نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۳، ص۳۸۶-۳۷۸

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 4, No. 2, Fall - Winter 2014, p. 378-386

یادداشت پژوهشی

بررسی فنی و اقتصادی روش‌های برداشت برنج در منطقه شیروان چرداول

محمدهاشم رحمتی[1*]- غلامعباس سهرابوندی[2]- مهدی خدادادی[3]- آیت محمد رزداری[4]

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۳

چکیده

برنج یکی از غلات پر مصرف ایران است و نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی دارد. با توجه به رشد جمعیت، افزایش تولید این محصول و کاهش تلفات اهمیت ویژه‌ای در جلوگیری از واردات برنج دارند. تلفات برنج در مرحله برداشت بیشترین تلفات محصول را به‌خود اختصاص داده است. کاهش تلفات در این مرحله ضروری است و این امر مستلزم درو به‌موقع محصول، جداسازی دانه از بقایای گیاهی با کمترین تلفات، به‌دست آوردن محصول با کیفیت بالا و انتخاب روش مناسب برداشت است. انتخاب روش برداشت بستگی به‌عوامل مختلفی در هر منطقه دارد. بنابراین روش‌های مختلف برداشت برای هر منطقه باید در شرایط یکسان مقایسه شوند. برای توصیه بهترین روش برداشت در شهرستان شیروان چرداول سه روش برداشت (دستی، کمباین مخصوص برنج و کمباین معمولی غلات) به‌عنوان سه تیمار آزمایش و چهار روستای شهرستان به‌عنوان بلوک در نظر گرفته شدند، به‌عبارت دیگر طرح آزمایشی به‌کار برده شده طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی بود. این تحقیق روی رقم عنبربو اجرا شد و پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، درصد تلفات کل، درصد تلفات مرحله درو، سایر تلفات، تعداد کارگر مورد نیاز و هزینه برداشت. نتایج نشان داد که تفاوت کل پارامترها در میان تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار است. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در برداشت با کمباین معمولی غلات بیشتر از تیمارهای دیگر بود، کمترین درصد تلفات مربوط به برداشت با کمباین مخصوص برنج (۲/۳۲٪) بود و بیشترین درصد تلفات در روش برداشت با کمباین غلات (۳/۸۱۶٪) به‌دست آمد. بیشترین هزینه برداشت در روش برداشت دستی و کمترین آن در برداشت با کمباین مخصوص برنج بود. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق استفاده از کمباین مخصوص برداشت برنج در این منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برداشت برنج، تلفات، کمباین، هزینه‌ها

مقدمه

برنج از قدیمی‌ترین گیاهانی است که در دنیا کشت شده و پس از گندم بیشترین سطح زیر کشت اراضی زراعی جهان را به‌خود اختصاص داده و نقش چشمگیری در تغذیه مردم جهان و ایران دارد (Zamani, 2009). سطح زیر کشت برنج در استان ایلام ۳۰۰۰ هزار هکتار است که ۴/۵ درصد از سطح اراضی آبی و حدود ۰/۹ کل اراضی استان را به‌خود اختصاص داده است (Abdollahi, 2006).

۸۰ درصد برنج تولید شده استان ایلام مربوط به شهرستان شیروان چرداول در شمال ایلام است. ۹۰ درصد از سطح زیر کشت این منطقه را رقم محلی عنبربو تشکیل می‌دهد (Agriculture organization of Ilam, 2010). ضایعات برنج در فرآیند برداشت به دو صورت ضایعات شیمیایی و فیزیکی تقسیم می‌شوند. ضایعات شیمیایی ناشی از عواملی مانند بالا بودن رطوبت و فاسد شدن محصول است. ضایعات فیزیکی به دو صورت ضایعات پنهان و ضایعات آشکار به‌وجود می‌آیند. به‌عبارتی دیگر مقداری از محصول در مرحله درو در برداشت به شکل سنتی یا با استفاده از کمباین و قسمت دیگری از محصول ممکن است در مرحله خرمنکوبی هدر رود (Aghagolzadeh, 2007). اولویت‌های به‌کارگیری روش‌های مکانیزه در مراحل تولید محصول با توجه به شرایط فنی، اقتصادی و اجتماعی هر جامعه مشخص می‌شود. عموماً در کشورهای توسعه یافته کاربرد مکانیزاسیون برای کاهش هزینه‌ها است اما در کشورهای

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: hmrahmati@yahoo.com)
۲- کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد

در حال توسعه برای افزایش تولید است (Reshad Sedghi and Zabolestani, 2003). کاهش هزینه تولید، کم شدن ضایعات محصول و کاهش زمان برداشت از فواید برداشت ماشینی برنج است. بررسی‌ها نشان می‌دهد خرده مالکیت، گرانی ماشین‌آلات و کافی نبودن حمایت‌های بانکی سه دلیل عمده کندی طرح برداشت ماشینی برنج در شالیزارهای کشور است (Agriculture organization of Ilam, 2010). در منطقه شیروان چرداول برداشت به سه روش دستی، کمباین مخصوص برنج و کمباین معمولی غلات انجام می‌شود. در بسیاری از کشورها روش‌های مختلف برداشت برنج بررسی شده و بهترین روش با توجه به شرایط جوی منطقه، مساحت مزارع و وضعیت اقتصادی پیشنهاد شده است. پس باید برای هر منطقه روش‌های مختلف برداشت در شرایط یکسان مقایسه شوند (Ahummed, 1993; Agriculture organization of Ilam, 2010). بررسی منابع داخلی و خارجی نشان می‌دهد، تحقیقات در زمینه برداشت برنج محدود است، توسعه مکانیزاسیون زراعت برنج، ۵ درصد هزینه تولید را کاهش و بین ۵ تا ۱۰ درصد تولید برنج را افزایش می‌دهد (Aghagolzadeh, 2004). بررسی‌های اقتصادی برخی محققین در سیستم‌های مختلف برداشت نشان می‌دهد، بهترین گزینه برای برداشت استفاده از کمباین هدفید[1] است که علاوه بر سرعت و داشتن ضایعات کم، صرفه اقتصادی آن نیز زیاد است (Murray and Bentham, 2000). تحقیقات به‌منظور بررسی چهار نوع خرمنکوب رایج در استان گیلان از لحاظ ظرفیت کوبش، ضایعات ناشی از شکستگی و صدمات مکانیکی وارده بر دانه و تأثیر آنها بر راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید نشان می‌دهد که درصد برنج سالم با استفاده از کمباین غلات به‌طور متوسط ۷۹/۸۳ درصد، برای خرمنکوبی تراکتوری ۸۱/۱۸ درصد و با خرمنکوب جریان محوری و تیلری به‌ترتیب ۸۵ و ۸۶/۲۳ درصد به‌دست آمده است. بیشترین ضایعات کیفی در عملیات خرمنکوبی مربوط به کمباین با میانگین ۲۲/۸ درصد بوده است (Alizadeh, 2004). در تحقیقی روش‌های مختلف برداشت برنج در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت که در آن روش‌های برداشت (دستی، دروگر و کمباین) به‌عنوان تیمارهای آزمایش و چهار شهر مختلف استان به‌عنوان بلوک در نظر گرفته شد. پارامترهای ظرفیت مزرعه‌ای، درصد ضایعات کل، درصد ضایعات درو و جمع‌آوری محصول، تعداد کارگر مورد نیاز و هزینه‌های برداشت بررسی شد و نتایج نشان داد که تفاوت درصد ضایعات کل در بین تیمارها در سطح ۵ درصد و در سایر عوامل در سطح یک درصد معنی‌دار ($P<0.01$) و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در برداشت با دروگر بیشتر از روش‌های دیگر است. کمترین درصد ضایعات کل مربوط به برداشت با کمباین (۱/۹۲) و در روش دستی ۹۸/۳ درصد هزینه‌های برداشت مربوط به مرحله درو و جمع‌آوری محصول بود (حسن‌جانی و همکاران، ۱۳۸۶).

این تحقیق به ارزیابی فنی در منطقه شیروان چرداول می‌پردازد و اهداف آن مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های برداشت برنج و تأثیر روش‌های مختلف بر ریزش، تلفات محصول، محاسبه ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای آنها در منطقه شیروان چرداول و ارائه الگوی مناسب برای برداشت برنج است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تیمار (روش‌های برداشت دستی، کمباین غلات، کمباین مخصوص برنج) و در چهار بلوک (روستاهای بوژان، سراب کلان، ظهیری و ورگچ) و روی رقم عنبربو انجام شد. نقشه طرح در شکل۱ نشان داده شده است، که در آن N_1 روش برداشت محصول به‌وسیله دست، N_2 روش برداشت برنج به‌وسیله کمباین مخصوص برنج، N_3 روش برداشت محصول به‌وسیله کمباین معمولی غلات هستند.

بلوک ۱ (روستای بوژان)	N3	N2	N1
بلوک ۲ (روستای سراب کلان)	N1	N3	N2
بلوک ۳ (روستای ظهیری)	N2	N1	N3
بلوک ۴ (روستای ورگچ)	N2	N3	N1

شکل۱- نقشه طرح آزمایشی
Fig.1. Experimental design schematic

در روش برداشت به‌وسیله کمباین مخصوص برنج از کمباین سوزوکی مدل 8M1-AK با عرض برش ۲۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. این دستگاه به‌دلیل داشتن چرخ‌های خزنده یا شنی مخصوص در اراضی که کاملاً خشک نیستند کار برداشت برنج را انجام می‌دهد (Siadat *et al.*, 1989). در روش برداشت به‌وسیله کمباین غلات از کمباین جان دیر ۹۵۵ با هد انگشتی‌دار که مناسب برای برداشت محصول خوابیده و در هم پیچیده است و کوبنده دندانه میخی استفاده شد. مشخصات فنی کمباین‌های مورد استفاده در جدول۱ ارائه شده است.

1- Head feed type combine

جدول ۱- مشخصات فنی کمباین‌های استفاده شده

Table1- Technical specifications of applied combines used in present study

نوع کمباین Type of combine	کشور سازنده Manufacturer country	وزن Weight (kg)	ارتفاع شانه برش Cutter bar height (cm)	عرض کار Working width (m)	قدرت Power (hp)
کمباین سوزوکی Suzuki combine	چین China	3200	50-10	2.20	75
کمباین غلات جاندیر Combine cereal John Deere	ایران Iran	8450	10-140	4.25	140

ظرفیت مزرعه‌ای، کار انجام شده توسط یک ماشین در زمینه خاکورزی، کاشت، داشت و در مدت یک ساعت است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Almassi *et al.,* 2001).

$$C_e = V.W.e/10 \qquad (۱)$$

Ce ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)، V سرعت پیشروی ماشین (کیلومتر در ساعت)، W عرض کار (متر)، e بازده مزرعه‌ای (درصد) است.

سرعت پیشروی، براساس مسافت طی شده توسط کمباین در مدت ۱۵ ثانیه بر حسب کیلومتر بر ساعت محاسبه شد. بازده (e) از رابطه (۲) به‌دست می‌آید (Almassi *et al.,* 2001).

$$e = Te/Tt .10 \qquad (۲)$$

e بازده مزرعه‌ای (درصد)، Te زمان مفید انجام عملیات (ساعت)، Tt زمان کل انجام عملیات (ساعت) است.

تلفات به‌طور کلی شامل تلفات ریزش (طبیعی) و تلفات در اثر عملیات برداشت است. تلفات طبیعی به‌روش برداشت بستگی ندارد و نحوه محاسبه آن برای تمامی روش‌ها یکی است. ریزش طبیعی در اثر عوامل زراعی و یا محیطی مانند خوابیدگی محصول، دیر برداشت کردن محصول، نوع واریته و حساسیت رقم به ریزش، وزش باد شدید و خوشه‌های غیر عادی حادث می‌شود. تلفات در اثر عملیات برداشت محصول در روش‌های مختلف برداشت متفاوت است و در روش دستی به سه نوع: درصد تلفات مرحله درو، درصد تلفات مرحله جمع‌آوری و خرمنکوبی و درصد تلفات کلی تقسیم می‌شوند. در روش برداشت به‌وسیله کمباین نیز سه نوع تلفات محاسبه شده عبارتند از: درصد تلفات واحد درو، درصد تلفات عقب کمباین و درصد تلفات کلی. درصد تلفات مرحله درو از رابطه (۳) به‌دست می‌آید (Hoseynjani *et al.,* 2007).

$$H_1 = (Wf - Wg)\ 100\ /Y \qquad (۳)$$

H_1 درصد ضایعات مرحله درو، W_f و Wg ضایعات بعد و قبل از برداشت (گرم)، Y عملکرد محصول در متر مربع (گرم) است.

برای به‌دست آوردن Wg که همان تلفات و ریزش طبیعی است کادر فلزی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع را حداقل چهار مرتبه در نقاط مختلف مزرعه به‌طور تصادفی پرتاب و به‌وسیله قیچی یا داس خوشه‌های سالم، درو و از کادر خارج گردید. دانه‌ها و خوشه‌های ریزش کرده در محدوده کادر را جمع‌آوری، دانه را از خوشه جدا و کاملاً پاک کرده و با یک ترازوی دقیق در رطوبت ۱۴ درصد وزن و میزان تلفات بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد. برای محاسبه W_f در روش دستی با استفاده از کادر فلزی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع بعد از عملیات درو محصول و قبل از مرحله جمع‌آوری در چند نقطه مزرعه کادر اندازی شد. دانه‌ها و خوشه‌های داخل کادر به‌دقت جمع‌آوری و پس از جدا کردن دانه از خوشه و بوجاری آن، در رطوبت ۱۴ درصد با ترازوی دیجیتالی بر حسب گرم بر متر مربع وزن و تلفات بعد از برداشت محاسبه شد. در روش برداشت به‌وسیله کمباین با قرار گرفتن در عقب کمباین در حال برداشت ابتدا کادر چوبی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع و به ابعاد ۶۰× ۳۳/۵ سانتی‌متر عمود بر حرکت کمباین پرتاب شد. سپس کادر فلزی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع و ابعاد ۶۵× ۳۸/۵ سانتی‌متر را در اطراف کادر چوبی قرار داده به‌طوری که کادر چوبی در اطراف آن قرار گرفت. محتویات داخل کادر چوبی شامل کلش، دانه سالم، دانه شکسته و خوشه نیم‌کوب که از عقب کمباین خارج شده است، ضایعات پشت کمباین بوده و پس از جدا کردن دانه از خوشه و بوجاری در رطوبت ۱۴ درصد و اعمال ضریب تصحیح ۳/۶۶ این تلفات محاسبه شد. بعد از برداشتن کادر چوبی محتویات کادر فلزی شامل دانه و خوشه با انجام مراحل بوجاری، توزین و تلفات بعد از برداشت (W_f) بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد.

عملکرد مزرعه (Y) در برداشت دستی محصول به این صورت

به‌دست آمد که در چند نقطه از مزرعه درو نشده به‌صورت تصادفی کادر اندازی به‌عمل آمد. خوشه‌های سالم داخل کادر را به‌وسیله قیچی چیده و بر روی پارچه برزنتی خوشه را خرد کرده و دانه‌ها از خوشه جدا و بوجاری شد. سپس در رطوبت ۱۴ درصد وزن و میزان عملکرد در هکتار محاسبه شد. در روش برداشت به‌وسیله کمباین برای محاسبه عملکرد مزرعه مسیری برای حرکت کمباین مشخص شد (۵۰ متر) سپس مخزن را کاملاً خالی کرده و پس از برداشت مساحت تعیین شده از محصول مخزن مجدد تخلیه و توزین شد. با توجه به عرض برداشت کمباین و محاسبات لازم عملکرد برحسب گرم بر متر مربع به‌دست آمد.

درصد تلفات کل شامل تلفات قبل از شروع درو تا خاتمه مراحل برداشت محصول است و از رابطه (۴) به‌دست می‌آید (Hoseynjani *et al.*, 2007).

$$H_2 = wt \times 100/Y \qquad (۴)$$

H_2 درصد تلفات کل، Wt تلفات قبل از درو تا پایان مرحله برداشت (گرم)، Y عملکرد محصول در متر مربع (گرم) هستند.

برای محاسبه Wt کادری فلزی به مساحت ۰/۲۵ متر مربع در نقاط مختلف مزرعه به‌طور تصادفی پرتاب شد. محتویات داخل کادر شامل دانه و خوشه را با دقت جمع‌آوری کرده و با جدا کردن دانه از خوشه و بوجاری آن و وزن در رطوبت ۱۴ درصد بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد. سایر تلفات در روش برداشت دستی شامل تلفات مرحله جمع‌آوری و خرمنکوبی است و در روش برداشت به‌وسیله کمباین شامل تلفات عقب کمباین و ریزش بدنه کمباین است. این تلفات از رابطه (۵) محاسبه شد.

$$H_3 = H_2 - H_1 \qquad (۵)$$

H_3 درصد سایر تلفات، H_2 درصد تلفات کل، H_1 درصد تلفات مرحله درو است.

هزینه‌های برداشت شامل هزینه نیروی انسانی (کارگر مورد نیاز)، هزینه ثابت و متغیر ماشین (کمباین) و هزینه ناشی از تلفات است. هزینه کارگر در مراحل مختلف برداشت شامل درو و جمع‌آوری محصول، درو حاشیه مزرعه، تعداد کارگر مورد نیاز بر حسب نفر ساعت در هکتار برای هر سه روش برداشت محاسبه شد (Shafiee, 1992). هزینه ماشین به دو بخش هزینه ثابت و هزینه متغیر (کاربردی) ماشین تقسیم و محاسبه شد. هزینه ثابت به‌میزان کارکرد ماشین بستگی ندارد و شامل استهلاک، سود سرمایه، هزینه جایگاه نگهداری ماشین، بیمه و مالیات می‌باشد. استهلاک عبارت از کاهش در ارزش اقتصادی ماشین در اثر گذشت زمان که از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (Almassi *et al.*, 2001).

$$D = (P - S)/L \qquad (۶)$$

D استهلاک سالیانه (هزار ریال در سال)، P قیمت اولیه ماشین (هزار ریال)، S قیمت اسقاطی ماشین (هزار ریال)، L عمر مفید ماشین (سال) است.

سود سرمایه، سرمایه‌ای است که برای خرید ماشین یا در ارتباط با آن هزینه می‌شود و از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (Shafiee, 1992).

$$I = (P + S)i/2 \qquad (۷)$$

I سود سرمایه (هزار ریال در سال)، P و S قیمت اولیه و اسقاطی ماشین (هزار ریال)، i نرخ بهره (درصد).

نرخ بهره بانکی با توجه به بهره تعیین شده برای فعالیت‌های کشاورزی در سال‌های اخیر ۱۲ درصد منظور شد. هزینه جایگاه نگهداری ماشین ۰/۷۵ درصد خرید اولیه ماشین (P)، بیمه سالیانه ۰/۲۵ درصد قیمت خرید و مالیات سالیانه ماشین‌آلات کشاورزی ۰/۰۲ تا ۰/۰۱ قیمت اولیه محاسبه شد (Shafiee, 1992).

هزینه متغیر یا هزینه کاربردی ماشین به‌میزان استفاده از ماشین بستگی دارد. هرچه از ماشین بیشتر استفاده شود هزینه افزایش خواهد یافت که عبارتند از: هزینه‌های سوخت، روغن و تعمیر و نگهداری که هرکدام جداگانه محاسبه می‌شود. برای تعیین هزینه سوخت، میزان سوخت مصرفی کمباین مخصوص برنج و کمباین غلات از روش معروف به مخزن پر استفاده شد. به این صورت که در ابتدای کار مخزن پر شده و بعد از کارکرد معینی مخزن با پیمانه معینی مجدد پر شده و به این ترتیب میزان سوخت مصرفی بر حسب لیتر در ساعت تعیین می‌شود. هزینه سوخت مصرفی نیز از رابطه (۸) محاسبه شد (Shafiee, 1992).

$$CS = Pi \times Q/Ca \qquad (۸)$$

C_S هزینه سوخت مصرفی (هزار ریال)، P_i قیمت سوخت مصرفی (هزار ریال)، Q میزان سوخت مصرف شده (لیتر در ساعت)، C_a ظرفیت مزرعه‌ای در انجام عملیات (هکتار در ساعت) است.

هزینه کلیه روان‌کننده‌ها تقریباً معادل ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه سوخت مصرفی محاسبه شد. تعمیرات در ماشین‌های کشاورزی غالباً به‌دلیل فرسودگی‌ها عادی در اثر کار کردن، تعمیرات به‌دلیل غفلت و ناآگاهی راننده و تعمیرات اساسی است. هزینه سرویس و نگهداری نیز از رابطه (۹) محاسبه شد (Shafiee, 1992).

$$C_m = W. K \qquad (۹)$$

C_m هزینه کل سرویس (هزار ریال)، W هزینه هر ساعت انجام سرویس و نگهداری (هزار ریال)، K تعداد ساعات کار برای انجام سرویس متناسب با ساعت کار است.

در سه روش برداشت محصول داده‌های مربوط به هر یک از موارد مذکور برای هر تکرار جمع‌آوری و سپس با نرم‌افزار MSTATC تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها انجام و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد.

نتایج و بحث

در جدول۲ هزینه کل برداشت در یک هکتار در روش‌های برداشت به‌دست آمد. بیشترین هزینه برداشت مربوط به روش دستی با ۶۲۰۷/۹ هزار ریال در هکتار و کمترین مقدار مربوط به کمباین مخصوص برنج با ۳۴۱۹/۸ هزار ریال در هکتار و با کمباین معمولی غلات ۴۰۳۹/۳ هزار ریال در هکتار بود. هزینه مرحله درو در روش دستی بیشترین میزان با ۳۱۲۵ هزار ریال در هکتار و در روش برداشت با کمباین مخصوص برنج و کمباین معمولی غلات به‌ترتیب ۱۶۵۸ و ۱۵۶۵ هزار ریال در هکتار بود که درو حاشیه مزرعه نیز در آن لحاظ شد. هزینه مرحله جمع‌آوری در روش دستی ۱۵۲۵ هزار ریال در هکتار بود و در روش برداشت با کمباین که کلیه مراحل همزمان انجام می‌شود هزینه جمع‌آوری صفر است. هزینه ناشی از تلفات در روش برداشت با کمباین معمولی غلات بیشترین میزان با ۲۱۲۹/۳ هزار ریال در هکتار و کمترین آن مربوط به روش برداشت با کمباین مخصوص برنج با ۱۳۴۵/۸ هزار ریال در هکتار و در روش برداشت دستی ۱۵۵۷/۹ هزار ریال در هکتار بود. هزینه ثابت و متغیر ماشین مربوط به کمباین مخصوص برنج ۴۱۶ هزار ریال و این هزینه در کمباین معمولی غلات ۳۴۵ هزار ریال بود (جدول۳). علت بیشتر بودن هزینه ثابت و متغیر کمباین مخصوص نسبت به کمباین معمولی غلات قیمت اولیه بیشتر دستگاه در کمباین مخصوص بود. حتی با احتساب هزینه‌های ثابت و متغیر ماشین، هزینه برداشت در برداشت به‌روش دستی ۱/۸ برابر برداشت با کمباین مخصوص برنج و ۱/۵ برابر کمباین معمولی غلات بود. بنابراین نه تنها از نظر صرفه‌جویی در وقت و کاهش تلفات بلکه از نظر اقتصادی نیز برداشت با کمباین مخصوص به سایر روش‌ها ارجحیت دارد.

تفاوت سه روش برداشت از نظر ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر، تلفات کل، تلفات مرحله درو، سایر تلفات و هزینه‌های برداشت معنی دار بود ($p< 0.05$). تفاوت در روش برداشت با کمباین و روش دستی در تعداد کارگر مورد نیاز معنی‌دار اما تفاوت روش برداشت با کمباین معمولی غلات و کمباین مخصوص برنج در تعداد کارگر مورد نیاز معنی دار نبود (جداول ۳، ۴، ۵ و ۶). ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر مربوط به برداشت با کمباین معمولی غلات بیشترین مقدار (۰/۳۸ هکتار در ساعت)، کمترین آن مربوط به روش دستی (۰/۰۰۸ هکتار در ساعت) و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر کمباین مخصوص برنج ۰/۲۴ هکتار در ساعت بود (جدول۶).

جدول۲- هزینه‌های برداشت (هزار ریال) در یک هکتار

Table2- Harvesting costs (Thousand rials) per Hectare

شرح عملیات Description of operation	برداشت دستی Manual harvesting	برداشت با کمباین مخصوص برنج Harvest with rice specific combine	برداشت با کمباین معمولی غلات Harvesting by general cereal combine
برداشت حاشیه مزرعه Harvesting of farm margins	---	200	250
مرحله درو Reaping stage	3125	1458	1315
جمع‌آوری محصول Yield gathering	1525	---	---
هزینه ناشی از تلفات Losses costs	1557.9	1345.8	2129.3
هزینه ثابت و متغیر ماشین Fixed and variable costs of machine	---	416	345
جمع کل هزینه Total cost	6207.9	3416.8	4039.3

جدول۳- تجزیه واریانس مقایسه تلفات مرحله درو در روش‌های برداشت

Table3- Variance analysis compared to mortality in ransom reap the harvest methods

F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییر Source of variation
---	---	3.232	11	کل (Total)
696.9**	1.603	3.206	2	تیمار (Treatment)
1.72 ns	0.004	0.012	3	بلوک (Block)
	0.0023	0.014	6	خطا (Error)

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار، *: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد، **: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول٤- تجزیه واریانس مقایسه سایر تلفات در روش های برداشت

Table4- Analysis of variance compared to other losses in harvesting methods

F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییر Source of variation
---	---	0.692	11	کل (Total)
82.25**	0.329	0.659	2	تیمار (Treatment)
0.75 ns	0.003	0.009	3	بلوک (Block)
	0.004	0.024	6	خطا (Error)

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار، *: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد، **: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

جدول**۵**- تجزیه واریانس مقایسه تلفات کل در روش های برداشت

Table5- Analysis of variance compared to total losses in harvesting methods

F	میانگین مربعات Mean of square	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییر Source of variation
---	---	4.314	11	کل (Total)
458.2**	2.108	4.217	2	تیمار (Treatment)
5 ns	0.023	0.0694	3	بلوک (Block)
	0.0046	0.0276	6	خطا (Error)

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار، *: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد، **: وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد

تلفات کل از عوامل مهم در انتخاب روش برداشت هر منطقه است. بیشترین مقدار تلفات کل در روش برداشت کمباین معمولی غلات با ۳/۸۱۶ درصد و کمترین آن مربوط به کمباین مخصوص با ۲/۴۱۲ درصد و در روش برداشت دستی ۲/۷۹۲ درصد بود (جدول۶) که تلفات در هر سه روش معنی‌دار است. علیزاده و همکاران (۲۰۰۲) تلفات کل را در روش‌های برداشت در استان گیلان مشابه نتایج این تحقیق محاسبه کردند به این صورت که تلفات کل برای برداشت با کمباین مخصوص ۱/۹۲ درصد و برای برداشت دستی ۲/۲۵ درصد بود. در تحقیقات سایر محققین مانند یاسایوکی (۲۰۰۴)، کاپینگ جی (۱۹۹۴) نیز تلفات کل کمباین مخصوص برنج کمتر از سایر روش‌ها محاسبه شده‌است.

در هنگام برداشت خوشه‌های زیادی در اثر حرکت رفت و برگشتی تیغه و حرکت دورانی چرخ و فلک ریزش می‌کند. درصد تلفات با کمباین مخصوص برنج و روش دستی نزدیک به هم است

اما کمباین، تلفات مرحله جمع‌آوری ندارد و تلفات مرحله جمع‌آوری در روش دستی نسبتاً زیاد است. دلیل بالا بودن تلفات در مرحله درو در کمباین مخصوص برنج رطوبت بالای شلتوک در مرحله درو است که دلیل آن ترس کشاورزان از بارندگی اوایل پاییز و سیل و آب گرفتگی مزارع است که زودتر از موعد شروع به برداشت می‌کنند. بیشترین مقدار سایر تلفات مربوط به روش دستی با ۱/۵۷۰ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به روش برداشت با کمباین مخصوص برنج با ۱/۰۱۶ درصد و در کمباین معمولی غلات ۱/۴۲۱ درصد بود.

نکته مهم در برداشت برنج در شهرستان شیروان چرداول سرعت برداشت محصول است. شرایط آب و هوایی و اقلیم زمان برداشت به نحوی است که در اوایل پاییز کشاورزان همزمان با رسیدن محصول با باران‌های پاییزی شدید که در مواردی ۵ تا ۱۰ روز عملیات برداشت را به تأخیر می‌اندازد مواجه می‌شوند که زیان مالی زیادی به کشاورزان وارد می‌کند. این باران‌ها نه تنها باعث ریزش و خوابیدگی محصول می‌شود بلکه قیمت نهایی محصول پس از بارندگی به‌علت فعال شدن رنگ دانه‌ها و قرمز شدن برنج سفید تا نصف کاهش می‌یابد. در صورتی که رطوبت شلتوک کم نشود به‌علت کوتاه بودن دوره خواب بذر امکان جوانه زدن شلتوک و فعالیت قارچ‌ها در انبار و هدر رفتن کل محصول وجود دارد. کارخانه‌های شالیکوبی نیز از پذیرش و خشک کردن محصول پس از بارندگی خودداری می‌کنند، در صورت پذیرش نیز در زمان کوتاه و درجه حرارت زیاد شلتوک را خشک می‌کنند که موجب شکستن و خرد شدن برنج سفید می‌شود. با توجه به این موارد و در نظر گرفتن درصد تلفات و هزینه کل برداشت به کشاورزان توصیه می‌شود که برای برداشت برنج از کمباین مخصوص برنج استفاده کنند.

در روش دستی، درو توسط کارگر انجام و دقت می‌شود خوشه با زمین و یا سایر ساقه‌ها برخورد نکند. اگر خوشه بیش از حد خشک باشد تلفات این مرحله افزایش می‌یابد. در روش برداشت با کمباین تلفات مرحله درو مربوط به قسمت درو کننده و بردارنده است. خوابیدگی برنج یکی از معضلات برداشت محصول با استفاده از کمباین است. خوابیدگی از یک طرف باعث می‌شود تا مقداری از خوشه‌ها از دسترس درو کننده کمباین خارج شوند که به‌صورت تلفات کمی ظاهر می‌شوند و از طرف دیگر سبب کاهش ظرفیت مزرعه‌ای کمباین می‌شود. تلفات مرحله درو با کمباین معمولی غلات ۲/۳۹۵ درصد و در روش دستی و برداشت با کمباین مخصوص برنج به‌ترتیب ۱/۲۲۱ و ۱/۳۹۶ بود. از دلایل بیشتر بودن این تلفات وزن زیاد کمباین و فرو رفتن دستگاه در زمین‌های مرطوب است. سایر تلفات در برداشت دستی که شامل مراحل جمع‌آوری و خرمنکوبی است، بیشترین مقدار تلفات در بین روش‌های برداشت را با ۱/۵۷۰ درصد دارا بود. سایر تلفات در کمباین‌ها شامل تلفات عقب کمباین و ریزش بدنه و تلفات کمی محصول مخزن است. کمترین مقدار سایر تلفات مربوط به کمباین مخصوص برنج یعنی ۱/۰۱۶ درصد و برای کمباین معمولی غلات ۱/۴۲۱ بود (جدول۶).

کارگر مورد نیاز در روش برداشت با کمباین، مربوط به درو حاشیه مزرعه بوده است. در روش برداشت دستی مراحل درو، جمع‌آوری و خرمنکوبی به نیروی کارگر نیاز است. بیشترین کارگر مورد نیاز در روش دستی با ۱۸۶ نفر ساعت در هکتار و کمترین در روش برداشت با کمباین مخصوص با ۸ نفر ساعت در هکتار و با کمباین غلات ۱۰ نفر ساعت در هکتار بود. تفاوت دو روش برداشت با کمباین و برداشت دستی معنی دار و تفاوت دو روش برداشت کمباین مخصوص برنج و معمولی غلات معنی دار نبود. علیزاده و همکاران (۲۰۰۲) در ارزیابی روش‌های برداشت در گیلان تعداد کارگر مورد نیاز برای برداشت دستی را ۲۰۰/۸ نفر ساعت در هکتار و برای کمباین مخصوص ۱۵/۱ نفر ساعت در هکتار به‌دست آوردند. علت اختلاف را کمباین استفاده شده در آن تحقیق که از نوع هدفید و فاقد مخزن و نیازمند کارگر برای کیسه‌گیری محصول درو شده بود می‌توان ذکر کرد و در روش برداشت دستی به‌دلیل اختلاف زمانی برداشت در استان گیلان و شیران چرداول است.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر تابعی از عرض کار، سرعت پیشروی و زمان تلف شده است و هرچه مقدار آن بیشتر باشد دلیل بر زیاد بودن راندمان مفید است. هنگام کار با کمباین استفاده از عرض کامل ماشین غیر ممکن است و همیشه مقداری همپوشانی وجود دارد. شرایط منطقه، سطح آموزش کاربران و خدمات ارائه شده برای ماشین‌ها به‌شدت راندمان مزرعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن این عوامل و ارزیابی یکسان روش‌های برداشت، بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر مربوط به کمباین معمولی غلات با ۰/۳۸ هکتار در ساعت بود. کمترین مربوط به روش دستی با ۰/۰۰۸ هکتار در ساعت و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر کمباین مخصوص برنج ۰/۲۳ هکتار در ساعت محاسبه شد (جدول۶).

از دلایل بالا بودن ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر کمباین معمولی غلات می‌توان به عرض کار بیشتر (۴/۲m) و قدرت ۱۴۵ اسب بخار دستگاه اشاره کرد. یاسوکی (۲۰۰۴) در تحقیقی به این نتیجه رسید که ظرفیت کمباین جان‌دیر غلات بیشتر از کمباین سوزوکی مخصوص برنج بوده است. علیزاده و همکاران (۲۰۰۲) ظرفیت محاسبه شده برای روش دستی را ۰/۰۰۷ به‌دست آوردند که اختلاف جزئی با نتایج به‌دست آمده دارد که این اختلاف ممکن است به این دلیل باشد که در مناطق شمالی برداشت در فصل تابستان انجام می‌شود و گرما ممکن است بر کار کارگران تأثیر داشته اما برداشت برنج در شیروان چرداول در فصل پاییز انجام می‌شود که توأم با خنکی هواست و راندمان کار بالا می‌رود. سایر محققین مانند تادو و همکاران (۲۰۰۳)، کاپینگ جی (۱۹۹۴) و جوریز و همکاران (۱۹۹۸) ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر را برای روش‌های مختلف برداشت برنج محاسبه نموده‌اند.

جدول٦- مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری به روش دانکن

Table 6- Comparison of measured variables means by Duncan test

روش برداشت Harvesting method	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت) Effective field capacity (ha h^{-1})	تلفات کل Total losses (%)	تلفات مرحله درو Losses of reaping stage (%)	سایر تلفات Other losses (%)	تعداد کارگر مورد نیاز (نفرساعت در هکتار) The number of needed workers (man per hour h^{-1})	هزینه‌ی برداشت (هزار ریال) Harvesting costs (Thousand rials)
برداشت دستی Manually harvest	0.008 c	2.792 b	1.221 c	1.570 a	186 a	6207.9 a
برداشت با کمباین مخصوص برنج Harvest with rice specific combine	0.24 b	2.412 c	1.396 b	1.016 c	8 bc	3419.8 c
برداشت با کمباین معمولی غلات Harvest with general cereal combine	0.38 a	3.816 a	2.395 a	1.421 b	10 b	4039.3 b

نتیجه‌گیری

۱- با توجه به نتایج به‌دست آمده، روش برداشت محصول با کمباین مخصوص برنج از نظر کاهش تلفات، صرفه‌جویی در وقت نسبت به روش برداشت دستی و روش برداشت با کمباین غلات ارجحیت دارد.

۲- با توجه به نتیجه فوق و در نظر گرفتن هزینه‌های برداشت به کشاورزان توصیه می‌شود که برای برداشت برنج از کمباین مخصوص برنج استفاده کنند که البته استفاده از این کمباین مستلزم یکپارچه کردن اراضی نیز می‌باشد.

منابع

1. Abdollahi, A. 2006. Rice farming, promote the management and operation of Ilam publications, 1: 34.
2. Aghagolzadeh, H. 2004. Offer technical rice machines to suit the situation in the country, Proceedings of the Ninth Conference of State Rice Agriculture Organization of Qazvin. (In Farsi).
3. Aghagolzadeh, H. 2007. The role of combines to increase of rice losses, Proceedings of the Thirteenth National Conference of State Rice, Agriculture organization of Ilam.
4. Agriculture organization of Ilam, 2010. Statistics of Crop year 2010, Public Relations Agriculture Organization of Ilam Publications.
5. Ahummed, P. 1993. Adoption of farm implement by thrice farmers of korala. Ph.D thesis (unpub). College of Agriculture. Vellarni 120 pp.
6. Alizadeh, M. 2004. Effect of different methods to harvest squash on the failure rate in the conversion of two rice varieties, Proceedings of the Third National Congress of mechanization of agricultural machinery in Iran. (In Farsi).
7. Alizadeh, M. 2002, Survey methods of harvesting rice in Gilan, Journal of Agricultural Engineering Research, 3: 3-15.

8. Almassi, M., Sh. Kiani, and N. Loveimi. 2001. Principles of agricultural mechanization, Hazrat Masumeh Press, 2: 248.
9. Hasanjani, H., M. Hoseyni, N. Khademolhoseyni, and M. R. Alizadeh. 2007. Evaluation of various methods of harvesting rice in Gilan. Journal of Agricultural 9 (1): 23-38.
10. Juarez, F. A. Te., B. Duff, L. Crissman, and R. E. Stickny, 1998. The development and impact of mechanical reapers in the Philippines. Agric. Econ. Los Banos International Rice Research Institure. P: 40-43.
11. Kuppiang, G. 1994. AICCRP on farm implements and machinery in Kerula. Annual Report of Kerala Agri. University Center Tavanur. 56pp.
12. Murry, J., and F. Bentham, 2000. Amulti-agent decision support system for corp production. Ceventh International Conference on computers in Agriculture 469-478.
13. Reshad Sedghi, A., and M. Zabolestani, 2003. Comparison of two methods mechanized and conventional of direct rice cultivation in terms of product performance and production costs, East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources Publications.
14. Shafiee, A. 1992. Principles of agricultural machinery, (Translate), Tehran University Press, 1: 467.
15. Siadat, A., A. Kashani, and Gh. Noormohammadi. 1989, Cereal crops, First edition, Chamran martyr University Press.
16. Tado, C., J. Mand, and G. R. Quick, 2003. Development of pedestrian-controlled stripper horresters for southeast asian rice field electronik proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing 9-11 Feb. Louisviue, Kentucky USA. 708p.
17. Yasuyuki, H., 2004, The smallest combine harvester for hilly and mountainous areas. Report on activities of committee for olanning. Special research project.
18. Zamani, Gh. and M. Alizadeh, 2009. Characteristics and technologies of different rice varieties in Iran, pelk Publications, 1: 313