

مقایسه سه نوع کمباین متداول برنج در منطقه مازندران

محمود صفری*، محمدرضا علیزاده و کریم گرامی**

* نگارنده مسئول، نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، روبروی بانک کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۰۲۶)۳۲۷۰۸۳۵۹، پیام‌نگار: email2safari@yahoo.com

** به ترتیب: عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ استادیار موسسه تحقیقات برنج گیلان؛ و محقق موسسه

تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۵

چکیده

در کشورهای توسعه یافته، کمباین‌های برداشت برنج با عرض کارهای مختلف در دو نوع خوشه تغذیه و بوته تغذیه در دسترس هستند. در سال‌های اخیر هر دو نوع کمباین برنج از کشورهای آسیای شرقی از جمله چین، ژاپن و کره جنوبی وارد کشور شده ولی عملکرد آن‌ها از نظر فنی و اقتصادی بررسی یا ارزیابی نشده است. این تحقیق، به منظور رسیدن به هدف فوق و انتخاب ماشین مناسب برداشت انجام شد. تیمارهای مورد ارزیابی عبارت بودند از: ۱- کمباین خوشه تغذیه دو ردیفه ISEKI، ۲- کمباین خوشه تغذیه سه ردیفه KUKJE و ۳- کمباین بوته تغذیه JIANGSU. این تحقیق در قالب آزمایش بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار در مزرعه مرکز توسعه و تکنولوژی هراز (کاپیک) به اجرا درآمد. نتایج نشان می‌دهد که در سطح احتمال ۵ درصد بین تیمارهای آزمایشی از نظر درصد ضایعات، جریان جرمی، ظرفیت‌های نظری و مؤثر و هزینه‌های برداشت محصول در هکتار، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی از نظر درصد لغزش، بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار نیست. از نظر بازده مزرعه‌ای، کمباین بوته تغذیه با ۶۵/۹ درصد در گروه الف، کمباین سه ردیفه KUKJE با ۴۸/۳۶ درصد در گروه ب و کمباین دو ردیفه ISEKI در گروه آخر قرار گرفت. از نظر بالا بودن میزان ضایعات، کمباین بوته تغذیه با ۱/۷۴ درصد تلفات دانه (بدون احتساب ریزش طبیعی) در گروه اول و سایر کمباین‌ها در گروه بعد قرار گرفتند. کمباین بوته تغذیه نسبت به دو کمباین دیگر دارای کم‌ترین هزینه برداشت به ازای هر هکتار شالیزار است. با توجه به نتایج به دست آمده، از نظر فنی و اقتصادی، استفاده از کمباین بوته تغذیه به‌منظور برداشت برنج توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی

برداشت مکانیزه برنج، برنج، کمباین برنج، کمباین بوته تغذیه، کمباین خوشه تغذیه

مقدمه

استفاده کرد. در روش سنتی، کشاورزان به علت محدودیت زمانی ناشی از بارندگی‌ها محصول را در اولین فرصت پس از رسیدن دانه‌ها برداشت محصول می‌کنند. باران شهریورماه، علاوه بر این موجب ریزش دانه می‌شود کیفیت محصول را نیز کاهش می‌دهد. حین این که امکان خوابیدگی (ورس) ساقه‌های برنج هم وجود دارد. در این حالت دانه‌ها قبل از برداشت از خوشه‌ها جدا می‌شود که میزان ضایعات افزایش می‌یابد. ورس باعث می‌شود

در ایران ۶۳۰ هزار هکتار شالیزار در ۲۱ استان کشور وجود دارد. اما بیش‌تر شالیزارها (۴۱۰ هزار هکتار یا ۶۰ درصد سطح زیر کشت برنج) کشور در دو استان گیلان و مازندران متمرکز و مابقی در گلستان، خوزستان، فارس و دیگر استان‌ها پراکنده است. با توجه به افزایش جمعیت و بالا رفتن مصرف برنج، لازم است برای برداشت این محصول از روش‌های مکانیزه، به جای روش سنتی،

خوشه‌ها روی زمین مرطوب قرار گیرند و بیش‌تر دانه‌ها ریزش کنند. همچنین هنگام برداشت ساقه‌های خوابیده، به‌علت تردد کارگران، میزان ضایعات افزایش می‌یابد. تعداد کارگر مورد نیاز برای برداشت این مزارع بیش‌تر است و دستمزد کارگران در زمان برداشت حتی به دو برابر نیز افزایش می‌یابد. به‌دلیل هم‌زمان شدن برداشت محصول با ریزش باران، علاوه بر ایجاد مشکلات مزبور، هزینه‌های اضافی برای خشک شدن محصول نیز تحمیل می‌شود. برداشت دستی علاوه بر هزینه‌بر بودن، زمان‌بر نیز هست. بنابراین برای برداشت سریع با کم‌ترین درصد ضایعات، مکانیزه شدن برداشت برنج ضروری است. انتخاب روش برداشت بستگی به سطح درآمد کشاورزان، مساحت مزرعه، سطح مکانیزاسیون و شرایط آب و هوایی منطقه دارد. در بسیاری از کشورها روش‌های مختلف برداشت برنج مقایسه و از نظر فنی و اقتصادی بررسی شده‌اند و بهترین روش با توجه به شرایط جوی، مساحت مزارع و وضعیت اقتصادی پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر کمباین‌های مختلف از کشورهای جنوب شرق آسیا وارد کشور شده‌اند. کشاورزان این کمباین‌ها را بدون در نظر گرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، به‌کار برده‌اند. کمباین‌ها مورد بررسی‌های پراکنده‌ای قرار گرفته‌اند ولی ارزیابی‌ها در قالب پروژه تحقیقاتی و به صورت مقایسه‌ای نبوده است. با توجه به قیمت بالای این کمباین‌ها و خارج شدن ارز از کشور، بررسی آن‌ها و انتخاب فناوری مناسب ضروری است تا بتوان با اتکا به این نتایج در خصوص انتخاب کمباین مناسب اظهار نظر کرد. حسن‌جانی و همکاران (Hasanjani et al., 2007) در گزارشی اعلام کرده‌اند که ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر دروگر نسبت به سایر روش‌ها بالاتر است و کم‌ترین میزان ضایعات مربوط به روش برداشت با کمباین است. رنپو (Renpu, 1999) طی گزارشی در کشور چین آورده است که کمباین‌های برداشت برنج برای مناطق شمالی مناسب

بوده و برای مناطق جنوبی سازگار نیستند. زیرا بالا بودن رطوبت نسبی در مناطق جنوبی ضایعات برنج را افزایش می‌دهد. کشاورزان برای برداشت برنج به کمباین‌های کوچک رغبت بیش‌تری نشان می‌دهند، زیرا هزینه سرویس و نگهداری این کمباین‌ها کم‌تر است. کمباین برنج اختصاصی نیست و باید با شرایط هر منطقه تغییراتی در آن داده شود. اگرچه در بعضی مناطق هند برای برداشت برنج نیروی کار بسیار ارزان است ولی هزینه کلی آن با در نظر گرفتن ضایعات محصول، در مقایسه با روش برداشت مکانیزه، بیش‌تر است. هزینه برداشت مکانیزه ۲۳/۶ درصد کم‌تر از هزینه برداشت به روش سنتی است و کیفیت نهایی محصول نیز مناسب‌تر است. ویچا و همکاران (Vicha et al., 1992) در تحقیقی با عنوان آزمون عملکرد کمباین‌های برنج، بازده مزرعه‌ای و میزان ضایعات را در کمباین محلی و کمباین خوشه تغذیه بررسی کردند. نتایج بررسی این محققان نشان می‌دهد که در کمباین نوع محلی سرعت پایین‌تر باعث کاهش ضایعات و بازده بوجاری می‌شود و نوع خوشه تغذیه دارای پایین‌ترین درصد ضایعات است (۳/۹-۴/۷ درصد). بازده بوجاری در این حالت ۹۳/۲ درصد و بالاترین سرعت پیشروی در هر دو کمباین، ۰/۸ متر بر ثانیه بوده است. روی و همکاران (Roy et al., 2001) در تحقیقی با عنوان ارزیابی عملکرد کمباین برداشت برنج در شالیزارهای مالزی، می‌گویند کمباین نیوهلند بوته تغذیه دارای ظرفیت مزرعه‌ای ۱/۰۵ هکتار بر ساعت، بازده مزرعه‌ای ۷۲ درصد و متوسط افت دانه ۱/۶۸ درصد است این محققان اضافه می‌کنند که تنظیمات مناسب کمباین یکی از عوامل کاهش ضایعات است. کالپین (Culpin, 1986) آورده است که منبع اصلی افت دانه در کمباین، افت‌های پیش از برداشت، دماغه، کوبنده، کاه‌پران‌ها، سینی‌دانه و کفشک‌هاست. یوان (Yiyuan, 2003) طی تحقیقی می‌گوید در چین از هر دو نوع کمباین وارداتی و محلی

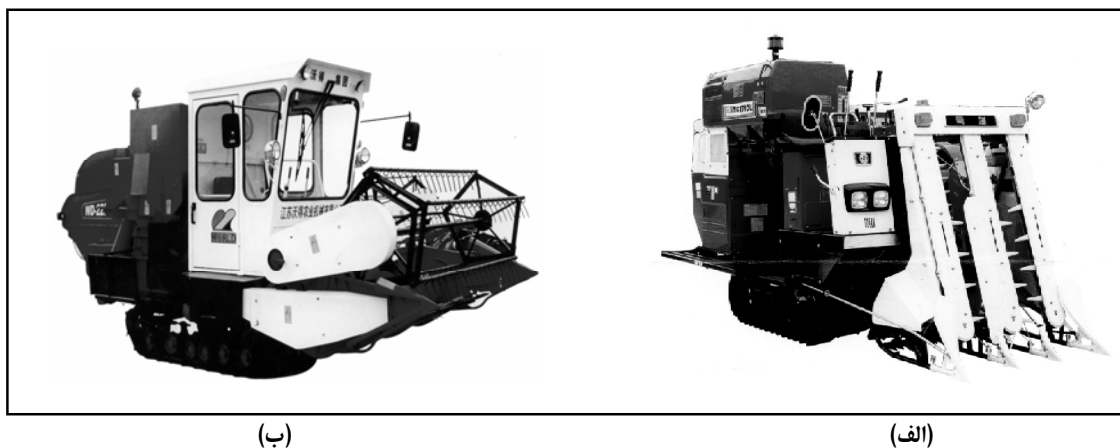
خوشه‌ها روی زمین مرطوب قرار گیرند و بیش‌تر دانه‌ها ریزش کنند. همچنین هنگام برداشت ساقه‌های خوابیده، به‌علت تردد کارگران، میزان ضایعات افزایش می‌یابد. تعداد کارگر مورد نیاز برای برداشت این مزارع بیش‌تر است و دستمزد کارگران در زمان برداشت حتی به دو برابر نیز افزایش می‌یابد. به‌دلیل هم‌زمان شدن برداشت محصول با ریزش باران، علاوه بر ایجاد مشکلات مزبور، هزینه‌های اضافی برای خشک شدن محصول نیز تحمیل می‌شود. برداشت دستی علاوه بر هزینه‌بر بودن، زمان‌بر نیز هست. بنابراین برای برداشت سریع با کم‌ترین درصد ضایعات، مکانیزه شدن برداشت برنج ضروری است. انتخاب روش برداشت بستگی به سطح درآمد کشاورزان، مساحت مزرعه، سطح مکانیزاسیون و شرایط آب و هوایی منطقه دارد. در بسیاری از کشورها روش‌های مختلف برداشت برنج مقایسه و از نظر فنی و اقتصادی بررسی شده‌اند و بهترین روش با توجه به شرایط جوی، مساحت مزارع و وضعیت اقتصادی پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر کمباین‌های مختلف از کشورهای جنوب شرق آسیا وارد کشور شده‌اند. کشاورزان این کمباین‌ها را بدون در نظر گرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، به‌کار برده‌اند. کمباین‌ها مورد بررسی‌های پراکنده‌ای قرار گرفته‌اند ولی ارزیابی‌ها در قالب پروژه تحقیقاتی و به صورت مقایسه‌ای نبوده است. با توجه به قیمت بالای این کمباین‌ها و خارج شدن ارز از کشور، بررسی آن‌ها و انتخاب فناوری مناسب ضروری است تا بتوان با اتکا به این نتایج در خصوص انتخاب کمباین مناسب اظهار نظر کرد. حسن‌جانی و همکاران (Hasanjani et al., 2007) در گزارشی اعلام کرده‌اند که ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر دروگر نسبت به سایر روش‌ها بالاتر است و کم‌ترین میزان ضایعات مربوط به روش برداشت با کمباین است. رنپو (Renpu, 1999) طی گزارشی در کشور چین آورده است که کمباین‌های برداشت برنج برای مناطق شمالی مناسب

نظری و هزینه‌های برداشت است. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- استفاده از کمباین خوشه تغذیه دو ردیفه ISEKI، ۲- استفاده از کمباین خوشه تغذیه سه ردیفه KUKJE و ۳- استفاده از کمباین بوته تغذیه JIANGSU است (جدول ۲). دلایل انتخاب این سه کمباین، در دسترس بودن آن‌ها و هدف نیز مقایسه دو روش برداشت با کمباین (خوشه تغذیه و بوته تغذیه) است. اندازه‌گیری کلیه کمباین‌های موجود با مارک‌های مختلف در حیطه این تحقیق نیست و ارزیابی مارک‌های مختلف باعث پایین آوردن دقت آزمایش می‌گردد. لذا سه کمباین رایج موجود انتخاب و در قالب پروژه تحقیقاتی مورد مقایسه قرار گرفتند. در کمباین‌های خوشه تغذیه؛ بوته‌های درو شده با شانه برش به کمک انگشتی‌ها و زنجیر به سیستم کوبنده منتقل می‌شود، انتهای ساقه‌ها با زنجیر و نگهدارنده بالای آن محکم نگه‌داشته می‌شود و فقط خوشه‌ها به داخل کوبنده دندان‌میخی وارد و کوبیده می‌شوند. در نوع بوته تغذیه، کل محصول از طریق دماغه کمباین (نظیر برداشت گندم و جو) برداشت و توسط الواتور به قسمت‌های کوبنده، جداکننده و تمیزکننده هدایت می‌شود (شکل ۱).

استفاده می‌شود. نوع محلی بسیار ارزان‌تر از نوع وارداتی است. اخیراً در این کشور، فناوری جدید برداشت و سیستم خوشه‌چین^۱ روی کمباین‌های برنج، توسعه یافته است. نتایج آزمون‌ها نشان می‌دهد که در این روش میزان ضایعات پایین‌تر است. از طرفی، کمباین‌های محلی به دلیل سادگی مکانیزم، راحتی تعمیر و نگهداری، در مقیاس تجاری و در سطح وسیع تولید می‌گردد. با توجه به تحقیقات فوق و بررسی کمباین‌های وارداتی موجود، هدف از این تحقیق، مقایسه روش‌های مختلف برداشت برنج با سه نوع کمباین رایج است که با توجه به نتایج تحقیق، کمباین مناسب معرفی می‌شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه روش‌های مختلف برداشت برنج با کمباین، تحقیقی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار روی رقم فجر در مزرعه مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز (Aghagolzadeh, 2008) به اجرا درآمد (جدول ۱). از روش آزمون RNAM^۲ برای ارزیابی استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها شامل تعیین میزان سوخت مصرفی، ضایعات، بازده مزرعه‌ای، ظرفیت مؤثر و



شکل ۱- کمباین‌های برداشت برنج
الف) خوشه تغذیه؛ ب) بوته تغذیه

جدول ۱- شرایط محصول و مزرعه

شرایط محصول			شرایط مزرعه		
۲۱/۷	رطوبت دانه (درصد)	۱۳۱	رسیدگی محصول (روز بعد از کاشت)	۲۰×۴۰	طول و عرض کرت (متر)
۷۳/۷	رطوبت ساقه (درصد)	۱۰۶	ارتفاع محصول (سانتی‌متر)	۳۰	رطوبت خاک (درصد)
۴۷۰۰	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۲۶/۹	طول خوشه (سانتی متر)	۲۹/۳	فاصله ردیف (سانتی‌متر)
	ردیفی		الگوی کشت	لومی-رسی	بافت خاک

جدول ۲- مشخصات کمباین‌ها

نوع کمباین	کشور سازنده	ارتفاع برش (سانتی‌متر)	عرض برش ماشین (سانتی‌متر)
دو ردیفه خوشه تغذیه ISEKI	ژاپن	۱۵/۵	۷۹
سه ردیفه خوشه تغذیه KUKJE	کره جنوبی	۱۵/۵	۹۵
بوته تغذیه JIANGSU	چین	۱۴	۱۸۲

$$S = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

d_1 = مسافت طی شده در حالت بی‌باری (متر)؛ d_2 = مسافت طی شده در حین کار در مزرعه (متر)؛ و S = لغزش (درصد).
سرعت پیشروی: در قسمت میانی کرت (در امتداد طول) تیرک‌هایی به فاصله ۱۰ متر از یکدیگر قرار داده شد. به محض رسیدن کمباین در حین برداشت به اولین و دومین تیرک، زمان با زمان‌سنج ثبت گردید. با تقسیم کردن مسافت ۱۰ متری بر اختلاف زمان، سرعت پیشروی بر حسب متر بر ثانیه به دست آمد که با استفاده از رابطه ۲ به کیلومتر بر ساعت تبدیل گردید.

$$V_2 = C \times V_1 \quad (2)$$

که در آن،

V_2 = سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)؛ V_1 = سرعت پیشروی (متر بر ثانیه)؛ و $C = ۳/۶$.

عرض کار مؤثر کمباین: در حین پیشروی کمباین علامتی در مجاورت ردیف محصول درو نشده گذاشته شد که در ردیف برگشت درو می‌شد. همین عمل در دور

سوخت مصرفی: حجم سوخت، قبل و بعد از عملیات، اندازه‌گیری شد. پس از قرار دادن کمباین در سطحی کاملاً هموار، تا سطح معینی از مخزن، سوخت ریخته شد. پس از برداشت محصول از سطح معینی از مزرعه، در وضعیتی کاملاً طبیعی، سوخت‌گیری تکرار گردید. میزان سوخت اضافه شده به مخزن در مرحله دوم سوخت‌گیری، میزان سوخت مصرفی در نظر گرفته شد. این عمل در ۳ تکرار انجام و پس از آن متوسط میزان سوخت مصرفی در ساعت محاسبه شد. میزان سوخت بر هکتار، با تقسیم مصرف سوخت بر حسب لیتر بر ساعت به ظرفیت مزرعه‌ای محاسبه شد.

لغزش: چرخ کمباین‌های برنج، شنی لاستیکی است و آج‌های عمیق دارد که در شرایط گل بودن مزرعه بازده کششی را افزایش می‌دهد. برای اندازه‌گیری درصد لغزش، علامتی روی قسمتی از یک چرخ حک گردید. ابتدا مسافت طی شده توسط کمباین در حالت بی‌باری به ازای ۱۰ دور چرخ محاسبه شد. این مسافت در حین کار (با بار) نیز در داخل مزرعه اندازه‌گیری و میزان لغزش از رابطه ۱ محاسبه گردید. این عمل برای هر تیمار ۳ بار تکرار شد:

بازده مزرعه‌ای: نسبت ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای به ظرفیت نظری بر حسب درصد را بازده مزرعه‌ای گویند (رابطه ۵). به عبارت دیگر بازده مزرعه‌ای نسبت مدت زمان اجرای عملیات بدون وقت تلف شده به اجرای عملیات با وقت تلف شده است و بر حسب درصد بیان می‌گردد.

$$\eta = C_e / C_i \times 100 \quad (5)$$

ضایعات برداشت: روش اندازه‌گیری ضایعات در هر یک از ریزش‌ها به شرح زیر است:

ریزش طبیعی: این ریزش گرچه ارتباطی به کار کمباین ندارد، ولی داشتن مقدار آن در اندازه‌گیری ریزش‌های دیگر (شکل ۲) ضروری است. برای این منظور، قاب چوبی به ابعاد ۱×۱ متر در نقاط مختلف کرت مورد آزمایش انداخته شد. پس از تفکیک بوته‌های داخل و خارج فضای کادر، دانه‌های سالم ریخته شده بر روی زمین (در فضای داخل کادر و قبل از حرکت کمباین در جلوی کمباین) جمع‌آوری و توزین شد. ریزش طبیعی را می‌توان در هر منطقه از مزرعه اندازه‌گیری کرد ولی برای نده بالا بردن دقت اندازه‌گیری، کادرها در جلو کمباین قرار داده شد تا بعد از عملیات، درست در همان منطقه، ضایعات دیگر نیز بررسی شود.

برگشت پس از عبور کمباین از مقابل علامت گذاشته شده دور قبل، تکرار شد. فاصله بین این علامت‌ها که همان عرض برش واقعی واحد دروگر بود، اندازه‌گیری گردید.

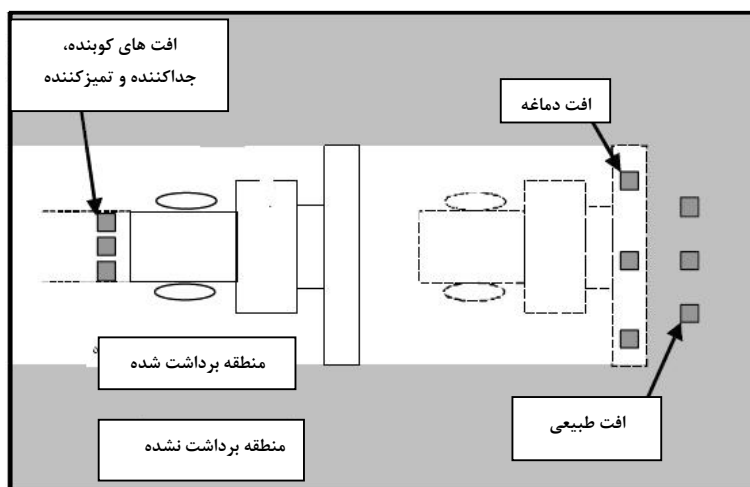
ظرفیت نظری و مؤثر مزرعه‌ای: ظرفیت نظری بیانگر میزان سطح پوشش داده شده توسط ماشین بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده است و از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$C_i = V \times W / 10 \quad (3)$$

که در آن،
 V = سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)؛ W = عرض کار (متر)؛ و C_i = ظرفیت نظری (هکتار بر ساعت).
 ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای بیانگر مدت زمان واقعی کارکرد ماشین با در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده و تابعی است از ظرفیت نظری و بازده مزرعه‌ای که از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$C_e = C_i \times \eta \quad (4)$$

که در آن،
 η = بازده مزرعه‌ای (درصد)؛ و C_e = ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت).



شکل ۲- اندازه‌گیری ضایعات در کمباین‌ها (Behrooz-Lar, 2000)

شده و ترک‌دار بود. برای اندازه‌گیری دانه‌های آسیب دیده، پوست‌کنده شده و ترک‌دار، نمونه‌هایی (هر یک ۵ کیلوگرم) از شلتوک داخل مخزن کمباین، برداشته شد. پس از اندازه‌گیری میزان رطوبت، با استفاده از مقسم‌های آزمایشگاهی نمونه‌های کوچک‌تری از آن‌ها (۵/۰ کیلوگرمی)، به‌صورت تصادفی انتخاب و دانه‌های پوست‌کنده شده و شکسته شده آن جدا و جداگانه وزن گردید. برای تعیین درصد دانه‌های ترک‌دار، با استفاده از پوست‌کن سایشی، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی از شلتوک، پوست‌کنی و با دستگاه ترک‌سنج^۱ درصد دانه‌های ترک‌دار مشخص شد.

مواد غیردانه‌ای (MOG): مقدار معینی (حدود ۲۰۰ گرم) از دانه خروجی در مخزن کمباین‌ها توزین و دانه‌ها از مواد غیردانه‌ای تفکیک گردید. نسبت مواد غیردانه‌ای به کل مواد درصد مواد غیردانه‌ای در نظر گرفته شد.

سرعت تغذیه محصول: با اندازه‌گیری میزان محصول ورودی به کمباین در مدت زمان معین، این شاخص محاسبه گردید. برای این کار در کمباین خوشه تغذیه میزان ورود محصول (ساقه و خوشه) به دماغه کمباین طی مدت زمان معین، از قسمت برداشت محصول تا قسمت کوبنده (محل تغذیه خوشه) اندازه‌گیری شد. در نوع بوته تغذیه، این عامل از زمان برش محصول تا زمان ورود به کوبنده در نظر گرفته شد. سرعت تغذیه عبارت است از نسبت وزن محصول جمع‌آوری شده (کیلوگرم) به زمان (ثانیه).

هزینه‌های برداشت: هزینه‌های برداشت شامل هزینه‌های درو اطراف مزرعه، تلفات و ضایعات، درو محصول و هزینه‌های ماشین (هزینه‌های ثابت و متغیر) به شرح زیر محاسبه شد:

هزینه‌های ثابت: این هزینه‌ها به کارکرد ماشین بستگی ندارد و شامل استهلاک، سود سرمایه، جایگاه نگهداری ماشین، بیمه و مالیات است.

ریزش از دماغه کمباین (افت جمع‌آوری): کمباین در حین کار طبیعی خود متوقف و در همان جهت پیشروی، ۴ متر به عقب هدایت شد. در فضای بین محصول درو نشده واقع در جلو کمباین و فضایی که هنوز قسمت تخلیه کاه و کلش کمباین به این محدوده نرسیده است (۲ متر) قاب چوبی انداخته شد و دانه‌های ریخته شده روی زمین در داخل کادر چوبی جمع‌آوری و وزن گردید. برای اندازه‌گیری میزان ریزش این قسمت، مقدار ریزش قبل از برداشت کسر شد.

ریزش قسمت کوبنده و جداکننده (افت فرآوری): میزان ریزش حاصل از واحد خرمن‌کوبی (دهانه تخلیه کاه) و واحد بوجاری جداگانه اندازه‌گیری شد. برای این کار، ابتدا در قسمت‌های میانی کرت (در امتداد طولی) تیرک‌هایی با فاصله ۱۰ متر از یکدیگر کاشته شد. به محض رسیدن کمباین به اولین تیرک، با استفاده از چادرهای از قبل آماده شده، خروجی تخلیه کاه و خروجی بوجاری جمع‌آوری و به محض رسیدن کمباین به تیرک بعدی، این کار متوقف شد. این عمل برای خروجی کاه و خروجی بوجاری جداگانه و به دفعات اجرا شد. پس از نصب کدهای شناسایی و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، تمام دانه‌های سالم جدا و توزین شد.

خوشه‌های نکوبیده (واحد خرمن‌کوبی): برای این منظور، با توجه به این‌که خروجی واحدهای کوبنده و بوجاری به‌صورت نوار و به‌طور مرتب روی هم ریخته می‌شوند، طول مشخصی از این نوار (کاه و کلش) واقع بر روی زمین جمع‌آوری و تعداد کزل‌ها یا خوشه‌ها نکوبیده جمع‌آوری و توزین شد. این مقدار از تلفات باید بر حسب واحد سطح بیان شود، لذا طول اندازه‌گیری شده این نوار در عرض برش واقعی کمباین ضرب و سطح مورد نظر محاسبه شد.

تلفات خرمن‌کوب: تلفات این واحد شامل کزل‌ها یا خوشه‌های نکوبیده، دانه‌های شکسته شده، پوست‌کنده

که در آن،
 $Crm =$ هزینه‌های تعمیر و نگهداری (ده هزار ریال)؛
 $t =$ زمان کل کاربرد ماشین (ساعت)؛ $RF_1, RF_2 =$ ضریب
 تعمیر و نگهداری؛ و $Pu =$ قیمت اولیه خرید ماشین (ده
 هزار ریال).

هزینه‌های کارگری تیمارها با توجه به میزان عرف منطقه‌ای
 منظور شده است.

روش منافع به مخارج: یکی از روش‌های ارزیابی
 اقتصادی تیمارها، روش منافع به مخارج است که از رابطه
 ۸ محاسبه می‌شود:

$$B/C = (\text{هزینه‌ها}) / (\text{ضررها - منافع}) \quad (8)$$

در این جا ضررها به هزینه‌ها اضافه نمی‌شود بلکه از
 منافع کاسته می‌شود. هزینه‌های اولیه با توجه به ارزش
 یکنواخت سالانه محاسبه می‌شود. اگر در این فرمول
 نسبت بزرگ‌تر از یک یا اختلاف درآمد با هزینه بزرگ‌تر از
 صفر باشد، پروژه اقتصادی است و گرنه غیراقتصادی است
 (Soltani, 1992).

جدول رقومی

پس از این که اطلاعات به دست آمده از تیمارها با هم
 مقایسه شدند، با در نظر گرفتن کلیه عوامل فنی و
 اقتصادی و با استفاده از جدول رقومی، تیمار مناسب
 انتخاب شد (جدول ۶). در این جدول نظرات ۲۰ نفر
 کارشناس با در نظر گرفتن امتیازات ۵-۱ اخذ و با استفاده
 از فرمول کروسکال والیس^۱ (رابطه ۹)، تیمار مناسب
 تعیین شد (Ehdaee, 1990):

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\sum \frac{T_i^2}{n} \right) - 3(N+1) \quad (9)$$

که در آن،
 $N =$ تعداد داده‌ها و $T =$ مجموع داده‌ها. اگر H بزرگ‌تر از
 جدول کای اسکور باشد فرضیه صفر رد و اگر کوچک‌تر
 باشد، فرضیه صفر تأیید می‌شود.

استهلاک: عبارت است از کاهش ارزش ماشین در اثر
 گذشت زمان؛ میزان استهلاک با روش خطی محاسبه شد.
سود سرمایه: مبلغی است که بابت خرید ماشین هزینه
 شده است و اگر در بانک سپرده گذاری می‌شد، سود بانکی
 به آن تعلق می‌گرفت که از فرمول ۶ محاسبه گردید:

$$I = (p+s)i/2 \quad (6)$$

که در آن،
 $P =$ قیمت اولیه خرید (ده هزار ریال)؛ $I =$ سود سرمایه (ده
 هزار ریال)؛ و $i =$ نرخ بهره (درصد).

در این تحقیق با توجه به اعتبارات بانکی، نرخ بهره
 ۱۶ درصد (متوسط سودهای رایج بانکی)، هزینه جایگاه و
 نگهداری ۰/۷۵ درصد، بیمه ۰/۲۵ درصد، و مالیات سالیانه
 ۰/۰۱ قیمت خرید ماشین در نظر گرفته شد هر چند
 خدمات کشاورزی از پرداخت مالیات معاف است ولی در
 این تحقیق برای بالا بردن درجه اطمینان بیشتر، این
 بخش نیز منظور شد.

هزینه‌های متغیر: به میزان استفاده از ماشین بستگی دارد
 و شامل هزینه‌های سوخت، روغن، تعمیر و نگهداری و
 کارگری است.

سوخت: قیمت یک لیتر گازوئیل ۳۵۰۰ ریال در نظر گرفته
 شد و میزان هزینه سوخت در ساعت با توجه به میزان
 سوخت مصرفی، محاسبه گردید. برای تبدیل هزینه
 ساعتی سوخت به هزینه هکتاری، این هزینه به ظرفیت
 مؤثر مزرعه‌ای تقسیم و در نهایت هزینه در هکتار سوخت
 مصرفی محاسبه شد.

روغن: ۱۰ درصد هزینه سوخت در نظر گرفته شد.
تعمیر و نگهداری: هزینه‌هایی بسیار متغیر هستند و با
 توجه به رابطه ۷ محاسبه گردید:

$$\frac{Crm}{Pu} = RF_1 \left[\frac{t}{1000} \right]^{RF_2} \quad (7)$$

کلیه شرایط، مانند عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت، رقم و غیره (به‌جز عملیات برداشت) برای پلات‌های آزمایشی یکسان در نظر گرفته شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، نتایج به کمک نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

سوخت مصرفی در هکتار

بین تیمارهای آزمایشی از نظر سوخت مصرفی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در سطح احتمال ۵ درصد حداکثر سوخت مصرفی مربوط به کمباین دو ردیفه خوشه تغذیه ISEKI و کم‌ترین مقدار مربوط به کمباین بوته تغذیه JIANGSU است. یکی از دلایل بالا بودن سوخت مصرفی در کمباین ISEKI، می‌تواند به دلیل ظرفیت مؤثر پایین‌تر نسبت به سایر تیمارها باشد (لیتر در هکتار برابر نسبت لیتر در ساعت به ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای بر حسب هکتار در ساعت است) (جدول ۵).

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و نظری

از نظر ظرفیت‌های نظری و مؤثر مزرعه‌ای، بین تیمارهای آزمایشی و در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). کمباین بوته تغذیه بیش‌ترین ظرفیت و کمباین خوشه تغذیه کم‌ترین ظرفیت را دارد و در گروه بعدی قرار گرفتند. عرض پلات‌های آزمایشی در کلیه تیمارها یکسان ولی عرض کار دستگاه‌ها در داخل پلات‌های آزمایشی متفاوت بود که دلیل اصلی متفاوت بودن ظرفیت‌های مزرعه‌ای نیز، همین است. با توجه به متفاوت بودن دستگاه‌ها، در نظر گرفتن سرعت پیشروی یکسان برای کلیه تیمارها ناممکن بود و این موضوع نیز یکی از دیگر دلایل متفاوت بودن ظرفیت‌های مزرعه‌ای (علی‌رغم در نظر گرفتن سرعت‌های مساوی) است. رده‌بندی کمباین‌ها از نظر ظرفیت مؤثر

مشابه رده‌بندی آن‌ها از نظر ظرفیت نظری است (جدول ۵). با توجه به محدود بودن زمان برای برداشت محصول برنج، کمباین‌های با ظرفیت بالاتر می‌توانند در این مدت زمان به نحو مؤثری مورد استفاده قرار گیرند که هزینه‌ای از بابت به موقع برداشت نشدن محصول تحمیل نشود. نتایج ظرفیت نظری کمباین بوته تغذیه، از آن‌چه روی و همکاران (Roy et al., 2001) در شالیزارهای مالزی روی کمباین نیوهلند بوته تغذیه به‌دست آوردند اندکی کم‌تر است (۱/۰۵ هکتار در ساعت) که این تفاوت ممکن است به دلیل متغیر بودن سرعت پیشروی و عرض کار کم‌تر باشد.

بازده مزرعه‌ای

بین تیمارها از نظر بازده مزرعه‌ای در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این عامل بستگی به مانورپذیری دستگاه‌ها و میزان وقت‌های تلف شده دارد. از نظر مقایسه میانگین‌ها، کمباین بوته تغذیه با ۶۵/۹ درصد در گروه الف، کمباین سه ردیفه KUKJE با ۴۸/۳۶ درصد در گروه ب و کمباین دو ردیفه ISEKI در گروه آخر قرار گرفته‌اند (جدول ۵). این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات روی و همکاران (Roy et al., 2001) که بازده مزرعه‌ای کمباین بوته تغذیه را ۷۲ درصد به‌دست آوردند هم‌خوانی دارد. یکی از دلایل بالا بودن بازده مزرعه‌ای در کمباین‌های بوته تغذیه، ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر است. در کمباین‌های خوشه تغذیه ظرفیت مزرعه‌ای کم‌تر، باعث تردهای بیش‌تر در مزرعه و در نتیجه ایجاد تلفات زمانی بیش‌تر است.

لغزش

مطابق جدول ۵ با توجه به شنی بودن چرخ‌ها در تیمارهای آزمایشی، درصد لغزش در این تیمارها پایین است ولی بین این تیمارها از نظر درصد لغزش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. بیش‌ترین و

افت جمع‌آوری (دماغه) و افت فرآوری (کوبنده، جداکننده و تمیزکننده) است. میزان ریزش دانه در قسمت‌های مختلف کمباین در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به این نتایج، بیش‌ترین میزان تلفات دو نوع کمباین به ترتیب در قسمت دماغه و کوبنده است. از طرفی، با توجه به کتاب سال ASAE، میزان ضایعات کل در کمباین‌ها بین ۱ تا ۳ درصد است (Anon, 1997) و نتایج به دست آمده در این تحقیق (بدون احتساب ریزش طبیعی) این نوع تلفات در محدوده این استاندارد قرار دارد که با نتایج روی و همکاران (Roy et al., 2001) هم‌خوانی دارد. بالا بودن افت در قسمت کوبنده می‌تواند به دلیل پایین بودن سرعت دورانی سیلندر کوبنده، بیش‌تر بودن فاصله کوبنده و ضد کوبنده یا به دلیل تر بودن محصول باشد (Culpin, 1986). به‌منظور رفع این مشکل باید سرعت دورانی کوبنده را افزایش یا فاصله کوبنده و ضد کوبنده را کاهش داد یا این‌که منتظر کاهش رطوبت محصول بود. به‌منظور کاهش تلفات دانه، تنظیمات مناسب سرعت تیغه برش و ارتفاع برش (در کمباین بوته تغذیه) می‌تواند مؤثر باشد.

کمترین درصد لغزش به‌ترتیب مربوط به کمباین خوشه تغذیه KUKJE و کمباین بوته تغذیه JIANGSU است. اما به هر حال به‌دلیل پایین بودن درصد لغزش (کم‌تر از ۱ درصد)، مقایسه تیمارها از نظر لغزش ضروری به‌نظر نمی‌رسد. یکی از دلایل پایین‌تر بودن درصد لغزش در کمباین بوته تغذیه می‌تواند سنگین‌تر بودن وزن این کمباین‌ها نسبت به کمباین دیگر باشد.

جریان جرمی محصول به داخل کمباین

در سطح ۵ درصد، بیش‌ترین جریان جرمی مربوط به کمباین بوته تغذیه JIANGSU است؛ این کمباین در گروه الف قرار داده شد. سایر تیمارها در گروه ب قرار گرفتند (جدول ۵). که بدان معناست که این کمباین دارای ظرفیت ورودی بیش‌تری نسبت به سایر تیمارهاست و یکی از مزایای این کمباین محسوب می‌شود. این مزیت باعث افزایش توانایی کمباین در برداشت محصول دارای تراکم بالاتر و همچنین افزایش سرعت پیشروی می‌شود.

تلفات و ضایعات برداشت

کل تلفات دانه در مزرعه و ماشین شامل افت طبیعی،

جدول ۳- میانگین افت دانه (آزمون چند دامنه‌ای دانکن) در سه تکرار در قسمت‌های مختلف کمباین (بر حسب درصد)

نوع کمباین	طبیعی	دماغه	کوبنده	جدا کننده و تمیز کننده	کلی (بدون ریزش طبیعی)
دو ردیفه ISEKI	۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۴۲	۰/۱۳	۱/۳۶ ^b
سه ردیفه KUKJE	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۵۱	۰/۰۸	۱/۴۹ ^b
بوته تغذیه JIANGSU	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۷۳	۰/۱۹	۱/۷۴ ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

بدون احتساب تلفات، طبیعی است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل بالاتر بودن تلفات در کمباین‌های بوته تغذیه، بی‌دقتی در برداشت محصول و تغذیه کمباین با کل محصول (ساقه و خوشه) است. این نوع تلفات به‌دلیل نزدیک بودن درصدشان در دو نوع کمباین ذکر شده، از نظر اقتصادی اثر معنی‌داری بر هزینه‌های تولید ندارد ولی

کمباین بوته تغذیه در سطح ۵ درصد دارای بیشترین تلفات دانه است و سایر تیمارها در گروه بعدی قرار دارند (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که کمباین بوته تغذیه به‌رغم برخوردار بودن از ظرفیت مزرعه‌ای بالا، تلفات بیشتری نسبت به کمباین خوشه تغذیه دارد. این تلفات در محدوده ۱-۲ درصد است. اعداد و ارقام جدول ۳،

به ترتیب ۱۲/۵ و ۷ درصد و نسبت MOG به میزان دانه به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۰۸ است که با مقادیر استاندارد ASAE مطابقت دارد. برای دانه برنج با رطوبت ۲۸-۱۵ درصد میزان مجاز MOG به میزان دانه تا ۲/۴ درصد است که در این تحقیق حداکثر ۰/۱۴ به دست آمده است.

از نظر فنی این اختلاف بین این دو نوع کمباین وجود دارد.

میزان خلوص دانه برداشت شده با کمباین‌ها مطابق جدول ۴ تعیین شد. با توجه به نتایج این جدول، میزان MOG برای کمباین بوته تغذیه و خوشه تغذیه

جدول ۴- نسبت MOG در دانه‌های برداشت شده با کمباین‌ها

نوع کمباین	نسبت MOG به دانه	درصد تمیزی	درصد سایر مواد (MOG)	سایر مواد (گرم)	دانه تمیز (گرم)
بوته تغذیه	۰/۱۴	۸۷/۵	۱۲/۵	۲۵	۱۷۵
خوشه تغذیه	۰/۰۸	۹۳	۷	۱۴	۱۸۶

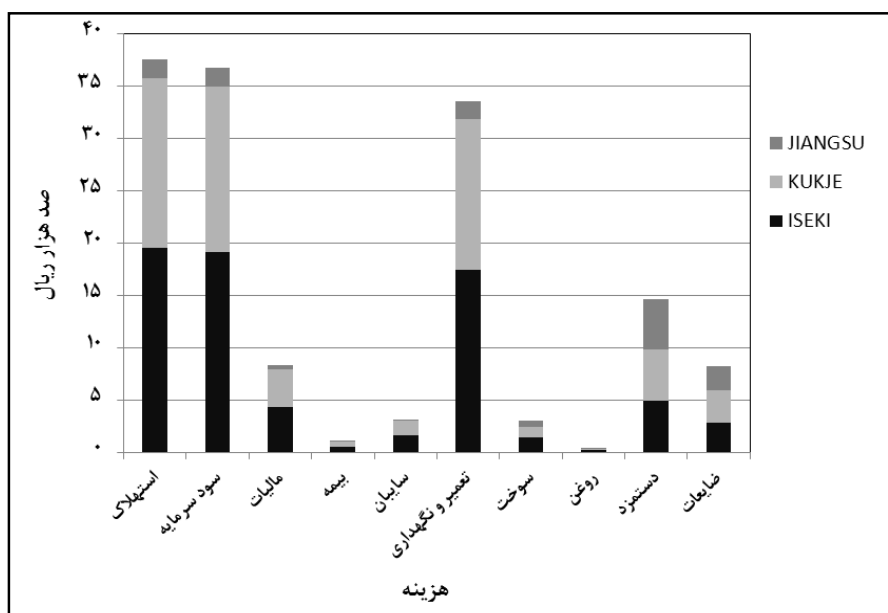
هزینه‌های برداشت

توجه این است که کمباین‌های وارداتی ISEKI و KUKJE به علت قیمت بالا و استفاده سالیانه پایین، هزینه‌های استهلاک و سود سرمایه بالایی دارند و یکی از دلایل بالا بودن هزینه برداشت در این تیمارها، بالا بودن هزینه‌های استهلاک و سود سرمایه است (شکل ۳) و به عبارت دیگر، سایر هزینه‌ها در این تیمارها رقم معنی‌داری نیست. از طرفی، با توجه به این که هزینه تعمیرات تابعی از قیمت اولیه ماشین است (رابطه ۷)، هزینه تعمیرات و نگهداری در کمباین‌هایی بالاست که قیمت اولیه آن‌ها نیز بالاتر است.

با در نظر گرفتن استفاده بلند مدت از کمباین‌ها (ده سال) و ارزیابی اقتصادی تیمارها، به روش نسبت سود به هزینه، هر سه تیمار از نظر اقتصادی برای کشاورز توجیه اقتصادی دارد. نسبت سود به هزینه با در نظر گرفتن منافع، ضررها و هزینه‌ها، برای سه کمباین ISEKI، KUKJE و JIANGSU به ترتیب ۱/۴۹، ۱/۲۴ و ۲/۰۸ محاسبه شده است که هر سه روش برای کشاورز توجیه اقتصادی دارد ولی در نوع JIANGSU منافع اقتصادی بیش‌تر است. جدول ۵ نشان می‌دهد که بین این کمباین با دو کمباین دیگر از نظر هزینه و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیانگر تفاوت سود آن‌هاست.

مطابق جدول ۵، هزینه‌های کمباین ISEKI به ازای هر هکتار برداشت برنج، ۷/۱۸۸۶۰ میلیون ریال است. که از سایر تیمارها بالاتر است. یکی از دلایل بالا بودن هزینه‌ها، قیمت بالا و استفاده کم از آن در هر سال است. این مشکل در نوع KUKJE نیز وجود دارد ولی با توجه به ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر و به رغم قیمت بالاتر آن، این هزینه کم‌تر شده است. در کمباین بوته تغذیه به دلیل ظرفیت و بازده مزرعه‌ای بالاتر (به رغم معنی‌دار نشدن با سایر تیمارها) و به دلیل ضایعات پایین‌تر و قیمت اولیه پایین‌تر، هزینه‌ها (به خصوص هزینه‌های استهلاک و سود) به ازای هر هکتار شالیزار کم‌تر شده است. عملکرد برنج برای سه تیمار به طور متوسط ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. با توجه به یکسان بودن درآمد هر هکتار شالیزار، عامل تعیین‌کننده برای مقایسه تیمارها، هزینه‌ها خواهد بود. هر تیماری که نسبت به سایر تیمارها هزینه‌های پایین‌تری داشته باشد، از نظر اقتصادی قابل توصیه است. با توجه به جدول ۵، کمباین بوته تغذیه JIANGSU، با هزینه کل ۱/۳۸۷۳۰ میلیون ریال در هکتار، از نظر پایین بودن هزینه در رتبه اول و در مرتبه بعد کمباین خوشه تغذیه KUKJE قرار دارد. نکته قابل

مقایسه سه نوع کمباین متداول برنج در...



شکل ۳- هزینه سه نوع کمباین و اجزای آن

جدول ۵- میانگین تیمارها

هزینه‌ها	ضایعات	دبی جرمی	لغزش	بازده	ظرفیت مؤثر	ظرفیت نظری	سوخت	نوع کمباین
(میلیون ریال در هکتار)	(درصد)	(کیلوگرم بر ثانیه)	(درصد)	مزرعه‌ای (درصد)	(هکتار بر ساعت)	(هکتار بر ساعت)	مصرفی (لیتر در هکتار)	
۷/۱۸۸۶ ^b	۱/۳۶ ^b	۳۹۲/۳ ^b	۰/۴۹ ^b	۴۱/۴۹ ^c	۰/۰۴۳ ^b	۰/۱ ^b	۴۰/۲۶ ^a	دو ردیفه ISEKI
۶/۰۸۹۶ ^b	۱/۴۹ ^b	۵۱۸/۷ ^b	۰/۶۷ ^a	۴۸/۳۶ ^b	۰/۰۶۵ ^b	۰/۱۳ ^b	۲۷/۸۶ ^b	سه ردیفه KUKJE
۱/۳۸۷۳ ^a	۱/۷۴ ^a	۴۳۸۲ ^a	۰/۳۱ ^b	۶۵/۹ ^a	۰/۳۶ ^a	۰/۵۶ ^a	۱۸/۶ ^c	بوته تغذیه JIANGSU

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج مربوط به تعیین تیمار مناسب با استفاده از با امتیازبندی صفات از ۱ تا ۵، تیمار مناسب انتخاب جدول رقومی در جدول ۶ آورده شده است. در این جدول شد.

جدول ۶- مقایسه تیمارها با استفاده از جدول رقومی

هزینه‌های متوسط	ضایعات	جریان جرمی	بازده	ظرفیت مؤثر	ظرفیت نظری	سوخت مصرفی	کمباین
(میلیون ریال در هکتار)	(درصد)	(کیلوگرم بر ثانیه)	مزرعه‌ای (درصد)	(هکتار بر ساعت)	(هکتار بر ساعت)	(لیتر در هکتار)	
۲	۱	۵	۱	۳	۱	۱	دو ردیفه ISEKI
۲	۲	۴	۱	۴	۱	۲	سه ردیفه KUKJE
۵	۵	۳	۵	۵	۵	۵	بوته تغذیه JIANGSU

با توجه به نتایج جدول ۶ و در نظر گرفتن کلیه صفات، بیشترین امتیاز مربوط به کمباین بوته تغذیه است. بنابراین، استفاده از این نوع کمباین توصیه می‌شود. مساحت قطعات زراعی در مناطق شمالی کشور کوچک است، از این رو این کمباین با توجه به عرض کار پایین (۱۸۲ سانتی‌متر) برای این اراضی مناسب خواهد بود.

تغذیه JIANGSU است. کمباین بوته تغذیه دارای بیشترین و کمباین خوشه تغذیه دارای کمترین ظرفیت مزرعه‌ای و بازده مزرعه‌ای است. از نظر میزان لغزش بین کمباین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. استفاده از این کمباین‌ها برای کشاورز توجیه اقتصادی دارد ولی منافع حاصل از کمباین بوته تغذیه (به دلیل هزینه پایین‌تر در هکتار) نسبت به کمباین‌های خوشه تغذیه بیش‌تر است. کمباین بوته تغذیه JIANGSU بیش‌ترین دبی جرمی و ضایعات را دارد و با توجه به این نتایج و در نظر گرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی استفاده از کمباین بوته تغذیه JIANGSU توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

حداکثر سوخت مصرفی مربوط به کمباین دو ردیفه خوشه تغذیه ISEKI و کمترین آن مربوط به کمباین بوته

مراجع

- Aghagolzadeh, H. 2008. Test report of head feed combine (model 4LZ-2. 0). Center of Development and Technology of Haraz Area. (in Farsi)
- Alizadeh, M. 2001. Survey of losses in rice harvesting methods. Final Report. No. 80.662. Rice Research Institute of IRAN. (in Farsi)
- Anon. 1997. Terminology for Combines and Grain Harvesting. ASAE S343.3. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Behrooz-Lar, M. 2000. Principles of Design of Agricultural Machinery. Scientific Publish Center of Islamic Azad University Pub. (in Farsi)
- Culpin, C. 1986. Farm Machinery. William Collins Sons & Co. Ltd. U. K.
- Ehdaee, B. 1990. General Statistic. Shahid Chamran University Pub. (in Farsi)
- Hasanjani, H., Hoseini, M., Khademolhosaini, N. and Alizadeh, M. 2007. Evaluation of harvesting methods of rice in Giluan province. J. Agric.. 9(1): 23-38.
- Pradhan, S. C., Biswajit, R., Das, D. K. and Mahapatra, M. 1998. Evaluation of various paddy harvesting methods in Orissa, India. Agric. Mech. Asia Africa. Latin America (AMA). 29(2): 35-38.
- Renpu, B. 1999. Mechanization and industrialization about rice production in China. Agric. Mech. China. 164, 4-9.
- Roy, S. K., Jusoff, K., Ismail, W. I. W. and Ahmad, D. 2001. Performance Evaluation of a combine harvester in Malaysian paddy field. Asia Pacific Advanced Network (APAN) Penang Meeting. Aug. 20-22. University Science Malaysia. Penang. Malaysia.
- Soltani, Gh. R. 1992. Engineering Economy. Shiraz University Pub. (in Farsi)

مقایسه سه نوع کمباین متداول برنج در...

Vicha, M., Kastsunobu, G. and Yoshiaki, G. 1992. Performance test of rice combine harvesters. Kasetsart J. Nat. Sci. 26(5): 97-102.

Yiyuan, J. 2003. Combine harvesting mechanization for rice and wheat in China. Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing. Feb. 9-11. Louisville. Kentucky. USA.



Comparison of Three Conventional Rice Combine Harvesters in Mazandaran, Iran

M. Safari* , M. R. Alizadeh and K. Gerami

* Corresponding Author: Scientific Member of Agriculture Engineering Research Institute (AERI), P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran. Email: email2safari@yahoo.com

Received: 3 July 2012, Accepted: 23 February 2013

Two types of paddy combine harvester (head-feed and whole-crop) are commonly available in different widths in developed countries. The use of combine harvesters can greatly decrease labor costs and efficiency. Combine harvesters have been introduced in several East Asian countries (China, Japan, South Korea) to decrease costs, but their technical and economic performance has not yet been studied. The current study examined three combine harvesters with different mechanisms and widths: Iseki (2 rows, head-feed; Japan), Kukje (3 rows, head-feed, South Korea); Jiangsu (whole-crop, China). The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The results showed that there were significant differences between treatments for field efficiency, loss, feed rate, theoretical and effective field capacity, and cost per ha. There was no significant difference in slippage among the combine harvesters. The whole-crop combine had the highest rate of loss at 1.74% (excluding natural loss) and soil compaction. The whole-crop combined cost per ha was lowest at 1.3873 million rials. It can be concluded that the whole-crop combine performed the best of the tested combines.

Keywords: Combine harvester, Harvesting, Paddy field, Rice