تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۰/ شماره ۷۲/ بهار و تابستان ۱۳۹۸/ص ۲۰۸-۱۹۱

# ارزیابی مزرعه‌ای یک دستگاه بارکن هندوانه

**مریم لطفعلیان [۱*]، محمد دهقان‌خانیکی [۲]، سجاد رستمی کندری [۳]، بهرام حسین‌زاده [٤] و مهدی قاسمی ورنامخواستی [٥]**

۱، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب: فارغ التحصیل کارشناسی ارشد؛ دانشیار؛ و استادیاران گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۱

## چکیده

**سطح زیر کشت هندوانه در ایران معادل ۱/۲ درصد از سطح زیر کشت کل محصولات زراعی و ٤۲/۳ درصد از سطح کشت محصولات جالیزی است. با این‌همه، درجهٔ مکانیزاسیون در تولید هندوانه در ایران ناچیز است. برداشت هندوانه به‌ویژه مرحلهٔ بارگیری آن، به‌دلیل غیرمکانیزه بودن بسیار پرهزینه و زمان‌بر است. بر اساس پرسشنامه‌هایی که کشاورزان صیفی‌کار استان فارس پر کرده‌اند، ۷۰ درصد نیروی انسانی در مرحلهٔ برداشت برای بارگیری محصول به‌کار گرفته می‌شود. در این مطالعه، به معرفی و ارزیابی دستگاه کمک برداشت هندوانه برای بالا بردن راندمان برداشت پرداخته شده است. آزمایش‌های مزرعه‌ای با شیوه‌های مختلف کار با دستگاه در حالت‌های زیر اجرا و ظرفیت عملی مزرعه‌ای و درصد شکستگی ارزیابی شد، الف: چیدن هندوانه و بارگیری آن به‌صورت همزمان و ب: بارگیری محصولِ از قبل چیده شده، سرعت‌های مختلف تسمه (۰/۲۵، ۰/٤ و ۰/۵۵ متر بر ثانیه) و تعداد متفاوت کارگر شامل یک نفر برای بارگیری و یک نفر برای تخلیه، سه نفر بارگیری و ۲ نفر تخلیه، ٤ نفر بارگیری و ۳ نفر تخلیه. نتایج تحقیق نشان می‌دهد بیشترین ظرفیت بارگیری در روش بارگیری محصول از قبل چیده شده، با ۷ کارگر برای بارگیری و سرعت تسمه ۰/۵۵ متر بر ثانیه به‌میزان ۱۳/۲ تن در ساعت است با بیشترین میزان شکستگی ۳۸ (درصد). کمترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای نیز در روش چیدن و بارگیری همزمان هندوانه با ۳ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر بر ثانیه به‌میزان ٦/۱۵ تن در ساعت به‌دست‌آمده است. در روش برداشت چیدن و بارگیری همزمان هندوانه با تیمارهای ۵ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر بر ثانیه، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر بر ثانیه و ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/٤ متر بر ثانیه شکستگی محصول در زمان بارگیری مشاهده نشد. روش چیدن و بارگیری همزمان هندوانه با ترکیب سطوح ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/٤ متر بر ثانیه مناسب‌ترین عملکرد دستگاه از نظر بیشترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای و کمترین درصد شکستگی را در پی داشت. در این روش نیروی انسانی مورد نیاز برای چیدن و بارگیری یک تن هندوانه از ۱/۱٤ ساعت کارگر در روش سنتی به ۰/٦۱ ساعت کارگر کاهش یافته‌است.**

## واژه‌های کلیدی

**تعداد کارگر، سرعت تسمه، درصد شکستگی، روش بارگیری، ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

## مقدمه

کشت هندوانه در افزایش درآمد بسیاری از کشاورزان که به تولید آن می پردازند نقش کلیدی دارد. چین، ترکیه، ایران، برزیل، ازبکستان، ایالات متحده آمریکا، الجزیره و مصر به‌ترتیب بیشترین سطح زیر کشت هندوانه را دارند (Anon, 2016). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ سطح برداشت هندوانه کشور حدود ۱۳۷۸۲۰ هکتار برآورد شده که معادل ۱/۲

* نگارنده مسئول: Email: maryamlotfalian2161@yahoo.com

http://doi: 10.22092/erams.2018.120553.1243

درصد از کل محصولات زراعی و ۴۲/۳ درصد از کل سطح محصولات جالیزی است (Anon, 2017). با اینکه سطح زیر کشت هندوانه در کشور بالاست، درجه مکانیزاسیون برای تولید آن ناچیز است و به تولید ماشین‌های کشاورزی در این بخش چندان توجه نشده است. تا چند سال قبل عملیات زراعی در مرحلهٔ کاشت و برداشت به‌صورت کاملاً سنتی و با نیروی کارگری بوده است. در سال ۱۳۹۱ با ورود دستگاه‌های پلاستیک‌کش و بذرکار پلاستیک‌کش کاشت مکانیزه هندوانه رایج شد (Dehghan Khanyeki & Abbaspour-Fard, 2012).

در سال‌های گذشته قبل از ورود بذرهای اصلاح‌شده در کشت هندوانه، این محصول در چند مرحله برداشت می‌شد و حتی امکان ورود ماشین به مزرعه برای بارگیری محصول وجود نداشت. کارگران هندوانه‌های رسیده را می‌چیدند، کیسه‌گیری می‌کردند و بعد از انتقال کیسه‌ها به خارج از مزرعه به کامیون انتقال می‌دادند. بعد از ترویج کاشت بذرهای اصلاح‌شده، برداشت هندوانه به‌صورت تک چین و در یک مرحله امکان‌پذیر شد. در این روش، کارگران محصول را از بوته جدا و روی زمین در همان خط کاشت ردیف می‌کنند. پس از آن، کامیون وارد مزرعه می‌شود و کارگران هندوانه‌ها را به داخل ماشین بارگیری می‌کنند. بر اساس پرسشنامه‌های پر شده توسط کشاورزان صیفی‌کار استان فارس و آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان آباده، ۷۰ درصد نیروی انسانی مرحلهٔ برداشت برای بارگیری هندوانه به‌کار گرفته می‌شود. روش سنتی در بارگیری هندوانه، علاوه بر زمان‌بر بودن پرهزینه نیز هست. هنگام بارگیری، بدن در وضعیت نامناسب قرار می‌گیرد و ناراحتی‌های بسیاری برای کارگران ایجاد می‌شود. از طرف دیگر شیوهٔ خاص بارگیری، نیازمند استفاده از کارگر با قدرت بدنی بالاست. برخلاف بسیاری از محصولات کشاورزی که زنان و کودکان نقش زیادی در عملیات غیر مکانیزه دارند، به‌کارگیری این گروه نیروی انسانی در این بخش میسر نیست و همین مسئله تأمین کارگر مورد نیاز با خصوصیات گفته‌شده را سخت می‌کند. روش سنتی در بارگیری هندوانه زمان‌بر است که باعث می‌شود فرصت مناسب برای کاشت محصولات بعدی از دست برود و در بسیاری موارد نیز باعث از دست رفتن بازار مناسب فروش محصول می‌شود، ضمن اینکه بیشتر بودن نیروی کارگری افزایش هزینه‌های تولید را نیز در پی دارد.

آمدا و همکاران (Umeda *et al.*, 1999) به‌منظور تسهیل در برداشت هندوانه به طراحی یک ربات پرداختند که به‌دلیل شباهت ظاهری آن به لک‌لک، آن را STORCK نام‌گذاری کردند. این ربات قابلیت چرخش به طرفین را داشت و مجهز بود به یک لوله ایجاد خلأ به‌عنوان دست ربات و دو دوربین CCD کوچک برای گرفتن عکس و آنالیز تصاویر به‌منظور تشخیص موقعیت میوه برای چیده شدن. وجود برگ و ساقه با ضخامت بیش از ۱/۵ میلی‌متر بین لوله ایجاد خلأ و هندوانه مانع از بلند کردن میوه و انتقال آن به محل نگهداری محصول بود و بدین ترتیب این ربات کیفیت کار پایینی داشت.

لی‌جیا و همکاران (Lijia *et al.*, 2013) یک ماشین مکانیکی را برای چیدن و برداشتن هوشمندانهٔ هندوانه و انتقال آن به ماشین حمل و نقل به‌صورت خودکار و کاملاً مکانیزه طراحی کردند. این ماشین از یک پلتفرم متحرک، مکانیزم ضبط تصویر و تشخیص میوه، مکانیزم قیچی و برش، یک جفت بشقاب کامل برای گرفتن کامل میوه و حمل آن و سبدهای جمع‌آوری میوه تشکیل شده است.

پلتفرم متحرک در مجاورت ردیف‌های محصول حرکت می‌کند، سنسورهای بینایی محصول را تشخیص می‌دهند، دوربین‌های عکس‌برداری تصاویر را ضبط می‌کنند و از طریق ارتباطات بی‌سیم[1] اطلاعات به کامپیوتر منتقل می‌شود. کامپیوتر تصاویر را تجزیه و تحلیل می‌کند، هدف را تشخیص می‌دهد و مختصات جغرافیایی آن را محاسبه می‌کند، زاویهٔ حرکت بازوی مجهز به چاقو برای برش محصول مشخص و از طریق برنامه‌های از پیش تعیین شده فرمان حرکت بازوها و برش محصول صادر می‌شود. بازوها به حرکت درمی‌آیند و در حالی‌که بشقاب‌ها میوه را نگه‌داشته‌اند، چاقو هندوانه را از بوته جدا می‌کند. بشقاب‌ها میوه جداشده از بوته را به مخزن و سبد جمع‌آوری میوه می‌رسانند. در این ماشین خطا برای شناسایی میوه کم بود، آسیب کمتری به میوه وارد می‌شد ولی درصد خطا در بخش مکانیکی برای جابه‌جایی محصول بالا بود.

کلبای (Colby, 2004) یک وسیلهٔ نقلیهٔ خودگردان برای برداشت میوه، به‌ویژه توت فرنگی و سبزی ساخته است. این وسیله شامل یک سیستم تسمه نقاله است که چند ردیف میوه یا سبزی را پوشش می‌دهد. کارگران در پشت تسمه نقاله می‌ایستند و میوه‌یا سبزی‌های چیده شده را روی آن قرار می‌دهند.

ژیانگ‌ژیونگ و تیه (Xiongxiong & Tie, 2010) یک دستگاه انتقال هندوانه را طراحی کردند و ساختند که در آن از مکانیزم آویزان و انتقال برای حمل محصول استفاده شده است. این دستگاه شامل یک سری تیرک‌های حلقوی است که از بالا با یک سری لایه‌های ریلی سرسره‌ای در دو لایه بالا و پایین و از پایین نیز با یک سطل برای بارگیری محصول مرتبط است. یک زنجیر در لایه‌های سرسره‌ای قرار گرفته، یک سری قرقرهٔ هرز گرد به‌صورت منظم درون ریل‌ها قرار دارد که از یک طرف به زنجیر و از طرف دیگر به تیرک‌های حلقوی متصل‌اند. این دستگاه روی یک ماشین قرار می‌گیرد که هم منبع تأمین نیروی محرک است و هم آن را در سطح مزرعه جابه‌جا می‌کند. از برتری‌های این دستگاه به ساختار ساده و راحت آن، سرعت بالای انتقال، راندمان بالا، کاهش تعداد نیروی کارگری و کاهش شدت کار نیروی کارگری اشاره شده است.

آباتی و آش (Abatti & Ash, 1981) یک دستگاه برداشت محصولات صیفی از جمله هندوانه، گوجه‌فرنگی، کلم، کلم بروکلی، گل‌کلم، خیار، اسفناج، پیاز، چغندر قرمز و کدو را طراحی کردند و ساختند. این دستگاه از شش کامیون یکسان و شبیه به هم تشکیل شده است. بارگیری در یکی از کامیون‌ها انجام و بلافاصله بعد از پر شدن کامیون دیگری جایگزین می‌شود. با استفاده از یک سری تسمه نقاله، شاسی و تسمه نقالهٔ جانبی و همچنین بهره‌گیری از سیستم هیدرولیک، محصول برداشت شده به ماشین بارگیری حمل می‌شود. منبع تأمین توان محرک تسمه نقاله‌ها، چرخ و محور کامیون است. این دستگاه بیشتر برای برداشت هندوانه توسعه داده شد ولی برای سایر محصولات نیز کاربرد دارد. محصول چیده شده را کارگر روی تسمه نقالهٔ اصلی قرار می‌دهد، محصول به تسمه نقالهٔ جانبی که به‌عنوان بالابر عمل می‌کند تحویل داده می‌شود. محصول از آنجا به کامیون حمل بار منتقل‌می‌شود و در آنجا کارگر محصول را در جعبه‌های تعبیه‌شده درون کامیون می‌ریزد.

مورگان چارلز (Morgan-Charles, 1971) یک ماشین برداشت متحرک طراحی کرده که شامل شاسی‌هایی با نوار نقاله و دو قاب در طرفین

1- Wireless

تسمه‌هاست. شاسی‌ها به‌صورت لولایی به یکدیگر متصل‌اند. این دستگاه از دو واحد تسمه نقالهٔ تغذیه تشکیل شده است که روی ردیف‌های محصول گسترده می‌شوند. محصول در این دستگاه با تسمه نقاله بارگیری و منتقل می‌شود؛ محصول به یک نقاله شیب‌دار برای رساندن به یک وسیله یدک‌کش تحویل داده می‌شود. از معایب این دستگاه جمع شدن بخشی از شاسی دستگاه بدون بار از محل اتصال لولایی است. همچنین هیچ مکانیزمی برای تنظیم زاویهٔ گسترش شاسی به‌منظور تطابق با شرایط زمین پیش‌بینی نشده است. از دیگر مشکلات این دستگاه آسیب رساندن به میوه‌ها به‌ویژه هندوانه یا محصولات سنگین دیگر است زیرا حرکت محصول روی تسمه باعث قوس‌دار شدن متناوب تسمه می‌شود.

روویو و همکاران (Ruoyu *et al.*, 2015) دستگاهی را برای برداشت میوه‌های بزرگ (مثل خربزه) و مجهز به سیستم‌های تمیز کردن، درجه‌بندی و بسته‌بندی طراحی کردند و ساختند. این دستگاه متحرک است و کلیه تجهیزات و بخش‌های آن به‌صورت یدک‌کش و از طریق مالبند به تراکتور متصل و پشت تراکتور کشیده می‌شود. این دستگاه برای میوه‌هایی از قبیل خربزه، هندوانه و طالبی قابل‌استفاده است و از بخش‌های واحد تغذیهٔ میوه‌های برداشت‌شده به‌صورت شبکه توری شکل، برس‌های غلتکی پنوماتیک تمیزکننده، تسمه نقاله با چرخش ۱۸۰ درجه، سیستم تشخیص هوشمند، درجه‌بندی اتوماتیک و تجهیزات بسته‌بندی تشکیل‌شده است. ویژگی‌های این دستگاه شامل کاهش نیروی کارگری، افزایش کیفیت محصول و بازارپسندی آن، افزایش بهره‌وری و افزایش سود اقتصادی است.

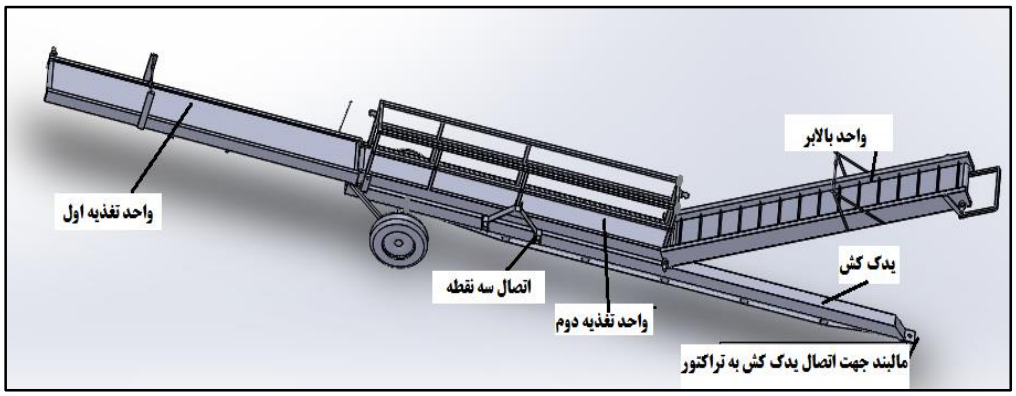
نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد نه‌تنها در ایران بلکه در کشورهای تولیدکنندهٔ هندوانه همسایه مانند ترکیه، عراق و پاکستان هیچ‌گونه دستگاهی برای برداشت و بار کردن هندوانه وجود ندارد. تولیدکنندگان هندوانه و کارشناسان بخش کشاورزی معتقدند مکانیزه شدن بارگیری این محصول از نیازهای تولید هندوانه است؛ تحقیقات نیز همین موضوع را تایید می‌کند. هدف از این تحقیق ارزیابی و بررسی پارامترهای کمی و کیفی اثرگذار بر عملکرد یک نمونه دستگاه کمک برداشت هندوانه است که به‌منظور بارگیری محصول در مزارع صیفی به تازگی در کشور ساخته شده و توسعه یافته است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور سهولت در برداشت هندوانه، صرفه‌جویی در هزینه و زمان و کاهش تردد کامیون در مزرعه، یک دستگاه کمک برداشت هندوانه برای بارگیری محصول ساخته شده است. این دستگاه شامل یک شاسی سه تکه است که هر واحد آن پنج متر و سی سانتی‌متر طول دارد که دو واحد آن برای انتقال محصول و واحد دیگر برای بارگیری محصول به کامیون است. هر سه واحد با اتصالات لولایی به یکدیگر متصل‌اند و تغییر زاویهٔ واحدها نسبت به یکدیگر با استفاده از جک هیدرولیکی امکان‌پذیر است. این دستگاه برای حمل و نقل در جاده‌ها روی یدک‌کش قرار می‌گیرد. شکل ۱ نحوهٔ حمل و نقل جاده‌ای این دستگاه را نشان می‌دهد. دستگاه در زمان کار در مزرعه با اتصال سه نقطه تراکتور حمل می‌شود.

**شکل ۱- نمایی از حمل و نقل جاده‌ای**

قسمت اول و دوم دستگاه که برای بارگیری محصول و نقش واحد تغذیه را دارند در حالت کار در مزرعه کاملاً در یک امتداد و افقی قرار می‌گیرند. دستگاه به گونه‌ای تعریف شده که در حین کار در مزرعه واحدهای تغذیه پنج تا شش ردیف از خطوط کشت هندوانه را بر اساس آرایش کاشت پوشش می‌دهد. واحد سوم بالابر است که محصول دریافت شده از واحدهای تغذیه را به کامیون یا هر ماشین دیگری برای بارگیری انتقال می‌دهد. زاویهٔ واحد بالابر بر اساس ارتفاع ماشین حمل محصول به کمک جک هیدرولیکی قابل تغییر است. شکل ۵-م نحوهٔ قرارگیری سه واحد دستگاه بارکن نسبت به یکدیگر و نحوه قرار گرفتن کل مجموعه روی یدک‌کش را نشان می‌دهد. دستگاه در حین کار در مزرعه به اتصال سه نقطه و به‌صورت سوار شونده به تراکتور وصل می‌شود و عمود بر ردیف‌های کشت‌شده، شکل ۳، حرکت می‌کند. کارگر در پشت دستگاه در امتداد ردیف‌های کشت‌شده حرکت می‌کند و محصول را می‌چیند و روی دستگاه (واحدهای تغذیه) قرار می‌دهد. هندوانهٔ چیده شده پس از طی کردن واحد تغذیه روی واحد انتهایی دستگاه یعنی بالابر قرار می‌گیرد و به سمت کامیون منتقل می‌شود. در انتهای بالابر و داخل کامیون، کارگر هندوانه را می‌گیرد و در داخل ماشین می‌چیند. برای به حداقل رساندن تلفات مزرعه‌ای و قبل از ورود دستگاه به مزرعه باید محصول موجود در محل عبور چرخ تراکتور را چید و در مرکز ردیف جمع‌آوری گذاشت تا حرکت تراکتور باعث شکستگی هندوانه‌ها نگردد.




**شکل ۲ - نحوهٔ قرارگیری سه واحد دستگاه بارکن نسبت به یکدیگر**

**شکل ۳- نحوهٔ حرکت دستگاه در مزرعه**

در انتهای واحد بالابر نیز یک سبد تعبیه شده است تا در صورتی‌که کارگر فرصت نکرد هندوانه را از بالابر تحویل بگیرد، محصول داخل سبد قرار گیرد و از سقوط و شکستگی آن جلوگیری شود. در قسمت وسط نیز که واحد تغذیه است اتصال سه نقطه تعبیه شده است. ارتفاع مجموعه بارکن در حین کار در مزرعه بر اساس شرایط مزرعه و ویژگی‌های فیزیکی کارگران از طریق بازوهای هیدرولیک اتصال سه نقطه تراکتور قابل تنظیم است.

برای جابه‌جایی و انتقال محصول چیده شده به داخل کامیون از سیستم تسمه نقاله استفاده شده است. هر واحد مجهز به یک هیدروموتور است که تأمین‌کنندهٔ نیروی مورد نیاز حرکت غلتک محرک و به‌تَبَع آن حرکت تسمه است. واحد تغذیهٔ اول و واحد بالابر دوم علاوه بر اتصالات لولایی با یک جک هیدرولیکی نیز به واحد وسط متصل است که این جک علاوه بر ثابت نگه‌داشتن شاسی دو واحد و جلوگیری از نوسانات، نقش تنظیم زاویه و شیب دو واحد ذکرشده را نیز بر عهده دارد. ارتفاع واحد بالابر بسته به نوع ماشین بارگیری با جک هیدرولیکی قابل تنظیم است.

به‌هنگام حمل و نقل جاده‌ای، دستگاه به‌صورت طولی حرکت می‌کند و واحد تغذیهٔ اول و بالابر با جک هیدرولیکی جمع می‌شوند، دستگاه روی یک یدک‌کش قرار می‌گیرد و به‌صورت طولی کشیده می‌شود. سیستم انتقال توان در این دستگاه هیدرولیک و از نوع سیستم سری است که از طریق خروجی هیدرولیک تراکتور ITM475-4WD با حداکثر دبی خروجی روغن ۶۳/۶ لیتر در دقیقه تغذیه و توسط هیدروموتور انجام می‌شود.

## شرح آزمون

دستگاه برای ارزیابی به مزارع هندوانه شهرستان‌های فراشبند و آباده منتقل شد و کلیهٔ آزمایش‌ها طی چند مرحله به‌انجام رسید و ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه و درصد شکستگی محصول بررسی شد. برای محاسبهٔ ظرفیت عملی مزرعه‌ای در ابتدا بازه زمانی برای تکمیل شدن ماشین بارگیری محصول اندازه‌گیری شد. با وزن کردن ماشین قبل از شروع و بعد از اتمام بارگیری و تفاضل این دو مقدار، میزان محصول بارگیری شده به‌دست آمد. با تقسیم میزان محصول بارگیری شده بر بازه زمانی، ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه با واحد تن بر ساعت به‌دست آمد.

در ارزیابی عملکرد دستگاه، تأثیر سه عامل روش بارگیری، تعداد کارگر و سرعت تسمه در ظرفیت عملی مزرعه‌ای و درصد شکستگی بررسی شد. بر اساس پرسشنامه‌هایی که کشاورزان تکمیل کرده اند، در استان فارس اغلب در زمان چیدن و بارگیری محصول از ۶ کارگر استفاده می‌شود. در مزرعهٔ مورد ارزیابی در زمان بارگیری در هر طرف ماشین از ۳ کارگر استفاده می‌شد: ۲ نفر مسئول بارگیری و یک نفر در کامیون برای تحویل گرفتن هندوانه. در ارزیابی مزرعه‌ای دستگاه بارکن هندوانه دو روش برای بارگیری محصول انتخاب شد. روش الف که در آن چیدن هندوانه همزمان بود با بارگیری و روش ب که مانند روش سنتی ابتدا محصول چیده و روی زمین ردیف و بعدا بارگیری می‌شد. از عوامل مؤثر در ظرفیت عملی مزرعه‌ای که در ارزیابی مزرعه‌ای نیز مد نظر قرار گرفت، تعداد کارگران و تناسب بین تعداد بارکننده‌ها و تعداد دریافت‌کنندگان بار در کامیون است. در آزمون‌های اولیه معلوم شد به‌دلیل محدود بودن فضا برای ایستادن کارگران و مزاحمت‌هایی که کارگران برای یکدیگر ایجاد می‌کنند، رابطهٔ خطی بین تعداد کارگر در کامیون و ظرفیت عملی مزرعه‌ای مشاهده نشد. بنابراین در تحلیل‌های آماری نسبت‌های مختلفی از تعداد کارگر در بخش بارگیری و بخش تخلیهٔ بار در کامیون مورد بررسی قرار گرفت. در انتخاب تعداد کارگر بارگیری یکی از سطوح مشابه حالت بارگیری غیر مکانیزه با نسبت تعداد کارگر بارگیری به تخلیه ۲ به ۱ و در مجموع با بهره‌گیری از ۳ کارگر انتخاب شد. یکی دیگر از سطوح با توجه به آرایش کاشت غالب در منطقه و پوشش همزمان ۵ ردیف کشت توسط دستگاه با نسبت تعداد کارگر بارگیری به تخلیه ۴ به ۳ انتخاب شد. در انتخاب تعداد کارگر در زمان کار با دستگاه یک سطح نیز بین دو سطح بالا با تعداد ۵ کارگر و با نسبت تعداد کارگر بارگیری به تخلیه ۳ به ۲ انتخاب شد.

یکی دیگر از فاکتورهای مورد ارزیابی و مؤثر در عملکرد دستگاه، سرعت حرکت رو به جلو تسمه بود. ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه بارکن رابطهٔ مستقیم با سرعت تسمه دارد. از طرفی، میزان بارگذاری روی تسمه مستقل از سرعت حرکت تسمه است و تحت تأثیر سرعت کار کارگر و تعداد کارگر قرار دارد. به‌منظور دستیابی به ترکیب مناسب تعداد کارگر تخلیه و سرعت مناسب حرکت تسمه، عملکرد دستگاه در ۳ سطح سرعت تسمه ۰/۲۵، ۰/۴ و ۰/۵۵ متر بر ثانیه ارزیابی شد. شکل ۴ تصویری از آزمایش‌های مزرعه‌ای را نشان می‌دهد.

**شکل ٤- ارزیابی مزرعه‌ای**

آزمون‌های مزرعه‌ای بر اساس تیمارهای تعریف شده با سه تکرار دنبال و تأثیر هر یک از تیمارها در ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه و درصد شکستگی محصول در زمان بارگیری بررسی شد. نتایج آزمایش‌ها با نرم‌افزار Minitab بررسی و ارزیابی گردید.

میانگین نتایج آزمایش‌ها نیز به کمک نرم‌افزار Minitab و با استفاده از روش توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شد.

## نتایج و بحث

جدول ۱، نتایج حاصل از تأثیر فاکتورهای ذکر شده روی ظرفیت عملی مزرعه‌ای و درصد شکستگی را نشان می‌دهد.

**جدول ۱- سطوح مختلف فاکتورهای آزمون شده**

| روش بارگیری | تعداد کارگر | سرعت تسمه | درصد شکستگی | ظرفیت عملی مزرعه‌ای (تن بر هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| الف | ۳ | ۰/۲۵ | ۰/۰۵ | ۶/۱۷ |
| | ۳ | ۰/۴ | ۰/۰۸ | ۶/۵۳ |
| | ۳ | ۰/۵۵ | ۰/۲۵ | ۶/۴۷ |
| | ۵ | ۰/۲۵ | ۰ | ۸/۹۷ |
| | ۵ | ۰/۴ | ۰/۰۴ | ۹/۵ |
| | ۵ | ۰/۵۵ | ۰/۲۱ | ۹/۷ |
| | ۷ | ۰/۲۵ | ۰ | ۱۱/۱۳ |
| | ۷ | ۰/۴ | ۰ | ۱۱/۵۳ |
| | ۷ | ۰/۵۵ | ۰/۲۸ | ۱۱/۸ |
| ب | ۳ | ۰/۲۵ | ۰/۲ | ۷/۵ |
| | ۳ | ۰/۴ | ۰/۲۵ | ۸/۱۵ |
| | ۳ | ۰/۵۵ | ۰/۳ | ۸/۲ |
| | ۵ | ۰/۲۵ | ۰/۰۵ | ۱۰/۶۷ |
| | ۵ | ۰/۴ | ۰/۱ | ۱۱/۲۷ |
| | ۵ | ۰/۵۵ | ۰/۱۸ | ۱۱/۵۲ |
| | ۷ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۱۲/۳ |
| | ۷ | ۰/۴ | ۰/۳۲ | ۱۲/۳ |
| | ۷ | ۰/۵۵ | ۰/۳۸ | ۱۳/۲ |

نتایج تجزیهٔ واریانس برای درصد شکستگی و ظرفیت عملی مزرعه‌ای در جدول ۲ نشان می‌دهد که فاکتورهای روش بارگیری، تعداد کارگر، سرعت تسمه و اثر متقابل فاکتورهای روش بارگیری-تعداد کارگر و روش بارگیری-سرعت تسمه در درصد شکستگی محصول در حین بارگیری در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. بقیهٔ فاکتورها در میزان درصد شکستگی اختلاف معنی‌داری ندارند.

با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس، تأثیر فاکتورهای روش بارگیری، تعداد کارگر، سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه بارکن هندوانه در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است ولی اثر متقابل فاکتورها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

**جدول ۲ - تجزیهٔ واریانس برای درصد شکستگی و ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| منبع | درصد شکستگی | | ظرفیت عملی مزرعه‌ای | |
|---|---|---|---|---|
| | درجه آزادی | احتمال | درجه آزادی | احتمال |
| روش بارگیری | ۱ | ۰/۰۰* | ۱ | ۰/۰۰* |
| تعداد کارگر | ۲ | ۰/۰۰* | ۲ | ۰/۰۰* |
| سرعت تسمه | ۲ | ۰/۰۰* | ۲ | ۰/۰۱* |
| روش بارگیری×تعداد کارگر | ۲ | ۰/۰۰* | ۲ | ۰/۱۷ |
| روش بارگیری×سرعت تسمه | ۲ | ۰/۰۰* | ۲ | ۰/۶۹ |
| کارگر×سرعت تسمه | ۴ | ۰/۳۰ | ۴ | ۰/۶۶ |
| روش بارگیری×تعداد کارگر×سرعت تسمه | ۴ | ۰/۳۲ | ۴ | ۰/۹۲ |
| خطا | ۳۶ | | ۳۶ | |
| کل | ۵۳ | | ۵۳ | |

*در سطح ۱ درصد معنادار می‌باشد

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر برای درصد شکستگی (جدول ۳) نشان می‌دهد که در روش بارگیری حالت الف بین سطوح مختلف تعداد کارگر اختلاف معناداری وجود ندارد ولی در روش بارگیری ب بین سطوح مختلف تعداد کارگر اختلاف معناداری وجود دارد. بین روش بارگیری الف و روش بارگیری ب و تعداد ۳ کارگر اختلاف معناداری وجود ندارد و کمترین درصد شکستگی در این روش دیده می شود. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، بیشترین درصد شکستگی نیز مربوط به اثر متقابل روش بارگیری ب و تعداد ۷ کارگر است.

**جدول ۳- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر بر درصد شکستگی**

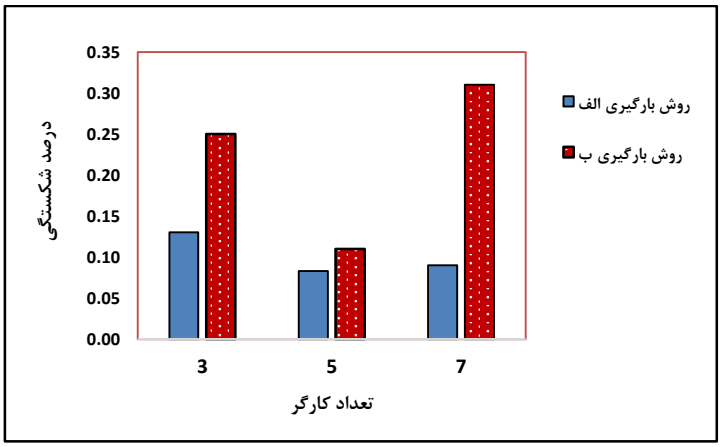
| روش بارگیری | تعداد کارگر | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| الف | ۳ | ۹ | ۰/۱۳ c |
| الف | ۵ | ۹ | ۰/۰۸ c |
| الف | ۷ | ۹ | ۰/۰۹ c |
| ب | ۳ | ۹ | ۰/۲۵ b |
| ب | ۵ | ۹ | ۰/۱۱ c |
| ب | ۷ | ۹ | ۰/۳۱ a |

در روش بارگیری نوع ب به‌دلیل آماده بودن محصول برای بارگیری، سرعت بارگیری افزایش داشته که خود باعث دپو شدن محصول روی بارکن و به‌تَبَع آن شکستگی هندوانه در زمان انتقال شده است. از طرف دیگر، افزایش مقدار هندوانهٔ بارگیری شده روی بارکن باعث کاهش توانایی کارگر در تحویل گرفتن به‌موقع محصول از بالابر شده که خود افزایش درصد شکستگی را به دنبال دارد. افزایش تعداد کارگر این تأثیر را ملموس‌تر می‌سازد. در بارگیری نوع الف به‌دلیل زمان‌بر بودن چیدن همزمان محصول و بارگیری آن، سرعت بارگیری روی بارکن کاهش می‌یابد و حتی با افزایش تعداد کارگر همچنان بارگیری یکنواخت‌تری مشاهده می‌شود. بنابراین درصد کمتری از شکستگی محصول

در پی داشته است و بین اثر متقابل بارگیری نوع الف و سطوح مختلف تعداد کارگر اختلاف معناداری مشاهده نشد.

بر اساس داده‌های جدول ۴ و شکل ۶، مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و سرعت تسمه نشان می‌دهد که در روش بارگیری الف و سرعت تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه اختلاف معناداری در درصد شکستگی دیده نمی شود ولی افزایش سرعت تسمه از ۰/۴ به ۰/۵۵ متر بر ثانیه، شستگی را ۰/۲ درصد افزایش داده است.

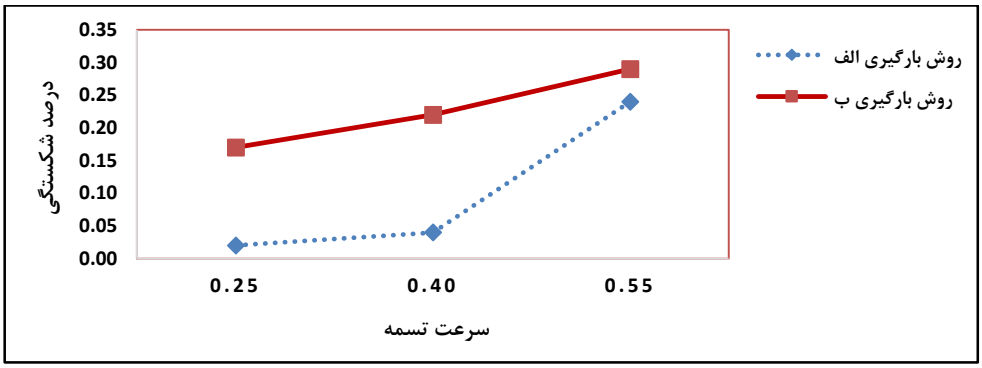
در روش بارگیری بین سرعت‌های مختلف تسمه و درصد شکستگی، اختلاف معناداری وجود دارد و با افزایش سرعت تسمه از ۰/۲ به ۰/۵۵ متر بر ثانیه، میزان شکستگی ۰/۱۲ درصد افزایش یافته است. با افزایش سرعت حرکت تسمه، افزایش ضربات وارد شده بر محصول در هنگام جابه‌جایی مشاهده شده است. همچنین افزایش سرعت حرکت تسمه، افزایش سرعت برداشت محصول از بالابر و به‌دنبال آن کاهش توانایی کارگر در تحویل گرفتن به‌موقع محصول از بالابر را در پی داشته است. مجموع عوامل فوق موجب افزایش درصد شکستگی در سرعت‌های بالای تسمه به‌ویژه در روش بارگیری نوع ب به‌دلیل تجمع زیاد محصول شده است.




**شکل ۵ - مقایسه میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر بر درصد شکستگی**

**جدول ٤ - مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و سرعت تسمه بر درصد شکستگی**

| روش بارگیری | سرعت تسمه | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| الف | ۰/۲۵ | ۹ | ۰/۰۲ d |
| الف | ۰/۴۰ | ۹ | ۰/۰۴ d |
| الف | ۰/۵۵ | ۹ | ۰/۲۴ a b |
| ب | ۰/۲۵ | ۹ | ۰/۱۷ c |
| ب | ۰/۴۰ | ۹ | ۰/۲۲ b |
| ب | ۰/۵۵ | ۹ | ۰/۲۹ a |




**شکل ٦ – مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و سرعت تسمه بر درصد شکستگی**

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه (

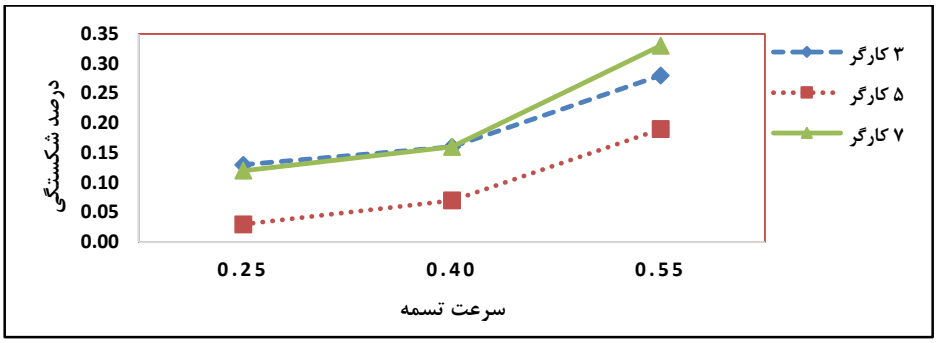
جدول ۵) نیز نشان می‌دهد وقتی ۵ کارگر به‌کار گرفته شوند و سرعت تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه باشد اختلاف معناداری در درصد شکستگی وجود ندارد و کمترین درصد شکستگی در مقایسه با زمانی به‌دست می‌آید که ۳ یا ۷ کارگر گمارده شوند. با توجه به جدول ۴ و ، بین تیمارهای ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۵۵ متر بر ثانیه و تعداد ۳ کارگر و سرعت تسمه ۰/۵۵ متر بر ثانیه اختلاف معناداری وجود ندارد و بیشترین درصد شکستگی نیز در همین حالت دیده می شود.

بررسی مجموع نتایج فوق نشان می‌دهد مناسب‌ترین ترکیب بین سطوح مختلف روش بارگیری الف، تعداد ۵ و ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه است. از دلایل آن می‌توان به برقراری تعادل بین سرعت بارگیری هندوانه روی تسمه و سرعت دریافت محصول در کامیون اشاره‌کرد.

به‌همین دلیل کمترین درصد شکستگی را در این سطح از تعداد کارگر شاهد هستیم. افزایش همزمان تعداد کارگر و سرعت تسمه، افزایش سرعت بارگیری محصول و افزایش ضربات وارد شده بر محصول را به دنبال داشته که هر دو عامل باعث افزایش ضریب شکستگی می‌شود. شکل ۷ مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر بر درصد شکستگی را نشان می‌دهد.

**جدول ۵ – مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه بر درصد شکستگی**

| کارگر | سرعت تسمه | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| ۳ | ۰/۲۵ | ۶ | ۰/۱۳ b c |
| ۳ | ۰/۴۰ | ۶ | ۰/۱۶ b |
| ۳ | ۰/۵۵ | ۶ | ۰/۲۸ a |
| ۵ | ۰/۲۵ | ۶ | ۰/۰۳ d |
| ۵ | ۰/۴۰ | ۶ | ۰/۰۷ c d |
| ۵ | ۰/۵۵ | ۶ | ۰/۱۹ b |
| ۷ | ۰/۲۵ | ۶ | ۰/۱۲ b c |
| ۷ | ۰/۴۰ | ۶ | ۰/۱۶ b |
| ۷ | ۰/۵۵ | ۶ | ۰/۳۳ a |




**شکل ۷ - مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه بر درصد شکستگی**

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین به روش توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای ظرفیت عملی مزرعه‌ای نشان می‌دهد که در روش‌های بارگیری الف و ب اختلاف معناداری وجود دارد و استفاده از روش بارگیری ب افزایش ظرفیت عملی مزرعه‌ای را به‌دنبال داشته است (جدول ۶). با توجه به آماده بودن محصول برای بارگیری و افزایش سرعت بارگیری در روش ب، این نتیجه کاملاً قابل پیش‌بینی بود. بر اساس جدول ۷، برای ظرفیت عملی مزرعه‌ای بین سطوح مختلف تعداد کارگر اختلاف معناداری وجود دارد و افزایش تعداد کارگر باعث افزایش سرعت مزرعه‌ای شده است. جدول ۸ نشان می‌دهد بین سرعت تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه، در ظرفیت عملی مزرعه‌ای اختلاف معناداری وجود ندارد ولی افزایش سرعت تسمه از ۰/۲۵ به ۰/۵۵ متر بر ثانیه ظرفیت عملی مزرعه‌ای را ۰/۶۹ تن در ساعت افزایش می‌دهد.

بین سرعت‌های تسمه ۰/۴ و ۰/۲۵ متر بر ثانیه، اختلاف معناداری از لحاظ ظرفیت عملی مزرعه‌ای وجود ندارد. ظرفیت بارگذاری محصول توسط کارگر روی بارکن مشخص است و سرعت‌های مختلف تأثیری بر آن ندارد، افزایش سرعت تسمه صرفاً سرعت انتقال محصول را سریع‌تر می‌سازد، از این‌رو تأثیر سرعت تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه و همچنین ۰/۴ و ۰/۵۵ متر بر ثانیه در عملکرد اختلاف معناداری ندارد.

**جدول ٦ - مقایسهٔ میانگین تأثیر سطوح مختلف روش بارگیری بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| روش بارگیری | تکرار | میانگین |
|---|---|---|
| الف | ۲۷ | ۹/۰۹ b |
| ب | ۲۷ | ۱۰/۵۷ a |

**جدول ۷- مقایسهٔ میانگین تأثیر سطوح مختلف تعداد کارگر بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| تعداد کارگر | تکرار | میانگین |
|---|---|---|
| ۳ | ۱۸ | ۷/۱۷ c |
| ۵ | ۱۸ | ۱۰/۲۷ b |
| ۷ | ۱۸ | ۱۲/۰۴ a |

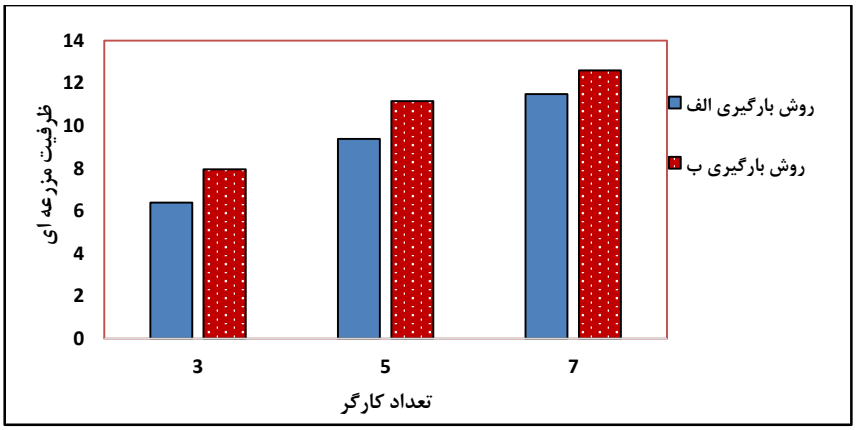
**جدول ۸ - مقایسهٔ میانگین تأثیر سطوح مختلف سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| سرعت تسمه | تکرار | میانگین |
|---|---|---|
| ۰/۲۵ | ۱۸ | ۹/۴۶ b |
| ۰/۴ | ۱۸ | ۹/۸۸ a b |
| ۰/۵۵ | ۱۸ | ۱۰/۱۵ a |

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر حاکی از آن است که بین روش بارگیری الف و به‌کارگیری ۷ کارگر با روش بارگیری ب و به‌کارگیری ۵ کارگر اختلاف معناداری وجود ندارد. ولی بقیهٔ سطوح با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. در هر دو روش بارگیری، بین سطوح مختلف تعداد کارگر اختلاف معناداری وجود دارد و افزایش تعداد کارگر باعث افزایش ظرفیت عملی مزرعه‌ای می‌شود. بر اساس جدول ۹ و شکل ۸، مناسب‌ترین نتیجه مربوط به روش بارگیری ب و به‌کارگیری ۷ کارگر است که از دلایل آن می‌توان به آماده بودن محصول برای بارگیری و حداکثر بودن تعداد کارگر اشاره داشت که هر دو عامل مستقیماً در افزایش سرعت بارگیری تأثیرگذارند. کمترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای نیز مربوط به اثر متقابل فاکتورهای ۳ کارگر و روش بارگیری الف است.

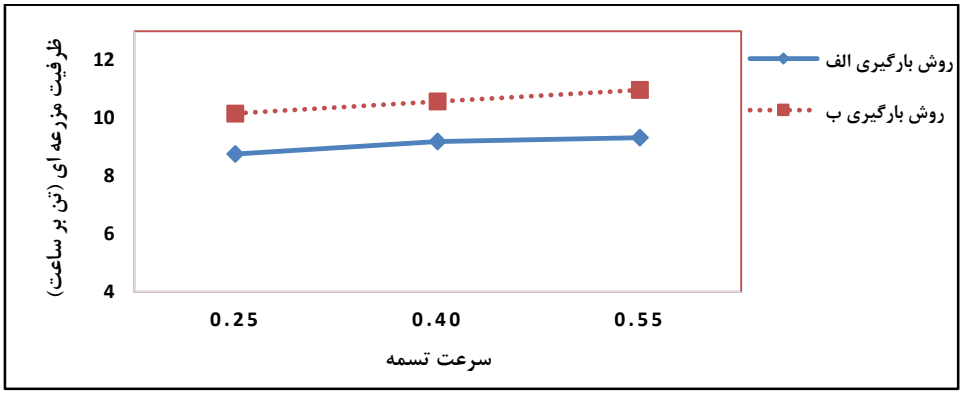
**جدول ۹ - مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| روش بارگیری | تعداد کارگر | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| الف | ۳ | ۹ | ۶/۳۹ e |
| الف | ۵ | ۹ | ۹/۳۹ c |
| الف | ۷ | ۹ | ۱۱/۴۹ b |
| ب | ۳ | ۹ | ۷/۹۵ d |
| ب | ۵ | ۹ | ۱۱/۱۵ b |
| ب | ۷ | ۹ | ۱۲/۶۰ a |




**شکل ۸ - مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و تعداد کارگر بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

بررسی اثر متقابل فاکتورهای روش بارگیری و سرعت تسمه نیز نشان می‌دهد که در روش بارگیری الف بین سطوح مختلف سرعت تسمه اختلاف معناداری وجود ندارد ولی همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است تغییر روش بارگیری از الف به ب باعث افزایش عملکرد می‌شود. در روش بارگیری ب نیز بین سرعت‌های تسمه ۰/۲۵ و ۰/۴ متر بر ثانیه با سرعت‌های تسمه ۰/۴ و ۰/۵۵ متر بر ثانیه اختلاف معناداری وجود ندارد ولی افزایش سرعت تسمه از ۰/۲۵ به ۰/۵۵ متر بر ثانیه افزایش ۰/۸۱ تن در ساعت ظرفیت عملی مزرعه‌ای را در پی داشته است. نتایج حاصل از جدول ۱۰ نشان می‌دهد که بین اثر متقابل هر روش بارگیری ثابت و سرعت‌های متوالی تسمه اختلاف معناداری وجود ندارد که از دلایل آن می‌توان به همان محدودیت در ظرفیت کاری کارگران اشاره داشت، به‌گونه‌ای که در روش بارگیری الف به‌دلیل همزمان بودن چیدن محصول و بارگیری، تأثیر آن محسوس‌تر است به شکلی که هر سه سرعت تسمه اختلاف معناداری ندارند.




**شکل ۹ – مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

**جدول ۱۰- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل روش بارگیری و سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

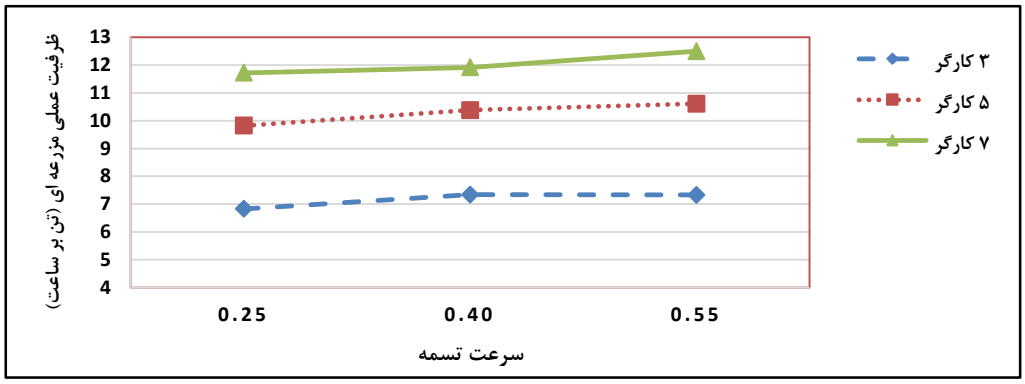
| روش بارگیری | سرعت تسمه | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| الف | ۰/۲۵ | ۹ | ۸/۷۶ c |
| الف | ۰/۴۰ | ۹ | ۹/۱۹ c |
| الف | ۰/۵۵ | ۹ | ۹/۳۲ c |
| ب | ۰/۲۵ | ۹ | ۱۰/۱۶ b |
| ب | ۰/۴۰ | ۹ | ۱۰/۵۷ a b |
| ب | ۰/۵۵ | ۹ | ۱۰/۹۷ a |

مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه (جدول ۱۱) نشان می‌دهد بین تعداد مشخص کارگر و سرعت‌های مختلف تسمه نقاله اختلاف معناداری وجود ندارد. ولی افزایش تعداد کارگر افزایش ظرفیت عملی مزرعه‌ای را در پی دارد. با توجه به شکل ۱۰، مناسب‌ترین ظرفیت

عملی مزرعه‌ای مربوط به اثر متقابل تیمار ۷ کارگر و سرعت‌های مختلف حرکت تسمه و کمترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای نیز مربوط به تیمار ۳ کارگر و سرعت‌های مختلف حرکت تسمه است.

**جدول ۱۱- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

| کارگر | سرعت تسمه | تکرار | میانگین |
|---|---|---|---|
| ۳ | ۰/۲۵ | ۶ | ۶/۸۳ c |
| ۳ | ۰/۴۰ | ۶ | ۷/۳۴ c |
| ۳ | ۰/۵۵ | ۶ | ۷/۳۳ c |
| ۵ | ۰/۲۵ | ۶ | ۹/۸۲ b |
| ۵ | ۰/۴۰ | ۶ | ۱۰/۳۸ b |
| ۵ | ۰/۵۵ | ۶ | ۱۰/۶۱ b |
| ۷ | ۰/۲۵ | ۶ | ۱۱/۷۲ a |
| ۷ | ۰/۴۰ | ۶ | ۱۱/۹۲ a |
| ۷ | ۰/۵۵ | ۶ | ۱۲/۵۰ a |




**شکل ۱۰ - مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تعداد کارگر و سرعت تسمه بر ظرفیت عملی مزرعه‌ای**

به‌منظور پذیرش دستگاه از سوی کشاورزان، ترکیب دو نتیجه اهمیت دارد یکی ظرفیت عملی مزرعه‌ای و دیگری درصد شکستگی، به‌گونه‌ای که اگر دستگاه ظرفیت عملی مزرعه‌ای بسیار خوبی داشته باشد ولی درصد شکستگی در زمان بارگیری بالا باشد، کشاورز به‌هیچ عنوان حاضر به استفاده از دستگاه نخواهد بود. از طرفی، یکی از اهداف مورد نظر در طراحی و ساخت دستگاه بارکن هندوانه، کاهش تعداد کارگر مورد نیاز و هزینه‌های وابسته به آن است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد در روش الف بهترین عملکرد دستگاه از نظر بیشترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای و کمترین درصد شکستگی ترکیب سطوح ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۴ متر بر ثانیه است. در این روش، برای چیدن و بارگیری هر تن محصول به ۰/۶۱ ساعت کارگر نیاز است. در روش ب نیز بهترین عملکرد دستگاه در ترکیب تیمار ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲ متر بر ثانیه دیده می‌شود، با بیشترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای و کمترین درصد شکستگی. در این گروه برای بارگیری هر تن محصول به ۰/۵۷ ساعت کارگر نیاز است. در بارگیری به روش ب به‌کارگیری کارگر برای چیدن و ردیف کردن محصول قبل از بارگیری ضروری‌است. بر

اساس پاسخ‌هایی که کشاورزان در پرسشنامه‌ها داده‌اند، در استان فارس برای چیدن هر تن هندوانه به ۰/۲۴ ساعت کارگر نیاز است. بنابراین در روش ب ۰/۸۱ ساعت کارگر برای چیدن و بارگیری محصول نیاز خواهد بود. با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، استفاده از این روش بارگیری خود باعث افزایش درصد شکستگی محصول می‌شود که نارضایتی کشاورز را به‌دنبال دارد. بدین ترتیب، روش بارگیری ب با اهداف اصلی طراحی دستگاه مغایرت دارد و پذیرفته نیست.

در روش سنتی و غیر مکانیزه، چیدن و بارگیری هر تن هندوانه ۱/۱۴ ساعت کارگر نیاز دارد. در بارگیری غیر مکانیزهٔ هندوانه به کارگران ویژه با شرایط جسمانی مناسب نیاز خواهد بود که هزینه بالایی در پی دارد. بر اساس عرف منطقه و پرسشنامه‌های تکمیل شده، میانگین هزینهٔ دستمزد چیدن و بارگیری هر تن هندوانه در روش سنتی معادل ۱۴۰۰۰۰ ریال است. در روش بارگیری مکانیزه به‌دلیل آسان شدن شرایط کاری از همه گروه‌های کارگران بخش کشاورزی می توان استفاده کرد. بنابراین، هزینهٔ چیدن و بارگیری هر تن هندوانه بر اساس عرف دستمزد کارگر در تولید سایر محصولات زراعی برابر ۵۰۰۰۰۰ ریال به‌ازای هر روز کاری خواهد بود. با توجه به ۰/۶۱ ساعت کارگر استفاده شده در ترکیب سطوح روش بارگیری الف، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۴ متر بر ثانیه، هزینهٔ چیدن و بارگیری هر تن هندوانه برابر ۳۸۰۰۰ ریال خواهد بود. با احتساب هزینهٔ کارکرد دستگاه به‌صورت اجاره‌ای معادل ۷۰۰۰۰ ریال برای بارگیری یک تن هندوانه، هزینه کل برداشت در روش مکانیزه معادل ۱۰۸۰۰۰ خواهد بود. یادآوری می‌شود در این روش هیچ گونه شکستگی محصول ناشی از بارگیری مشاهده نشد. در حالی که میزان تلفات و شکستگی محصول در روش بارگیری سنتی بر اساس پرسشنامه‌های تکمیل‌شده بیش از ۰/۶ درصد محصول است.

## نتیجه‌گیری

آزمون‌ها و بررسی نمونه دستگاه بارکن هندوانه، حین کار در مزرعه، نشان‌می‌دهد:

- کم اثرترین فاکتور در ظرفیت عملی مزرعه‌ای دستگاه بارکن هندوانه، سرعت تسمه است.
- عملکرد دستگاه و ظرفیت عملی مزرعه‌ای، تابع نوع بارگیری و تعداد کارگر است.
- مکانیزه شدن بارگیری هندوانه کاهش هزینه‌های تولید را در پی دارد.
- بیشترین ظرفیت بارگیری در ترکیب تیمارهای بارگیری محصول چیده شده، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۵ متر بر ثانیه به‌میزان ۱۳/۲ تن در ساعت دیده می‌شود.
- کمترین ظرفیت عملی مزرعه‌ای در ترکیب تیمارهای بارگیری و چیدن همزمان محصول، ۳ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر برثانیه به‌میزان ۶/۱۵ تن در ساعت است.
- بیشترین درصد شکستگی در ترکیب تیمارهای بارگیری محصول چیده شده، تعداد ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۵ متر بر ثانیه به‌میزان ۰/۳۸ است.
- کمترین شکستگی در ترکیب‌های "بارگیری و چیدن همزمان محصول، ۵ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر بر ثانیه"، "بارگیری و چیدن همزمان محصول، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۲۵ متر بر ثانیه" و "بارگیری و چیدن همزمان محصول، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۴ متر بر ثانیه و به‌میزان صفر درصد" است.
- مناسب‌ترین حالت کار با دستگاه بارکن از نظر ظرفیت عملی مزرعه‌ای و درصد شکستگی مناسب،

ترکیب اثر متقابل فاکتورهای بارگیری و چیدن همزمان محصول، ۷ کارگر و سرعت تسمه ۰/۴ متر بر ثانیه است.

- مناسب‌ترین عملکرد دستگاه ۱۱/۵۳ تن در ساعت و بدون شکستگی است.

- در بهترین روش کار با دستگاه بارکن هندوانه، نیروی انسانی مورد نیاز برای چیدن و بارگیری یک تن هندوانه ۰/۶۱ ساعت کارگر برآورد شده که نسبت به روش سنتی ۰/۵۳ ساعت کارگر کاهش نشان می‌دهد.

## مراجع


Abatti, C. A. and Ash, H. T. 1981. Field crop harvesting and loading machine. United States Patent. EP0054569B1.

Anon. 2016. Faostat. Food and Agriculture Organization (FAO).

Anon. 2017. Statistics Bank of Iranian Agriculture. Planning and Economics Department. (in Persian)

Colby, E. K. 2004. Field crop harvesting and loading vehicle. United States Patent. US6758317B.

Dehghan-Khanyeki, M. and Abbaspour-Fard, M. H. 2012. Optimization, evaluation and introduction of a composite compound unit. Proceedings of the 7th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization. Oct. 4. Shiraz, Iran. (in Persian)

Lijia, X. U., Junhua, Y. U., Kefan, R., Zhigang, L., Peida, W. and Weipeng Z. 2013. Mechanical device of intelligent watermelon picking machine. United States Patent. CN203251648U.

Morgan-Charles, H. 1971. Watermelon harvesting machine. United States Patent. US3592331.

Ruoyu, Z., Zuoying, J., Kanza, Z., Yinglan, J., Hongkui, C. and Yanjie, Q. 2015. Movable large melon and fruit harvesting, cleaning, grading and packaging equipment. United States Patent. CN1051972

Umeda, M., Kubota, S. and Iida, M. 1999. Development of “STORK”, a watermelon-harvesting robot. Artif. Life Robot. 3(3): 143-147.

Xiongxiong, Z. and Tie, Z. 2010. Hanging and conveying mechanism of watermelon harvester. United States Patent. CN 201634185 U.

*Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.20/No.72/Spring & Summer 2019/P:191-208*

# Field Evaluation of a Watermelon Loading Machine

**M. Lotfalian*, M. Dehghan, S. Rostami-Kondori, B. Hosseeinzadeh-Samani and M. Ghasemi-Varnamkhasti**

* Corresponding Author: M. Sc. Mechanical and Biosystems Engineering, Sharekord University, Sharekord, Iran. Email: maryamlotfalian2161@yahoo.com
Received: 24 February 2017, Accepted: 3 October 2018

**Abstract**

The area under cultivation of watermelon in Iran is 1.2 percent of total area of agricultural land or 42.3 percent of the total area under cultivation of different species of cucurbits in this country. Unfortunately, the share of mechanical devices in watermelon cultivation, particularly in harvesting period, is low. Harvesting of watermelon, especially in loading stage, is extremely costly and time-consuming because of absence of appropriate machines. Based on what have been derived from questionnaire completed by some farmers of Fars province, of total manpower required to harvest watermelon, 70% goes for loading of this product. The aim of this study is designing and testing the deployment of the watermelon harvesting machine to improve harvesting efficiency. Farm experiments were carried out with different ways of machine working, including: harvesting and loading watermelon at the same time, loading pre-harvested products, different belt speeds (0.25, 0.4 and 0.55 m/s), and different number of labors for loading (putting harvested watermelon on conveyor belt) and for unloading (receiving watermelon from moving belt to fill up trailer). Loading capacity and losses of products (during loading and unloading) were also calculated. The highest rate of loading capacity (13.2 tons per hour) was in loading pre-harvested products with 7 labors and belt speed of 0.55 m/s. The highest losses (0.38%) was also in this case. The lowest rate of farm capacity (6.15 tons per hour) has been found when harvesting and loading of watermelon were done at the same time (three labors, 0.25 m/s belt speed). No losses could be found when 5 or 7 labors were involved in harvesting and loading and speed of belt limited to 0.25 and 0.4 m/s. Results indicated that combination of 7 labors and the speed of belt equal to 0.4 m/s was the best way of harvesting the products in terms of maximum field capacity and minimum losses. In this method, the manpower needed to pick up and to load one ton of watermelon reduced to 0.61 labor-hr. compared with 1.14 labor-hr. in traditional way of harvesting.

**Keywords**: Belt Speed, Field Capacity, Loading Method, Losses, Number of Labor, Watermelon Assist Harvesting Machine