مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸/ شماره ۳/ پاییز ۱۳۸۶/ص ۱۲۶-۱۱۱

تبدیل خرمنکوب متداول برنج به یک خرمنکوب جریان محوری و ارزیابی عملکرد آن

عزت‌الله عسکری اصلی اردە، محمدرضا علیزاده و صمد صبوری*

* به ترتیب عضو هیئت علمی دانشگاه محقق اربیلی، نشانی: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، ص. پ. ۱۷۹، تلفن: ۹-۵۵۱۲۰۸۱ (۰۴۵۱)، پیام‌نگار: ezzataskari@yahoo.co.uk ؛ و اعضای هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۷/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۵

چکیده

برای کوبیدن محصولات دانه‌ای، از روش‌های متفاوت استفاده می‌شود. خرمنکوب‌های متداول، بر اساس ضربهٔ وارد بر محصول (داخل واحد کوبش) کار می‌کنند و از این جهت ممکن است باعث ایجاد ضایعات در دانه شوند. در روش دیگری که به روش جریان محوری معروف است و اخیراً در اکثر ماشین‌های برداشت غلات از آن استفاده می‌شود، به دانه آسیب کمتری وارد می‌شود. در قالب این طرح، روی یکی از خرمنکوب‌های متداول برنج مدل (T30) ساخت کارخانه اشتاد ایران، تغییراتی به منظور تبدیل آن به واحد کوبش جریان محوری داده شد. درپوش واحد کوبش خرمنکوب T30 تعویض و به جای آن از درپوشی استفاده شد که با طرح خرمنکوب‌های جریان محوری IRRI (International Rice Research Institute) مطابقت داشت. طرح کوبنده نیز تغییر داده شد. دستگاه با دو رقم برنج مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. تعداد تیمارها ۲۰ بود و هر آزمایش در ۴ تکرار انجام شد. عوامل مستقل متغیر در آزمایش‌ها شامل رطوبت دانهٔ محصول (دو سطح)، رقم (خزر و هاشمی)، سرعت خطی کوبنده (پنج سطح)، و عوامل وابسته شامل درصد دانه‌های صدمه‌دیده، درصد دانه‌های کوبیده‌نشده، و درصد کاه (موادی به غیر از دانه) موجود در نمونه‌ها بودند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از طرح آزمایشی کرت‌های دو بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های آسیب‌دیده، تلفات کوبش، و نسبت کاه به دانه اثر معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) دارد و اثر رقم بر تلفات کوبش بسیار معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) است. به طوری که مقدار آن در آزمایش با رقم خزر صفر و با رقم هاشمی قابل توجه بود. در کلیهٔ آزمایش‌های با ارقام خزر و هاشمی، اثر رطوبت بر عوامل وابستهٔ مذکور غیر معنی‌دار نشان داده شد.

واژه‌های کلیدی

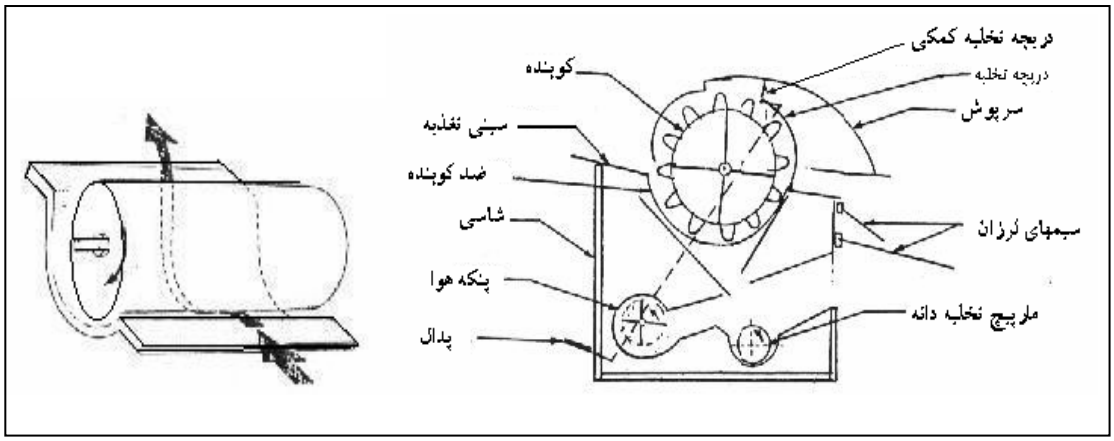
برنج، تلفات کوبش، خرمنکوب، درصد دانه‌های صدمه‌دیده، نسبت کاه به دانه

مقدمه

تلاش برای کاربرد هر روشی که به تقلیل میزان تنش مکانیکی وارد بر دانه در مرحلهٔ کوبش محصول بینجامد اهمیتی خاص دارد. در حال حاضر برای کوبش اکثر محصولات از قبیل برنج و گندم از واحدهای کوبشی استفاده می‌شود که بر اساس ضربه و مالش کار می‌کنند. در این خرمنکوب‌ها، کوبش فقط بین کوبنده و ضد کوبنده انجام می‌گیرد.

شکل ۱، ساختمان و نحوهٔ حرکت محصول را در این خرمنکوب‌ها نشان می‌دهد. ضایعات مکانیکی حاصل از کوبیدن دانه‌ها با این دستگاه‌ها بالاست مخصوصاً وقتی دانه با رطوبت نسبتاً بالا کوبیده شود. علاوه بر این، برای افزایش بازده و ظرفیت کوبش دستگاه (مخصوصاً در کوبش محصول برنج) ساقه‌ها را کاربر نگه می‌دارد. از این رو کوبش محصول با زحمت فراوان و خطر احتمالی همراه است.

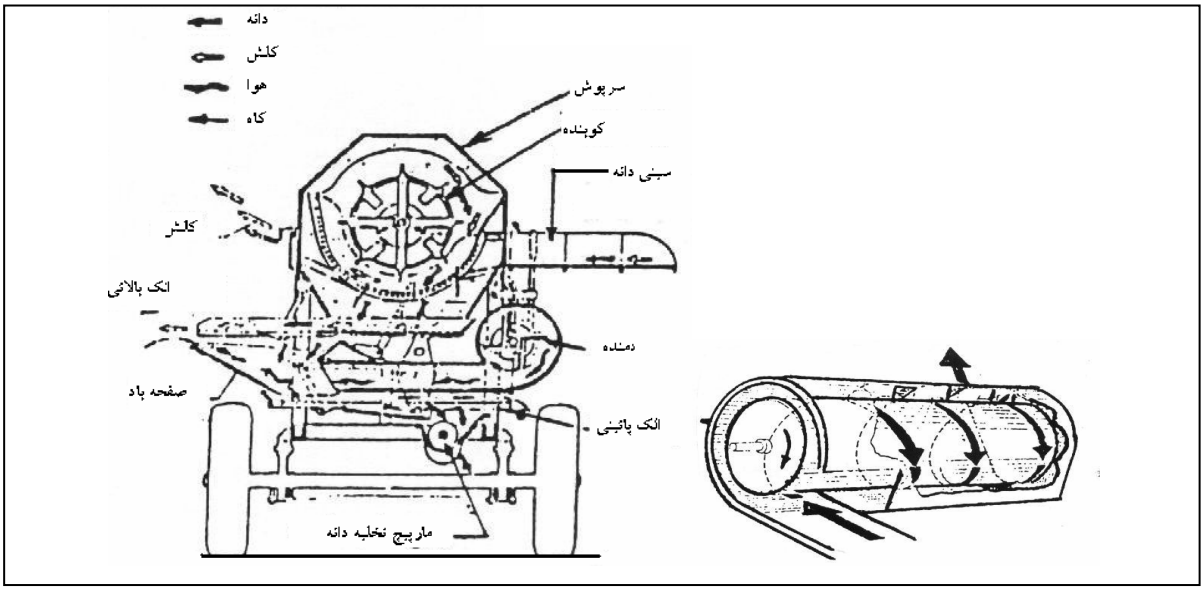
© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



شکل ۱- ساختمان و اجزای خرمنکوب متداول (سمت راست) و نحوهٔ حرکت محصول در داخل آن (سمت چپ)

برای کوبش محصولات (غلات)، روشی دیگر وجود دارد که در آن به محصول پس از ورود به داخل واحد کوبش، علاوه بر چرخش حول استوانه کوبنده، حرکت محوری نیز اعمال می‌شود. این روش را کوبش جریان محوری[1] می‌نامند. میزان آسیب‌دیدگی دانه در این روش نسبتاً پایین است (Askari, 1997).

در شکل ۲، شمایی از خرمنکوب جریان محوری و نحوهٔ حرکت محصول در داخل واحد کوبش آن ارائه شده است. جدا شدن دانه از خوشه در واحدهای کوبش جریان محوری بر اساس نیروی گریز از مرکز است که در اثر چرخش محصول حول کوبنده بر دانه‌ها وارد می‌شود.



شکل ۲- ساختمان (سمت چپ) و نحوهٔ حرکت محصول (سمت راست) در نمونه‌ای از خرمنکوب جریان محوری

1- Axial - Flow Threshing

سوابق تحقیقات در مورد واحدهای کوبش جریان محوری و توسعهٔ آنها در خرمنکوب‌ها در زیر آورده می‌شود:

خان (Khan, 1990) تغییراتی روی خرمنکوب گندم ساخت کشور ترکیه ایجاد کرد بدین معنی که این دستگاه برای کوبش گندم به شکل اولیه و برای کوبش برنج به صورت جریان محوری به کار گرفته می‌شود. او از یک سری منحرف‌کننده روی درپوش خرمنکوب برای ایجاد حرکت محوری در داخل واحد کوبش، از دو عدد دریچه برای ورود محصول و خروج کاه و برای تخلیه کاه از داخل واحد کوبش، از چهار عدد پره استفاده کرد که روی بخش انتهایی کوبنده نصب شده بود. این منحرف‌کننده‌ها برای کوبش گندم و برنج به ترتیب تحت ۹۰ درجه و ۷۵ درجه نسبت به محور کوبنده تنظیم شده‌اند. پس از ایجاد تغییرات عملکرد خرمنکوب مطلوب و ظرفیت کوبش این خرمنکوب به ترتیب برای گندم و برنج ۳۹۰ و ۶۳۴ کیلوگرم در ساعت و تلفات کوبش ۱/۵ و ۱/۲ درصد گزارش شده است.

کلنین و همکاران (Klenin *et al*., 1985) سرعت خطی کوبنده را در مورد غلات دارای رطوبت ۱۲ تا ۱۷ درصد بررسی و توصیه کردند که سرعت مناسب برای برنج در حالت خشک ۲۱ تا ۲۳ متر بر ثانیه و در حالت تر ۲۵ تا ۳۷ متر بر ثانیه است.

کینگ و رایدولز (King & Riddolls, 1962) تلفات ناشی از صدمات مکانیکی را در کوبش محصول گندم در سرعت‌های دورانی ۸۰۰، ۹۰۰، ۱۰۰۰، و ۱۱۰۰ دور بر دقیقه کوبنده به ترتیب ۰/۵ ، ۸/۱ ، ۱۰/۰، و ۱۹/۹ درصد ذکر کرده‌اند.

میتچل و رانت وایت (Mitchell & Rounthwaite, 1964) مقاومت دو رقم گندم را نسبت به ضربه بررسی کرده‌اند. شاخص ارزیابی میزان مقاومت این دو رقم، درصد جوانه‌زنی دانه‌ها بعد از آزمایش (کوبیدن محصول) بوده است. سرعت اعمال نیروی ضربه از ۱۷ تا ۳۶ متر بر ثانیه و میزان رطوبت محصول از ۱۵ تا ۲۵ درصد متغیر بوده است. در کمترین و بیشترین سرعت، میانگین درصد دانه‌های صدمه‌ندیده به ترتیب ۹۴/۸ درصد و ۸۶/۸ درصد بوده است.

ازاکی (Ezaki, 1973) در آزمایش روی کمباین نوع ژاپنی در برداشت و کوبش برنج (ارقام ژاپنی)، با تغییر سرعت خطی کوبنده از ۱۱ تا ۱۹ متر بر ثانیه به این نتیجه رسید که در سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه درصد دانه‌های صدمه‌دیده به شدت افزایش می‌یابد.

دات و آنامالای (Datt & Annamalai, 1991) در طراحی و ساخت خرمنکوب با کوبنده دندانه میخی، سرعت خطی کوبنده را ۱۷ متر بر ثانیه در نظر گرفته‌اند. نتایج آزمایش دستگاه روی برنج با درصد رطوبت ۱۶ تا ۲۵ درصد (بر اساس پایهٔ تر) و با میزان تغذیهٔ ۱/۸ تا ۳ تن در هکتار، نشان دادند که دانه‌های کوبیده نشده از ۰/۰۲ تا ۰/۰۷ درصد متغیر بوده و دانهٔ صدمه‌دیده تحت این شرایط وجود نداشته است.

سوزوکی (Suzuki, 1980) در آزمایش روی عملکرد کمباین‌های یک تا پنج‌ردیفه برنج (از نوع سرتغذیه)[1]، میزان دانه‌های صدمه‌دیده را در سرعت خطی ۱۰/۳ متر بر ثانیه کوبنده و رطوبت دانه ۲۵ درصد، کمتر از ۰/۵ درصد گزارش کرده است.

1- Head Feed Type

هاریسون (Harrison, 1991) تلفات جو را بـه هنگـام استفاده از کمباین جریان محوری بررسی و گـزارش کـرد که رطوبت محصول, میزان تغذیه، و سرعت دورانی کوبنده روی تلفـات ایـن محـصول اثـر معنـی‌داری دارد و در رطوبت‌های ۱۴،۱۰، و ۱۸ درصـد تلفـات بـه ترتیـب ۰/۳، ۰/۶، و ۰/۸ درصد بوده است.

گـامرت و همکـاران (Gummert *et al.*, 1992) در ارزیابی عملکرد خرمنکوب جریان محـوری (مـدل TH11)، تأثیر سـرعت دورانـی کوبنـده (۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰ دور بـر دقیقـه) را بـر تلفـات کـوبش و درصـد دانـه‌هـای صدمه‌دیده بررسی کرده‌اند. این محققان پس از آزمـایش، گردآوری، و تجزیه تحلیل داده‌ها، تلفـات کـوبش و درصـد دانه‌های صدمه‌دیده را با رسـم نمـودار بـر حـسب سـطوح مختلف سرعت دورانی کوبنده تعیین و مشاهده کردند کـه در سرعت دورانی ۸۵۰ دور بر دقیقه معـادل (۲۰ متـر بـر ثانیه سرعت خطی کوبنده) میزان صدمه‌دیـدگی دانـه‌هـا و تلفات کوبش حداقل است (کمتر از ۱ درصد). از این رو با توجـه بـه شـرایط دسـتگاه و محـصول مـورد آزمـایش، مناسب‌ترین سـرعت خطـی کوبنـده را ۲۰ متـر بـر ثانیـه گزارش کردند.

از بررسی این منابع، می‌توان نتیجه گرفت که تحقیق برای بهبود روش‌های کوبش و نیز بررسی عوامل موثر (عوامل مستقل متغیر) در کارایی دستگاه‌ها با توجه به ارقام متداول برنج در کشور و نیز یافتن مناسب‌ترین سطوح عوامل موثر که باعث تأمین کارایی بهتر دستگاه شود، اهمیت خاصی دارد.

اهداف اصلی این طرح عبارت‌اند از:

۱- ایجاد تغییـرات لازم در خرمنکـوب متـداول (T30) بـه منظور تبدیل آن به یک واحد کوبش جریان محوری.

۲- تعیین مناسب‌ترین سرعت خطی کوبنـده در دو سـطح رطوبتی محصول.

۳- تعیین اثر سرعت خطی کوبنده، رطوبت محصول، و رقم بر تلفات و ضایعات ناشی از کوبش.

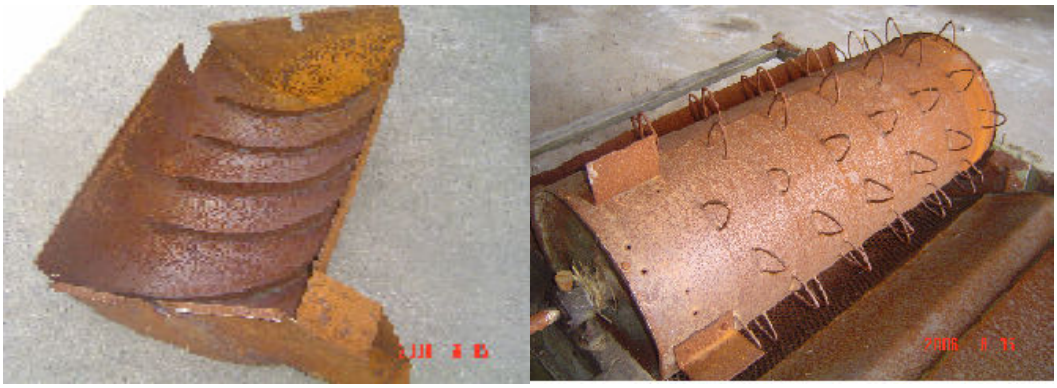
۴- بررسی عملکرد یا کارایی دسـتگاه در کـوبش محـصول مرطوب از لحاظ تلفات و ضایعات (دانه).

در ایـن طـرح تـلاش بـر ایـن بـود کـه از روش کـوبش جریـان محـوری در خرمنکـوب متـداول (T30) اسـتفاده شود.

مواد و روش‌ها

عامل انحراف محوری مواد در داخل واحد کوبش، اجزای مارپیچی‌شـکل هـستند کـه در قـسمت داخلـی درپـوش (کـاپوت) واحـد کـوبش نـصب شـدند. ایـن اجـزا تقریبـاً نیم‌دایره به پهنای ۵۵ میلی‌متر هستند. با توجه بـه طـول کوبندهٔ خرمنکـوب T30، ایـن اجـزای مـارپیچی ۴ عـدد و زاویـهٔ کمـان‌هـای مربـوط ۱۲۰ درجـه اختیـار شـد (Gummert *et al.*, 1990). شکل ۳، درپوش واحد کـوبش و کوبنده تغییر داده شده را نشان می‌دهد.

برای تهیه و ساخت ایـن اجـزا، از نقـشه‌هـای موجـود تهیه‌شده در مؤسسه تحقیقات بـین‌المللـی بـرنج اسـتفاده شـد (Anon, 1979). شـعاع کمـان‌هـای مربـوط بـه منحرف‌کننده‌ها متناسب با قطر کوبنده اصـلاح شـد. روی بخش انتهایی کوبنده، چهار پره نصب شـد کـه نقـش آنهـا پرتاب و هدایت مواد کوبیده‌شده به بیرون از قفسهٔ کـوبش است. دندانه‌های موجود روی این قسمت از کوبنده حـذف شد. به منظور جلوگیری از هدایت دانه بـه سـمت بخـش خروجی کاه، در ابتدای بخش تخلیهٔ کـاه روی ضـدکوبنده یک صفحهٔ حایل نصب شد.



شکل۳ – درپوش خرمنکوب (سمت چپ) و کوبنده تغییر داده شده (سمت راست)

دستگاه در فصل برداشت برنج بـه شهرسـتان رشـت منتقل و آزمایش‌ها با دو رقم برنج (خزر و هاشـمی)، پـنج سطح سرعت خطی کوبنـده (۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۹، و ۲۲ متـر بر ثانیه)، و با دو سطح رطوبتی آغـاز شـد. بـرنج از لحـاظ رطوبتی به دو صورت کوبیده می‌شود. یکـی فـوراً پـس از درو (به صورت تر) و دیگری پس از آن خشک‌شـدن آن در زیر تابش آفتاب و رسیدن رطوبت دانه به ۱۴ تا ۱۵ درصد (به صورت خشک). برای آزمایش در حالـت تـر، محـصول فوراً پس از تنظیم ارتفاع سـاقه تـوزین مـی‌شـد. ولـی در روش دیگر محصول یک روز در زیـر تـابش نـور خورشـید قرار داده می‌شد. طول ساقه‌های برنج در کلیهٔ آزمایش‌هـا ۷۰ سـانتی‌متـر در نظـر گرفتـه شـد. بـرای انـدازه‌گیـری درصد رطوبت دانـه از دسـتگاه دیجیتـالی موجـود و بـرای اندازه‌گیـری رطوبـت سـاقه از آون آزمایـشگاهی در دمـای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مـدت ۲۴ سـاعت اسـتفاده شـد (Gummert *et al.*, 1992). رطوبت‌سـنج دیجیتـالی (مـدل LUTRON DT-2236) ساخت کشور تایوان، رطوبت دانـه را بر مبنای وزن تر دانه (w.b.) نشان می‌داد. نتایج به دست آمده در جدول ۱ منعکس شده است.

برای تعیین میزان تغذیه ابتـدا ۱۲ آزمـایش مقـدماتی انجام شد. در تمام آزمایش‌ها، ۳ کیلوگرم محصول با طول ساقهٔ ۷۰ سانتی‌متر آماده در نظـر گرفتـه شـد و برحـسب تری و خشکی محصول زمان کوبش به طور متوسـط از ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامید. در نتیجه ظرفیت دستگاه به طور متوسط ۵۴۰ تا ۷۲۰ کیلـوگرم در سـاعت (تقریبـاً معـادل ۲۷۰ تـا ۳۶۰ کیلـوگرم در سـاعت دانـه شـلتوک) تعیین شد. بهترین سرعت خطـی کوبنـده در خرمنکـوب جریان محوری ۱۴ تا ۱۵ متر بر ثانیـه تعیـین شـده اسـت (Araulla *et al.*, 1976 و Gummert *et al.*, 1990). در آزمـایش‌هـای مقـدماتی، بـرای احـراز سـرعت خطـی کوبنـده ۱۴ متـر بـر ثانیـه بـا توجـه بـه قطـر کوبنـده (۴۸۰ میلـی‌متـر) بـا تغییـر دور موتـور محـرک، سرعت دورانی کوبنده با استفاده از دورسنج تقریباً در ۵۵۰ دور بر دقیقه تثبیـت شـد. بـرای تـأمین سـطوح سـرعت خطی کوبنده، از فلکه‌هـای بـا قطرهـای متفـاوت اسـتفاده شد.

جدول ۱- ارقام مورد استفاده و سطوح رطوبتی آنها (درصد رطوبت بر پایه تر)

وضعیت رطوبت / رقم	خشک		تر	
	دانه	ساقه	دانه	ساقه
هاشمی	۱۰/۰	۲۱/۲۳	۱۸/۳	۶۵/۶۹
خزر	۱۲/۲	۱۸/۱۹	۲۰/۴	۶۱/۱۹

برای ارزیابی تأثیرات عوامل مستقل مذکور، پس از اتمام هر آزمایش دانه‌های ریخته‌شده در زیر ضد کوبنده جمع‌آوری می‌شد. پس از مخلوط کردن کامل آن و برداشت ۱۰ گرم دانه به طور تصادفی، دانه‌های آسیب‌دیده و کاه موجود در مخلوط تفکیک و میزان آنها بر حسب درصد ثبت شد. برای تعیین درصد دانه‌های کوبیده‌نشده در هر آزمایش، کل مواد تخلیه‌شده در خروجی دستگاه بار دیگر با خرمنکوب دیگر کوبیده و درصد دانه‌های کوبیده‌نشده نیز در هر آزمایش یادداشت شد. از تقسیم دانه‌های کوبیده‌نشده بر کل دانه‌های خروجی (مجموع وزن دانه‌های موجود در جعبهٔ قرار داده‌شده در زیر ضد کوبنده به علاوهٔ دانه‌های موجود در خوشه‌های محصول) تلفات کوبش به دست آمد. عدد به دست آمده در هر آزمایش در عدد ۱۰۰ ضرب شد و سپس در فرم مخصوص به عنوان درصد تلفات کوبش ثبت شد.

هر آزمایش در ۴ تکرار انجام شد. در این صورت به تعداد ۸۰ = (۲ رقم) × (۵ سطح سرعت کوبنده) × (۲سطح رطوبتی) × (۴ تکرار) آزمایش و با توجه به تعداد عوامل وابسته (درصد دانه‌های آسیب‌دیده، کوبیده‌نشده و مواد کاه موجود در نمونه) ۲۴۰ = ۳ ×۸۰ داده به دست آمد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به هر عامل وابسته از طرح کرت‌های دوبار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و برای مقایسهٔ میانگین اثرهای اصلی عوامل مستقل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیهٔ واریانس اثرهای اصلی و متقابل تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌های حاصل از آزمایش دستگاه خرمنکوب تغییر داده شده

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	نسبت F		
		درصد دانه‌های آسیب‌دیده	نسبت کاه به دانه	درصد دانه‌های کوبیده نشده (تلفات کوبش)
تیمار	۱۹	۶/۱۵**	۱۳/۷۳**	۲۵۱/۱۸**
رقم (V)	۱	۳/۷۲ns	۱/۹۰ ns	۱۰۹۴/۵۹ **
مقدار رطوبت (M)	۱	۱/۲۴ns	<۱	<۱
سرعت خطی کوبنده (N)	۴	۲۴/۲۷**	۵۵/۲۳ **	۴۵۹/۷**
اثر متقابل V×M	۱	<۱	۲۱/۸۶ **	<۱
اثر متقابل V×N	۴	۲/۳۵ns	<۱	۴۵۹/۷**
اثر متقابل M×N	۴	<۱	۳/۲۸*	<۱
اثر متقابل V×M×N	۴	<۱	<۱	<۱
خطا	-	-	-	-

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

درصد دانه‌های آسیب‌دیده (پوست‌گیری‌شده و شکسته‌شده)

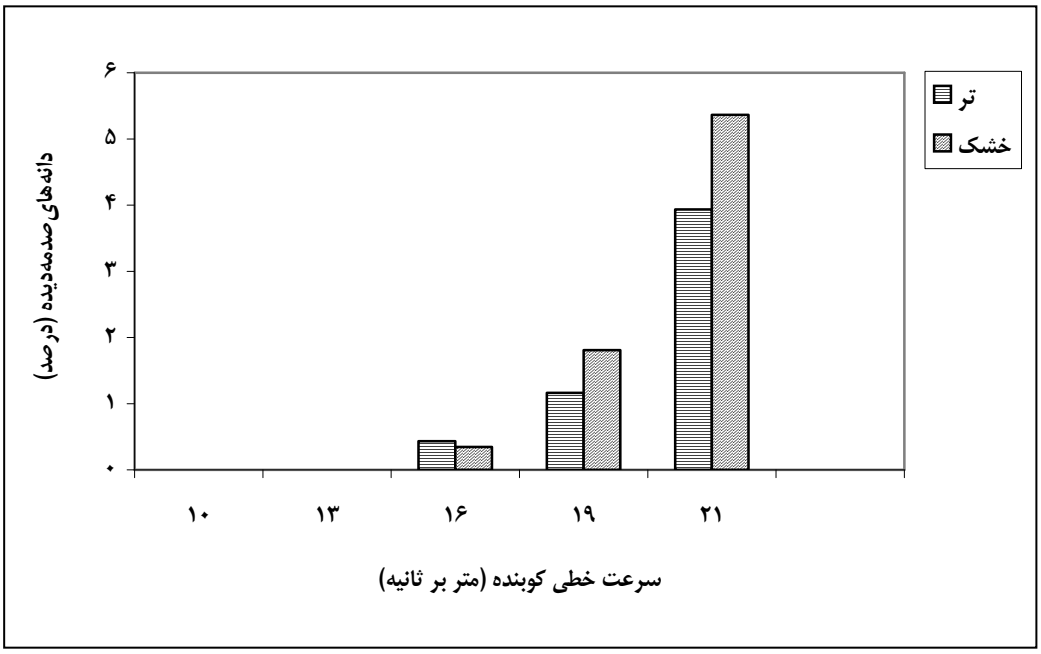
با توجه به نتایج جدول ۲، مشاهده می‌شود که سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های آسیب‌دیده اثر معنی‌داری داشته است ($\rho < ۰/۰۱$). نتایج مقایسهٔ اثر میانگین این عامل نشان می‌دهد که با افزایش سرعت خطی کوبنده، درصد دانه‌های آسیب‌دیده نیز افزایش می‌یابد (شکل ۴). این نتیجه با نتایج تحقیقات گامرت و همکاران (Gummert *et al.*, 1992)، خان (Khan, 1990)، و سعید و همکاران (Saeed *et al.*, 1995) مطابقت دارد. دلیل این افزایش آن است که با افزایش سرعت خطی وارد بر دانه از طرف کوبنده، ضربهٔ بیشتری بر دانه وارد می‌شود. با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۶ به ۱۹ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های صدمه دیده به طور غیر معنی‌دار افزایش می‌یابد ولی با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۹ به ۲۲ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های آسیب‌دیده به شدت افزایش می‌یابد ($\rho < ۰/۰۱$). در دو سطح سرعت دورانی ۱۰ و ۱۳ متر بر ثانیه، در تمام آزمایش‌ها درصد دانه‌های صدمه‌دیده صفر بوده است.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار رطوبت محصول در سرعت خطی کوبنده (شکل ۵) نشان می‌دهد که با تغییر سرعت از ۱۹ به ۲۲ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های صدمه‌دیده به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد و میانگین تاثیرات محصول در مقایسه با خشکی محصول بر درصد دانه‌های صدمه‌دیده کمتر است. به عبارت دیگر کاهش رطوبت باعث افزایش (غیر معنی‌دار) درصد دانه‌های صدمه‌دیده شده است. زیرا با افزایش رطوبت دانه، خاصیت الاستیسیته و انعطاف‌پذیری آن نسبت به ضربه افزایش می‌یابد. این نتیجه با گزارش (Klenin *et al.*, 1985) مطابقت دارد که در آن سرعت

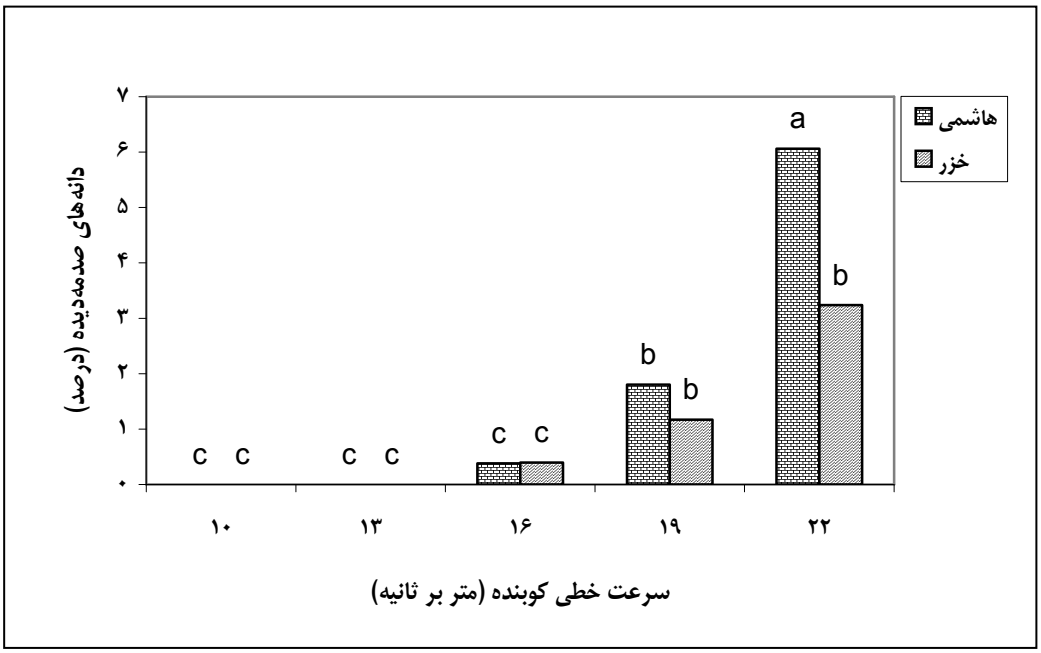
خطی مناسب کوبنده را در کوبش محصول تر نسبت به محصول خشک قدری بیشتر توصیه کرده است. به این ترتیب می‌توان برای کوبش محصول مرطوب از سرعت خطی بالاتر استفاده کرد.

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده (شکل ۶) نیز نشان می‌دهد که با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۹ به ۲۲ متر بر ثانیه، افزایش شدید در مقدار دانه‌های آسیب‌دیده به وجود می‌آید. در کلیهٔ آزمایش‌های با رقم خزر، با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۳ به ۲۲ متر بر ثانیه، میانگین درصد دانه‌های صدمه‌دیده افزایش می‌یابد. در آزمایش با رقم خزر، میانگین اثر سرعت خطی کوبنده ۱۰، ۱۳، و ۱۶ متر بر ثانیه غیر معنی‌دار ولی با افزایش آن از ۱۶ تا ۲۲ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های صدمه‌دیده به طور معنی‌داری افزایش یافته است ($\rho < ۰/۰۱$). در حالت کلی میانگین درصد صدمه‌دیدگی رقم هاشمی بیشتر از رقم خزر بوده است ولی اختلاف اثر رقم بر درصد دانه‌های آسیب‌دیده معنی‌دار نبوده است. نتایج مقایسهٔ میانگین نوع رقم و سرعت دورانی در شکل ۶ نشان داده شده است. فقط در سرعت خطی ۲۲ متر بر ثانیه، اثر متقابل رقم هاشمی و رقم خزر بر درصد دانه‌های صدمه‌دیده ($\rho < ۰/۰۱$) اختلاف معنی‌داری داشته است. در سرعت‌های بیش از ۱۶ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های صدمه‌دیده در رقم هاشمی بیشتر از رقم خزر بوده است. نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رقم و رطوبت در شکل ۷ ارائه شده است. آزمایش با هر دو رقم در حالت خشک نشان می‌دهد که اثر رقم بر درصد دانه‌های صدمه‌دیده معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۱$) است و رقم هاشمی چه در حالت تر و چه در حالت خشک دارای درصد دانه‌های صدمه‌دیدهٔ بیشتری است و این نشان می‌دهد که رقم هاشمی (محلی)، در مقایسه با خزر، نسبت به سرعت خطی کوبنده (و در نتیجه نیروی ضربه) نسبت به ضربه حساس‌تر است.

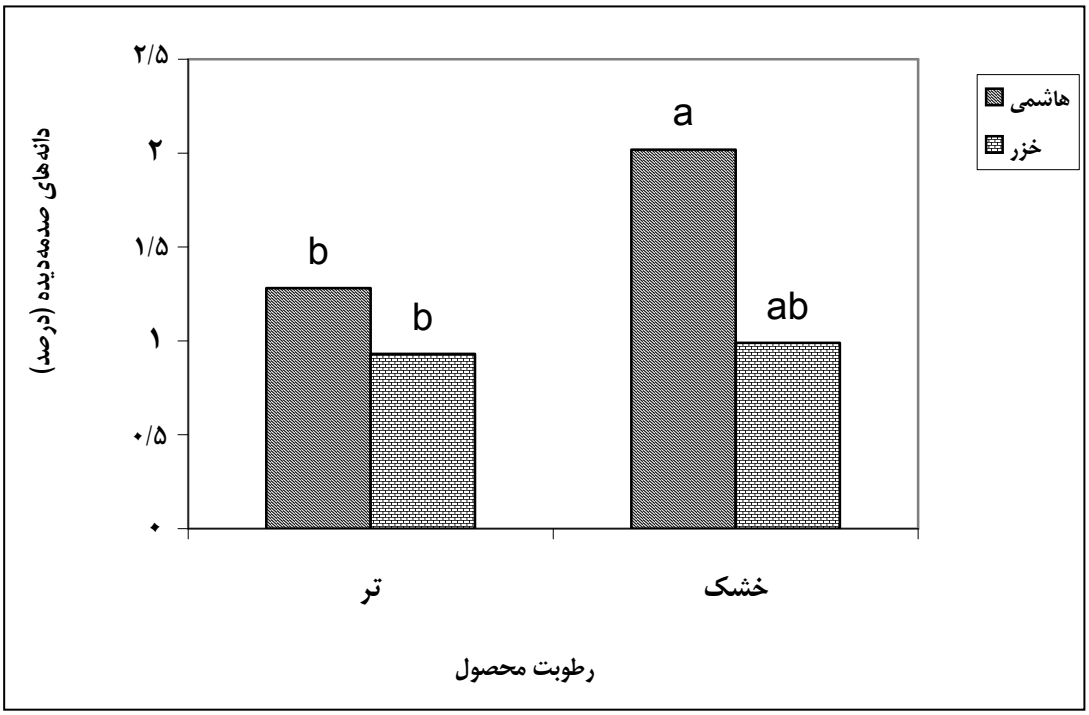
شکل ۴- تاثیر سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های صدمه دیده



شکل ۵- اثر متقابل مقدار رطوبت محصول در سرعت خطی کوبنده



شکل ۶- اثر متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده



شکل ۷- اثر متقابل رقم در مقدار رطوبت محصول

تلفات کوبش (درصد دانه‌های کوبیده‌نشده)

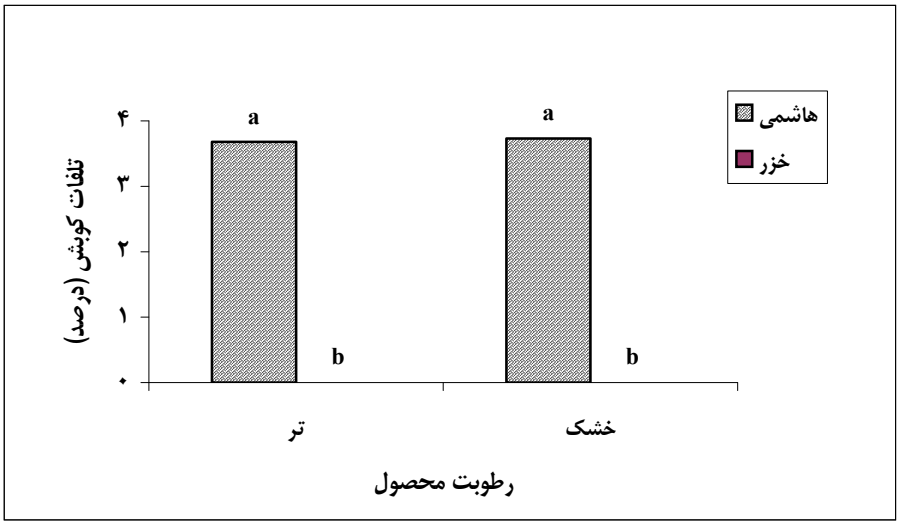
بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوطه به تلفات کوبش (جدول ۲)، نشان می‌دهد که اثر اصلی شامل رقم و سرعت خطی کوبنده و نیز اثر متقابل این دو عامل بر درصد تلفات کوبش دستگاه ($p < ۰/۰۱$) خیلی معنی‌دار است. ولی اثر رطوبت و سایر تاثیرات متقابل بر تلفات معنی‌دار نیست.

نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سرعت خطی کوبنده و رقم بر عامل مذکور نشان می‌دهد که در رقم هاشمی (در حالت تر و خشک) با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۰ به ۱۶ متر بر ثانیه، درصد تلفات کوبش کاهش می‌یابد و در سرعت دورانی ۱۶ متر بر ثانیه به صفر می‌رسد. در دو سطح دیگر از سرعت خطی کوبنده (۱۹ و ۲۲ متر بر ثانیه)، درصد تلفات کوبش صفر بوده است. از این رو برای کوبش صد در صد دانه‌ها در رقم هاشمی، حداقل سرعت خطی کوبنده ۱۶ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. در تمام آزمایش‌های با رقم خزر، درصد تلفات کوبش معادل صفر بود و می‌توان نتیجه گرفت که تمایل به ریزش دانهٔ خزر خیلی بیشتر از رقم هاشمی است (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت خطی کوبنده در رقم بر درصد تلفات کوبش

سرعت خطی کوبنده (متر بر ثانیه)	رقم		میانگین اثر سرعت خطی کوبنده (درصد)	اختلاف
	هاشمی	خزر		
۱۰	۱۱/۷۴۸a	۰/۰۰۰a	۵/۸۷۴	۱۱/۷۴۸**
۱۳	۶/۷۷۸b	۰/۰۰۰a	۳/۳۸۹	۶/۷۷۸**
۱۶	۰/۰۰۰c	۰/۰۰۰a	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰ns
۱۹	۰/۰۰۰c	۰/۰۰۰a	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰ns
۲۲	۰/۰۰۰c	۰/۰۰۰a	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰ns
میانگین اثر رقم (درصد)	۳/۷۰۵	۰/۰۰۰	۱/۸۵۳	۳/۷۰۵

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

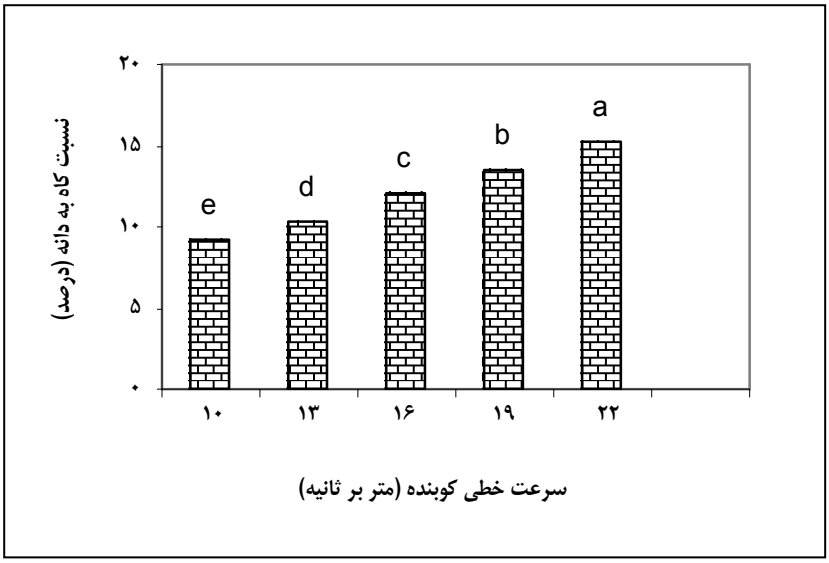


شکل ۸- اثر متقابل رقم در مقدار رطوبت محصول در تلفات کوبش در دو رقم هاشمی و خزر

در تغییر سرعت خطی کوبنده از ۱۰ به ۱۳ متر بر ثانیه، اختلاف معنی‌داری در درصد تلفات کوبش در آزمایش با هاشمی وجود داشته به طوری که میانگین آن از ۱۱/۷۴۸ به ۶/۷۷۶ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در رطوبت، نیز نشان می‌دهد که در هر دو حالت تر و خشک در میانگین درصد تلفات کوبش اختلاف معنی‌داری ($\rho < ۰/۰۱$) با تغییر رقم از هاشمی به خزر به وجود آمده و مقدار آن به شدت کاهش یافته است (شکل ۸).

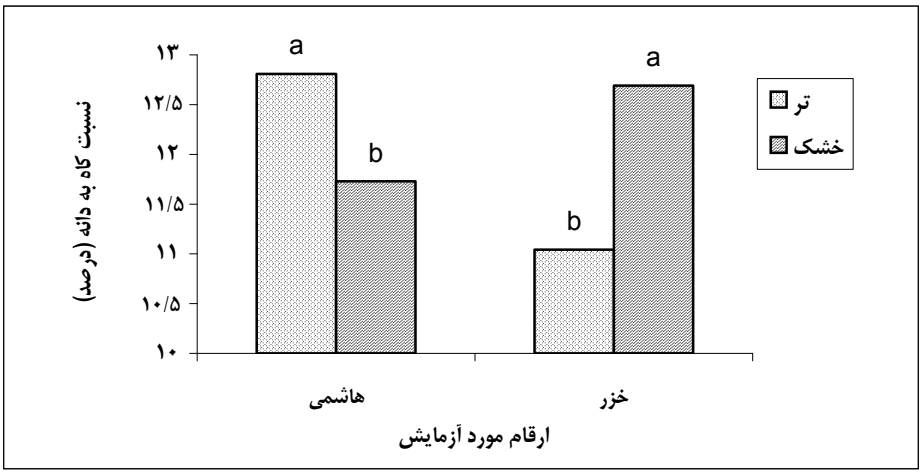
نسبت کاه به دانه

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس مربوط به این عامل در در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر تیمار و سرعت خطی کوبنده، اثر متقابل رقم در رطوبت بر عامل وابسته مذکور بسیار معنی‌دار و اثر متقابل رطوبت در سرعت خطی کوبنده بر این عامل معنی‌دار است ($\rho < ۰/۰۵$). با افزایش سرعت خطی کوبنده، درصد کاه موجود در مخلوط به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد (شکل ۹). به طور کلی می‌توان گفت که تغییر رطوبت محصول، اثر معنی‌داری بر نسبت کاه به دانه ندارد.



شکل ۹- تغییرات نسبت کاه به دانه بر حسب سرعت خطی کوبنده

مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رقم در رطوبت (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که در رقم هاشمی با کاهش رطوبت، اختلاف معنی‌داری ($\rho < ۰/۰۵$) در مقدار میانگین نسبت کاه به دانه ایجاد شده و از ۱۲/۸۰۸ به ۱۱/۷۲۹ درصد کاهش یافته است. در رقم خزر نیز با کاهش رطوبت، اختلاف خیلی معنی‌داری ($\rho < ۰/۰۱$) بر عامل وابسته مذکور ایجاد شده ولی میانگین نسبت کاه به دانه از ۱۱/۰۴۲ به ۱۲/۶۹۱ درصد افزایش یافته است. در نسبت کاه به دانه در حالت تر، با تغییر رقم از هاشمی به خزر، اختلاف خیلی معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۱$) ایجاد شده و میانگین آن از ۱۲/۸۰۸ به ۱۱/۰۴۲ درصد کاهش یافته است. در آزمایش با ارقام در حالت خشک، با تغییر محصول از رقم هاشمی به رقم خزر، اختلاف اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۵$) می‌شود و میانگین نسبت کاه به دانه از ۱۱/۷۲۹ به ۱۲/۶۹۱ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰- اثر متقابل رقم در میزان رطوبت محصول در میانگین نسبت کاه به دانه

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده نشان می‌دهد که اختلاف میانگین اثر دو سطح سرعت خطی کوبنده (۱۰ و ۱۳متر بر ثانیه) غیر معنی‌دار و در بقیهٔ حالات معنی‌دار است. این نتیجه با نتایج تحقیقات گامرت و همکاران (Gummert *et al.*, 1992) کاملاً مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

- در خرمنکوب تغییر داده‌شده، محصول به طور کامل به داخل واحد کوبش انداخته می‌شود، و از این رو این خرمنکوب نسبت به خرمنکوب با طرح اولیه (T30) که در آن کاربر ساقه‌ها را از انتهای قسمت دروشده نگه می‌دارد، از لحاظ سهولت کاری و نیروی مورد نیاز و ایمنی کاربر برتری دارد.
- در محدوده سرعت خطی کوبنده از ۱۰ تا ۲۲ متر بر ثانیه، میانگین درصد تلفات کوبش در رقم هاشمی قابل توجه (۳/۷۰۵ درصد) و در رقم خزر قابل چشمپوشی است.
- در تمام آزمایش‌ها با خرمنکوب تغییر داده‌شده، در سرعت خطی ۱۶ متر بر ثانیه و بیشتر از آن درصد تلفات کوبش صفر بوده است.
- خشکی یا تری محصول در مورد دو رقم آزمایش‌شده (خزر و هاشمی) تاثیر معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) بر درصد تلفات داشته است.

- اثر رقم بر درصد دانه‌های صدمه‌دیده (در خزر و هاشمی به ترتیب با میانگین ۳/۲۴ و ۶/۰۲۶ درصد) معنی‌دار نبوده و سرعت خطی کوبنده اثر بسیار معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) بر عامل مذکور داشته است.
- در سرعت خطی کوبنده، معادل ۱۶ متر بر ثانیه، صدمه‌دیدگی دانه‌ها با میانگین خیلی‌کم (۰/۳۸۸ درصد) شروع می‌شود و با افزایش آن تا ۲۲ متر بر ثانیه، به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد.
- مناسب‌ترین سرعت کوبنده در آزمایش‌ها، ۱۶ متر بر ثانیه است. زیرا میانگین تلفات کوبش در این سرعت معادل صفر و درصد دانه‌های صدمه‌دیده نیز ناچیز است.

مراجع

Araullo, E. V. De Pada, B. and Graham, M. 1976. Rice Post-Harvesting Technology. International Development Research Center. Ottawa.

Askari Asli-Ardeh, E. 1997. Introduction of axial flow threshing method and comparison with common method in country. Scientific and Agro - Economical Magazine. 32(4): 46-50. (in Farsi)

Datt, P. and Annamalia, S. J. K. 1991. Design and development of straight through peg tooth type thresher for paddy. AMA. 22(4): 47-50.

Ezaki, H. 1963. Threshing performance of Japanese-type combine. Japan Agric. Res. Quarterly. 7(1): 22-29.

Gummert, M., Muhlbure, W., Wacker and Quick, G. R. 1990. Performance evaluation of IRRI axial-flow paddy thresher. AMA. 22(4): 47-50.

Harisson, H. B. 1991. Rotor power and losses of an axial-flow combine. Trans. ASAE. 34(1): 60-64.

Khan, A. U. 1990. Dual-mode all-crop thresher for egyption conditions. AMA. 21(4): 11-14.

King, D. L. and Riddolls, A. W. 1962. Damage to wheat seed and pea seed in threshing . J. Agric. Eng. Res.7(2): 9.

Klenin, N. I., Popov, I. F. and Sakun, V. A. 1985. Agricultural Machines. American Pub. Co. Pvt. Ltd., New Delhi.

Mitchell, F. S. and Rounthwaite, T. E. 1946. Resistance of two varieties of wheat to mechanical damage by impact. J. Eng. Res. 9(4): 303.

Saeed, M. A., Khan, A. S. Rizvi, H. A. and Tanveer, T. 1995. Testing and evaluation of hold - on paddy thresher. AMA. 26(2): 47- 51.

Suzuki, M. 1980. Performance of rice combine harvester by the national test in Japan. Japan Agric. Res. Quarterly. 14(1): 20-23.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.3 / Autumn 2007/P: 111-126*

Conversion of Rice Common Thresher to an Axial - Flow Thresher and its Performance Evaluation

E. Askari Asli-Ardeh*, M. R. Alizadeh and S. Sabouri

* Corresponding Author: Academic Member, Mohaghegh Ardabili University, P. O. Box: 179, Ardebil, Iran. E-mail: ezzataskari@yahoo.co.uk

There are different methods used for threshing of grain crops. Usual threshers operate based on the impact force (in threshing unit) that may damage the grains. In another method named axial-flow, grain damage is less so these types of the harvesting machines are being used more than before. In this study one of the common rice threshers (model T30) locally made in Ashtad Company was modified to an axial flow thresher. For converting the cross flow unit to an axial flow, the cover of T30 thresher was replaced by IRRI axial flow thresher cover design. The thresher feature has also been changed. Then the machine was tested and evaluated on two rice varieties. The numbers of treatments were twenty and each experiment was carried out in four replications. Independent factors were grain moisture contents (two levels), varieties (*Khazar* and *Hashemi*) and drum speeds (five levels). Depended factors were the percentage of damaged grain, unthreshed grain and straw/grain ratio. The trials carried out in split plot based on Randomized Completely Block Design (RCBD) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was used for mean comparison of samples. The results revealed that drum speeds had significant effect ($P<0.01$) on percentage of damaged grain. The varieties had no significant effect on threshing loss. Its valve was zero for *Khazar* but remarkable for *Hashemi*. The moisture contents had no significant effect on depended variables in all experiments.

Key words: Damaged Grains Percent, Rice, Straw / Grain Ratio, Thresher, Threshing Losses