طراحی و ساخت خارزن دستی نخل خرما

احمد مستعان[1]

۱- نویسنده مسئول: عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور (ahmadmostaan@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۲۸

چکیده

خارزنی به معنای حذف خار برگ های نخل خرما، اثر ویژه‌ای بر کیفیت محصول دارد. این عملیات امروزه در کشور و سایر نقاط خرماخیز جهان به روش سنتی و با استفاده از انواع تیغه های کمانی شکل همچون داس، عکفه، کجک انجام می‌شود. این روش‌ها دشوار هستند و احتمال زخمی شدن کارگر در آنها زیاد می‌باشد. ضمن آن که خارزنی به این روش‌ها به طور متوسط ۱۰-۵ دقیقه به طول می‌انجامد. از این رو است که این عملیات امروزه کمتر مورد توجه می‌باشد. در این تحقیق ابزاری دستی برای حذف خار برگ های نخل خرما با هدف افزایش سرعت و ایمنی عملیات، طراحی و ساخته شد. این ابزار از یک تیرک آلومینیومی به طول ۱/۵ متر، یک سازه فک مانند، دو تیغه متقابل، سه عدد غلتک جهت تسهیل حرکت ابزار بر دمبرگ، اهرمی در پایین تیرک جهت بسته نمودن تیغه ها و دو سیم بافته شده روکش‌دار به منظور انتقال حرکت و نیرو از اهرم به تیغه ها تشکیل یافته است. یک کارگر به تنهایی قادر به استفاده از این ابزار می‌باشد و نیازی به نیروی محرکه خارجی نیست. ارزیابی اولیه عملکرد ابزار نشان داد که با استفاده از آن زمان عملیات تا کمتر از ۳ دقیقه برای هر نخل کاهش می‌یابد و زخم های حاصل از ابزار بر برگ نخل بسیار اندک است. حداکثر ارتفاع عملیاتی این ابزار حدود ۲/۵ متر است. این ابزار تحت عنوان ابزار خارزن دستی نخل خرما دارای پروانه اختراع به شماره ۳۱۵۹۰ از اداره ثبت شرکت ها و مالکیت صنعتی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: نخل خرما، مکانیزاسیون، هرس، خارزنی

مقدمه

صنعت خرمای کشور با سطح بارور معادل ۱۸۳۲۶۹ هکتار و تولید ۸۷۴۹۸۶ تن محصول در سال ۱۳۸۰، میزان ۱۲۲۰۸۴ تن خرما را به ارزشی معادل ۲۹۳۷۵۴۰۰ دلار، به خارج از کشور صادر نموده‌است. همچنین این محصول با کشت و کار در ۱۳ استان کشور، در بر گرفتن حدود ۵۰۰ هزار نفر بهره بردار و نیز امکان تولید بیش از ۵۰ نوع فرآورده و محصول جانبی (۶)، از جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی، اقتصاد، ارزآوری و اشتغال‌زایی برخوردار است. ارتقای جایگاه این محصول نیازمند توسعه و به کارگیری روش‌های مناسب بویژه مکانیزاسیون در کلیه مراحل عملیاتی فرآیند تولید است.

یکی از عملیات مهم در تولید خرما، خارزنی است که تا کنون مکانیزه نشده است. خارزنی به معنای حذف خار برگ های نخل خرما می‌باشد و اثر ویژه‌ای بر کیفیت محصول دارد. این عملیات امروزه در کشور و سایر نقاط خرماخیز جهان به روش سنتی و با استفاده از انواع تیغه های کمانی شکل همچون داس، عکفه و کجک انجام می‌شود. چنین روش‌هایی عموماً دشوار هستند و احتمال زخمی شدن کارگر در آنها زیاد است و از طرفی دیگر عملیات خارزنی در آنها به طور متوسط ۱۰-۵ دقیقه به طول می‌انجامد. از این رو است که این عملیات امروزه کمتر مورد توجه می‌باشد.

نخل خرما *Phoenix dactylifera* L. گیاهی از خانواده Palmaceae با تنه‌ای استوانه‌ای، بدون انشعاب، و نسبتاً بلند است و با تولید پاجوش از سایر گونه‌ها متمایز می‌شود. خرما گیاهی دوپایه بوده و ارقام مختلف آن معمولاً پس از گذشت ۵-۴ سال از زمان کشت پاجوش (در زمین اصلی) شروع به میوه‌دهی می‌کنند. ارقام گوناگون این گیاه بسته به شرایط زراعی دهها سال عمر می‌کنند و در بعضی مناطق سن نخل‌های خرما بین ۱۰۰ الی ۲۰۰ سال نیز گزارش شده است (۴).

ارتفاع نخل بسته به رقم و منطقه کشت، متغیر است و در بعضی ارقام مانند شاهانی در جهرم به ۱۵ الی ۲۰ متر نیز می‌رسد. رشد طولی نخل به وسیله جوانه انتهائی تأمین می‌شود و همواره به طرف بالا می رود و مقدار آن تابعی از نحوه عملیات زراعی از قبیل کوددهی، آبیاری، هرس و ... است (۴). هر نخل سالانه به طور متوسط ۲ الی ۳ ردیف برگ جدید تولید می‌کند و هر ردیف آن به طور متوسط از ۱۳ برگ تشکیل شده است. از این رو هر نخل سالیانه ۲۶ الی ۳۹ برگ جدید از اطراف جوانه انتهائی تولید می‌نماید، و برگ های بالایی نخل جوانتر و برگ های پایینی آن مسن‌تر می‌باشند (۱۲). عمر هر برگ ۳ الی ۷ سال است و لذا هر نخل به طور متوسط ۱۰۰ الی ۱۲۵ برگ سبز دارد. تحت شرایط مناسب هر برگ عهده‌دار تولید ۱ الی ۱/۵ کیلوگرم میوه است (۱۱).

برگ خرما (شکل ۱) از نوع مرکب است و تحت عنوان frond شناخته می‌شود. طول برگ خرما بسته به رقم، سن نخل و شرایط محیطی ۳ الی۷ متر و متوسط آن ۴ متر می‌باشد. بیشترین عرض دمبرگ به ۰/۵ الی ۱ متر می‌رسد؛ لیکن معمولاً در حدود نصف این مقدار است و این مقدار با پیشرفت به سمت نوک برگ شدیداً کاهش می‌یابد. دمبرگ نخل خرما دارای مقطعی مثلثی شکل با دو زاویه جانبی و یک زاویه زیرین است. ابتدای دمبرگ تا محدوده کمی خالی از خار است؛ ولی بعد از این محدوده تعداد زیادی خار را در بر می‌گیرد. ناحیه میانی شامل برگچه‌های خار مانند است که به آنها خارهای برگچه‌مانند نیز می‌گویند. در نوک برگ ممکن است یک برگ مرکزی یا دو برگ به صورت V وجود داشته باشد. اگر چه ساختمان برگ خرما به رقم و محیط رشد آن بستگی دارد، با این وجود طول یک برگ دارای مشخصات زیر است (۱۱):

- فاصله میان لیف در قاعده دمبرگ تا قاعده آخرین خار ۲۸٪ طول برگ
- ناحیه مشتمل بر برگچه‌های خارمانند برابر با ۴٪ طول برگ
- ناحیه مشتمل بر برگچه‌ها برابر با ۶۲٪ طول برگ
- ناحیه مشتمل بر برگچه‌های مرکزی برابر با ۶٪ طول برگ

عملیات زراعی متعددی در تاج نخل انجام می‌شوند که عبارتند از: خارزنی، گرده‌افشانی، تنک‌کردن، پوشش‌دهی خوشه، هرس، برداشت و سمپاشی. طبق مشاهدات به عمل آمده و نیز تصریح محققان مختلف، یکی از مهمترین عملیات زراعی، هرس خار می‌باشد (۵ و ۱۲). این عمل به منظور تسهیل عملیات گرده‌افشانی و سایر کارهای مربوط به خوشه انجام می‌شود (۴، ۵ و ۱۲) و نیز جزو آن دسته عملیاتی است که تاکنون مکانیزه نشده‌اند (۷). حذف خارهای برگ خرما به دلایل زیر ضروری است:

- فراهم‌سازی محیط کار ایمن برای کارگر (۱۲).
- تسهیل عملیات زراعی مربوط به تاج (۴، ۵ و ۱۲).
- کاهش صدمه‌دیدگی میوه در اثر تماس با خار (۱).

بر این اساس توصیه می‌شود که عملیات خارزنی قبل از زمان گرده‌افشانی و به منظور دسترسی به اسپات ها انجام شود (۱۲).

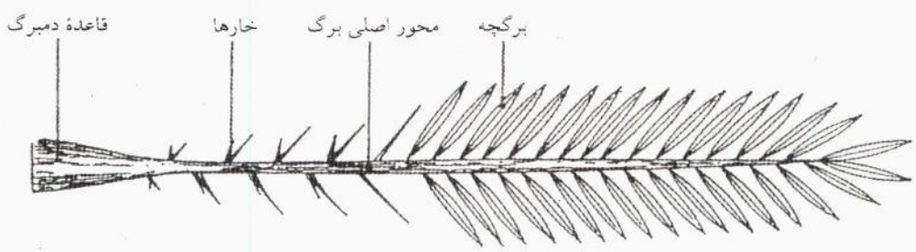
در عملیات خارزنی معمولاً از تیغه‌هائی در طرح‌های متنوع استفاده می‌شود. این ابزار معمولاً تیغه‌ای منحنی یا چاقوی هرس متصل به دسته‌ای به طول ۳۰ الی ۴۵ سانتی‌متر یا داسی با لبه برنده تیز می‌باشد (۱۲). در استان خوزستان برای این کار از داس معمولی استفاده می‌شود. با این ابزار، خارزنی برای هر یک از دو سمت برگ در جهت خواب خارها و یا خلاف آن انجام می‌شود. اگر چه در هر دو وضعیت، مقداری از پوست دمبرگ به همراه خارها از روی برگ حذف می شود و باعث آسیب دیدگی دمبرگ می‌گردد، ولی این اثر در حالتی که خارزنی در خلاف خواب خارها انجام می‌شود بیشتر است. در منطقه حاجی‌آباد نیز از ابزاری مشابه داس استفاده می‌شود؛ با این تفاوت که این ابزار، که کجک نام دارد، ظریف‌تر و دارای دسته‌ای بلند، به طول تقریبی ۵۰ سانتی‌متر است. این ابزار معمولاً در جهت خواب خارها به کار گرفته می‌شود. دسته بلند این ابزار باعث دور ماندن دست کارگر از محدوده مملو از خار می‌گردد. در ماشینی که در سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ساخته شده و برای هرس برگ از یک قیچی هیدرولیک استفاده شده و امکان حذف خارهای برگ با استفاده از این قیچی نیز مطرح گردیده است (۲).

با وجود این که امروزه محققان مختلف معتقد به به کارگیری روش‌های مکانیزاسیون مناسب برای افزایش کمی و کیفی تولید خرما هستند، در جستجوهای صورت گرفته در منابع علمی موجود، تا کنون هیچ گونه تحقیقی در داخل یا خارج از کشور در این زمینه گزارش نشده است؛ لذا این تحقیق در سال ۱۳۸۳ با هدف طراحی و ساخت ابزاری دستی جهت حذف خارهای نخل انجام گردید.

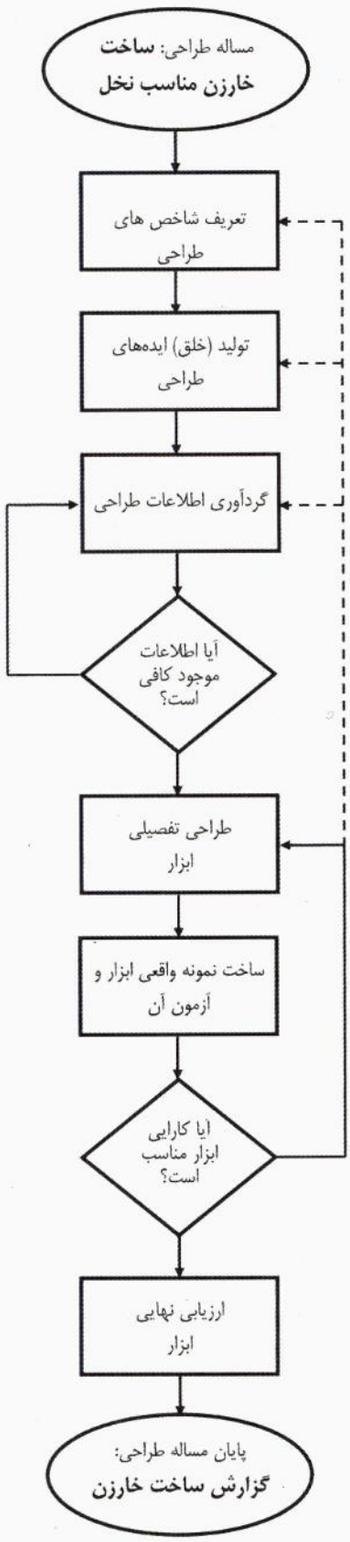
مواد و روش‌ها

اگر چه طراحی به خودی خود فرآیندی فکری و بسیار انعطاف‌پذیر است و نمی‌توان مدلی قطعی برای جزئیات روش آن ارائه داد؛ ولی با این وجود مدل کلی مورد استفاده در این تحقیق بر اساس مدل شکل ۲، مشتمل بر چند گام کلی زیر می‌باشد (۸).

گام اول: این گام به تعریف شاخص‌های طراحی ابزار اختصاص دارد. این شاخص‌ها علاوه بر محدود کردن حوزه طراحی، باعث جهت‌دهی بهتر به فرآیند آن نیز می‌شوند. این شاخص‌ها در ادامه به عنوان شاخص‌های کلیدی طراحی و ارزیابی ابزار مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۱- نمای شماتیک برگ نخل خرما و خارهای آن



شکل ۲- فرآیند حل مساله طراحی خازن نخل خرما

گام دوم: در این گام ایده‌های طراحی تولید می‌شوند. این ایده‌ها که عمدتاً حاصل دیدگاه طراح می‌باشند، بدون توجه به شاخص‌های محدود کننده طراحی و تنها در قالب گزینه‌های ممکن، در نظر گرفته می‌شوند تا در مرحله بعد پس از تجزیه و تحلیل آنها با توجه به شاخص‌های طراحی و فنی یکی از آنها به عنوان گزینه برتر در طراحی ابزار مورد استفاده قرار گیرند.

گام سوم: این گام به پر کردن خلاء اطلاعات مورد نیاز برای طراحی تفصیلی ابزار اختصاص دارد. در این گام با توجه به کلیات طرح انتخابی، اطلاعات طراحی مورد نیاز دسته‌بندی شده و اطلاعات تکمیلی غیر موجود با توجه به اهمیت آنها و وسعت کار مورد نیاز برای به دست آوردن آنها، اندازه‌گیری شده، یا این که با توجه به موارد مشابه در زمینه تحقیق، برآورد می‌شوند. در این تحقیق اطلاعات نیرویی و ابعادی برگ نخل خرما و خارهای آن مورد نیاز بود که با توجه به نبود چنین اطلاعاتی، ۴۰ برگ نخل خرما از هر دو رقم برحی و استعمران انتخاب گردید و فاکتورهای ابعادی آن اندازه‌گیری شدند. نیروی برش خارها نیز با آزمایش ساده نیرویی جهت برش چند خار با استفاده از کجک و یک نیروسنج فنری برآورد گردید. گام چهارم: در این گام با توجه به کلیات طرح پیشنهادی و داده‌های موجود، طراحی تفصیلی ابزار انجام می‌گردد. در این تحقیق از نرم افزار Mechanical Desktop® استفاده گردید. برای انجام تحلیل های مهندسی و انتخاب مواد و قطعات استاندارد مورد نیاز هم از این نرم‌افزار و همچنین مراجع ۳، ۷ و ۸ استفاده گردید.گام پنجم: این گام به ساخت نمونه طراحی‌شده و آزمون و اصلاح آن به منظور تطابق با شاخص‌های طراحی اختصاص دارد. در این میان ممکن است تکرار برخی مراحل نیز مورد نیاز باشد. در انتهای این گام، ابزار بهینه، که قابل ارزیابی است، حاصل می‌گردد. گام ششم و

پایانی: این گام شامل ارزیابی ابزار در شرایط واقعی کار می‌باشد. این بخش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تیمار (ابزار) کجک، داس و خارزن دستی ساخته شده و در ۶ تکرار به اجرا در آمد. شاخص‌های سرعت و سختی عملیات با استفاده از هر یک از سه ابزار اندازه‌گیری، ثبت و مقایسه گردید. در این آزمایش هر نخل به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و در مجموع آزمایش بر ۱۸ نخل رقم استعمران (رقم تجاری استان) با ارتفاعی بین ۲ الی ۲/۵ متر، به اجرا درآمد. با توجه به امکان تغییرات در شرایط جسمانی کارگر، بلوک ها به صورت روزانه و در ابتدای روزهای مساعد عملیات، بین ساعت ۸ الی ۱۱ صبح، اعمال شدند. در هر نخل تنها دو ردیف برگ پایینی خارزنی شده، تعداد برگ خارزنی شده، زمان عملیات و ضربان قلب کارگر یادداشت گردید. تعداد برگ ها با استفاده از شماره‌انداز مکانیکی، زمان عملیات با استفاده از یک کرونومتر دیجیتال و شدت ضربات قلب کارگر از اندازه‌گیری دستی تعداد ضربان قلب کارگر در ۲۰ ثانیه و ضرب آن در عدد ۳ تعیین شدند (۱۰).

داده‌های حاصله ابتدا بر اساس متوسط برگ خارزنی شد و ۱۵ عدد برای هر نخل به دست آمده به صورت زمان (بر حسب ثانیه) برای هر نخل محاسبه گردید. در ادامه پس از آزمون واریانس، میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

- طراحی و ساخت

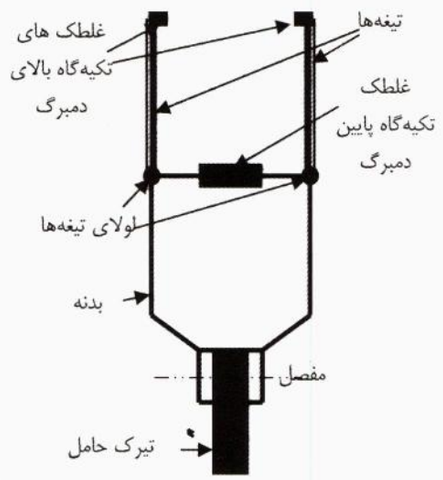
الف- شاخص‌های طراحی ابزار

برای تعریف دقیق محدوده کار طراحی و جهت‌دهی به آن، شاخص‌های زیر به عنوان شاخص‌های طراحی انتخاب شدند.

- سرعت عمل بالا
- آسیب‌رسانی کمتر به نخل
- آسیب‌رسانی کمتر به کارگر
- سبکی ابزار
- قیمت تمام شده کم و عدم نیاز به توان موتوری خارجی

ب- خلق ایده‌های طراحی

اولین گام در ساخت ابزار دستی مرور روش‌های موجود و مبانی عملیات، مواد و محیط کار و سپس پیشنهاد روش‌های ساخت ابزار بهینه می‌باشد. با تکیه بر چنین رهیافتی طرح‌های متفاوتی خلق شدند. این طرح‌ها سپس با توجه به شاخص‌های طراحی ارزیابی و مقایسه شده و در نهایت طرح نمایش‌یافته در شکل (۳) با توجه به مزایای فراوان آن انتخاب گردید.



شکل ۳- طرح اولیه انتخابی جهت ساخت ابزار

ج- کلیات طرح پیشنهادی

در طرح پیشنهادی، میله‌ای به طول ۱ الی ۱/۵ متر به عنوان تیرک حامل ابزار به کار رفته است. در انتهای بالایی این تیرک یک شاسی لولایی قرار داده شده است. زاویه باز شدگی این لولا باید تا حد امکان زیاد باشد (حدود ۲۷۰ درجه). از سوی دیگر به دلیل نیاز به تثبیت ابزار در آغاز عمل، چرخش آن باید به نوعی قابل کنترل باشد. از طرفی، تثبیت آن

نیز باید در حین عمل از بین برود تا ابزار بتواند انحنای مسیر دمبرگ نخل و زاویه تیرک را دنبال کند. روی بدنه ابزار که در بالای تیرک قرار می‌گیرد، یک جفت تیغه مقابل هم قرار گرفته‌اند تا بتوانند دمبرگ را در بر گیرند. در حین عملیات دمبرگ در میان بدنه، ابزار و دو تیغه مجاور قفل می‌شود و با حرکت افقی ابزار در جهت خواب خارها عمل برش خارها را انجام می‌دهند. مکانیزم باز و بسته نمودن تیغه‌ها توسط کارگر و از طریق اهرمی در پایین تیرک ابزار انجام می‌شود. برای تسهیل حرکت ابزار روی دمبرگ یک غلتک در بدنه ابزار قرار می‌گیرد تا لغزش ابزار به سادگی صورت پذیرد. جهت تثبیت دمبرگ در وسط ابزار این غلتک باید به صورت مقعر باشد. انتقال نیروی لازم برای باز و بستن تیغه‌ها نیز توسط کابل های بافته شده روکش‌دار انجام می‌شود.

مکانیزم باز و بسته نمودن تیغه‌ها را به دو شکل می‌توان طراحی نمود:

الف: بسته شدن توسط فنر و باز شدن توسط اهرم پایینی توسط کارگر

ب: بسته شدن توسط اهرم پایینی توسط کارگر و باز شدن توسط فنر

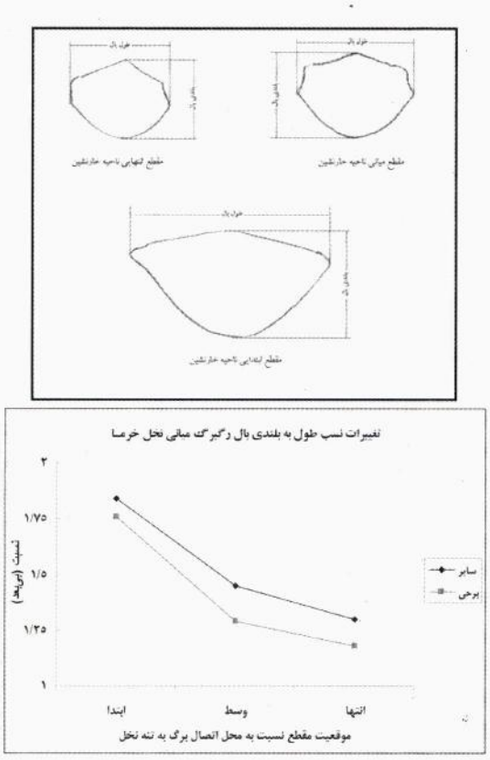
با توجه به مقایسه تحلیلی، در نهایت مکانیزم «ب» به عنوان مکانیزم بهینه طراحی انتخاب گردید.

د- برآورد اطلاعات مورد نیاز

برای طراحی ابزار خارزن دستی، شرایط اولیه شامل نیروهای وارده و ابعاد کار مورد نیاز است. اطلاعات اولیه در این خصوص بسیار اندک است؛ لذا این مقادیر به شرح زیر برآورد و در موارد ممکن اندازه‌گیری شدند:

د-۱- برآورد اولیه نیروها

هیچ گونه اطلاعات خاصی در خصوص مقاومت برشی خارها در منابع علمی یافت نگردید. بنا بر این مقدار نیروی برشی خارها از طریق آزمایش و با



شکل ٤- مقطع عرضی رگبرگ میانی نخل خرما (بالا) و تغییرات نسبت طول به بلندی آن در طول رگبرگ میانی (پایین)

استفاده از تیغه لبه صاف با زاویه تیزی ۲۵ درجه به عنوان ابزار برش، تعیین و به طور تقریبی معادل ۱۳ الی ۱۵ کیلوگرم نیرو به دست آمد؛ لذا برای طراحی ابزار، حداکثر نیروی برشی خار، برابر با ۱۵۰ نیوتن یا معادل ۱۵ کیلوگرم نیرو در نظر گرفته شد.

د-۲- فاکتورهای ابعادی

در این مرحله ۴۰ اصله نخل از هر یک از ارقام سایر و برحی انتخاب شد. از هر یک از نخل‌ها، یک برگ به صورت تصادفی از میان برگ های سه ردیف پایینی جدا شده و طول برگ، طول ناحیه خارنشین، تعداد خارها، اندازه کوچکترین خار، بزرگترین خار و خار میانی، زاویه بازترین خار، خوابیده‌ترین خار و خار متعادل و همچنین شکل و ابعاد کلی سه مقطع ابتدا، وسط و انتهای ناحیه خارنشین اندازه‌گیری و ثبت گردید. پردازش داده‌های حاصله در این خصوص نشان می‌دهد که

طول ناحیه خارنشین (کورس کاری ابزار) در هر دو رقم به طور متوسط حدود ۲۴ درصد طول برگ را به خود اختصاص می‌دهد و میزان آن برای ارقام برحی و سایر به ترتیب ۹۷ و ۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین حداکثر و حداقل طول و عرض بال رگبرگ میانی (شکل ۴) قابل استفاده در طراحی ابزار نیز به ترتیب ۷۵-۴۸ و ۲۰- ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. به طور متوسط رقم برحی دارای ۳۲ خار و رقم سایر دارای ۲۴ خار بود. از اینرو شاخص خارنشینی برای هر دو رقم به طور متوسط سه سانتی‌متر به ازای هر خار محاسبه گردید. تغییرات زاویه قرارگیری خارها (شکل۱) در هر دو رقم بسیار متغیر بود. محدوده این تغییرات برای رقم برحی ۷۴-۹ درجه و برای رقم سایر ۱۱۷-۹ درجه بود. با توجه به زاویه خار متعادل، زاویه خار مورد استفاده در طراحی ابزار ۴۰ درجه در نظر گرفته شد. شکل کلی مقطع دمبرگ نخل برای طراحی ابزار نیز از طریق مرور مقاطع ثبت شده (شکل ۴) بدست آمد (۱).

۵- طراحی تفصیلی ابزار

۵-۱- تیغه‌ها

تیغه‌ها (شکل ۵) از نوع مستقیم و با لبه صاف ۲۵ درجه (۹) انتخاب شدند. طول موثر تیغه‌ها با افزودن درصدی به حداکثر بلندی بال دمبرگ، که برابر با ۴۸ میلی‌متر به دست آمده بود، برابر با ۵۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. تیغه‌ها در این فاصله از لبه بالایی روی هد (شاسی ابزار) لولا می‌شوند و در پایین توسط مکانیزم مناسب باز و بسته می‌شوند. عرض تیغه‌ها نیز به منظور تامین استحکام، ۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شدند. بر این اساس محاسبات نیرویی بر اساس شکل ۵ به شرح زیر می‌باشد.

برای نیروی وارد بر غلتک بالایی خواهیم داشت:

$$F_r = \frac{F_c \times ۵۵}{۶۶} = \frac{۱۵۰ \times ۵۵}{۶۶} \approx ۱۲۶N \qquad (۱)$$

نیروهای عکس‌العملی تکیه‌گاه لولایی تیغه نیز به شرح زیر می‌باشند:

$$F_x = F_c - (F_r \times Cos۲۵^o) = \qquad (۲)$$

$$۱۵۰ - (۱۲۶ \times ۰/۹۰۶ \approx ۳۶N$$

$$F_y = F_r \times Sin۲۵^o = ۱۲۶ \times ۰/۴۲۳ \approx ۵۴N \qquad (۳)$$

گشتاور وارد به لولا در امتداد عمود بر محور آن نیز به شرح زیر است:

(۴)

$$M = (F_c \times ۰/۰۵۵) - (F_r \times Cos۲۵^o \times ۰/۰۵۵) +$$

$$(F_r \times Sin۲۵^o \times ۰/۰۱۲۵) \approx ۲/۶۴Nm$$

که در روابط فوق

F_c= مقاومت برشی خار (N)، F_r= نیروی عکس‌العمل سطح بالایی دمبرگ بر غلتک بالایی تیغه (N)، F_s= نیروی عکس‌العمل سطح جانبی بال دمبرگ به تیغه (N).

برای ساخت این تیغه‌ها، ورق فولادی CK45 به ضخامت ۱/۷ میلی‌متر که امکان تهیه آن وجود داشت، انتخاب گردید. استحکام تیغه‌ها پس از ساخت به وسیله تیمار حرارتی افزایش داده شد. تحلیل نیرویی انجام شده نیز با توجه به اندک بودن نیروها، مناسب بودن آن را تائید نمود.

۵-۲- شاسی (هد) ابزار

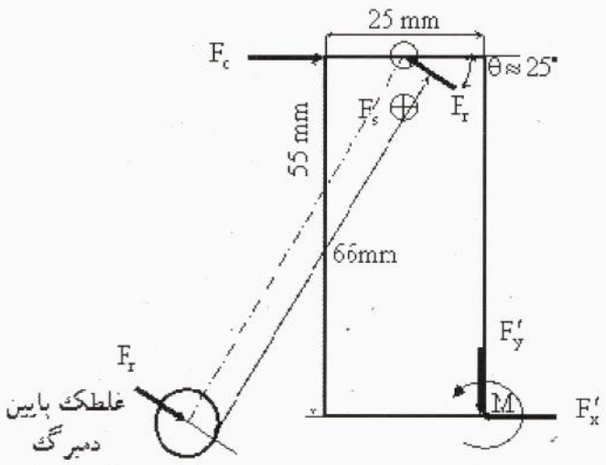
۵-۲-۱- انتخاب ابعاد کلی

در این خصوص فاصله افقی میان دو محور چرخش تیغه‌ها (L_d) برابر با میانگین طول بال اندازه‌گیری شده، برابر با ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. این انتخاب بر پایه قرارگیری بهینه تیغه روی بال های دمبرگ و پوشش مناسب تغیرات طول بال دمبرگ انتخاب گردید.

(۵)

$$L_d = L_{mean} = \frac{L_{max} + L_{min}}{۲} = \frac{۷۵ + ۲۰}{۲}$$

$$= ۴۷/۵ \approx ۵۰mm$$



شکل ۵- نمودار جسم آزاد تیغه خارزن

طول ابزار نیز در امتداد محور دمبرگ برابر با ۷۰ میلی‌متر درنظر گرفته شد. از این رو برای هر تیغه دو تکیه‌گاه لولایی در دو طرف قرار داشته که طول هر یک از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$L_t = \frac{۱}{۲}(۷۰ - ۲۵) = ۲۲/۵\text{mm} \qquad (۶)$$

برای تامین سبکی ابزار، جنس مواد ساخت شاسی آن آلومینیم در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آن با استفاده از نرم افزار Mechanical Desktop® نیز مناسب بودن آن را تائید نمود.

۵-۲-۲- مفصل نیمه مقید هد ابزار

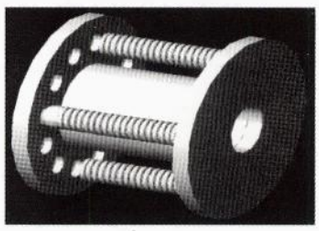
مفصل اتصال شاسی هد با تیرک ابزار باید بتواند در هنگام عملیات آزاد باشد تا بتواند از انحنای دمبرگ تبعیت نموده و نیروی عکس‌العملی مورد نیاز جهت برش خارها را تولید نماید و در هنگام آغاز عملیات که تثبیت هد روی دمبرگ مورد نظر است، باید در وضعیت مورد نظر کارگر مقید گردد.

مکانیزمی متشکل از ۴ عدد فنر و گوی فولادی و دو صفحه نگهدارنده جانبی در دو طرف مفصل برای تامین نیازهای طراحی و تامین حالت نیمه مقیدی مفصل هد ابزار مورد استفاده قرار گرفت

جدول ۱- مشخصات دو میله آلومینیومی موجود جهت استفاده به عنوان تیرک ابزار

ردیف	قطر داخلی (میلی متر)	قطر خارجی (میلی متر)	ممان سطحی (٤ میلی متر)	حداکثر طول تیر
۱	۱۹	۲۱	۳۱۵۰	۱۰۵۰
۲	۱۷/۵	۲۲	۶۸۹۵	۲۲۹۸

(شکل ۶). ترکیب کلی این طرح به گونه‌ای است که ۳۰۰ درجه چرخش نیمه‌مقید با تغییرات ۳۰ درجه را جهت کار ابزار فراهم می‌سازد. همچنین اثر آلودگی های محیط نیز بر آن حداقل می‌باشد.



شکل ٦- طرح بخش مرکزی مفصل نیمه‌مقید شاسی ابزار با استفاده از نرم‌افزار Mechanical Desktop®

۵-۳- تیرک ابزار

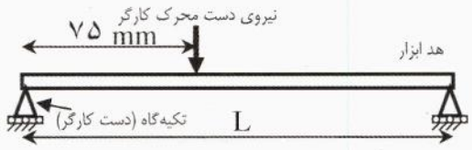
به دلیل لزوم سبک بودن ابزار، تیرک آلومینیومی انتخاب گردید. در این میان دو نوع لوله آلومینیومی در دسترس قرار داشت. مشخصات این دو لوله در جدول ۱ آمده است. حداکثر طول تیر با احتساب تنش مجاز ۵۰ مگاپاسکال برای آلومینیم اکسترود شده (۳) و فرض بر وارد شدن نیروها به تیر بر اساس شکل ۷ و احتساب نیروی برشی همزمان دو عدد خار (بحرانی‌ترین حالت) و ضریب ایمنی ۳ (با توجه به ابهام موجود در تعیین نیروها و طبیعت آنها) به شرح جدول شماره ۱ محاسبه گردید (ستون آخر جدول).

با توجه به عوامل زراعی، طول تیرک ابزار برابر با میانگین فاصله نوک انگشتان در حالت باز[1] به میزان تقریبی ۱۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (۸). بر این اساس از میله آلومینیومی شماره ۲ به طول طراحی ۱۵۰۰ میلی متر به عنوان تیرک ابزار استفاده گـردیـد.

نتیجه نهایی کار که از فرآیندهای ساخت، ارزیابی و اصلاح مجدد به دست آمد، در شکل ۸ نشان داده شده است.

۲- نتایج ارزیابی کارایی ابزار

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع ابزار مورد استفاده تفاوت اثر معنی‌داری بر مدت



شکل ۷- تیرک ابزار در حالت بارگذاری

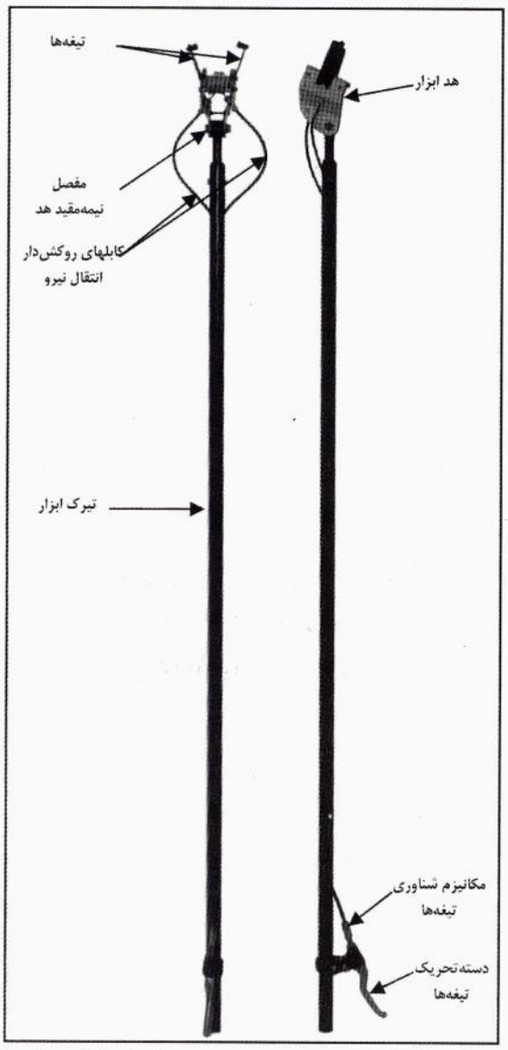
زمان انجام عملیات خارزنی دارد. در همین حال این اثر در خصوص شدت سختی کار وارده بر کارگر معنی‌دار نیست (جدول ۲). آزمون دانکن میانگین زمان خارزنی در سطح ۱ درصد، بیانگر اختلاف معنی دار در زمان خارزنی با ابزار ساخته شده در مقایسه با دو ابزار مرسوم دیگر است (شکل ۹). بر اساس نتایج حاصله سرعت خارزنی با ابزار جدید به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۷۴ برابر سریعتر از کجک و داس می‌باشد. همچنین نسبت به دو ابزار کجک و داس به ترتیب باعث صرفه‌جویی در زمان عملیات به میزان ۳۴ و ۴۳ درصد می‌گردد. کاهش زمان عملیات با استفاده از ابزار جدید را می‌توان به موارد زیر مربوط دانست. ۱- حذف نیاز به صعود از نخل. ۲- انجام همزمان عملیات برای هر دو سمت برگ. ۳- حذف پرش ابزار از روی خار به دلیل مکانیزم در بر گیرنده رگبرگ میانی در ابزار جدید.

جدول ۲- تجزیه واریانس زمان انجام عملیات و سختی کار (ضربان قلب کارگر)

منبع تغییرات	درجه آزادی	زمان عملیات			سختی کار		
		میانگین مربعات	F	احتمال	میانگین مربعات	F	احتمال
بلوک	۵	۲۱۰۳/۹۶	۳/۰۳	۰/۰۰۰۲**	۵۱/۴۲	۲/۵۳	۰/۰۹۹۲ns
تیمار	۲	۱۶۳۰۰/۷۷	۲۳/۴۵	۰/۰۶۴۱ns	۷۱/۷۲	۳/۵۳	۰/۰۶۹۲ns
خطای آزمایشی	۱۰	۶۹۵/۱۹			۲۰/۳۲		
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۴۷			۴/۷		

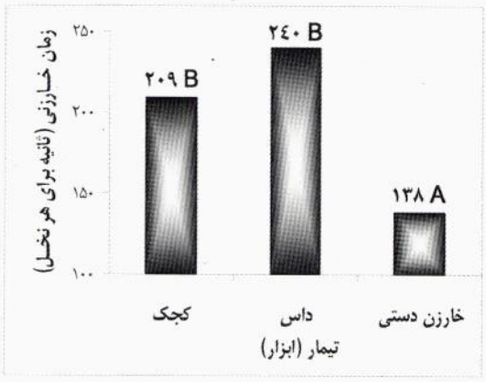
ns و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪ احتمال

1- Span

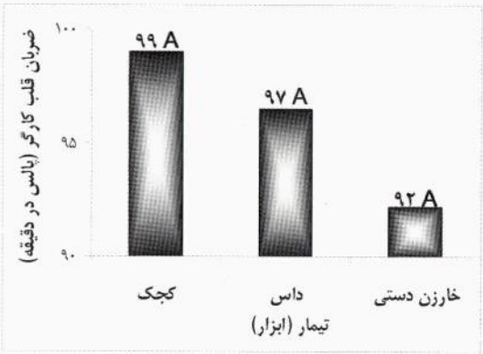


شکل ۸- نمای جانبی و روبروی نمونه نهایی ابزار خازن

در استفاده از ابزار جدید ملاحظه می‌شود که با وجود افزایش سرعت عملیات، افزایش خارهای جدا شده در واحد زمان و عدم استفاده از هر گونه منبع توانی غیر از توان کارگری، نه تنها ضربان قلب کارگر افزایش نیافته، بلکه کمتر نیز شده است؛ اگر چه این میزان کاهش در مقایسه با دو ابزار دیگر از نظر آماری معنی‌دار نیست (شکل ۱۰). دلیل این امر را می‌توان در حذف نیاز به صعود از نخل در ابزار جدید جستجو نمود.



شکل ۹- نمودار مقایسه زمان خارزنی ابزار جدید با ابزار خارزنی مرسوم در سطح آماری ۱٪



شکل ۱۰- نمودار مقایسه شدت سختی کار با ابزار جدید در مقایسه با دو ابزار مرسوم

ارزیابی اولیه عملکرد ابزار نشان داد که با استفاده از آن، زمان عملیات تا حدود ۳ دقیقه برای هر نخل کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج حاصله سرعت خارزنی با ابزار جدید به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۷۴ برابر سریعتر از کجک و داس می‌باشد. همچنین نسبت به دو ابزار کجک و داس به ترتیب باعث صرفه‌جویی در زمان عملیات به میزان ۳۴ و ۴۳ درصد می‌گردد. افزون بر این، با توجه به دسته بلند ابزار، لزوم صعود کارگر از نخل‌های تا ارتفاع ۲/۵ متر منتفی شده و میزان خطر آسیب‌رسانی خارها به کارگر نیز بسیار کاهش یافته است. حداکثر ارتفاع عملیاتی این ابزار حدود ۲/۵ متر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابزاری دستی برای حذف خار برگ های نخل خرما با هدف افزایش سرعت و ایمنی عملیات، طراحی و ساخته شد. این ابزار از یک تیرک آلومینیومی به طول ۱/۵ متر، یک سازه فک مانند، دو تیغه متقابل، سه عدد غلتک جهت تسهیل حرکت ابزار بر دمبرگ، اهرمی در پایین تیرک جهت بسته نمودن تیغه ها و دو سیم بافته شده روکش‌دار برای انتقال حرکت و نیرو از اهرم به تیغه ها تشکیل یافته است. یک کارگر به تنهایی قادر به استفاده از این ابزار می‌باشد و نیازی به نیروی محرکه خارجی نیست.

پیشنهادات

ویژگی های کنونی صنعت خرمای کشور به گونه‌ای است که کشش برای خرید و استفاده از ابزار پر هزینه را در آن بسیار اندک نموده است. از سویی دیگر تولید خرما دربردارنده مجموعه متعددی از عملیات فنی است که نیاز آنها به مهارت، مهمتر از نیاز قدرتی آنها است. هر دو عامل فوق تاکنون باعث متوقف ماندن مکانیزاسیون در این صنعت مهم شده‌اند. به نظر می‌رسد در چنین شرایطی طراحی و ساخت ابزار دستی مناسب، کارا و ارزان با استقبال نخلداران روبرو خواهد شد و می‌تواند به مکانیزاسیون این صنعت کمک نماید. ابزار حاضر با چنین دیدگاهی طراحی و ساخته شد. بدین منظور موارد زیر جهت افزایش کارایی و ضریب موفقیت ابزار حاضر، پیشنهاد می‌شوند.

- ارزیابی ابزار در مقیاس وسیع و در شرایط کاری مختلف
- بررسی امکان انجام تغییرات در ابزار و استفاده از آن در سایر عملیات نخل خرما
- بهینه‌سازی و طراحی صنعتی ابزار بهینه به منظور ارائه آن به نخکاران کشور.

سپاسگزاری

بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در اجرای این تحقیق همکاری نموده اند به ویژه سرکار خانم مهندس سهام احمدی زاده کارشناس محترم موسسه تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور، محمد بیت سیاح و شادروان عبدالرضا ساعدی پرسنل تلاش گر کلکسیون ذخایر توارثی خرمای کشور تشکر و قدر دانی می نمایم.

منابع

۱. البوزهر، ا. ۱۳۸۲. گزارش پژهشی طرح تحقیقاتی طراحی، ساخت و ارزیابی ابزار دستی خارزنی ویژه نخل خرما. موسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور، اهواز. ۷ ص.

۲. بی‌نام. ۱۳۷۷. طراحی، ساخت، آزمایش و بهینه‌سازی ماشین سرویس‌دهنده نخل خرما. سازمان پژوهش های علمی و صنعتی کشور، پژوهشکده کشاورزی. ۲۶ ص.

۳. ولی‌نژاد، ع. ۱۳۷۹. جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی (تالیف رویتلینگن، اولریش فیشر). چاپ نهم. انتشارات طراح، تهران. ۳۳۴ ص.

۴. هاشم‌پور، م. ۱۳۷۸. گنجینه خرما. جلد اول (کلیات). نشر آموزش کشاورزی. ۶۶۸ ص.

5. Al-Suhaibani, S.A.,. Babaeir, A.S., Kilgour, J., and Flynn, J.C. 1990. The design of a date palm service machine. Journal of Agricultural Engineering Research 40(4): 143-157.

6. Botes, A., and Zaid, A. 1999. The economic importance of date production and international trade in: Date Palm Cultivation, ed. Zaid, A., pp: 45-57. FAO plant production and protection paper: 156 p. Rome

7. Brown, G.K., Sarig, Y., and Perkins, R.M. 1983. Date production mechanization-worldwide. Proceedings of the International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Harvesting Mechanization. BetDagan, Israel, pp: 171-177.

8. Lewis, W.P., and Samuel, A.E. 1986. Fundamentals of Engineering Design. Prentice Hall. Australia, 256 p.

9. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp: 439-457.

10. Smith, D.W., Sims, B.G., and O'Neill, D.H. 1994. Testing and Evaluation of Agricultural Machinery and Equipment: Principles and Practices. FAO Agricultural Service Bulletin 110. Rome. Italy: 272 p.

11. Zaid, A., and DeWet, P.F. 1999. Botanical and systematic description of the date palm in: Date Palm Cultivation, ed. Zaid, A., pp: 1-28. FAO plant production and protection paper : 156 p. Rome.

12. Zaid, A., and DeWet, P.F. 1999. Pollination and bunch management in: Date Palm Cultivation, ed. Zaid, A., pp: 144-205. FAO plant production and protection paper: 156 p, Rome.