویژه ماکزیمم برگ نخل خرما

تیمار	انرژی برشی ویژه ($N\text{-}cm/cm^2$)	انرژی برشی ویژه ماکزیمم ($N\text{-}cm/cm^2$)
سطوح مختلف فاکتور تیغه		
زاویهٔ تیغهٔ ۲۰ درجه	۳۷۷/۷۳ C	۷۱۵/۸٦ C
زاویهٔ تیغهٔ ۲۵ درجه	٤۱۸/۰۰B	۸٤۳/۱۱ B
زاویهٔ تیغهٔ ۳۰ درجه	٤٦٦/۰۸ A	۹۲۵/۲ A
سطوح مختلف فاکتور زاویهٔ برش		
زاویهٔ برش ٤۵ درجه	۳۷۷/۱۳ C	۷۷۵/۹۳ B
زاویهٔ برش ٦۰ درجه	٤۲۱/۰۷ B	۸۳۰/٦۷ A
زاویهٔ برش ۹۰ درجه	٤٦۳/٦ A	۸۷۷/۵۷ A
سطوح مختلف فاکتور رسیدگی برگ		
برگ سبز روی ردیف دوم	٤۰۷/۰۹ B	۸۰۲/۸۹B
برگ روی ردیف اول (رسیده‌ترین برگ)	٤۳٤/۱۲ A	۸۵۳/۲۲ A

حروف انگلیسی مشابه و متفاوت به ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد

با افزایش زاویهٔ برش از ٤۵ تا ۹۰ درجه میزان انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم حدود ۱۱/٦ درصد افزایش پیدا کرده است، اما از نظر آماری بین زوایای ٦۰ و ۹۰ درجه تفاوتی مشاهده نشد. نسبت انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم به انرژی برشی ویژه برای زوایای برش ٤۵، ٦۰ و ۹۰ درجه به ترتیب برابر ۲۰۷/۷، ۱۹۷/۳ و ۱۸۹/۳ درصد بوده است که با افزایش زاویهٔ برش این نسبت کاهش یافته است.

تأثیر فاکتور رسیدگی برگ، روی انرژی برشی ویژه بسیار معنی‌دار بوده است به گونه‌ایی که با افزایش رسیدگی برگ، انرژی برشی ویژه، مورد نیاز افزایش پیدا کرده است. به این صورت که از نظر آماری برای برش برگ روی ردیف اول خرما (رسیده‌ترین برگ) نسبت به برگ سبز روی ردیف دوم، انرژی برشی ویژه بیشتری مورد نیاز بوده است (جدول ۲). میانگین انرژی برشی ویژه برای برگ روی ردیف اول و دوم به ترتیب برابر ٤۳٤/۱۲ و ٤۰۷/۰۹ نیوتن سانتی‌متر بر سانتی‌متر مربع می‌باشد که برگ روی ردیف اول نسبت به برگ روی ردیف دوم ٦/٦ درصد انرژی برشی ویژهٔ بیشتری دارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل مقاومت بیشتر الیاف برگ رسیده‌تر باشد. این نتایج با یافته‌های داسا و همکاران (۲۰۰۰)، جلانی وهمکاران (۱۹۹۹) و چن و همکاران (۲۰۰٤) که رسیدگی را عامل مؤثری بر میزان مقاومت برشی و انرژی برشی گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. مطابق با پرسون (۱۹۸۷) با افزایش میزان رسیدگی

بافت‌های گیاهی، مقاومت کششی نهایی الیاف، سختی الیاف و ضخامت الیاف افزوده می‌گردد و در نتیجه مقاومت و انرژی برشی را افزایش می‌دهد. با افزایش میزان رسیدگی برگ انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم نیز افزایش پیدا کرده است به گونه‌ای که برای برش برگ روی ردیف اول (رسیده‌ترین برگ) انرژی برشی ویژهٔ ماکزیمم حدود ٦/٣ درصد افزایش پیدا کرده است. میانگین انرژی برشی ویژه ماکزیمم برای برگ روی ردیف اول و برگ روی ردیف دوم به ترتیب برابر ٨٥٣/٢٢ و ٨٠٢/٨٩ نیوتن‌سانتی‌متر بر سانتی‌متر مربع بوده است.

نتیجه‌گیری

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های برشی برگ نخل خرما عاملی تعیین کننده در طراحی هر گونه وسیلهٔ مکانیکی هرس برگ و موارد مربوط به تقلیل اندازه در استفادهٔ صنعتی از بقایای ناشی از هرس می‌باشد. همانطور که نتایج نشان داد زاویهٔ تیغه در میزان نیرو و انرژی برشی بسیار تأثیر گذار است. تیغهٔ با زاویهٔ ٢٠ درجه برای نفوذ و حرکت در میان برگ نخل خرما با مقاومت کمتری روبرو می‌شود و ازاین‌رو نیازمندی‌های نیرو و انرژی مورد نیاز نیز کاهش می‌یابد.

نتایج آزمایش نشان داد که زاویهٔ برش ٤٥ درجه حداقل نیازمندی نیرو و انرژی برشی در واحد سطح را دارد و این همان نکته‌ای است که در روش‌های سنتی برش برگ دیده می‌شود. در عمل کارگران برای برش برگ هیچ موقع برش کامل عرضی (٩٠ درجه) انجام نمی‌دهند و معمولاً برگ را تحت یک زاویه کوچکتر از ٩٠ درجه می‌برند. نکته‌ای که در این زمینه قابل توجه است افزایش کل انرژی مورد نیاز در حالت برش تحت زاویه می‌باشد. بنابراین با توسعهٔ ابزار مکانیکی می‌توان از میزان انرژی خالص مورد نیاز جهت انجام برش کاست. به عنوان مثال کل انرژی برشی مورد نیاز برای برش یک برگ با سطح مقطع ١٤ سانتی‌متر در زاویهٔ برش ٤٥ درجه و با تیغهٔ با زاویهٔ ٢٠ درجه حدود ٥ ژول بیشتر از انرژی برشی مورد نیاز برای بریدن همان برگ در زاویهٔ ٩٠ درجه می‌باشد. این تفاوت انرژی در کل عملیات هرس یک نخلستان نمود شاخص‌تری خواهد داشت، به گونه‌ای که مقدار آن در یک نخلستان با ٢٠٠ اصله نخل و هرس سالانهٔ ٤٠٠٠ برگ برابر ٢٠ کیلوژول می‌باشد که انرژی قابل توجهی می‌باشد. برآورد این تفاوت انرژی در سطح نخلستان‌های کل کشور میزان ٢/٥ گیگاژول در سال می‌باشد.

پیشنهادات

توصیه می‌شود تیغه‌هایی با اشکال منحنی و با شعاع‌های انحنای مختلف طراحی و اثر آن‌ها بر میزان انرژی و نیروی برشی مورد نیاز بررسی گردد.

پیشنهاد می‌شود آزمایشاتی با سرعت‌های مختلف و ضخامت‌های مختلف تیغه انجام گیرد و اثرات مربوط به نیازمندی نیرو و انرژی و همچنین فاکتور مهم عمر و دوام تیغه مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های این تحقیق تقدیر و تشکر می‌گردد. از مدیریت محترم گروه ملی صنعتی فولاد ایران به خاطر فراهم آوردن شرایط استفاده از آزمایشگاه مکانیک آن واحد تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- احسانی، م. و م. مستوفی‌سرکاری، ۱۳۷۵. طراحی و ساخت دستگاه هرس تبرگ نخل خرما. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج. ۱۸ ص.

۲-البوزهر، ا. ۱۳۸۲. طراحی، ساخت و ارزیابی ابزار دستی خارزنی ویژهٔ نخل خرما (فاز اندازه‌گیری صفات برگ و خار). نشریهٔ موسسهٔ تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور. ٦ص.

۳- بصیری، ع. ۱۳۷۷. طرح‌های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۳٦۸ ص.

٤- بی‌نام. ۱۳۸۲. بررسی مزیت نسبی محصولات کشاورزی منتخب. مؤسسهٔ پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. ٤٥۳ص.

۵- جعفری، ک. ۱۳۷۵. ساخت دستگاه اندازه‌گیری نیروی برشی گیاهان و طراحی سیستم برش ماشین برداشت آتریپلکس. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

٦- روحانی، ا. ۱۳٦۷. خرما. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۱۹۸ص ۱۱۳-۱۰۷.

7-Cakir, E., C. E. Johnson ., R. L. Raper and R. L. Schafer. 1999. The mechanics of cutting plant residues on a rigid surface. USDA-ARS National Soil Dynamics Laboratory. Auburn, AL, USA.

8-Chen, Y., J. L. Gratton, and J. Liu. 2004. Power requirements of hemp cutting and conditioning. Biosystems Engineering J. 87 (4): 417- 424.

9-Dasa, A., S. K. Roy., A. R. Jelani. 2000. Evaluation of design parameter of sickle cutter and claw cutter for cutting cil palm fronds. A. M. A. Journal. 31(2):55-60.

10-Jelani, A. R., A. R. Shuib, A. Hitam, J. Jamak, and M. M. Noor. 2003. Hand held mechanical cutter. Malaysian Palm Oil Board. Ministry of Primary Industrial.

11-Jelani, A. R., A. Dasa, A. Hitam, A. Yahya, and J Jamak. 1999. Reaction Force and Energy Requirement for Cutting Oil Palm Fronds by Spring Powered Sickle Cutter. Jounal of Oil Palm Research, Vol. 11, No. 2, PP. 114-120.

12-McRandal, D. M. and P. B. Mcnulty. 1980. Mechanical and physical properties of grasses. Transaction of the ASAE 24 (4): 816- 821

13-Meyer, S. W., D. J. Smith, and G. Shell. 1999. CSIRO land and water technical report. [online]. http://www.csiro.clw

14-Nieuvenhof, P. 2003. Modelling of the energy requirement of non rowsensitive corn header for a pull type forage harvester. M.Sc. Thesis. Saskatchewan University.

15-Persson, S. 1987. Mechanics of cutting plant material. American Society of Agricultural Engineers Publication.

16-Prasad, J., and C. P. Gupta. 1975. Mechanical properties of maize as related to harvesting. J. Agric. Engng Res. 20: 79-87.

17-Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Elsevier Science Publication. Amesterdam, Netherlands.