

بررسی اثر سرعت خطی کوبنده و رطوبت محصول روی تلفات و ضایعات کوبش ارقام متداول برنج

عزت‌اله عسکری اصلی ارده^{۱*}، صمد صبوری^۲ و محمدرضا علیزاده^۲

(تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۲۹)

چکیده

بخش اعظمی از تلفات و ضایعات محصول برنج ممکن است در مرحله کوبش اتفاق بیافتد. یکی از عوامل مؤثر بر میزان تلفات و ضایعات واحدهای کوبش خرمکوب‌ها و ماشین‌های برداشت، سرعت خطی کوبنده می‌باشد. در این طرح اثر سه عامل که عبارت‌اند از: سرعت خطی کوبنده (در ۵ سطح) و میزان رطوبت محصول (در ۲ سطح) و ارقام متداول برنج (۴ رقم) بر تلفات و ضایعات کوبش مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. برای انجام عمل کوبش از واحد کوبش (T25) که کوبنده آن دارای دندانه‌های از نوع قلابی می‌باشد، استفاده شد. عوامل وابسته شامل در صد دانه‌های کوبیده نشده (تلفات کوبش) و دانه‌های آسیب دیده (ضایعات کوبش) بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از طرح آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که اثرات رقم و سرعت خطی کوبنده بر درصد تلفات کوبش و اثرات رقم، سطح میزان رطوبت و سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های آسیب دیده معنی‌دار (سطح احتمال ۱ درصد) بوده است. مناسب‌ترین سرعت خطی کوبنده معادل ۱۴m/s می‌باشد و رقم هاشمی دارای بیشترین مقدار درصد تلفات کوبش و رقم بینام دارای کمترین درصد تلفات کوبش بوده است. از بین ارقام مورد آزمایش، رقم بینام از میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده بیشتری برخوردار بوده است. به طور کلی، کاهش رطوبت محصول باعث افزایش میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده در آزمایش‌ها شده است.

واژه‌های کلیدی: سرعت خطی کوبنده، کوبش، تلفات، ضایعات، برنج

مقدمه

عوامل مؤثر بر تلفات و ضایعات محصول، سرعت خطی کوبنده، نوع و شرایط محصول (رقم و میزان رطوبت محصول) می‌باشند (۱). منظور از تلفات و ضایعات کوبش به ترتیب دانه‌های کوبیده نشده (باقی‌مانده روی خوشه) و دانه‌های آسیب دیده می‌باشد. با تعیین ارتباط این عوامل با میزان تلفات واحد کوبش و تعیین مقدار مناسب آنها، امکان طراحی و ساخت بهینه

اکثر خرمکوب‌هایی که تا به حال در سطح کشور برای کوبیدن محصول برنج تولید شده‌اند، مبنای علمی ندارند و متناسب با نوع و شرایط محصول مربوطه طراحی نشده‌اند. به عبارت دیگر از طرح بهینه برخوردار نیستند و از این بابت ممکن است باعث افزایش تلفات و ضایعات محصول در مرحله خرمکوبی شوند.

۱. استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲. اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ezzataskari@yahoo.co.uk

بخش واحد کوبش خرمکوب (برنج) یا تنظیم آن فراهم می‌شود. همان‌طوری‌که قبلاً بیان شد، یکی از عوامل بسیار مهم که بر میزان تلفات و ضایعات مرحله کوبش و توان مورد نیاز واحد کوبش خرمکوب‌ها و کمباین‌های برداشت اثر قابل توجهی دارد و در مرحله طراحی این ماشین‌ها باید مد نظر قرار گیرد، سرعت خطی کوبنده می‌باشد. سرعت‌های زیاد کوبنده باعث آسیب رساندن به دانه و سرعت‌های کم منجر به افزایش تلفات کوبش می‌شود. از این‌رو مقدار بهینه این پارامتر باید زیر حد پوست کتی دانه واقع شود و نیز بتواند ضربه لازم را برای تفکیک دانه از خوشه تأمین کند.

توسط پژوهشگران زیادی در ارتباط با موضوع مذکور، تحقیقات بسیاری انجام شده است که اهداف و نتایج به‌دست آمده توسط آنها به‌طور خلاصه در زیر ارائه می‌شود:

توسط سرور و خان (۱۱) تحقیقی به منظور مقایسه عملکرد دو نوع کوبنده (حاوی دندانه قلابی (Wire loop) و با میله‌های سوهانی (Rasp bar cylinder)) در کوبش محصول برنج انجام گرفته است. نتایج بررسی این افراد نشان داد که با افزایش سرعت خطی کوبنده درصد دانه‌های صدمه دیده در محصول خشک (میزان رطوبت دانه ۱۶٪) بیشتر از محصول تر (میزان رطوبت دانه ۲۴٪) می‌باشد. با افزایش سرعت خطی کوبنده، درصد دانه‌های صدمه دیده و نیز بازده کوبش افزایش می‌یابد. در سرعت‌های بیش از ۱۸/۶۳ m/s، درصد دانه‌های صدمه دیده با شدت بیشتری افزایش می‌یابد ولی در بازده کوبش تغییر چشم‌گیری ایجاد نمی‌شود. سعید و همکاران (۱۰) در آزمون و ارزیابی خرمکوبی که در آن در حین تغذیه ساقه‌های محصول در بیرون از واحد کوبش نگه‌داشته می‌شوند و فقط بخش خوشه‌ها وارد واحد کوبش می‌شوند (Hold - on paddy thresher)، به این نتیجه رسید که در آزمایش این دستگاه با سرعت‌های خطی کوبنده ۱۵/۵، ۱۷/۳ و ۱۹ m/s، درصد دانه‌های صدمه دیده به ترتیب ۰/۴۷٪، ۰/۶۴٪ و ۰/۹٪ و تلفات کوبش به ترتیب ۰/۷۹٪، ۰/۶۸٪ و ۰/۳۴٪ می‌باشد. یعنی با افزایش سرعت خطی کوبنده درصد دانه‌های

صدمه دیده افزایش و تلفات کوبش دانه کاهش یافته است. بیشترین ظرفیت کوبش دانه در این دستگاه ۵۳۷ kg/h با بازده کوبش ۹۹/۲٪ در ازای سرعت خطی کوبنده معادل ۱۷/۳ m/s به‌دست آمده است. توسط کلین و همکاران (۸)، سرعت خطی کوبنده در مورد محصولات غلات با مقدار رطوبت ۱۲ الی ۱۷٪ مورد بررسی قرار گرفته و مقدار مناسب آن برای محصول برنج خاص در حالت خشک ۲۱ الی ۲۳ m/s و در حالت تر ۲۵ الی ۲۷ m/s توصیه شده است. کینگ و رایدولز (۷) تلفات ناشی از صدمات مکانیکی را در کوبش محصول گندم در سرعت‌های دورانی کوبنده ۱۰۰۰، ۹۰۰، ۸۰۰ و ۱۱۰۰ rpm به ترتیب ۵/۰، ۸/۱، ۱۰/۰ و ۱۹/۹ در صد ذکر کرده‌اند. میتچل و رانت وایت (۹) مقاومت دو رقم گندم را نسبت به ضربه مورد بررسی قرار داده‌اند. شاخص ارزیابی میزان مقاومت این دو رقم، درصد جوانه‌زنی دانه‌ها بعد از آزمایش بوده است. سرعت اعمال نیروی ضربه از ۱۷ الی ۳۶ m/s و درصد رطوبت محصول از ۱۵ الی ۲۵ w.b. درصد متغیر بوده است. در کمترین سرعت، میانگین درصد دانه‌های صدمه ندیده ۹۴/۸٪ و در بیشترین سرعت، مقدار دانه‌های صدمه ندیده ۸۶/۸ درصد بوده است. ازاک (۳) در آزمایش بر روی کمباین نوع ژاپنی در برداشت و کوبش محصول برنج (رقم Nihonbare) با تغییر سرعت خطی کوبنده از ۱۱ الی ۱۹ m/s به این نتیجه رسیده است که در سرعت بیش از ۱۵ m/s با وجود تلفات کوبش ناچیز، درصد دانه‌های صدمه دیده با شدت بیشتری افزایش می‌یابد. دات و آنامالی (۲) در طراحی و ساخت خرمکوب با کوبنده دندانه میخی (Spike tooth)، سرعت خطی کوبنده را ۱۷ m/s در نظر گرفته‌اند. نتایج آزمایش دستگاه روی محصول برنج با در صد رطوبت ۱۶ الی ۲۵ w.b. درصد و با میزان تغذیه ۱/۸ ton/h الی ۳ ton/h، نشان داده‌اند که در صد دانه‌های کوبیده نشده از ۰/۰۲٪ الی ۰/۰۷٪ متغیر بوده و دانه‌های صدمه دیده تحت این شرایط وجود نداشته است. سوزوکی (۱۲) در آزمایش روی عملکرد کمباین‌های یک تا پنج ردیفه برنج، درصد دانه‌های صدمه دیده را در سرعت خطی ۱۰/۳ m/s کوبنده و میزان

مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت بود. ارقام مورد آزمایش در سطوح رطوبتی متداول کوبش یکی در شرایطی که محصول درو و فوراً به محل آزمایش منتقل گردید به ترتیب با میزان رطوبت دانه ۱۹/۸٪، ۲۰/۰٪، ۲۷/۵٪ و ۲۰/۸٪ (بر پایه تر) و دیگری محصولی که یک روز آفتاب خورده و مقدار رطوبت دانه ارقام مذکور به ترتیب به ۱۴/۲٪، ۱۴/۹٪، ۱۹/۶٪ و ۱۵/۶٪ (بر پایه تر) تقلیل یافت، آزمایش شدند. برای تعیین رطوبت محصول از اجاق آزمایشگاهی (در درجه حرارت 100 ± 2 درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) استفاده شد.

مبنای سنجش و ارزیابی سرعت خطی کوبنده، تلفات کوبش (دانه‌های کوبیده نشده) و ضایعات کوبش (درصد دانه‌های صدمه دیده شامل دانه‌های پوست‌گیری شده و آسیب دیده) در نظر گرفته شد. سرعت خطی کوبنده در پنج سطح (۸، ۱۴، ۱۱، ۱۷ و 20 m/s) مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت. این محدوده سرعت، تمام سرعت‌هایی را که محققین دیگر در خصوص سرعت خطی کوبنده روی محصول برنج توصیه کرده‌اند را در بر می‌گیرد. آزمایش به کمک واحد کوبش ساخت کارخانه اشتاد ایران (مدل T25) با کوبنده‌ای به قطر ۳۶ cm، طول ۹۰ cm انجام شد. ۸۴ عدد دندان (از نوع قلابی) روی کوبنده این دستگاه نصب شده بود و فاصله کوبنده از ضد کوبنده در جلو ۱۴ mm و در عقب ۱۰ mm بود. شکل ۱ این دستگاه را در حین آزمایش نشان می‌دهد.

برای تأمین سطوح سرعت خطی مذکور، از فلکه‌های با قطر متفاوت روی محور کوبنده و برای تأمین توان لازم واحد کوبش از موتور دیزل ۷/۵ hp (ساخت شرکت کوپوتا ژاپن) استفاده به عمل آمد. برای اندازه‌گیری سرعت دورانی کوبنده از دستگاه دورسنج دیجیتالی (مدل Lutron DC-2236) استفاده به عمل آمد.

تغذیه محصول با دست انجام می‌شد و در کلیه آزمایش‌ها مقدار آن ثابت 1 kg/s در نظر گرفته شد به طوری که در آزمایش‌ها با محصول تر، از 3 kg شالی (با مدت زمان کوبش ۳ s) و برای انجام آزمایش‌ها با محصول خشک از 2 kg شالی (با مدت زمان

رطوبت دانه 25 w.b. ، کمتر از ۵٪ گزارش کرده است. هاریسون (۵) مطالعه‌ای را روی تلفات کمباین جریان محوری در آزمایش روی محصول جو انجام داده است. ایشان گزارش کردند که میزان رطوبت محصول، میزان تغذیه و سرعت خطی کوبنده روی تلفات این محصول اثر معنی‌داری داشته و در میزان رطوبت با سطوح $14, 10$ و 18 w.b. تلفات کوبش به ترتیب ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۸٪ بوده است. گامرت و همکاران (۴) در بررسی روی عملکرد خرمکوب جریان محوری (TH 11) (Thresher 11) به این نتیجه رسیده‌اند که در تغییر سرعت دورانی کوبنده از ۴۰۰ تا 1200 rpm ، مقدار دانه‌های صدمه دیده در سرعت‌های بیش از 850 rpm کوبنده (سرعت خطی کوبنده 20 m/s) به شدت افزایش می‌یابد.

از بررسی این منابع، می‌توان نتیجه گرفت که عامل سرعت خطی کوبنده در طراحی و تنظیم ماشین‌های برداشت و خرمکوب‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است و تحقیقات در شرایط مختلف محصول (رقم و میزان رطوبت) انجام شده و نتایج متفاوتی نیز به دست آمده است. از این رو انجام تحقیقات در این خصوص برای ارقام متداول برنج در کشور با سطوح رطوبتی متفاوت برای دستیابی به اهداف زیر، اهمیت و ضرورت پیدا می‌کند.

اهداف اصلی این تحقیق به شرح زیر است:

- ۱- بررسی اثر سرعت خطی کوبنده، رطوبت و ارقام متداول برنج روی تلفات و ضایعات کوبش و همچنین بررسی اثرات متقابل آنها
- ۲- تعیین مناسب‌ترین سرعت خطی کوبنده (زیر حد پوست‌گیری دانه)

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌های از چهار رقم متداول محصول برنج یعنی هاشمی (دانه بلند)، علی کاظمی (دانه بلند)، خزر (دانه بلند) و بینام (دانه متوسط) که در شرایط کاملاً به‌زراعی کشت و پرورش داده شدند، استفاده شد. محل کشت و انجام آزمایش‌ها



شکل ۱. خرمنکوب T 25 در حال کار

جدا و درصد وزنی دانه‌های آسیب دیده محاسبه و میانگین این سه نمونه به‌عنوان درصد ضایعات در هر آزمایش ثبت می‌گردد. دانه‌های آسیب دیده شامل دانه‌های شکسته شده و یا پوست‌گیری شده بودند که به‌وسیله چشم انسان قابل تشخیص بودند. برای تجزیه و تحلیل آثار اصلی و متقابل عوامل مستقل، از طرح آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی استفاده به‌عمل آمد و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون دانکن (با استفاده از نرم‌افزارهای IRRISTAT) استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد تلفات کوبش

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده مربوط به این عامل وابسته (جدول ۱) نشان داد که آثار عوامل اصلی شامل رقم (V)، سرعت خطی کوبنده (N)، اثرات متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده ($V \times N$) و اثرات متقابل میزان رطوبت در سرعت خطی کوبنده ($M \times N$)، خیلی معنی‌دار (در سطح احتمال ۱٪) و بقیه اثرات عوامل معنی‌دار نشده است.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده (جدول ۲) نشان می‌دهد که در ارقام هاشمی، خزر و علی کاظمی با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۸ تا ۱۴ m/s،

کوبش (۲ s) استفاده می‌شد. علت این‌که برای انجام آزمایش‌ها با محصول خشک از مقادیر کمتر (۲ kg) استفاده می‌شد، این بود که برداشتن و گرفتن ۳ kg شالی خشک با دست با توجه به حجم زیاد آن غیر ممکن بود و از این‌رو تصمیم گرفته شد از مقدار شالی خشک با وزن کمتر استفاده شود. با توجه به مقدار محصول وارد شده به داخل واحد کوبش و زمان کوبش، در تمام آزمایش‌ها میزان تغذیه شالی ۳۶۰۰ kg/h به‌دست می‌آمد. هر آزمایش در سه تکرار انجام می‌شد. درصد دانه‌های کوبیده نشده (تلفات کوبش) و صدمه دیده (ضایعات کوبش) به‌عنوان عامل وابسته تلقی شدند که برای ارزیابی عوامل مستقل سرعت خطی کوبنده (در ۵ سطح)، رقم (در ۴ سطح)، میزان رطوبت (۲ سطح) به‌کار می‌روند. به‌عبارت دیگر اثرات عوامل اصلی و اثرات متقابل آنها، به‌صورت دانه‌های صدمه دیده در نظر گرفته می‌شدند. پس از انجام هر آزمایش، دانه‌های باقی‌مانده روی ساقه‌ها جدا و سپس وزن می‌شدند. نسبت درصد وزنی این مقدار دانه به مجموع وزن دانه ورودی به‌دستگاه به‌عنوان تلفات کوبش در نظر گرفته می‌شد. بعد از انجام آزمایشات، به منظور جلوگیری از فاسد شدن نمونه‌ها، آنها در زیر تابش نورخورشید خشک می‌شدند.

برای اندازه‌گیری میزان ضایعات (درصد دانه‌های صدمه دیده)، کل دانه‌های حاصل از هر آزمایش مخلوط و سه نمونه ۱۰ گرمی از میان دانه‌های کوبیده شده تهیه و سپس دانه‌های آسیب دیده

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری درصد تلفات کوبش

منابع تغییرات (SV)	درجه آزادی (DF)	نسبت F	در صد تلفات کوبش	در صد دانه‌های آسیب دیده
تیمار	۳۹		۲۴/۹۲**	۴۰/۴۲**
رقم (v)	۳		۳۳/۷۰**	۴۷/۳۱**
میزان رطوبت (M)	۱		<۱	۴۵/۵۸**
سرعت خطی کوبنده (N)	۴		۱۵/۴۰**	۲۶۲/۸۵**
اثرات متقابل (V×M)	۳		۱/۳۵ ^{ns}	<۱
اثرات متقابل (V×N)	۱۲		۱۶/۵۱**	۲۰/۴۵**
اثرات متقابل (M×N)	۴		۵/۸۵**	۱۹/۳۸**
اثرات متقابل (V×M×N)	۱۲		۱/۲۳ ^{ns}	۱/۱۵ ^{ns}

** : اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ (ns) اثر معنی‌دار نیست.

جدول ۲. اثرات متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده بر درصد تلفات کوبش

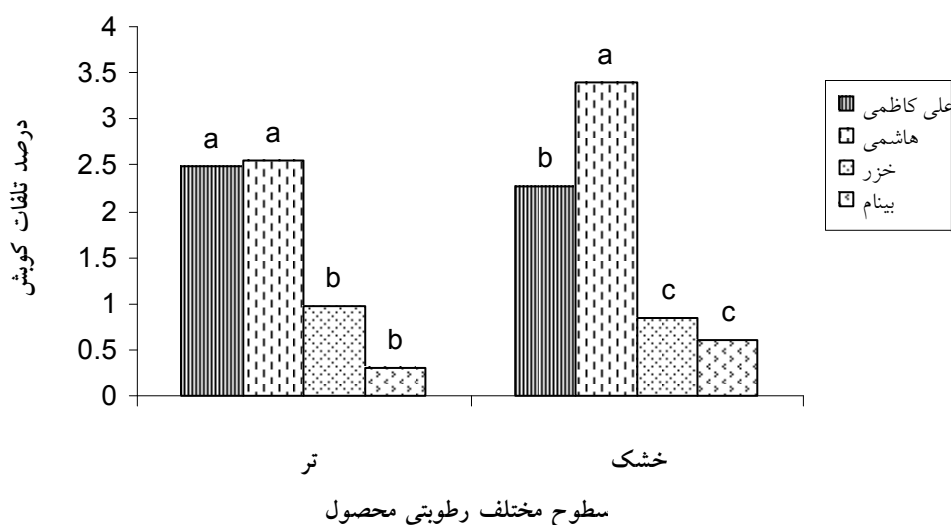
سرعت خطی کوبنده (m/s)	ارقام مورد آزمایش				میانگین اثرات سرعت خطی کوبنده (%)
	علی کاظمی	هاشمی	خزر	بینام	
۸	۸/۶۹ ^a	۱۱/۵۳ ^a	۴/۱۳ ^a	۲/۲۶ ^a	۶/۶۵
۱۱	۳/۲۱ ^b	۳/۳۲ ^b	۰/۳۸ ^b	۰/۰۰ ^b	۱/۷۳
۱۴	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰
۱۷	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰
۲۰	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^c	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰ ^b	۰/۰۰
میانگین اثرات نوع رقم (%)	۲/۸۲	۲/۹۶۹	۰/۰۳	۰/۵۲	۱/۶۸

در هر ستون حروف‌های غیریکسان اختلاف معنی‌دار (سطح احتمال ۵٪) را نشان می‌دهد.

آزمایش‌ها، رقم هاشمی در ازای کمترین مقدار سرعت خطی کوبنده (۸ m/s) از بیشترین مقدار درصد تلفات کوبش (۱۱/۵۳٪) برخوردار بوده است. تفاوت معنی‌داری نیز در میانگین اثرات ارقام مشاهده می‌شود. علت آن تفاوت درخواص فیزیکی و مکانیکی ارقام مختلف یعنی مقدار نیروی پیوستگی دانه روی خوشه و یا اصطکاک بین سطوح اجزای کوبنده و دانه ارقام مورد آزمایش می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در میزان رطوبت در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طوری‌که از این شکل

میانگین درصد تلفات کوبش کاهش یافته و در سرعت خطی کوبنده ۱۴ m/s در تمام آزمایش‌ها به صفر می‌رسد. در رقم بینام فقط در ازای اولین سطح از سرعت خطی کوبنده (۸ m/s) تلفات کوبش به مقدار کم وجود داشته و مقدار میانگین آن ۲/۲۶٪ می‌باشد و در بقیه سطوح از سرعت خطی کوبنده مقدار درصد تلفات کوبش صفر بوده است. به‌طور کلی رقم بینام دارای کمترین مقدار میانگین درصد تلفات کوبش (۰/۴۵٪) و رقم هاشمی دارای بیشترین مقدار میانگین درصد تلفات کوبش (۲/۹۷٪) بوده است. در بین کلیه



شکل ۲. اثرات متقابل رقم در میزان رطوبت بر درصد تلفات کوبش

از ۲٪ می باشد. البته در سرعت های بیشتر میانگین درصد تلفات کوبش نیز معادل صفر ولی احتمال صدمه دیدگی دانه ها افزایش می یابد. در ازای سرعت کمتر از ۱۱ m/s، میانگین درصد تلفات کوبش (معادل ۶/۶۵٪) از حد مجاز (۲٪) فرا تر رفته است (جدول ۲).

با افزایش سرعت خطی کوبنده تلفات کوبش به تدریج کاهش یافته است. زیرا تعداد برخورد و نیز ضربه وارده از طرف دندان کوبنده افزایش می یابد. این نتیجه با نتایج سرور و خان (۱۱) و سعید و همکاران (۱۰) کینگ و رایدولز (۷) در مورد کوبش محصول گندم و ازاک (۳) در مورد برنج و مطابقت دارد.

درصد دانه های صدمه دیده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های به دست آمده از اندازه گیری درصد دانه های صدمه دیده (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی عوامل رقم (V)، میزان رطوبت محصول (M)، سرعت خطی کوبنده (N)، اثرات متقابل رقم در سرعت خطی کوبنده (V × N)، میزان رطوبت محصول در سرعت خطی کوبنده (M × N) بر عامل وابسته مذکور خیلی معنی دار (در سطح احتمال ۱٪) می باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در سرعت خطی

نیز دیده می شود در حالت کلی، رقم هاشمی دارای بیشترین مقدار میانگین درصد تلفات کوبش و رقم بینام دارای کمترین مقدار میانگین درصد تلفات کوبش می باشد.

در کلیه آزمایش ها با ارقام مختلف در حالت تر، میانگین اثرات ارقام علی کاظمی و هاشمی با ارقام خزر و بینام بر درصد تلفات کوبش، اختلاف معنی داری (در سطح احتمال ۵٪) دارند. در حالت خشک میانگین اثرات رقم علی کاظمی با اثرات سایر ارقام متفاوت بوده و ارقام خزر و بینام مثل حالت تر اثرات مشابهی (سطح احتمال ۵٪) بر درصد تلفات کوبش دارند. به طور کلی اختلاف میانگین اثرات (درصد تلفات کوبش) محصول خشک (معادل ۱/۷۸٪) بیشتر از میانگین اثرات محصول تر (معادل ۱/۵۸٪) بوده است. همان طوری که قبلاً بیان شده این اختلاف ممکن است از تأثیر رطوبت بر خواص فیزیکی و مکانیکی محصول ناشی شده باشد.

مناسب ترین سرعت خطی کوبنده، سرعتی است که در ازای آن، درصد تلفات کوبش از ۲٪ و درصد دانه های صدمه دیده از ۱٪ تجاوز نکند (۱). با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل رقم و سرعت خطی کوبنده، کمترین سرعت خطی مجاز (مناسب) کوبنده (۱۱ m/s) می باشد، زیرا در این سرعت، میانگین تلفات کوبش معادل ۱/۷۳٪ (کمتر

افزایش داد. البته در ازای این مقدار سرعت، میانگین درصد تلفات کوبش نیز صفر می‌باشد.

همان‌طوری که دیده شد با افزایش سرعت خطی کوبنده تا اندازه‌ای صدمه‌دیدگی در دانه‌ها مشاهده نمی‌شود ولی با افزایش بیشتر این عامل صدمه دیدگی دانه‌ها شروع و به تدریج افزایش می‌یابد. چرا که دانه ارقام مختلف در رطوبت‌های مختلف دارای مقاومتهای متفاوت نسبت به ضربه وارده از طرف دندان کوبنده می‌باشند.

یافته‌های مربوط به این تحقیق از لحاظ اعداد و ارقام ممکن است با نتایج محققین دیگر، قدری متفاوت باشد. برای مثال کلنین و همکاران (۸) سرعت خطی مناسب کوبنده را در کوبش محصول برنج در دو حالت مرطوب و خشک به ترتیب ۲۱ الی ۲۳ m/s و ۲۵ الی ۲۷ m/s گزارش کرده است. از اکی (۳) در آزمایش واحد کوبش یک نوع کمباین با کوبنده دندانه قلابی، مشاهده کرده است که با افزایش سرعت کوبنده از مقدار m/s ۱۵، با وجود تلفات کوبش ناچیز، درصد دانه‌های آسیب دیده به شدت افزایش می‌یابد. گامرت و همکاران (۴)، در آزمایش و ارزیابی یک نوع خرمکوب روی محصول برنج (رقم IR 72) با میزان رطوبت دانه و گاه به ترتیب ۳۲/۱ و ۶۶/۹٪، مشاهده کرده است که در آزمایش‌های با سرعت خطی بیشتر از m/s ۲۰، میزان آسیب دیدگی دانه‌ها با شدت بیشتری افزایش می‌یابد. ضمن این‌که در این سرعت کوبنده، تلفات کوبش کمتر از ۲٪ می‌باشد. به این علت در آزمایش‌های با سرعت خطی کوبنده از ۱۰/۵ تا ۲۶/۵ m/s، مناسب‌ترین سرعت خطی کوبنده m/s ۲۰ گزارش شد. ولی در این تحقیق مشاهده شد در رقم علی کاظمی با افزایش سرعت خطی کوبنده از ۱۷ m/s ۲۰، میانگین درصد آسیب دیدگی دانه به شدت افزایش یافته و از ۱/۳٪ به ۵/۳۸٪، در رقم خزر از ۰/۳۳٪ به ۶/۰۰٪ ولی در آزمایش‌های با رقم بینام با افزایش سرعت خطی از ۱۴ به ۱۷ m/s، میانگین درصد دانه‌های آسیب دیده از ۰/۱۶۵ به ۵/۶۷٪ افزایش می‌یابد. علت این تفاوت‌ها را می‌توان وجود غیر یک‌نواختی شرایط محصول (رقم و سطوح رطوبتی مورد آزمایش) و

کوبنده (V×N) نشان داد که در آزمایشات با رقم علی کاظمی، هاشمی و خزر، در سرعت‌های ۸، ۱۱ و ۱۴ m/s، میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده صفر بوده است. در آزمایش با رقم بینام، در سرعت خطی کوبنده m/s ۱۴، آسیب دیدگی دانه‌ها با میانگین بسیار کم (۰/۱۶۵٪) شروع و با افزایش سرعت، مقدار میانگین آن به طور معنی‌دار افزایش یافته است. در بقیه ارقام میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده در سرعت‌های خطی کوبنده (۱۷ و ۲۰ m/s) غیر صفر و به طور معنی‌دار (در سطح احتمال ۰/۵٪) افزایش یافته است (شکل ۳).

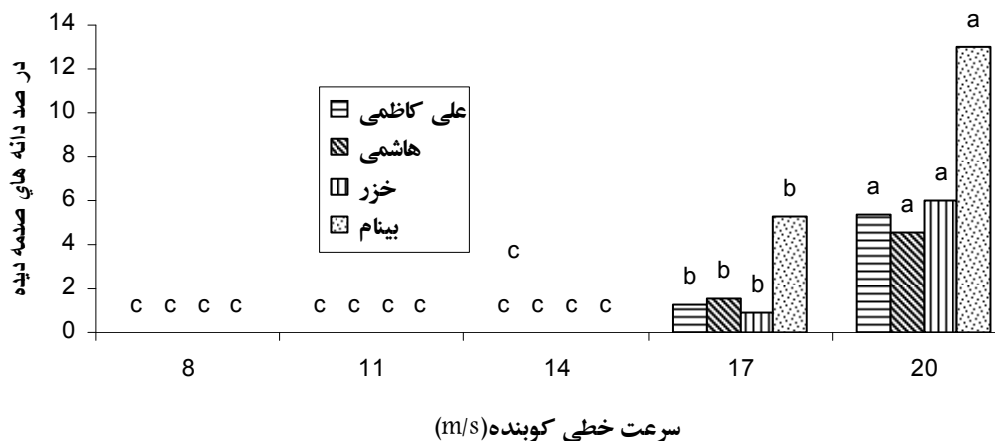
نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل میزان رطوبت در سرعت خطی کوبنده (M×N) نشان می‌دهد که با کاهش میزان رطوبت، در دو سطح نهایی، سرعت خطی کوبنده (۱۷ و ۲۰ m/s) و درصد دانه‌های صدمه‌دیده به طور معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۱٪) افزایش یافته است (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع رقم در میزان رطوبت محصول در شکل ۴ نشان داده شده است. در تمام آزمایشات میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده در حالت خشک بیشتر از حالت تر می‌باشد و این با نتیجه سرور و خان (۱۱) مطابقت دارد. علت آن را می‌توان کاهش الاستیسیته دانه در خشک شدن دانه برشمرد. اختلاف اثرات سطوح میزان رطوبت در تمام ارقام خیلی معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۱٪) می‌باشد.

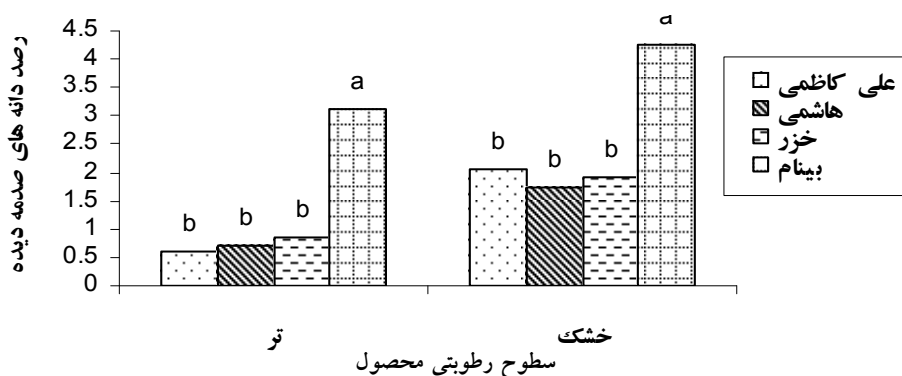
در حالت تر و خشک، اثرات ارقام علی کاظمی، هاشمی و خزر بر میزان درصد دانه‌های صدمه دیده مشابه ولی میانگین اثرات این سه رقم با رقم بینام بر میزان درصد دانه‌های صدمه دیده اختلاف معنی‌داری (سطح احتمال ۰/۵٪) دارد.

از لحاظ درصد دانه‌های صدمه دیده، بیشترین سرعت خطی مناسب کوبنده، معادل m/s ۱۴ می‌باشد. زیرا در سرعت‌های بیشتر، درصد دانه‌های صدمه دیده از مقدار ۰/۱٪ مجاز تجاوز می‌کند. به طوری که در ازای سرعت خطی کوبنده معادل ۱۷ و ۲۰ m/s مقدار میانگین آن به ترتیب ۲/۲۸٪ و ۷/۲۴۲٪ می‌باشد (جدول ۴).

به علت کم بودن میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده در رقم خزر (۰/۹۳٪)، می‌توان سرعت خطی کوبنده را تا ۱۷ m/s



شکل ۳. اثرات متقابل نوع رقم در سرعت خطی کوبنده (V×N)



شکل ۴. اثرات متقابل نوع رقم در میزان رطوبت محصول

جدول ۳. اثرات متقابل میزان رطوبت و سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه های صدمه دیده

سرعت خطی کوبنده (m/s)	میانگین اثرات سرعت		میزان رطوبت محصول	
	سرعت خطی کوبنده	اثرات سرعت	خشک	تر
۸	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ^c
۱۱	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ^c
۱۴	۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۰۴۱	۰/۰۰۸ ^c	۰/۰۷۵ ^c
۱۷	-۲/۲۵۸ ^{**}	۲/۲۷۱	۳/۴۰۰ ^b	۱/۱۴۲ ^b
۲۰	-۳/۶۵۰ ^{**}	۷/۲۴۲	۹/۰۶۷ ^a	۵/۴۱۷ ^a
	-۱/۱۶۸	۱/۹۱۱	۲/۴۹۵	۱/۳۲۷

ns : اثر معنی دار نیست.

** : اثر معنی دار در سطح ۱٪

متفاوت بودن سطوح عوامل مستقل متغیر در این تحقیق با بررسی‌های دیگران ذکر کرد.

نتیجه‌گیری

۱. به‌طور کلی در دو سطح اول سرعت خطی کوبنده (۸ و m/s) میانگین درصد تلفات کوبش قابل ملاحظه و در سطوح دیگر مقدار آن معادل صفر است.

۲. در حالت کلی بیشترین درصد تلفات کوبش به رقم هاشمی و کمترین درصد تلفات کوبش به رقم بینام اختصاص دارد. علت آن ممکن است در کم بودن (نسبی) نیروی پیوستگی دانه روی خوشه در رقم بینام باشد و یا این‌که اینرسی دانه بینام به‌علت بالا بودن جرم دانه بیشتر باشد و در نتیجه تأثیر نیروی ضربه بر دانه‌ها نیز افزایش یابد. البته شکل دانه و نیز ضریب اصطکاک بین دانه و کوبنده نیز ممکن است در میزان تأثیر ضربه وارد بر دانه و گسیختگی آن اثر داشته باشند. هرچه قدر ابعاد دانه در امتداد عمود بر سرعت حرکت دندانه کوبنده بیشتر باشد، درگیری دندانه‌ها با دانه‌ها

بیشتر و در نتیجه گسیختگی دانه‌ها تسهیل می‌یابد.

۳. میانگین درصد تلفات کوبش در محصول خشک بیشتر از محصول مرطوب بوده است.

۴. رقم، میزان رطوبت محصول و سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های صدمه دیده تأثیر خیلی معنی‌داری داشته‌اند.

۵. رقم و سرعت خطی کوبنده اثر خیلی معنی‌داری بر درصد تلفات کوبش داشته است.

۶. در سرعت‌های بالاتر (بیش از ۱۴ m/s) مقدار رطوبت محصول اثر فاحشی بر درصد دانه‌های صدمه دیده داشته است.

۷. از بین تمام ارقام مورد آزمایش، رقم بینام از میانگین درصد دانه‌های صدمه دیده بیشتری برخوردار است.

۸. به‌طور کلی بهترین سرعت خطی کوبنده ۱۴ m/s می‌باشد. زیرا در ازای آن تلفات کوبش معادل صفر و درصد دانه‌های صدمه دیده (با میانگین ۰/۰۴۱٪) ناچیز می‌باشد.

۹. در کلیه واحدهای کوبشی که دارای دندانه قلابی می‌باشند و اصول کوبش در آنها بر مبنای ضربه و اصطکاک استوار است، می‌توان نتایج مذکور را تعمیم داد.

منابع مورد استفاده

1. Araullo, EV. DE, B. Pada and M. Graham. 1976. Rice Post-harvesting Technology. International Development Research Center, Ottawa.
2. Datt, P. and S. J. K. Annamalia. 1991. Design and development of straight through peg tooth type thresher for paddy. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 22(4): 47-50
3. Ezaki, H. 1963. Threshing performance of Japanese-type combine. *Japan Agric. Res. Quarterly* 7(1): 22-29.
4. Gummert, M., W. Muhlbure and G.R. Quick. 1990. Performance evaluation of IRRI axial-flow paddy thresher. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 22(4): 47-50.
5. Harisson, H.B. 1991. Rotor power and losses of an axial-flow combine. *Trans. ASAE*. 34(1): 60-64.
6. Ichikawa, T., T. Sugiyama, H. Takahashi and S. Miyahara. 1990. Equipment for quantitative measurement of shattering habit of paddy. *Japan Agric. Res. Quarterly* 24(1): 34-42.
7. King, D. L. and A.W. Riddolls. 1962. Damage to wheat seed and pea seed in threshing. *J. Agric. Eng. Res.* 7(2): 9.
8. Klenin, N. I., I. F. Popov and V.A. Sakun. 1985. *Agricultural Machines*. American Pub. Co.Pvt. Ltd., New Delhi.
9. Mitchell, F. S. and T. E. Rounthwaite. 1964. Resistance of two varieties of wheat to mechanical damage by impact. *J. Eng. Res.* 9(4): 303.
10. Saeed, M. A., A. S. Khan, H. A. Rizvi and T. Tanveer. 1995. Testing and evaluation of hold-on paddy thresher. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 26(2): 47- 51
11. Sarwar, J. G. and A. U. Khan. 1987. Comparative performance of rasp-bar and wire-loope cylinders for threshing rice crop *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 18(2): 37 - 42
12. Suzuki, M. 1980. Performance of rice combine harvester by the national test in Japan. *Japan Agric. Res. Quarterly* 14(1): 20-23.