

طراحی و ساخت ماشین برداشت خرما و مقایسه کارایی آن با روش سنتی در برداشت خرما

دانیال محمودآبادی^۱ و محمدعلی رستمی^{۲*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸)

چکیده

به منظور ارزیابی روش سنتی و برداشت ماشینی خرما از روی زمین و بدون نیاز به بالا رفتن کارگر از درخت، دستگاهی ساخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Rhinoceros 3D ترسیم و دستگاه بر اساس این نقشه‌ها ساخته شد. بخش‌های اصلی این ماشین شامل دسته تلسکوپ، اهرم گیرنده خوشه (انبر)، شوت انتقال خرما، رینگ و دسته تلسکوپ آن بود. برای ارزیابی عملکرد این ماشین، آزمون‌هایی در باغ خرما در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل برداشت خرما با ماشین ساخته شده در این تحقیق و برداشت خرما به روش سنتی (دستی) بود. پارامترهای مورد بررسی شامل مدت زمان لازم برای برداشت خرما، میزان خرمای ریخته شده روی زمین، میزان خرمای تلف شده، میزان کل برداشت خرما و میزان خرمای بسته‌بندی شده در سه چین (سه مرحله برداشت خرما) بود. نتایج نشان داد که روش برداشت خرما بر زمان صرف شده برای برداشت، میزان خرمای ریخته شده روی زمین و میزان خرمای تلف شده تأثیر معنی‌دار داشت. برداشت خرما با ماشین ساخته شده باعث کاهش ۴۳ درصدی در زمان برداشت شد. میزان خرمای تلف شده در روش ماشینی و دستی به ترتیب ۰/۶۹ و ۲/۷۴ درصد بود. نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده کاهش ۵۷ درصدی خرمای ریخته شده روی زمین و کاهش ۷۵ درصدی خرمای تلف شده (له‌شده) در برداشت ماشینی نسبت به برداشت سنتی بود. ظرفیت برداشت خرما توسط کارگر ۲۷۴/۷ کیلوگرم یا ۴۵/۳ خوشه در ساعت و توسط ماشین ۴۷۴/۹ کیلوگرم در ساعت یا ۸۰/۲ خوشه در ساعت بود.

کلمات کلیدی: برداشت خرما، ضایعات، ماشین، نخل

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت، جیرفت

۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

* پست الکترونیک: marostami1351@gmail.com

مقدمه

برداشت خرما مستلزم صعود از نخل و دسترسی به تاج آن برای جداسازی مکانیکی میوه‌ها از خوشه است. اگرچه تلاش‌هایی برای جداسازی میوه از نخل بدون نیاز به بالا رفتن کارگر از نخل انجام شده و یا در حال انجام است، لیکن این تلاش‌ها تاکنون در بعد تجاری گسترش نیافته و نیاز به صعود از نخل کماکان باقی است. از این رو برداشت خرما در وهله اول به وجود کارگران ماهر بالارو از نخل و وجود ابزار مناسب همچون نردبان‌های بلند آلومینیومی یا بالابره‌های ویژه و تحمل هزینه‌های آن‌ها وابسته است.

هم‌اکنون در ایران برای برداشت خرما، کارگر از درخت نخل بالا رفته و خوشه‌های خرما را می‌تکند. در این روش، خرما روی پارچه‌ای که زیر درخت قرار گرفته می‌ریزد. این نوع برداشت مشکلاتی از جمله آسیب زیاد و تلفات بالای خرما به دلیل سقوط از ارتفاع زیاد روی زمین و همچنین خطر سقوط کارگر از بالای درخت را در بر دارد. در سال‌های اخیر نیروی کارگری که مهارت بالا رفتن از درخت را دارا می‌باشند، مسن شده و نیروی جوانی که می‌بایست جایگزین این گروه گردد به واسطه خطرات مذکور از انجام این کار سر باز زده و باغداران با کمبود نیروی کاری که توان و مهارت بالا برای بالا رفتن از درخت را دارا باشند، مواجه شده‌اند. برای رفع این مشکلات دستگاه‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که تعدادی از آن‌ها متصل به تراکتور بوده و گروهی دیگر بدون نیاز به تراکتور کار می‌کنند. به‌کارگیری این دستگاه‌ها در نخلستان‌های کشور دارای مشکلاتی نظیر هزینه نسبتاً بالا، نیاز به کاربر متخصص، غیرقابل استفاده بودن در باغات متراکم و نامنظم می‌باشند. علاوه بر این، تمام این دستگاه‌ها که به‌گونه‌ای بالابر هستند و کارگر را تا ارتفاع خوشه خرما بالا می‌برند، مجدداً خطر سقوط کارگر را هرچند کم، به همراه دارند. در این پژوهش ماشین ساده‌ای برای برداشت خرما ساخته و ارزیابی شد که در استفاده از آن نیازی به بالا رفتن کارگر از درخت نیست و مشکلات یاد شده را ندارد.

خرما یکی از مهم‌ترین میوه‌ها در بیش از ۳۰ کشور جهان است. نخل‌ها در سراسر مناطق بیابانی جهان گسترش یافته‌اند. سطح زیرکشت نخلستان‌های کشور در سال ۱۳۹۶ حدود ۲۱۵ هزار هکتار و تولید خرما در ایران ۱/۲ میلیون تن گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

مرزبان و حیاتی (۱۳۹۷) فعالیت‌های بحرانی عملیات برداشت سنتی خرما را از نظر ارگونومیکی مورد ارزیابی قرار دادند. این عملیات شامل عملیات بالای نخل خرما (بالا رفتن از درخت خرما، برش خوشه‌ها، پایین آمدن از نخل) و عملیات پایین درخت نخل (تکاندن خوشه‌ها، جدا کردن میوه‌ها و بسته‌بندی درون جعبه) بود. آن‌ها به منظور تعیین فعالیت‌های بحرانی از ارزیابی فیزیولوژیکی (ضربان قلب و دامنه ضربان قلب) و فیزیکی (میزان درد و ناراحتی اعضای بدن) استفاده کردند. نتایج نشان داد که عملیات بالای درخت نخل با ضربان قلب و دامنه ضربان قلب به ترتیب ۲۹/۴ و ۱۷۷/۸ درصد نسبت به عملیات پایین نخل فشار فیزیولوژیکی بیشتری به کارگر وارد می‌کند. کارگران عملیات بالای نخل به درد ناحیه کمر و کف پا مبتلا بودند، در حالی که کارگران عملیات پایین نخل تنها در ناحیه کمر درد داشتند. بر اساس نتایج این پژوهش عملیات بالای نخل عملیات بحرانی برداشت سنتی خرما بوده و فعالیت بالا رفتن از درخت بیشترین فشار فیزیولوژیکی را ایجاد کرد.

مستوفی‌سرکاری^۱ (۲۰۱۶) یک بالابر متصل به تراکتور برای استفاده در باغات خرما معرفی نمود که با یک‌بار بالا رفتن از درخت توانایی برداشت و سرویس‌دهی به ۲ تا ۴ درخت را دارد. دستگاه در باغات سنتی که فضایی برای حرکت تراکتور ندارند قابل استفاده نیست و برای برداشت خرما نیاز به ۲ فرد، یک کارگر ساده و یک راننده آموزش‌دیده تراکتور دارد.

نورانی و گارباتی^۲ (۲۰۱۴) به علت افزایش کاشت درختان نخل خرما در الجزایر، کمبود کارگران ماهر برای برداشت خرما و هزینه بالای این عملیات دشوار، یک دستگاه برداشت خرما به صورت خوشه‌ای را طراحی نموده و پس از ساخت، مورد ارزیابی قرار دادند. دستگاه پیشنهادی در نرم‌افزار SolidWorks طراحی شده و شامل سکوی تثبیت کننده، دستگاه بالابری، دستگاه پائین آوری و دستگاه برش بود. این دستگاه برای برش و پایین آوردن کل خوشه‌ها بدون نیاز به بالا رفتن از درخت به صورت دستی، مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه دارای ۲۸ کیلوگرم وزن بود تا به سهولت قابلیت جابه‌جایی داشته باشد. بر اساس آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده، مشخص شد که پس از

1. Mostofi Sarkari
2. Nourani and Garbati

برآورده کند، اکثر عملیات مدیریتی نخل خرما در سراسر دنیا به صورت دستی انجام می‌شود. در پژوهش آنها یک بالابر پشت تراکتوری دوکاره سرویس نخل خرما که به یک سکوی U شکل و یک ربات الکترومکانیکی مجهز بود، طراحی و ساخته شد. دستگاه ساخته شده می‌توانست به‌طور جداگانه توسط ربات بدون سکو و کارگر روی سکو مورد استفاده قرار گیرد. ماشین همچنین می‌توانست به سه نقطه اتصال هر نوع تراکتوری متصل شود. آزمایش‌ها نشان داد مدت زمان برداشت یک نخل خرما با استفاده از بالابر و یک کارگر، ۱۳/۵ دقیقه می‌باشد. این مدت، با دو کارگر ۱۱/۲ دقیقه ثبت شد.

مظلوم‌زاده و شمسی^۳ (۲۰۰۷) با ارزیابی روش‌های برداشت خرما در ایران دریافتند که ماشین‌های بالابر حال حاضر برای برداشت خرما، مناسب نیستند و بایستی اصلاح و بهینه‌سازی شوند.

مصطفی فادل^۴ (۲۰۰۵) در تحقیقی در راستای مکانیزه کردن برداشت خرما اقدام به طراحی یک بالابر پشت تراکتوری کرد. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که استفاده از این بالابر باعث کاهش هزینه و افزایش سرعت برداشت خرما می‌شود. همچنین دستگاه ساخته شده از ایمنی بالایی برخوردار بود و مانع از آسیب رسیدن به کارگر می‌شد. مدت زمان برداشت هر نخل در این روش بین ۷ تا ۹ دقیقه بود. یکی از مزیت‌های بیان شده در بالابر ساخته شده در این تحقیق افزایش کیفیت خرما برداشت شده و کاهش تلفات خرما بود. روش مکانیزه برداشت منجر به کاهش آسیب به میوه شده و از این طریق باعث افزایش درآمد می‌شد.

پژوهش‌های آل‌بوذر (۱۳۸۱) نشان داد که برداشت سنتی خرما باعث افزایش ضایعات کمی و کیفی خرما به دلیل ضرب‌دیدگی میوه‌ها و پخش شدن آن‌ها روی زمین و همچنین آلوده شدن میوه‌ها با خاک می‌شود. برداشت دست‌چین خرما نیز تنها در مورد ارقام مطلوب و تجاری اجرا می‌شود. وی در تحقیقی، الگوی توسعه مکانیزاسیون در گرده‌افشانی خرما را ارائه نمود. او دریافت که امروزه این صنعت کماکان با مشکل پایین بودن بهره‌وری حاصل از پایین بودن کمیت و کیفیت محصول در اثر تنوع و تعدد عملیات تولید، روش‌های سنتی و مکانیزه نبودن فرآیند

استقرار دستگاه در اطراف تنه درخت، مدت زمان برداشت خوشه‌های یک نخل خرما، سه دقیقه زمان خواهد برد.

معتمدالشریعتی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی برای برداشت خرما یک بالابر که به اتصال سه نقطه تراکتور متصل شده و توسط آن حمل می‌شد، معرفی نمودند. این دستگاه نیروی لازم را از سیستم هیدرولیک تراکتور تأمین کرده و کارگر را به بالای درخت هدایت می‌کند. جهت جلوگیری از واژگونی فرد و دسترسی وی به اطراف درخت، یک حفاظ (سبد) تعبیه شده است و کارگر عملیاتی چون برداشت، گرده‌افشانی و کیسه گرفتن خرما را به راحتی انجام می‌دهد. فضای تعبیه شده بالابر، این امکان را برای کارگر به وجود می‌آورد تا به راحتی خوشه‌های چیده شده را روی بالابر قرار دهد و به سهولت به نقاط مختلف بالای نخل دسترسی داشته باشد. همچنین سرعت بالا رفتن و پایین آمدن وسیله طوری تنظیم شده است که کارگر احساس ناراحتی نکند.

شمسی^۱ (۲۰۱۱) برای مکانیزه کردن برداشت نخل خرما، اقدام به ساخت ماشین چهارچرخه نمود که نسبتاً سبک وزن بوده و قابلیت برداشت مکانیزه خرما و همچنین گرده افشانی را دارد. دستگاه ساخته شده به شکل ربات بالارونده بوده و مدت زمان برداشت میوه یک درخت با آن ۲۲ دقیقه است. در ارزیابی این دستگاه نیز بیان شده است که برداشت مکانیزه باعث کاهش تلفات و افزایش کیفیت محصول برداشت شده می‌شود.

کرامت‌جهرمی^۲ و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی مدل پیشنهادی دستگاه بالابر چنگ زننده برای درخت خرما را ارائه دادند که استفاده از تنه درخت به‌عنوان بالابر، اندازه و وزن دستگاه را کاهش داد. این مدل در باغاتی که نظم کاشت ندارند، قابل استفاده است و برای درختانی که تحمل وزن اضافه در محدوده ۱۴۴ تا ۷۳۰ کیلوگرم را دارند و دارای قطر ۴۰ الی ۶۰ سانتی‌متر هستند، قابل استفاده است. برای استفاده از این دستگاه لازم است محدوده‌ای از ارتفاع و قطر درخت تعریف شود تا به درخت آسیب نزنند.

مظلوم‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) طی تحقیقی روی سرویس مکانیکی درخت خرما، بیان نمودند که به دلیل وجود نداشتن روش مکانیزه کاملی که تمام نیاز نخل‌داران را

3. Mazlounzadeh and Shamsi
4. Moustafa Fadel

1. Shamsi
2. Keramat Jahromi

نیاز به بالا رفتن کارگر از درخت عمل برداشت خرما را انجام داد، ساخته شده و ارزیابی گردید. دستگاه بر اساس نقشه‌هایی که با استفاده از نرم‌افزار Rhinoceros 3D ترسیم گردید، ساخته شد. این ماشین دارای بخش‌های اصلی شامل دسته تلسکوپی، اهرم گیرنده خوشه (انبر)، شوت انتقال خرما، رینگ و دسته تلسکوپی آن می‌باشد (شکل ۱). مجموع هزینه ساخت دستگاه برداشت خرما در سال ۱۳۹۷ برابر ۴۳۶ هزار تومان بود. چنانچه دستگاه تولید انبوه شود، هزینه آن کاهش خواهد یافت. اهرم گیرنده خوشه روی یک دسته تلسکوپی سوار شده و

تولید، عدم رعایت صحیح اصول علمی تولید، سختی کار (ناشی از بالا رفتن از نخل) و کمبود نیروی کار ماهر و مایل به کار در نخلستان روبرو می‌باشد. به همین جهت توسعه مکانیزاسیون در این صنعت مهم امری ضروری است.

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی روش سنتی و برداشت ماشینی خرما از روی زمین و بدون نیاز به بالا رفتن کارگر از درخت، دستگاهی ساخته شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک ماشین که به کمک آن می‌توان بدون



شکل ۱- شمای کلی دستگاه ساخته شده در نمای سه بعدی (سمت چپ) و نمای بالا (سمت راست)

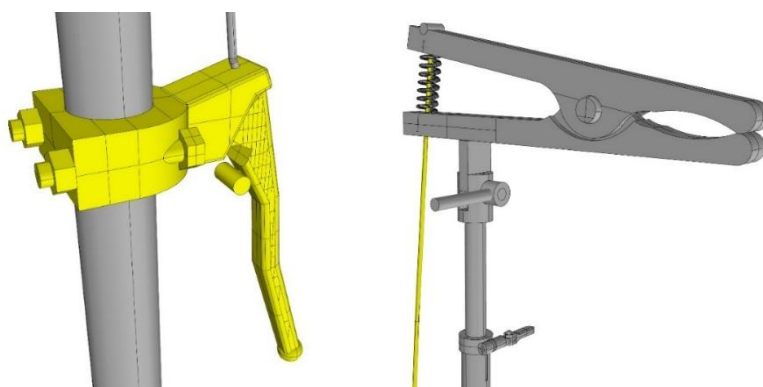
افزاده و محکم نگه داشته می‌شود (شکل ۴). با تکان دادن دسته تلسکوپی توسط کارگر، خوشه تکان خورده و خرما از خوشه جدا می‌شود.

در روش برداشت دستی، خرما از ارتفاع زیاد روی زمین افتاده و روی پارچه‌ای که در زیر درخت پهن شده یا توسط چند نفر کارگر بالاتر از سطح زمین نگه داشته شده است، می‌ریزد اما این ماشین دارای یک شوت انتقال خرما می‌باشد که از رینگ، دسته تلسکوپی و یک کانال از جنس گونی ساخته شده است. رینگ زیر خوشه قرار گرفته و در واقع کل خوشه در داخل شوت انتقال خرما قرار گرفته و هنگام تکان خوردن خوشه توسط کارگر، خرما جدا شده از خوشه، از طریق کانال به سمت زمین هدایت می‌شود (شکل ۵). بدین وسیله سرعت حرکت خرما کم شده و به سمت زمین هدایت می‌شود. با قرار دادن کارتن یا هر نوع جعبه دیگر در انتهای شوت انتقال، خرما به داخل کارتن

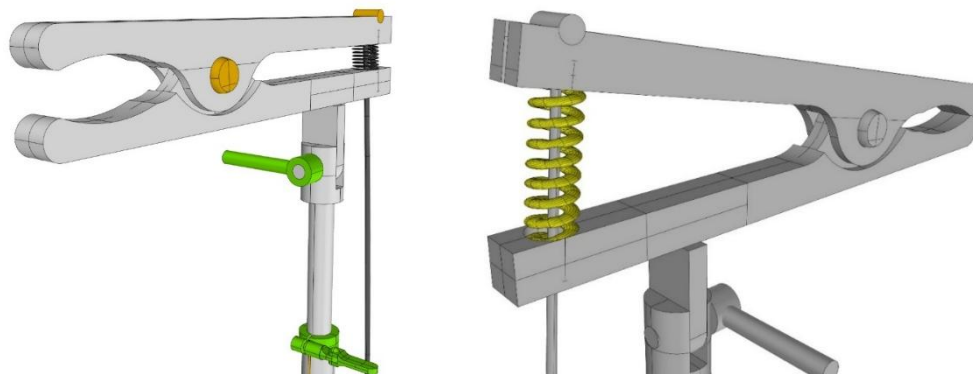
به کمک یک سیم بکسل، در پایین درخت، توسط کارگر کنترل می‌شود. دسته تلسکوپی شامل تعدادی لوله و بوش از جنس فولاد ضدزنگ می‌باشد که طول آن قابل تغییر است، تا بتوان طول آن را برای دستیابی به خوشه‌های خرما در ارتفاع مختلف تنظیم نمود (شکل ۲). اهرم گیرنده خوشه در نزدیکی خوشه قرار گرفته و با کشیدن سیم بکسل، توسط کارگر، فک اهرم گیرنده خوشه باز می‌شود. برای کشیدن و آزاد کردن سیم بکسل از یک اهرم استفاده شده که کنترل آن در دست کارگر بوده و در پایین دسته تلسکوپی قرار دارد (شکل ۳). هنگام برداشت خرما، این اهرم فشرده شده و سیم بکسل کشیده می‌شود. با کشیده شدن سیم بکسل فک اهرم گیرنده خوشه از هم باز شده و دم خوشه در داخل فک اهرم گیرنده خوشه قرار گرفته و سیم بکسل رها می‌شود. بدین وسیله دم خوشه، به کمک یک فنر در میان فک اهرم گیرنده خوشه، گیر



شکل ۲- بوش و محل قرارگیری آن در لوله تلسکوپی



شکل ۳- محل قرارگیری سیم بکسل. اهرم گیرنده سیم بکسل (سمت چپ) و محل اتصال سیم بکسل به اهرم گیرنده خوشه (سمت راست)



شکل ۴- اهرم گیرنده خوشه و اجزاء آن



شکل ۵- شوت انتقال خرما، رینگ و نحوه قرارگیری آن در زیر خوشه



شکل ۶- استفاده از کرپی برای اتصال قطعات مختلف در دستگاه

آزمون و ارزیابی عملکرد ماشین برداشت خرما
برای ارزیابی عملکرد این ماشین، آزمون‌هایی در باغ خرما در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل برداشت خرما با ماشین ساخته شده در این تحقیق و برداشت خرما به روش سنتی (دستی) بود. پارامترهای مورد بررسی شامل مدت زمان لازم برای برداشت خرما، میزان خرما ریخته شده روی زمین، میزان خرما تلف شده، میزان

ریخته و توسط کارگر برای عملیات بعدی منتقل می‌شود. اهرم گیرنده خوشه، رینگ و اهرم کنترل سیم بکسل به کمک تعدادی کرپی روی دسته‌های مربوطه سوار شده و قابل جدا شدن از دستگاه هستند (شکل ۶). بنابراین در پایان فصل کار، کلیه اجزای ماشین قابل جدا شدن از یکدیگر بوده و عمل نگهداری دستگاه در فضای کم ممکن است.

خرما می‌شود. در هر دو روش برداشت، مقداری خرما روی زمین ریخته می‌شد. بخشی از خرما ریخته شده روی زمین قابل بازیابی بود ولی بخش دیگری لهیده شده و ضایعات به حساب آمده و قابل بازیابی نبود. برای ارزیابی این موضوع، پس از برداشت خرما و اتمام کار در هر دو روش، میزان خرما ریخته شده روی زمین وزن شده و از این میزان، بخشی از خرما که لهیده شده و ضایعات به حساب می‌آید نیز جداگانه وزن شده و به عنوان خرما تلف شده ثبت شد.

وزن نهایی خرما بسته‌بندی شده

در نهایت وزن کل میوه برداشت شده از ۱۰ خوشه ثبت شده و با کم کردن وزن خرما ریخته شده روی زمین از آن، وزن خرما بسته‌بندی شده در هر دو روش ثبت شد. با توجه به اینکه در این پژوهش ۲ روش برداشت خرما مورد مقایسه قرار گرفته است، از آزمون t و نرم‌افزار SAS 9.1.3 برای بررسی معنی‌داری استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون t برای زمان برداشت خوشه‌های خرما، میزان کل خرما برداشت شده، میزان خرما بسته‌بندی شده، میزان خرما روی زمین ریخته و میزان خرما تلف شده در دو روش برداشت ماشینی و سنتی در جدول ۱ و میانگین و انحراف معیار داده‌ها، در جدول ۲ آمده است.

کل برداشت خرما و میزان خرما بسته‌بندی شده در سه‌چین (سه مرحله برداشت خرما) بود.

هرپلات آزمایشی شامل دو اصله درخت و در هر درخت پنج خوشه برداشت شد. در روش سنتی کارگر از درخت بالا رفته و خوشه‌های درخت را یکی‌یکی تکانده و پس از پایان برداشت پنج خوشه، از درخت پایین آمده و از درخت بعدی بالا رفته و همین عمل را مجدداً تکرار نمود. در این روش، خرما روی یک پارچه که در زیر درخت پهن شده بود، ریخته می‌شد. در روش ماشینی نیز خرما پنج خوشه از هر درخت برداشت شده و به داخل یک کارتن هدایت می‌شد. هر یک از پارامترهای یادشده به روش زیر اندازه‌گیری شدند:

مدت زمان لازم برای برداشت خرما

زمان لازم برای برداشت خرما از دو درخت (۱۰ خوشه) توسط ماشین ثبت شد، همچنین جهت مقایسه در شرایط یکسان، مدت زمان لازم برای برداشت خرما از دو درخت (۱۰ خوشه) نیز توسط کارگر، اندازه‌گیری شد. هر یک از آزمون‌ها سه بار تکرار شدند.

میزان خرما ریخته شده روی زمین و میزان خرما تلف شده

میزان خرما ریخته شده روی زمین در طی برداشت از اهمیت زیادی برخوردار است، به‌خصوص اینکه ریختن خرما روی زمین از لحاظ بهداشتی، باعث کاهش کیفیت

جدول ۱- نتایج آزمون t برای صفات مورد بررسی

Std. Error Difference	Mean Difference	Sig	t	df	صفت
۰/۴۹	۵/۹۰	۰/۰۰۰	۱۱/۸۸	۴	زمان برداشت
۰/۲۴	۲/۳۳	۰/۰۰۱	۹/۵۶	۴	خرمای ریخته شده روی زمین
۰/۱۷	۱/۲۵	۰/۰۰۲	۷/۱۷	۴	خرمای تلف‌شده
۲/۸۶	۱/۰۳	۰/۷۳۷	۰/۳۶	۴	کل خرما برداشت‌شده
۲/۸۷	-۱/۳۰	۰/۶۷۴	-۰/۴۵	۴	کل خرما بسته‌بندی شده

درصدی زمان برداشت در روش ماشینی است. با توجه به نتایج حاصله مدت زمان صرف شده برای برداشت خرما از هر درخت به کمک ماشین ۳ دقیقه و ۴۹ ثانیه و در روش سنتی ۶ دقیقه و ۴۲ ثانیه بود.

میزان خرما ریخته شده روی زمین طی عملیات برداشت از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا که مجدداً نیاز خواهد بود تا کارگر برای جمع کردن خرما ریخته شده، وقت

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که بین مقادیر زمان صرف شده برای برداشت خرما در دو روش برداشت سنتی و ماشینی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به نتایج جدول ۲، میانگین مدت زمان برداشت ۱۰ خوشه خرما با استفاده از ماشین، برابر با ۷ دقیقه و ۱۹ ثانیه (۷/۳۲ دقیقه) و در روش سنتی ۱۳ دقیقه و ۱۲ ثانیه (۷/۲ دقیقه) بود که نشانگر کاهش ۴۳

کیلوگرم آن له شده بود اما میزان خرمای ریخته شده روی زمین حین برداشت با ماشین ۱/۷۸ کیلوگرم بود که ۴۱۰ گرم آن له شده بود. با توجه به نتایج جدول ۲ با احتساب میزان کل برداشت خرما در روش سنتی (به طور میانگین ۶۰/۵ کیلوگرم برای ۱۰ خوشه در هر چین) و میزان خرمای تلف شده (به طور میانگین ۱/۶۶ کیلوگرم برای ۱۰ خوشه در هر چین)، ۲/۷۴ درصد از خرمای برداشت شده، تلف شده است. بر اساس نتایج جدول یاد شده با احتساب میزان کل خرمای برداشت شده در روش ماشینی (۵۹/۵ کیلوگرم برای ۱۰ خوشه) و میزان خرمای تلف شده

بگذارد و از طرفی بخشی از این خرما در طی برداشت در اثر تحرک کارگران زیر پا لهیده شده که به عنوان ضایعات خرما در نظر گرفته می شود. نتایج جدول ۱ نشان می دهد که بین مقادیر خرمای ریخته شده روی زمین در دو روش برداشت سنتی و ماشینی اختلاف معنی دار وجود دارد، همچنین بین مقادیر خرمای تلف شده در دو روش برداشت، اختلاف معنی دار وجود دارد. نتایج جدول ۲ نشان می دهد که در حین برداشت سنتی خرما توسط کارگران، به طور میانگین میزان ۴/۱۱ کیلوگرم خرمای ریخته شده روی زمین در هر چین وجود داشت که از این میزان ۱/۶۶

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار صفات مورد بررسی

صفت	روش برداشت	میانگین	انحراف معیار
زمان برداشت	سنتی	۱۳/۲	۰/۷۹
	ماشینی	۷/۳۲	۰/۳۲
خرمای ریخته شده روی زمین	سنتی	۴/۱۱	۰/۳۰
	ماشینی	۱/۷۸	۰/۲۹
خرمای تلف شده	سنتی	۱/۶۶	۰/۲۷
	ماشینی	۰/۴۱	۰/۱۱
کل خرمای برداشت شده	سنتی	۶۰/۵	۳/۸۲
	ماشینی	۵۹/۵	۳/۱۶
کل خرمای بسته بندی شده	سنتی	۵۶/۴	۳/۶۹
	ماشینی	۵۷/۷	۳/۳۳

برداشت شده و میزان خرمای بسته بندی شده در دو روش برداشت، اختلاف معنی داری وجود ندارد. متوسط میزان کل خرمای برداشت شده از ۱۰ خوشه در هر چین در روش سنتی ۶۰/۵ کیلوگرم در مدت زمان ۱۳ دقیقه و ۱۲ ثانیه می باشد. بنابراین ظرفیت برداشت خرما توسط کارگر ۲۷۴/۷ کیلوگرم یا ۴۵/۳ خوشه یا ۹ درخت در ساعت می باشد. نتایج همچنین نشان می دهد متوسط میزان کل خرمای برداشت شده از ۱۰ خوشه در هر چین در روش ماشینی ۵۹/۵ کیلوگرم در مدت زمان ۷ دقیقه و ۱۹ ثانیه می باشد. بنابراین ظرفیت برداشت خرما توسط ماشین و ۴۷۴/۹ کیلوگرم، یا ۸۰/۲ خوشه یا ۱۶ درخت در ساعت می باشد. بنابراین ظرفیت برداشت خرما توسط ماشین،

(۰/۴۱۰ کیلوگرم برای ۱۰ خوشه)، ۰/۶۹ درصد از خرمای برداشت شده، تلف شده است. نتایج نشان دهنده کاهش ۵۷ درصدی خرمای ریخته شده روی زمین و کاهش ۷۵ درصدی خرمای تلف شده (له شده) در برداشت ماشینی نسبت به برداشت سنتی بود. ارزش اقتصادی خرمای ضایع شده در روش سنتی با احتساب متوسط عملکرد ۶ تن خرما در هکتار (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) و قیمت هر کیلوگرم خرما ۱۵ هزار تومان و ۲/۷۴ درصد تلفات، دو میلیون و چهارصد و شصت و شش هزار تومان در هکتار برآورد می شود که در روش ماشینی به ششصد و بیست و یک هزار تومان کاهش می یابد. نتایج جدول ۱ نشان می دهد که بین میزان کل خرمای

زمان کمتری (۳ دقیقه) نسبت به دستگاه ساخته شده توسط شمسی (۲۰۱۱) (۲۲ دقیقه) انجام می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش یک ماشین که می‌توان با آن بدون نیاز به بالا رفتن کارگر از درخت عمل برداشت خرما را انجام داد، ساخته شده و ارزیابی گردید. این ماشین برای برداشت خرما در باغات کوچک و در سطح خرده مالکی، قابل استفاده است، باغاتی که فاصله درختان در آنها کم بوده و امکان استفاده از ماشین‌های پشت تراکتوری یا خودرو برای برداشت خرما وجود ندارد. استفاده از این ماشین باعث افزایش سرعت برداشت خرما در مقایسه با روش سنتی شد. همچنین استفاده از این ماشین خطرات ناشی از بالا رفتن کارگران از درخت را حذف می‌کند، چون توسط کارگر در حالی که روی زمین و در کنار نخل ایستاده است برای برداشت خرما استفاده می‌شود. ماشین دارای یک شوت انتقال خرما می‌باشد که اجازه نمی‌دهد خرما از بالای درخت روی زمین افتاده و له شده یا آلوده شود.

۷۲/۸ درصد بیشتر از کارگر است. با توجه به اینکه در باغات خرما کشور بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ اصله نخل خرما کشت می‌شود (رستمی و همکاران، ۱۳۹۸)، بنابراین با احتساب میانگین ۲۰۰ اصله درخت نخل در یک هکتار، برداشت خرما در یک هکتار باغ با استفاده از ماشین ۱۲/۵ ساعت در روش سنتی ۲۲ ساعت، زمان می‌برد. ماشین ساخته شده توسط نورانی و گاربانی (۲۰۱۴) در الجزایر، دارای چهار چوب شبیه ماشین ساخته شده در این پژوهش می‌باشد با این تفاوت که در آنجا کل خوشه توسط ماشین بریده شده و به پایین درخت منتقل می‌شود و سپس عمل تکاندن و جداسازی خرما از خوشه در پایین درخت، انجام می‌شود اما ماشین ساخته شده در این تحقیق عمل تکاندن خوشه را در بالای درخت انجام می‌دهد، چون عمل برداشت خرما در ۲ یا ۳ چین انجام می‌شود. همچنین برداشت خرما از یک درخت با ماشین ساخته شده در این پژوهش در زمان ۳ دقیقه و ۴۹ ثانیه انجام شده و با ماشین ساخته شده در الجزایر برش خوشه و انتقال آن به پایین درخت ۳ دقیقه به طول انجامید. نتایج همچنین نشان می‌دهد که برداشت خرما از یک درخت با ماشین ساخته شده در این پژوهش در مدت

منابع

- احمدی، ک.، قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۶-۹۵. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۲۴ ص.
- البوزهر، ا. ۱۳۸۵. الگوی توسعه مکانیزاسیون در گرده‌افشانی خرما. نشریه زیتون. شماره ۱۷۰.
- رستمی، م.ح. و طاهری خراسانی، ن. ۱۳۹۸. طرح تحقیقاتی بهینه‌سازی و ارزیابی سم‌پاش باغی مجهز به فن کمکی به منظور سم‌پاشی نخیلات. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۵۵۳۹. ۷۱ ص.
- مرزبان، ا. و حیاتی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی ارگونومیکی عملیات برداشت سنتی میوه خرما. مجله ارگونومی، ۶(۳): ۱۰-۱۹.
- مظلوم‌زاده، س.م.، عبدی‌پور، م.، شمسی، م. و علوی، س.ن. ۱۳۸۷. سرویس مکانیکی درخت خرما، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۶ و ۷ شهریور، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- معمدالشریعتی، ح.ر.، یوسفی، م. و ناصری، م. ۱۳۹۳. طراحی بالابر برای آماده‌سازی نخل و برداشت خرما، اولین همایش ملی فناوری‌های نوین برداشت و پس از برداشت محصولات کشاورزی، ۳۰-۲۹ بهمن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران.
- Keramat Jahromi, M., Mirasheh, R. and Jafari, A. 2008. Proposed lifting model for gripper date palm service machines. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1167/1050>.
- Mazlounzadeh, M. and Shamsi, M. 2007. Evaluation of Alternative Date Harvesting Methods in Iran. Acta Horticulture, 736: 463-469.

- Mostofi Sarkari, M.R. 2016. Conceptual design and introducing proper tractor-mounted palm lifter using analytical hierarchy process (AHP). *International Journal of Advanced Reserch (IJAR)*, 4(11): 869-878.
- Moustafa Fadel, A. 2005. Development of a tractor-mounted palm tree service machine, *Emir. Jornal Agricultur Science*, 17(2): 30-40.
- Nourani, A. and Garbati, F. 2014. Proposed harvester model for palm date fruit. *Journal of Agricultural Technology*, 10(4): 817-822.
- Shamsi, M. 2011. Design and development of a palm harvesting machine, Unpublished Ph.D. Thesis. Silsoe College, Cranfield University, UK.