

## بررسی عملکرد کمباین کشتی حبوبات برای برداشت نخود دیم

محمد رضا مستوفی سرکاری<sup>۱\*</sup> و محمود صفری<sup>۲</sup>

### چکیده

سطح زیرکشت نخود کشور در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، حدود ۷۸۷ هزار هکتار بوده است که معادل ۶/۶۹ درصد از کل سطح زیرکشت محصولات زراعی است. برداشت نخود دیم به دلیل عدم دسترسی به ماشین مناسب برداشت، غالباً به صورت دستی و با صرف وقت و هزینه زیاد انجام می‌شود. لذا ارزیابی فنی و اقتصادی میزان انطباق فناوری کوبش محصول در کمباین کشتی با شرایط کشت محصول از اهمیت زیادی برخوردار است. این پژوهش در سال ۱۳۹۷، به منظور ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای کمباین کشتی حبوبات (ONER) در مزارع مهاباد اجرا شد. ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای کمباین برای برداشت نخود دیم در رطوبت مشخص و در قالب طرح آزمایشی کرت‌های نوری (استریپ پلات) با دو عامل سرعت پیشروی کمباین و نوع رقم با پنج تکرار انجام شد. نتایج نشان داد حداقل تلفات کلی کمباینی در سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت ۴/۳۷ درصد است. تلفات کلی و کیفی برداشت محصول به ترتیب ۱۰/۴۲ و ۴/۸۸ درصد بود که نشان دهنده بالا بودن تلفات طبیعی در این منطقه است. ظرفیت عملکردی کمباین برای دو رقم سعید و محلی به ترتیب ۶۲۷/۳ و ۴۴۰/۶۴ کیلوگرم بر ساعت بود. نتایج بررسی اقتصادی نشان داد هزینه‌های برداشت روش دستی ۴/۸ برابر هزینه برداشت با کمباین است. همچنین درآمد و هزینه سالیانه استفاده از کمباین در سال ۹۷، به ترتیب ۸۴ و ۲۴/۹۷ میلیون تومان برآورد شدند؛ لذا نسبت سود به هزینه ۳/۳۶ بود. بنابراین از نظر فنی و اقتصادی استفاده از این کمباین با فناوری نوین، توجیه‌پذیر بوده و هزینه خرید کمباین در دو سال زراعی مستهلک می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** برداشت مکانیزه، حبوبات، کمباین کشتی برداشت نخود، نخود دیم.

ارجاع: مستوفی سرکاری م. ر. و صفری م. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد کمباین کشتی حبوبات برای برداشت نخود دیم. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۲): ۳۳-۴۰.

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.  
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

\* نویسنده مسئول: [mostofi08@gmail.com](mailto:mostofi08@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۹

## مقدمه

حبوبات با سطح زیرکشت بیش از ۷۰۰ هزار هکتار، از مهم‌ترین گیاهان زراعی کشور محسوب می‌شوند. در حال حاضر حبوبات با متوسط سرانه مصرف ۴/۸ کیلوگرم در کشور، کمتر از متوسط جهانی (۶/۱ کیلوگرم) بوده و با میزان پیش‌بینی شده ۷/۸ کیلوگرم فاصله زیادی دارد. از کل سطح زیرکشت حبوبات، ۷۲/۲ درصد اراضی به صورت دیم و بقیه به صورت آبی است. بیشترین سطح کشت حبوبات دیم متعلق به استان‌های کرمانشاه با ۲۳/۳، لرستان با ۱۷/۸، کردستان با ۱۵/۳، آذربایجان غربی با ۱۰/۸ و آذربایجان شرقی با ۸/۴ درصد است (Anon, 2016). استان‌های کرمانشاه و کردستان در کشت حبوبات دیم پیشرو هستند ولی با توجه به عملکرد کم محصول در این اراضی و بالا بودن هزینه‌های برداشت دستی و عدم دسترسی به ماشین مناسب برداشت محصول، کشاورزان حبوبات‌کار به کشت و تولید محصول به روش سنتی رغبتی ندارند.

کاشت نخود در آذربایجان غربی در ۷۰۰۰ هکتار به صورت مکانیزه انجام می‌شود. شهرستان‌های مهم این استان در زمینه کشت نخود ارومیه، نقده، پیرانشهر، بوکان و مهاباد هستند. شهرستان‌های ارومیه، بوکان و نقده مهم‌ترین شهرستان‌های تولید نخود دیم هستند.

یکی از عوامل مهم در افت برداشت، ارتفاع پایین‌ترین غلاف از سطح زمین (اولین غلاف محصول) است که علت آن ژنتیکی است. هر قدر ارتفاع اولین غلاف بیشتر باشد، سهولت برداشت مکانیزه و کاهش افت را به همراه خواهد داشت (Gaur et al., 2010). برای برداشت مکانیزه نخود ایجاد بستری مسطح و صاف ضروری است (Diekmann et al., 1994).

استفاده از شانه‌برش نامناسب، موجب تکان دادن گیاه در حین عمل برش شده و منجر به باز شدن غوزه‌ها و ریزش محصول و به خصوص عدس می‌شود. بنابراین با استفاده از سامانه برش جفت‌شانه‌ای (جفت تیغه متحرک) به جای سامانه تک‌تیغه‌ای می‌توان ارتفاع برش را پایین آورده و با امکان افزایش سرعت پیشروی، بازده مزرعه‌ای را افزایش داد. همچنین به دلیل کاهش لرزش در این سامانه و به دنبال آن لرزش کمتر محصول، ضایعات کاهش می‌یابد. افزایش سرعت پیشروی تراکتور موجب افزایش افت محصول خواهد شد. سرعت پیشروی با سرعت رفت و

برگشت تیغه‌ها در شانه برش ارتباط مستقیم دارد. چون افزایش سرعت پیشروی موجب افزایش دور موتور و محور تواندهی می‌شود، سرعت رفت و برگشت تیغه‌ها در شانه برش افزایش می‌یابد. در سرعت‌های پیشروی بالا، تمایل گیاه به خوابیدگی بیشتر شده و افت محصول افزایش می‌یابد. در شانه‌برش متصل به تراکتور، سرعت مناسب پیشروی معمولاً ۱/۵ متر در ثانیه است. در چنین سامانه‌ای، به منظور دستیابی به برش مناسب، میانگین سرعت تیغه بایستی ۲-۲/۵ متر بر ثانیه باشد (Golpira, 2013 & 2015).

طی آزمایشی، برداشت مکانیزه نخود در سه مرحله درو، ردیف‌سازی و خرمن‌کوبی مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله درو، تیغه‌ها در ارتفاع ۳ سانتی‌متر از سطح خاک محصول را برداشت کردند و در مرحله خرمن‌کوبی از کمباین استفاده شد. نتایج نشان داد که در مراحل درو و جمع‌آوری، افت محصول ۱۴/۵ درصد و در مرحله خرمن‌کوبی ۱۴ درصد است (Rollins & Phillips, 1983).

نتایج تحقیقی در پروتوریا (Gaur et al., 2010) نشان داد برداشت در محدوده رطوبت ۱۴ تا ۱۶ درصد انجام می‌شود. برای برداشت دستی ۳۲ نفر روز بر هکتار کارگر مورد نیاز است. برای برداشت دومرحله‌ای، ابتدا بایستی زمانی که نصف محصول به رنگ قهوه‌ای تغییر رنگ داده است با استفاده از درو ردیف‌کن برداشت آغاز شود. بعد از کاهش رطوبت محصول در سطح مزرعه، برداشت با دماغه بردارنده انجام و عملیات کوبیدن و تمیز کردن انجام شود. نتایج ارائه‌شده در آسیای غربی و شمال آفریقا (۲۰۱۱)، هزینه‌های برداشت دستی عدس را تقریباً ۴۷ درصد هزینه تولید محصول گزارش نموده است. برداشت مکانیکی با کمباین و استفاده از ارقام توسعه‌یافته، هزینه‌های برداشت را بین ۱۷ تا ۲۰ درصد کاهش داده است (Annon, 2011). در گزارش برنامه تحقیقاتی حبوبات، رقم ایستاده نخود با عملکرد ۴ تن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع توسط کمباین برداشت شد. در این شرایط، فاصله اولین غلاف از سطح زمین ۲۰ سانتی‌متر بود. تراکم بوته در روش سنتی ۳۳ بوته در مترمربع گزارش شد (CGIAR, 2012).

برای برداشت مکانیکی با کمباین ارقام نیمه ایستا و ایستا مناسب هستند. نه تنها هزینه برداشت دستی بالاتر است بلکه ریزش و تأخیر در برداشت نیز باعث افت محصول

لذا اهداف مطالعه حاضر عبارتند از:

۱. تعیین رطوبت مناسب محصول نخود در حین برداشت به‌منظور کاهش میزان تلفات
۲. تعیین حد بهینه سرعت پیشروی و سرعت دورانی کوبنده کمباین ONER
۳. ارزیابی اقتصادی عملکرد کمباین در برداشت نخود دیم

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان‌های نقده و مهاباد استان کردستان انجام شده است. رقم غالب نخود این استان به ارقام محلی (نخود آجیلی یا لبلبی) و ارقام بذری (نخود سعید) اختصاص دارد.

کمباین کشتی برداشت حبوبات با نام تجاری ONER در سال ۲۰۱۱ در ترکیه ساخته شده و دارای گواهی آزمون و ارزیابی ملی از کشور ترکیه بوده و کارایی آن تایید شده است. این کمباین در سال ۱۳۹۵ برای برداشت نخود دیم در سطح ۱۰۰ هکتار در استان کرمانشاه مورد استفاده قرار گرفته که از نظر امکان‌سنجی و ارزیابی اولیه، با استقبال کشاورزان و متقاضیان ماشین روبرو شده است. در این تحقیق عملکرد فنی و اقتصادی این کمباین مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات فنی ماشین در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فنی کمباین کشتی برداشت نخود

عنوان	حالت / اندازه
منبع تأمین توان	تراکتور
توان مصرفی	۷۰ اسب بخار
سرعت محور توان‌دهی	۴۵۰-۵۰۰ دور بر دقیقه
عرض شانه برش	۲۰۰۰ میلی‌متر
ارتفاع برش (حداقل - حداکثر)	۰-۳۰۰ میلی‌متر
ظرفیت مخزن بذر	۷۰۰ لیتر
میزان تلفات	۴ درصد
ظرفیت کمباینی	۰/۵ هکتار بر ساعت

ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای کمباین برای برداشت نخود دیم در رطوبت مشخص (اندازه‌گیری‌شده با رطوبت‌سنج دانه رسا ۳۰۰۰) و در قالب طرح آزمایشی کرت‌های نوار (استریپ پلات) با دو تیمار سرعت پیشروی کمباین به‌صورت افقی در سه سطح (۲/۵-۳، ۳-۳/۵، ۴-۳/۵)

می‌شود. برداشت مکانیکی با کمباین، هزینه‌های برداشت محصول را نسبت به روش دستی کاهش می‌دهد (Patil et al., 2013).

در تحقیقی، تلفات کلی در برداشت مکانیکی عدس ۲/۶۴ تا ۴/۹۶ درصد بوده است که در مقایسه با برداشت سنتی ارقام نیمه ایستاده کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد (۲۰/۰۳ درصد). در کشت آبی، عملکرد محصول ۲۸۴۰ کیلوگرم بر هکتار با برگشت سرمایه ۶۲۰۵۸ ریال بر هکتار بوده است. این ارقام در روش سنتی، ۲۶۶۶ کیلوگرم بر هکتار و برگشت سرمایه ۵۸۵۱۰ ریال بر هکتار گزارش شده است (Cokkizgin & Shataya, 2013).

در تحقیقی با عنوان بررسی امکان برداشت مکانیزه نخود با کمباین معمولی غلات، استفاده از ضد کوبنده ذرت دانه‌ای و سرعت پیشروی ۲/۵ تا ۳ کیلومتر در ساعت و سرعت کوبنده ۴۰۰ دور در دقیقه با رطوبت دانه ۱۴ درصد، امکان برداشت مکانیزه نخود با کمباین غلات با کمترین تلفات خوشه و دانه (۱۰ درصد) حاصل شد (Mostofi et al., 1995). در گزارشی دیگر امکان برداشت لوبیا چیتی با استفاده از کمباین آزمایشی وینترشتایگر بررسی شد که نتایج برای ارقام پابلند لوبیا چیتی موفقیت‌آمیز بود (Mostofi et al., 1995; Afsahi et al., 2013).

در تحقیقی بر روی کمباین آزمایشی وینترشتایگر، برای برداشت مکانیزه نخود، به‌جای چرخ و فلک از تغذیه‌کننده نیوماتیک استفاده شد. نتایج نشان داد که بین روش‌های برداشت کمباین مجهز به چرخ‌وفلک، کمباین مجهز به واحد تغذیه‌کننده نیوماتیک و روش دستی از نظر میزان ریزش دانه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. روش برداشت به کمک چرخ‌وفلک و برداشت به کمک واحد نیوماتیک به‌ترتیب بیشترین و کمترین تلفات دانه را دارا بودند و مقدار تلفات دانه در روش دستی حد وسط دو روش یاد شده بود (Safari, 2000).

جمع‌بندی پیشینه تحقیق بیانگر امکان برداشت مکانیکی نخود با کمباین است. به همین دلیل برای دستیابی به کمترین تلفات در برداشت کمباینی، تعیین میزان رطوبت مناسب در زمان برداشت محصول با سرعت پیشروی بهینه و در سرعت کوبنده مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

(کیلومتر بر ساعت)،  $W$  عرض برش مفید (متر) و  $e$  بازده مزرعه‌ای (درصد) است.

$$FC = 0.51 \text{ ha.hr}^{-1}$$

$$CC_1 = 627/3 \text{ kg.hr}^{-1} \quad \text{رقم سعید}$$

$$CC_2 = 440/64 \text{ kg.hr}^{-1} \quad \text{رقم محلی}$$

به‌منظور بررسی کیفی محصول برداشت‌شده، بعد از اعمال تیمار سرعت پیشروی کمباین در سرعت مناسب کوبنده (۳۸۵ دور بر دقیقه)، پنج نمونه از محصول برداشت شده از مخزن نمونه‌برداری شد. سپس در محیط آزمایشگاه یک کیلوگرم از نمونه‌های به‌دست آمده، جداسازی و میزان دانه‌های شکسته، لب‌پر و دولپه توزین شدند.

برای ارزیابی اقتصادی روش‌های برداشت، از روش‌های معادل گردش نقدی سالانه و روش نسبت سود به هزینه استفاده شد. در روش معادل گردش نقدی سالانه، با استفاده از ارزش زمانی پول، تمام گردش‌های نقدی مربوط به یک سرمایه‌گذاری به ارزش معادل یکنواخت سالانه تبدیل شد (Soltani, 2008). هزینه یکنواخت سالانه در روش دستی با توجه به تعداد روزهای کاری و اجرت روزانه کارگر تعیین شد که در این تحقیق ۶۰ روز فرصت برای برداشت منظور شد. در روش‌های ماشینی، هزینه‌های خرید اولیه و اسقاط ماشین‌ها با احتساب سود بانکی ۱۵ درصد و عمر ۱۰ ساله به هزینه یکنواخت سالیانه تبدیل شد. در این روش، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و خرید اولیه جزء هزینه‌ها، و نیز ارزش اسقاطی ماشین‌ها، جزء درآمد محسوب می‌شود (Soltani, 2008). به‌منظور لحاظ نمودن منافع حاصل از روش‌های برداشت، از روش نسبت منافع به هزینه استفاده شد. فرمول کلی نسبت منافع به هزینه به‌صورت زیر است:

$$A1 = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2)$$

که در آن،  $A1$  ارزش معادل یکنواخت سالانه خرید ماشین (تومان)،  $P$  قیمت اولیه ماشین (تومان)،  $n$  عمر اقتصادی ماشین (سال) و  $i$  نرخ بهره (درصد) است.

$$A2 = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3)$$

که در آن،  $A2$  ارزش معادل یکنواخت سالانه اسقاط ماشین (تومان) و  $F$  ارزش اسقاطی ماشین (تومان) است.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{ضررها} - \text{منافع}}{\text{هزینه‌ها}} \quad (4)$$

کیلومتر بر ساعت) و تیمار عمودی رقم (سعید و محلی) در قالب طرح آزمایشی کرت‌های نواری (استریپ پلات) با پنج تکرار انجام شد.

پارامترهای فنی ارزیابی ماشین عبارت بودند از: فاصله کوبنده و ضدکوبنده، سرعت پیشروی (فاصله بین دو نقطه مشخص و اندازه‌گیری زمان با زمان‌سنج)، سرعت کوبنده (اندازه‌گیری با تاکومتر)، تلفات کلی کمباین (تلفات طبیعی، تلفات جمع‌آوری در قسمت دماغه، فرآوری در قسمت انتهای کمباین)، تلفات کیفی (شکستگی - دولپه شدن دانه) و ظرفیت کمباینی (The harvesting capacity of combine) برحسب کیلوگرم بر ساعت.

پارامترهای زراعی دو رقم نخود برداشت‌شده مطابق جدول ۲ است.

جدول ۲- شاخص‌های زراعی ارقام نخود برداشت‌شده

رقم محلی	رقم سعید	پارامترهای زراعی
۳۰-۳۵	۳۲-۳۹	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
۲۸-۳۵	۳۰-۳۵	عرض گیاه (سانتی‌متر)
۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	عملکرد تعداد بوته در مترمربع
۳۳-۳۵	۳۵-۳۷	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
۷-۱۰	۷-۱۰	ارتفاع اولین غلاف از زمین (سانتی‌متر)
۱۰/۶	۱۱	رطوبت دانه (درصد)
۵۰	۸۰	تراکم کشت (کیلوگرم در هکتار)
۱۰۰	۱۰۰	ضریب برداشت (درصد)

پژوهش حاضر برای برداشت دو رقم بذری (سعید) و محلی (آجیلی یا لیلی) اجرا شد. عملیات کاشت با ماشین ردیف‌کار با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر انجام شده است. رطوبت دانه حین برداشت، تعیین و عملکرد محصول با استفاده از قاب چوبی ۱×۱ مترمربع اندازه‌گیری و ثبت شد.

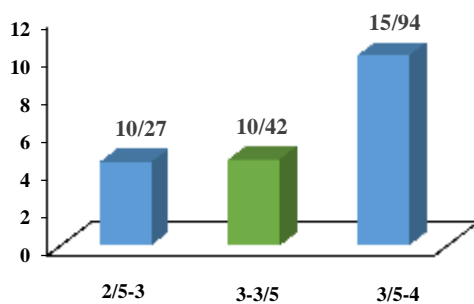
میزان تلفات کیفی، اندازه‌گیری و ظرفیت کمباین (کیلوگرم بر ساعت) در هر دو رقم سعید و محلی با معادله (۱) تعیین شدند:

$$CC = \frac{Y \times FC}{S \times W \times e} \quad (1)$$

که در آن،  $CC$  ظرفیت کمباینی (کیلوگرم بر ساعت)،  $Y$  عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)،  $FC$  ظرفیت مزرعه‌ای کمباین (هکتار بر ساعت)،  $S$  سرعت پیشروی

حداقل تلفات کلی کمباینی (۴/۳۷ درصد)، در سرعت پیشروی ۲/۵-۳ کیلومتر بر ساعت اتفاق افتاد که از نظر تلفات کلی کمباینی (۴/۵۲ درصد)، با سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت در یک مرتبه (در سطح ۵ درصد) قرار گرفت. این نتیجه با گزارش ملی آزمون کمباین حبوبات در کشور ترکیه مطابقت دارد (Tam Test, 2016). سرعت پیشروی ۴-۳/۵ کیلومتر بر ساعت دارای تلفات کلی کمباینی بیشتری (۱۰/۰۴ درصد) بود.

تلفات کلی برداشت



سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)

شکل ۲- اثر سرعت پیشروی بر تلفات کلی برداشت محصول

تلفات کلی برداشت، حاصل جمع تلفات کلی کمباین و تلفات طبیعی محصول است. لذا به دلیل صحیح نبودن شیوه تهیه زمین و کاشت محصول که بایستی در زمین مسطح کشت می‌شد، این مقدار تلفات حاصل شده است (شکل ۲).

سرعت پیشروی کمباین ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت با تلفات کلی برداشت ۱۰/۴۲ درصد، با سرعت پیشروی ۲/۵-۳ کیلومتر بر ساعت با تلفات ۱۰/۲۷ درصد تفاوت معنی‌داری نداشته است.

نتایج بررسی اثر متقابل نوع رقم و سرعت پیشروی کمباین بر تلفات کلی برداشت محصول در شکل ۳ نشان داده شده است.

سرعت پیشروی ۲/۵-۳ و ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت برای رقم سعید در یک مرتبه قرار گرفتند. کمترین میزان تلفات کلی کمباینی با ۳/۲۹ درصد در سرعت ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت حاصل شده است. همچنین تلفات کلی کمباین برای رقم محلی در همین سطح سرعت پیشروی به میزان ۵/۷۵ درصد (با متوسط انحراف معیار ۱/۰۵) به دست آمد.

همان‌طور که در معادله (۴) نشان داده شده است، ضررها به هزینه‌ها اضافه نمی‌شود بلکه از منافع کسر می‌شود. چنانچه نسبت سود به هزینه بزرگ‌تر یا مساوی یک باشد ( $B/C \geq 1$ )، طرح اقتصادی و اگر کوچک‌تر از یک باشد ( $B/C < 1$ )، طرح غیراقتصادی است.

## نتایج و بحث

## آزمون مزرعه‌ای کمباین

نتایج تجزیه واریانس تلفات کلی کمباینی در جدول ۳ نشان داده شده است.

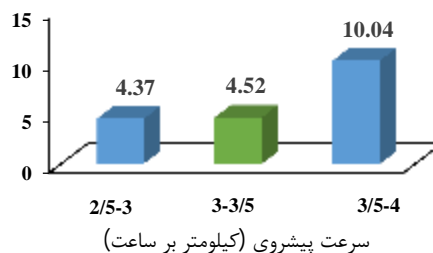
جدول ۳- تجزیه واریانس تلفات کلی کمباینی

میانگین مربعات	درجه آزادی	جمع مربعات	منابع تغییرات
۴/۱۹	۴	۱۶/۷۸	تکرار
۱۰۴/۳۵*	۲	۲۰۸/۷۱	سرعت پیشروی
۸/۸۷	۸	۷۰/۹۵	خطا
۲۱/۵۳	۱	۲۱/۵۳	رقم
۱۴/۸۵	۴	۵۹/۳۹	خطا
۱/۱۱	۲	۲/۲۲	سرعت * رقم
۲۲/۴۳	۸	۱۷۹/۴۷	خطا
	۳۰	۱۷۵۲/۸۹	جمع کل

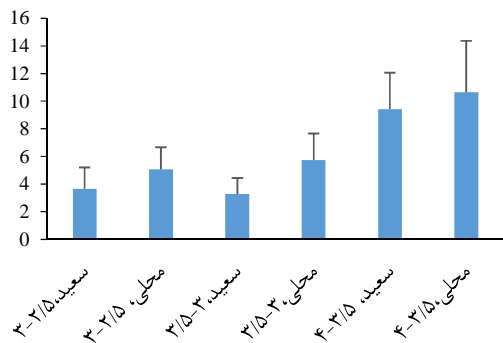
\* تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود اثر سرعت پیشروی کمباین در سطح ۵ درصد بر تلفات کمباینی معنی‌دار بوده ولی اثرات رقم و اثر متقابل رقم و سرعت پیشروی بر تلفات معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی بر تلفات کلی کمباینی در شکل ۱ نشان داده شده است.

تلفات کلی کمباینی



شکل ۱- سرعت پیشروی بر تلفات کلی کمباین بر اساس آزمون دانکن



سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت) و رقم  
 شکل ۳- اثر متقابل سرعت پیشروی و رقم بر تلفات کلی کمباینی

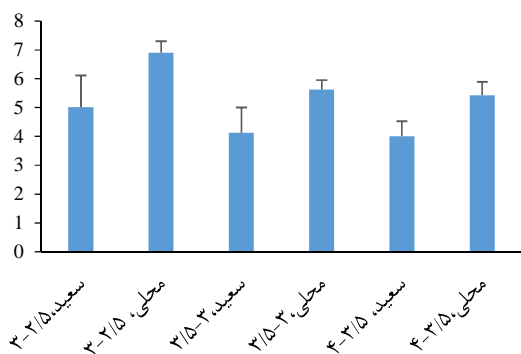
در جدول ۴ نتایج تجزیه و تحلیل تلفات کیفی محصول نشان داده شده است. همان گونه که در جدول مشاهده می‌شود، اثرات نوع رقم و سرعت پیشروی کمباین بر تلفات کیفی محصول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی بر تلفات کیفی در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای سرعت پیشروی کمباین و رقم بر میزان تلفات کیفی

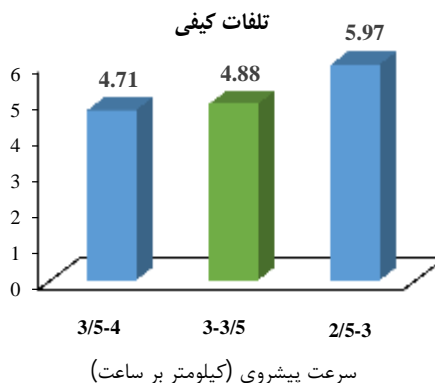
میانگین مربعات	درجه آزادی	جمع مربعات	منابع تغییرات
۰/۵۳	۴	۲/۱۲	تکرار
۴/۷۰*	۲	۹/۳۹	سرعت پیشروی کمباین
۰/۴۱	۸	۳/۳۰	خطا
۱۹/۵۵*	۱	۱۹/۵۵	رقم
۰/۳۱	۴	۱/۲۵	خطا
۰/۱۸	۲	۰/۳۵۸	سرعت * رقم
۰/۵۴	۸	۴/۳۱	خطا
	۳۰	۸۴۸/۵۸	جمع کل

\* تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت پیشروی در رقم بر تلفات کیفی محصول در شکل ۵ نشان داده شده است.



رقم- سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)  
 شکل ۵- اثر متقابل سرعت پیشروی و رقم بر تلفات کیفی محصول برداشت شده



شکل ۴- تلفات کیفی محصول برداشت شده بر اساس آزمون دانکن

در سرعت پیشروی کمباینی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت و سرعت کمباینی ۳/۵-۴ کیلومتر بر ساعت، تلفات کیفی محصول در یک مرتبه قرار گرفتند. مناسب‌ترین سطح سرعت پیشروی کمباین با کمترین تلفات کیفی محصول، ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت با ۴/۸۸ درصد حاصل شد.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، سرعت پیشروی ۳-۳/۵ و ۳/۵-۴ کیلومتر بر ساعت برای رقم

کمباینی برابر ۳/۳۶ بود. لذا از نظر فنی و اقتصادی استفاده از این کمباین با فناوری نوین توصیه شده و هزینه خرید کمباین در دو سال زراعی مستهلک می‌شود.

### نتیجه‌گیری

- حداقل تلفات کلی کمباین (۴/۳۷ درصد) در سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت اتفاق افتاد.
- کمترین میزان تلفات کلی کمباینی برای برداشت رقم سعید در سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت، به میزان ۳/۲۹ درصد حاصل شد. همچنین تلفات کلی کمباین برای رقم محلی ۵/۷۵ درصد به‌دست آمد.
- سرعت پیشروی کمباین در سطح ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت با میزان تلفات ۱۰/۴۲ درصد دارای کمترین تلفات کلی برداشت بود.
- برای رقم سعید، سرعت پیشروی در سطح ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت به علت تلفات کمتر (۱۱/۴۸ درصد)، مناسب‌ترین ترکیب تیماری بود. در رقم محلی نیز با ۹/۳۵ درصد مناسب‌ترین تلفات کلی برداشت حاصل شد.
- مناسب‌ترین سطح سرعت پیشروی کمباین با کمترین تلفات کیفی محصول، سرعت ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت با ۴/۸۸ درصد بود.
- در برداشت رقم سعید با سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت، میزان تلفات کیفی ۴/۱۳ درصد بود. همچنین برای رقم محلی، در همین سرعت پیشروی، ۵/۶۴ درصد تلفات کیفی برآورد شد.
- هزینه‌های برداشت دستی ۴/۸ برابر هزینه برداشت با کمباین است.
- نسبت سود به هزینه برداشت کمباینی ۳/۳۶ است. لذا استفاده از این کمباین با فناوری نوین از نظر فنی و اقتصادی توصیه شده و هزینه خرید کمباین در دو سال زراعی مستهلک می‌شود.

### منابع

1. Afsahi, K. Mostofi-Sarkari, M. R. Shekari, F. and Rastgou, M. 2011. Feasibility study of mechanized bean lines using combine harvesting. Scientific and Research Journal

سعید، از نظر تلفات کیفی محصول در یک مرتبه قرار دارند که سرعت پیشروی ۳-۳/۵ کیلومتر بر ساعت به علت کمتر بودن تلفات کلی کمباینی آن با کمترین تلفات کیفی (۴/۱۳ درصد) انتخاب می‌شود. همچنین برای رقم محلی، سرعت پیشروی ۳-۳/۵ و ۴-۳/۵ کیلومتر بر ساعت در یک مرتبه قرار دارند که به دلیل مشابه، سرعت پیشروی ۳-۳/۵ با ۵/۶۴ درصد تلفات کیفی (با متوسط انحراف معیار ۰/۶۱۳) برگزیده می‌شود.

ظرفیت کمباین برای رقم سعید ۶۲۷/۳ کیلوگرم بر ساعت و برای رقم محلی ۴۴۰/۶۴ کیلوگرم بر ساعت بود به بیان دیگر، به‌طوریکه از نتایج استنتاج می‌شود، می‌توان یک هکتار از این ارقام را در کمتر از دو ساعت با استفاده از کمباین نخود کشتی برداشت نمود (Mostofi et al. 2019).

به‌منظور بررسی اقتصادی تیمارهای مختلف، هزینه‌های برداشت و نگهداری کمباین حیوانات محاسبه شده و نتایج مطابق جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- مقایسه اقتصادی تیمارهای آزمایشی

دستی	کمباین	مورد
۰	۹۰۰۰۰	هزینه خرید (هزار تومان)
۲۰	۱	تعداد کارگر در روز
۵۰	۵۰	هزینه کارگری (هزار تومان در روز)
۱۰۰۰	۴۰۰۰	برداشت نخود در روز (کیلوگرم در روز)
۸	۸	ساعات کار روزانه
۶۰	۶۰	تعداد روزهای برداشت در سال
-	۹۰۰۰	ارزش اسقاط (هزار تومان)
-	۴۵۰۰	هزینه نگهداری (هزار تومان)
۱۲۰۰۰۰	۲۴۹۶۹	هزینه برداشت (هزار تومان در سال) <sup>*</sup>

\* به روش معادل گردش یکنواخت سالانه محاسبه شده است.

مطابق جدول ۵، هزینه‌های برداشت دستی ۴/۸ برابر هزینه برداشت با کمباین است. این در شرایطی است که ۲۰ نفر کارگر، روزانه یک هکتار برداشت نمایند.

با توجه به ظرفیت برداشت کمباین که ۰/۵ هکتار بر ساعت است و در نظر گرفتن ۲ ماه کارکرد کمباین در سال و اجرت برداشت هکتاری ۳۵۰ هزار تومان، درآمد سالانه کمباین ۸۴ میلیون تومان خواهد بود. همچنین نتایج این جدول نشان داد هزینه برداشت با کمباین ۲۴/۹۷ میلیون تومان است. نسبت سود به هزینه برداشت

- International Chickpea Newsletter, (8): 17-19.
14. Safari. M. 2000. A study on the use of pneumatic feeder system in comparison with reel system on the Wintershtiger Combine for mechanized harvesting of chickpea crop. *Agricultural Engineering Journal*, 5(18): 37-44. (In Farsi)
  15. Soltani, G. R. 2008. *Economical engineering*. Publications of Shiraz University, Second Edition, 77-75. (In Farsi)
  16. Tam Test. 2016. National Legume Combine Report and Test Certificate No. 2016/8818-TTM.183.
- of Iranian legumes research. Ferdosi Mashhad University. *Botanical Science Institute*, 2(1): 21-26. (In Farsi)
  2. Anonymous. 2016. *Agricultural Statistics 2015-16*. Ministry of Jihad-e-Agriculture Publications.
  3. CGIAR. 2012. *Research Program on Grain Legumes*. Submitted by ICRISAT, CIAT, ICARDA and IITA.
  4. Cokkizgin, A. and Shataya, M. J. Y. 2013. Lentil: origin, cultivation techniques, utilization and advances in transformations. *Agricultural science*, 1(1): 55-62.
  5. Diekmann, J. Bansal, R. K and Monroe, G. E. 1994. *Developing and Delivering Mechanization for Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, 517-428.
  6. Gaur, P. M. Tripathi, S. Gowda, C. L. L. Ranga Rao, G. V. Sharma, H. C. Panda, S. and Sharma, M. 2010. *Chickpea seed production manual*. Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India. International crops research institute for the semi-Arid tropics. 28 p.
  7. Golpira, H. 2013. *Development of striper harvesting technology for chickpea*. Department of Biosystem Engineering, University of Kurdistan, Iran. (In Farsi)
  8. Golpira, H. 2015. *Redesigned and evaluation of chickpea harvester*. *Journal of Biosystems Engineering*, 40(2): 102-109. (In Farsi)
  9. Grain legumes. 2011. *The magazine of the European Association for grain legume research*. Issue No. 57.
  10. Mostofi-Sarkari, M. R., Safari. M. and Amir-Shagagi F. 2019. *Assessment and field performance evaluation of legumes combine to harvesting rain fed chickpea*. *Agricultural Engineering Research Institute*. Research Report No. 55526. (In Farsi)
  11. Mostofi-Sarkari, M. R. Yavari, I. and Jahanghiri, A. 1995. *Mechanized beans harvesting using WinterShtiger plot harvester*. Research report No. 75/578. *Agricultural Engineering Research Institute*. (In Farsi)
  12. Patil, S. B. Mansure, C. P. and Gaur, P. M. 2013. *Agronomic investigations on tall chickpea genotypes suitable for mechanical harvesting*. ICRISAT. University of agricultural sciences Dharwad. *Processing and utilization of legumes*. Report of the APO seminar on processing and utilization of legumes. 2003. Asian productivity organization. Tokyo. Japan.
  13. Rollins, R. M. and Phillips, J. C. 1983. *Harvest Losses of Chickpea in California*.