مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱٤/ شماره ٤/سال ۱۳۹۲/ص ۸٦-۷۳

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: ۳۲۷۰۸۳۵۹(۰۲۶)، پیام‌نگار: email2safari@yahoo.com

** به‌ترتیب: 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: ۹۱/۱۲/۵

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 وتکنولوژی 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 ٦٥/۹ درصد در گروه الف، کمباین سه ردیفه KUKJE با ٤٨/۳٦ درصد در گروه ب و کمباین دو ردیفه ISEKI در گروه آخر قرار گرفت. از نظر بالا بودن میزان ضایعات، کمباین بوته تغذیه با ۱/۷٤ درصد تلفات دانه (بدون احتساب ریزش طبیعی) در گروه اول و سایرکمباین‌ها در گروه بعد قرارگرفتند. کمباین بوته تغذیه نسبت به دو کمباین دیگر دارای کم‌ترین هزینه برداشت به ازای هر هکتار شالیزار است. با توجه به نتایج به‌دست 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

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، 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 براین موجب ریزش دانه می‌شود کیفیت محصول را نیز کاهش می‌دهد. حین این‌که 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 نظرگرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی، به‌کار برده‌اند. کمباین‌ها مورد بررسی‌های پراکنده‌ای قرار گرفته‌اند ولی ارزیابی‌ها در قالب پروژهٔ 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 هزینهٔ 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. هزینهٔ 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 (۴/۷-۳/۹ 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

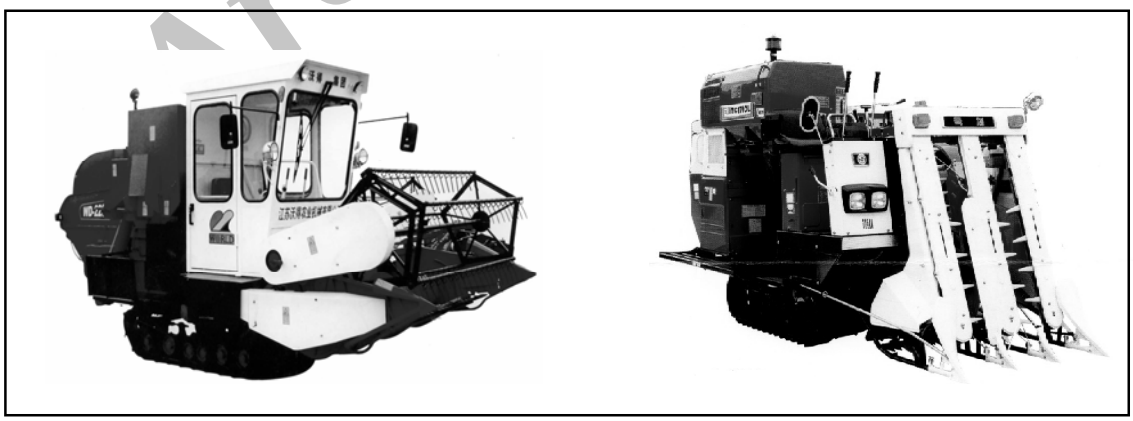
Archive of SID

www.SID.ir

استفاده می‌شود. نوع محلی بسیار ارزان‌تر از نوع وارداتی است. اخیراً در این کشور، فناوری جدید برداشت و سیستم خوشه‌چین[1] روی کمباین‌های برنج، توسعه یافته است. نتایج آزمون‌ها نشان می‌دهد که در این روش میزان ضایعات پایین‌تر است. از طرفی، کمباین‌های محلی به‌دلیل 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[2] برای ارزیابی استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها شامل تعیین میزان سوخت مصرفی، ضایعات، بازده مزرعه‌ای، ظرفیت مؤثر و 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 می‌گردید. 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 دندانه میخی 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).



(ب) (الف)

شکل ۱- کمباین‌های برداشت برنج

الف) خوشه تغذیه؛ ب) بوته تغذیه

1- Stripper

2- Regional Network for Agricultural Machinery

www.SID.ir

جدول ۱- شرایط محصول و مزرعه

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

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

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:

$$S = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100 \qquad (۱)$$

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 به‌دست آمد که با استفاده از رابطه ۲ به کیلومتر بر ساعت تبدیل گردید.

$$V_2 = C \times V_1 \qquad (۲)$$

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

Archive of SID

www.SID.ir

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 نظرگرفتن وقت‌های تلف شده است و از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$C_t=V\times W/10 \qquad (۳)$$

که در آن،
V= سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)؛ W= عرض کار (متر)؛ و C_t= 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 رابطهٔ ۴ به‌دست می‌آید.

$$C_e=C_t\times\eta \qquad (۴)$$

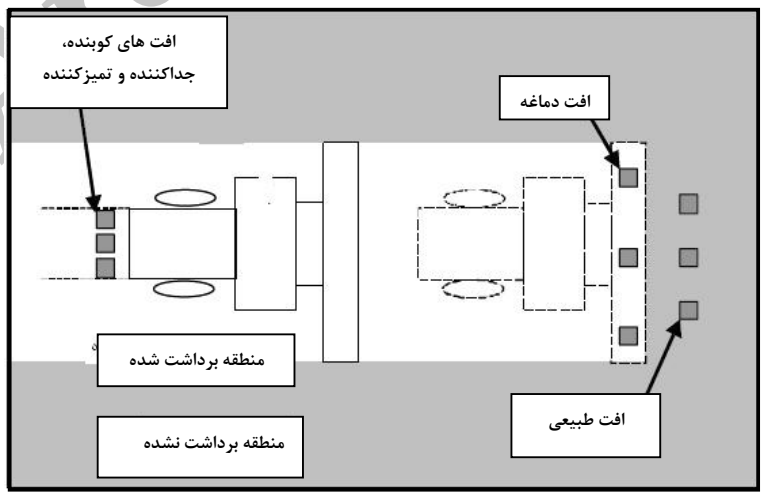
که در آن،
η= بازده مزرعه‌ای (درصد)؛ و C_e= ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت).

بازده مزرعه‌ای: نسبت ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای به ظرفیت نظری بر حسب درصد را بازده مزرعه‌ای گویند (رابطه ۵). به‌عبارت 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.

$$\eta=C_e/C_t\times 100 \qquad (۵)$$

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 (شکل۲) 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.



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

Archive of SID

www.SID.ir

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 تخلیهٔ 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 جدا کننده (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 به طور 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 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 (۰/۵ 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[1] درصد دانه‌های ترک‌دار مشخص شد.

مواد غیردانه‌ای (MOG[2]): 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.

1- Crack Meter

2- Material Other than Grain

www.SID.ir

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:

$$I=(p+s)i/2 \qquad (۶)$$

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 ۱۶درصد (متوسط سودهای رایج بانکی)، هزینه جایگاه و نگهداری ۰/۷۵ درصد، بیمه ۰/۲۵ درصد، و مالیات سالیانه ۰/۰۱ قیمت خرید ماشین در نظرگرفته 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 نظرگرفته 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 نظرگرفته شد.

تعمیر و نگهداری: هزینه‌هایی بسیار متغیر هستند و با توجه به رابطه ۷ محاسبه گردید:

$$\frac{Crm}{Pu} = RF_1\left[\frac{t}{1000}\right]^{RF2} \qquad (۷)$$

که در آن،

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

هزینه‌های کارگری تیمارها با توجه به‌میزان عرف منطقه‌ای منظور شده است.

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

$$B/C=(\text{منافع - ضررها})/(\text{هزینه‌ها}) \qquad (۸)$$

در این‌جا 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 وگرنه غیراقتصادی است (Soltani, 1992).

جدول رقومی

پس از این‌که اطلاعات به‌دست آمده از تیمارها با هم مقایسه شدند، با در نظرگرفتن کلیه عوامل فنی و اقتصادی و با استفاده از جدول رقومی، تیمار مناسب انتخاب شد (جدول۶). در این جدول نظرات ۲۰ نفر کارشناس با در نظر گرفتن امتیازات ۵-۱ اخذ و با استفاده از فرمول کروسکال والیس[1] (رابطه ۹)، تیمار مناسب تعیین شد (Ehdaee, 1990):

$$H = \frac{12}{N(N+1)}\left(\sum \frac{T_i^2}{n}\right) - 3(N+1) \qquad (۹)$$

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.

1- Kruskal-Wallis Test

Archive of SID

www.SID.ir

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 از دلایل متفاوت بودن ظرفیت‌های مزرعه‌ای (علی‌رغم در نظرگرفتن 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 به‌دلیل 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 ترددهای 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

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین درصد لغزش به‌ترتیب مربوط بـه کمبـاین خوشـه تغذیه KUKJE و کمباین بوتـه تغذیـه JIANGSU اسـت. اما به هر حال به‌دلیل پایین بودن درصد لغزش (کم‌تر از ۱ درصد)، مقایسه تیمـارهـا از نظـر لغـزش ضـروری بـه‌نظـر نمی‌رسد. یکی از دلایل پایین‌تـر بـودن درصـد لغـزش در کمباین بوته تغـذیه می‌تواند سـنگین‌تـر بـودن وزن ایـن کمباین‌ها نسبت به کمباین دیگر باشد.

جریان جرمی محصول به داخل کمباین

در سطح ۵ درصد، بیش‌ترین جریان جرمی مربوط بـه کمباین بوته تغذیـه JIANGSU اسـت؛ ایـن کمبـاین در گروه الف قرار داده شد. سـایر تیمـارهـا در گـروه ب قـرار گرفتند (جدول ۵). که بـدان معناسـت کـه ایـن کمبـاین دارای ظرفیت ورودی بیش‌تری نسبت به سایر تیمارهاست و یکی از مزایای این کمباین محسوب می‌شود. این مزیت باعث افزایش توانایی کمبـاین در برداشـت محصـول دارای تراکم بالاتر و همچنین افزایش سرعت پیشروی می‌شود.

تلفات و ضایعات برداشت

کل تلفات دانه در مزرعه و ماشین شامل افت طبیعی، افت جمع‌آوری (دماغه) و افت فرآوری (کوبنده، جداکننـده و تمیزکننده) است. میـزان ریـزش دانـه در قسـمت‌هـای مختلف کمباین در جدول ۳ آورده شده است. با توجه بـه این نتایج، بیش‌ترین میزان تلفات دو نوع کمباین به ترتیب در قسمت دماغه و کوبنده اسـت. از طرفـی، بـا توجـه بـه کتاب سال ASAE، میزان ضایعات کل در کمباین‌ها بـین ۱ تا ۳ درصد است (Anon, 1997) و نتایج به دسـت آمـده در این تحقیق (بدون احتساب ریـزش طبیعـی) ایـن نـوع تلفات در محدوده این استاندارد قرار دارد که با نتایج روی و همکاران (Roy *et al.*, 2001) هم‌خوانی دارد. بالا بـودن افت در قسمت کوبنده می‌تواند به‌دلیل پایین بودن سرعت دورانی سیلندر کوبنده، بیش‌تر بودن فاصله کوبنـده و ضـد کوبنده یا به‌دلیل تر بودن محصول باشـد (Culpin, 1986). به‌منظور رفـع ایـن مشـکل بایـد سـرعت دورانـی کوبنـده را افـزایش یـا فاصـله کوبنـده و ضـد کوبنـده را کـاهش داد یـا ایـن‌کـه منتظـر کـاهش رطوبـت محصـول بـود. به‌منظور کاهش تلفات دانه، تنظیمات مناسب سرعت تیغـه برش و ارتفاع بـرش (در کمبـاین بوتـه تغذیـه) مـی‌توانـد مؤثر باشد.

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.

کمباین بوته تغذیه در سطح ۵ درصد دارای بیشترین تلفات دانه است و سایر تیمارها در گروه بعدی قـرار دارنـد (جدول ۳). این نتایج نشـان مـی‌دهـد کـه کمبـاین بوتـه تغذیه به‌رغم برخورداری از ظرفیت مزرعـه‌ای بـالا، تلفـات بیشتری نسبت به کمباین خوشه تغذیه دارد. ایـن تلفـات در محدوده ۲-۱ درصـد اسـت. اعـداد و ارقـام جـدول ۳، بدون احتساب تلفات، طبیعی است. به نظر می‌رسـد یکـی از دلایل بالاتر بودن تلفات در کمبـاین‌هـای بوتـه تغذیـه، بی‌دقتـی در برداشـت محصـول و تغذیـه کمبـاین بـا کـل محصول (ساقه و خوشه) است. ایـن نـوع تلفـات بـه‌دلیـل نزدیک بودن درصدشان در دو نوع کمبـاین ذکـر شـده، از نظر اقتصادی اثر معنی‌داری بر هزینه‌های تولید ندارد ولـی

Archive of SID

www.SID.ir

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 به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۷ درصد و نسبت MOG به میزان دانه به‌ترتیب 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 به‌دست آمده است.

جدول ٤- 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

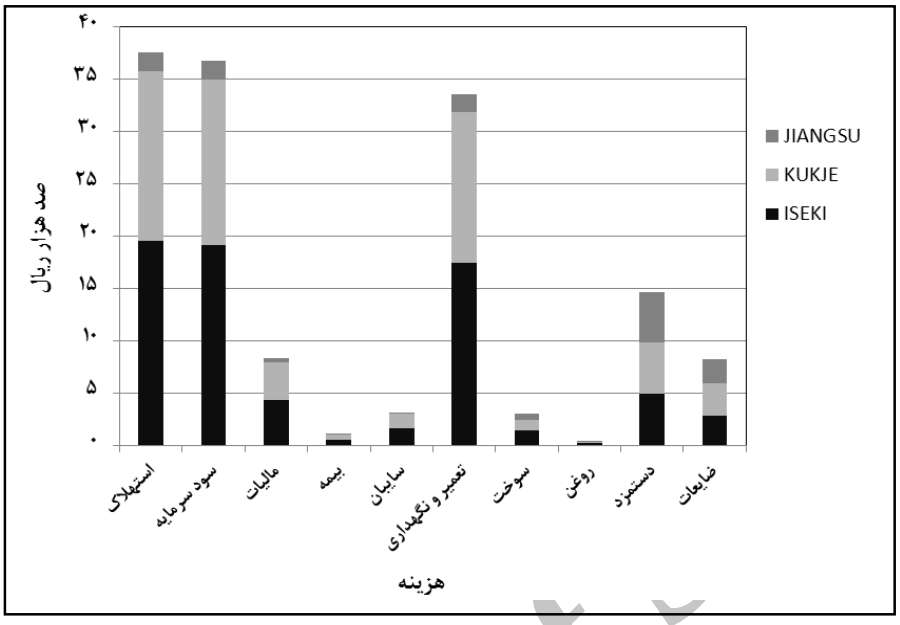
هزینه‌های برداشت

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 به‌دلیل ظرفیت و بازده مزرعه‌ای بالاتر (به رغم معنی‌دار نشدن با سایر تیمارها) و به‌دلیل ضایعات پایین‌تر و قیمت اولیه پایین‌تر، هزینه‌ها (به‌خصوص 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 JAIANGSU، 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 توجه این است که کمباین‌های وارداتی ISEKI و KUKJE به‌علت 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 (شکل۳) و به‌عبارت دیگر، سایر هزینه‌ها در این تیمارها رقم معنی‌داری نیست. از طرفی، با توجه به این‌که 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 به‌ترتیب 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.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- هزینه سه نوع کمباین و اجزای آن

جدول ۵- میانگین تیمارها

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

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

جدول ٦- مقایسه تیمارها با استفاده از جدول رقومی

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

www.SID.ir

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 این‌رو این کمباین با توجه به عرض کار پایین (۱۸۲ سانتی‌متر) برای این اراضی مناسب خواهد بود.

نتیجه‌گیری

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

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.

Behroozi-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 provience. 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)

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.14/No.4/2014/P:73-86

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

Archive of SID

www.SID.ir