تأثیر میزان رطوبت شلتوک، دور کوبنده و نرخ تغذیه بر ضایعات کیفی شلتوک در خرمن‌کوب جریان محوری

محسن خدابخشی‌پور[۱]*، محمدرضا علیزاده[۲]، محمدصادق بلوکی[۳] و علی قاسمی [۴]

[۱،۴] دانشجویان کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین – اهواز [۲] عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور [۳] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۱۸- تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۱/۲۵)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد خرمن‌کوب جریان محوری متداول در استان گیلان انجام شد. در این تحقیق، اثر متغیرهای مستقل شامل دور کوبنده، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر صدمات مکانیکی وارد بر دانه در قالب کرت‌های دو بار خرد شده و بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. اثرات دور کوبنده و محتوای رطوبت شلتوک بر ضایعات کیفی بسیار معنی‌دار بود. با افزایش دور کوبنده از ۵۵۰ به ۸۵۰ دور در دقیقه میانگین درصد دانه‌های ترک خورده در سطح رطوبتی۲۰٪ و نرخ تغذیه ۲۰ کیلوگرم در دقیقه بین ۶/۱۳ تا ۸/۵۶٪ تغییر خواهد کرد. این تغییرات برای محتوای رطوبت شلتوک ۱۶٪ و نرخ تغذیه ۱۲ کیلوگرم در دقیقه بین۸/۸۰ تا ۱۸/۰۷٪ است. با افزایش دور کوبنده در دو سطح رطوبت و نرخ تغذیه، درصد شلتوک شکسته و پوست کنده به ترتیب از ۰/۷۱ به ۱/۱۷٪ و از۰/۸۲ به ۱/۴۵٪ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: برنج، خرمنکوبی، جریان محوری، ضایعات ترک شلتوک، شکتوک شکسته و پوست کنده

مقدمه

در بین غلات، برنج به دلیل تأمین غذای نیمی از مردم جهان از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. با افزایش جمعیت، نیاز به مصرف این محصول در کشور افزایش یافته است. با توجه به اینکه ایران یکی از بزرگترین واردکنندگان برنج جهان به شمار می‌آید، خودکفایی در تولید این محصول ضروری است. اگر چه با معرفی و توسعه سطح زیر کشت ارقام پرمحصول گام مهمی در جهت افزایش تولید این محصول استراتژیک برداشته شده است، اما نباید این موضوع را از نظر دور داشت که کاهش ضایعات در فرآیند برداشت و پس از برداشت نیز یکی از راهکارهای مهم در جهت نیل به خودکفایی و افزایش سطح درآمد کشاورزان محسوب می‌گردد.

خرمن کوبی یکی از مهم‌ترین مراحل پس از برداشت برنج می‌باشد که هدف آن جداسازی شلتوک از خوشه برنج است. ضایعات این مرحله به دو صورت کمی و کیفی بروز می‌کند و در این میان کاهش ضایعات کیفی که ناشی از ترک‌خوردگی، شکستگی و پوست‌کنده‌گی دانه‌ها است و یکی از عوامل مؤثر بر کاهش درصد برنج سالم در مرحله تبدیل می‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Alizadeh, 2004). عوامل مختلفی موجب بروز این نوع ضایعات در مرحله خرمن‌کوبی برنج می‌شوند که در این مورد می‌توان به شرایط رقم در زمان برداشت و پارامترهای عملکردی خرمنکوب نظیر دورکوبنده و نرخ تغذیه اشاره نمود. در برداشت ارقام پرمحصول برنج استان گیلان، دوره برداشت اغلب از فصل خشک (مرداد) به فصل بارانی (نیمه دوم شهریور) انتقال پیدا می‌کند. در چنین وضعیتی به دلیل ریزش باران‌های متوالی، نیاز به خرمن‌کوب‌هایی با ظرفیت زیاد که قادر به خرمن‌کوبی محصولات با رطوبت بالا(تر) باشند، به شدت احساس می‌شود تا از این طریق عملیات خرمن-کوبی در زمان کوتاه‌تری صورت گیرد و زمین برای کشت دوم بعد از برداشت برنج آماده گردد.

تحقیقات زیادی در مورد اثرات پارامترهای مختلف بر عملکرد مزرعه‌ای خرمن کوب‌های برنج انجام شده است. در تحقیقی اثر سرعت خطی کوبنده، رقم و نوع خرمن کوب را بر میزان ضایعات برنج مورد بررسی قرار داده شده است (Shiri, 2002). نتایج نشان داد که کمترین میزان ضایعات در خرمن کوب جریان محوری پدید می‌آید. هم‌چنین سرعت خطی، تأثیر معنی‌داری بر مقدار شکستگی شلتوک داشت. از میان ارقام مورد آزمایش، رقم سفیدرود و خزر به ترتیب بیشترین و کمترین شکستگی را داشتند.

در مطالعه‌ای که تأثیر روش‌های مختلف خرمن کوبی بر میزان شکست دو رقم برنج هاشمی و خزر در فرآیند تبدیل را بررسی نمود، نتایج نشان داد که بیشترین ضایعات مربوط به

* نویسنده مسئول: a_m_kh1362@yahoo.com

شلتوک شکسته و پوست‌کنده درکمباین غلات با میانگین ۲/۹۸٪ و کمترین آن در خرمن‌کوب تیلری با مقدار میانگین ۰/۹٪ بود و مقدار این ضایعات در خرمن‌کوب جریان محوری ۱/۵۹٪ به دست آمد (Alizadeh, 2004).

در مطالعه‌ای دیگر پس از طراحی و ساخت خرمن‌کوبی برای کوبش محصول برنج با ظرفیت کوبش ۶۰۰ الی ۸۰۰ کیلوگرم دانه شلتوک بر ساعت و با سرعت خطی کوبنده معادل ۱۷/۲ متر بر ثانیه، این نتیجه به دست آمد که قدرت مورد نیاز دستگاه ۶ اسب بخار، بازده پاک کنندگی ۹۸ درصد و ظرفیت کوبش ۶۴۰ کیلوگرم دانه‌ی شلتوک بر ساعت دارای قابلیت کوبش محصول مرطوب و بازده کوبش ۹۹/۹۸ درصد می‌باشد. در طرح خرمن‌کوب مذکور، فاصله کوبنده از ضد کوبنده در جلو ۵ میلی‌متر و در عقب واحد کوبش ۲۱ میلی‌متر بوده است (Dott & Annamalai, 1991).

در پژوهشی که عوامل مستقل مورد آزمایش سرعت کوبنده (۸۰۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه)، میزان تغذیه (۱۰ و ۱۵ تن در ساعت) و فاصله کوبنده از ضد کوبنده (۷ و ۱۵ میلی‌متر) بود، توان مورد نیاز و تلفات کوبش یک کمباین جریان محوری مورد بررسی قرار گرفت. فاصله کوبنده از ضد کوبنده بر تلفات کوبش اثر معنی‌دار نداشت ولی سرعت دورانی کوبنده و میزان تغذیه در سطح احتمال ۵٪ بر تلفات کوبش معنی دار بود (Harison, 1991).

نتایج بررسی اثر نوع کوبنده بر عملکرد خرمن‌کوب نیز نشان داد که بیشترین ظرفیت کوبش با میانگین ۸/۲۳۸ کیلوگرم در ساعت با عامل کوبش دندانه میخی ضخیم بود (Pinar, 1999).

در تحقیقی انجام شده بر روی خرمن‌کوب جریان محوری مدل ایری ((International Rice Research Institute (IRRI)) این نتیجه به دست آمد که با افزایش دور کوبنده دانه‌های آسیب دیده افزایش ولی ضایعات کوبش کاهش می‌یابد به طوری که درصد ضایعات کوبش در۸۵۰ دور در دقیقه کمترین مقدار بوده است. ضمناً با افزایش دور کوبنده، انرژی ویژه (kWh/t) و توان مصرفی (kW) افزایش یافت (Mühlbaur et al., 1992).

در پژوهشی دیگر، کارایی کوبنده‌های حلقه سیمی و سوهانی بر میزان خوشه‌های نکوبیده و درصد دانه‌های پوست‌کنده بررسی شد. متغیرهای مستقل این تحقیق سرعت گردش، فاصله کوبنده از ضد کوبنده، محتوای رطوبتی و نرخ تغذیه بود. نتایج نشان داد که صرف‌نظر از نرخ تغذیه و محتوای رطوبتی و در فاصله یکسان کوبنده از ضد کوبنده، کوبنده حلقه سیمی بازده کوبش بالاتری داشت (Sarwar et al., 1987).

باتوجه به تحقیقات انجام شده بر روی خرمن‌کوب جریان محوری می‌توان نتیجه گرفت سرعت خطی کوبنده، نرخ تغذیه و رطوبت شلتوک حین خرمن‌کوبی از عوامل تأثیرگذار بر ضایعات کیفی شلتوک برنج پس از خرمن‌کوبی می‌باشند. بنابراین در این تحقیق اثرات این فاکتورها بر روی ضایعات کیفی شلتوک بررسی شد.

در سال ۱۹۷۰ خرمن‌کوب جریان محوری (Axial flow thresher) در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج در فیلیپین طراحی شد و در سال‌های اخیر به طور گسترده برای خرمن‌کوبی برنج در استان گیلان مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما این خرمن‌کوب توسط کشاورزان برای خرمن‌کوبی محصول خشک (رطوبت حدود ۱۵ ٪ بر مبنای تر) و با ظرفیت پایین به کار گرفته می‌شود. در حالی که این خرمن‌کوب با مشخصه‌های منحصر به فرد، برای خرمن‌کوبی محصولات تر با رطوبت حدود ۲۰٪ بر مبنای تر و ظرفیت خرمن‌کوبی بالا از قابلیت مناسبی برخوردار می‌باشد (Mühlbaur et al., 1992). در مورد اثر عوامل فوق بر میزان صدمات وارده برشلتوک برای ارقام پر محصول استان گیلان، تاکنون گزارشی منتشر نشده است. از این رو، هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر دور کوبنده، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر میزان آسیب‌های مکانیکی وارده بر شلتوک برنج هیبرید (درصد شلتوک ترک‌دار، شکسته و پوست‌کنده) در خرمن‌کوبی با خرمن‌کوب جریان محوری برنج متداول در استان گیلان بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب کرت‌های دوبار خردشده و بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی با عامل اصلی رطوبت در دو سطح (۱۶ و۲۰ ٪ بر مبنای تر) بود، عامل فرعی دور کوبنده در چهار سطح (۵۵۰، ۶۵۰، ۷۵۰ و ۸۵۰ دور در دقیقه) که به ترتیب معادل سرعت‌های خطی (۲۲/۳۷، ۲۰/۰۱، ۱۷/۳۵ و ۱۴/۶۷ متر بر ثانیه) بود و عامل فرعی نرخ تغذیه در دو سطح (۱۲ و ۲۰ کیلوگرم در دقیقه) و در ۳ تکرار انجام شد. در این تحقیق از یک دستگاه خرمن‌کوب جریان محوری موجود در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، ساخت بخش تحقیقات مهندسی کشاورزی مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (فیلیپین) برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. این خرمن‌کوب شامل کوبنده دندانه میخی میان باز (open drum) و کاه‌پران‌هایی در قسمت انتهایی بود. زاویه‌ی پوشش ضد کوبنده ۲۰۲ درجه بوده و دارای پوشش شش وجهی کوبنده و هادی‌های مارپیچی جهت حرکت آسان محصول در کوبنده بوده است. شعاع کوبنده این خرمن‌کوب ۲۵/۵ سانتی‌متر بوده و توان لازم برای حرکت دستگاه به وسیله یک الکتروموتور

سه فاز تأمین شد. فاصله کوبنده از ضدکوبنده دراین نوع خرمن‌کوب قابل تنظیم نبود و ثابت در نظرگرفته شد. سایر تنظیمات مورد نظر قبل از اجرای آزمایش با توجه به شرایط محصول و بر اساس دستورالعمل سازنده انجام شد.

رقم برنج مورد آزمایش، برنج هیبرید بود. در مرحله رسیدگی شلتوک (رطوبت ۲۰٪ بر مبنای تر)، شالی (ساقه همراه خوشه) توسط داس از مزرعه برداشت گردید. برای کوبش شالی تر، ساقه‌های درو شده پس از توزین توسط باسکول موجود در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در دو سطح ۵ کیلوگرم و ۸ کیلوگرم، بلافاصله با خرمن‌کوب مورد آزمایش در دوره‌های ۲۵ ثانیه‌ای خرمن‌کوبی شدند. با این روش دو سطح نرخ تغذیه ۱۲ و ۲۰ کیلوگرم در دقیقه به دست آمد. سطوح دور کوبنده بر اساس آزمایش‌های قبلی(Alizadeh & Khodabakhshi, 2010) و عدم امکان به کارگیری دور کمتر از ۴۵۰ دور در دقیقه برای این دستگاه و نیز پس زدن شلتوک در دور کوبنده بیش از ۸۵۰ دور در دقیقه برای خرمن‌کوب مورد آزمایش که در هر دو حالت بازده کوبش و ظرفیت کوبش کاهش می‌یافت. سطوح میانی دور کوبنده نیز بر اساس نظرات کارشناسان مؤسسه تحقیقات برنج کشور انتخاب شد. به منظور خرمن‌کوبی شالی خشک (رطوبت شلتوک حدود ۱۶٪ بر مبنای تر)، برای حذف تأثیر عوامل محیطی و جلوگیری از جذب و دفع رطوبت در مزرعه، شالی‌های درو شده به انبار منتقل گردید و پس از رسیدن رطوبت شلتوک به سطح مورد نظر، خرمن‌کوبی صورت گرفت. برای تغییر دور کوبنده، از پولی‌های محرک و متحرک با قطرهای مختلف استفاده شد. دورکوبنده با استفاده از دورسنج نوری تماسی (DG-70, Taiwan) به دست آمد. رطوبت شلتوک در زمان برداشت و خرمن‌کوبی با استفاده از رطوبت‌سنج غلات (GMK-303 RS, Korea) اندازه‌گیری شد.

در هر تکرار از سطوح رطوبت شلتوک، دور کوبنده و نرخ تغذیه، یک نمونه ۱۰۰ گرمی شلتوک از خروجی خرمن‌کوب تهیه گردید و شلتوک‌های شکسته یا پوست‌کنده، جدا و توزین شد و درصد شلتوک‌های شکسته و پوست‌کنده به صورت درصد وزنی ثبت گردید. برای تعیین درصد ضایعات مربوط به ترک‌خوردگی دانه، ۱۰۰ عدد شلتوک (۲ نمونه ۵۰ تایی) به صورت تصادفی به دقت با دست پوست کنده شد و شلتوک‌های پوست‌کنده (برنج قهوه‌ای) بر روی دستگاه ترک‌بین قرار داده شد و تعداد دانه‌های ترک‌خورده شمارش و ثبت گردید. این مراحل برای سایر سطوح دور کوبنده، نرخ تغذیه و رطوبت محصول انجام شد (RNAM, 1995).

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها پس از آزمون نرمال بودن و تبدیل لازم، با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC تحلیل شد (Yazdi et al., 1997).

نتایج و بحث

الف) تأثیر دور کوبنده، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر درصد دانه‌های ترک‌خورده

نتایج تجزیه واریانس تأثیر دور کوبنده، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر درصد دانه‌های ترک‌خورده پس از خرمن‌کوبی در جدول (۱) نشان داده شده است. هم‌چنان که مشاهده می‌شود، اثر دور کوبنده و نرخ تغذیه بر درصد شلتوک ترک‌خورده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و اثر رطوبت شلتوک و اثر متقابل دور کوبنده و نرخ تغذیه بر درصد ترک‌خوردگی دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل سایر عوامل دوگانه و سه‌گانه بر درصد دانه‌های ترک خورده معنی‌دار نبود.

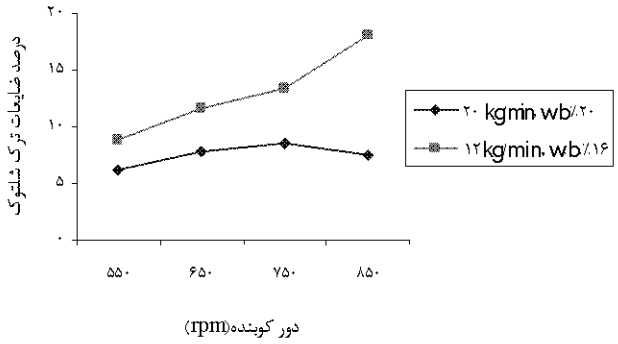
جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر دور کوبنده، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر درصد دانه‌های ترک‌خورده شلتوک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	احتمال
رطوبت شلتوک	۱	۱۱۸/۹۷۶	۱۲/۳۶۴۴	۰/۰۲۴۶*
خطای آزمایشی	۴	۹/۶۲۲		
دور کوبنده	۳	۸۴/۴۵۲	۱۱/۹۶۶۱	۰/۰۰۰۶**
خطای آزمایشی	۱۲	۷/۰۵۸		
رطوبت × دورکوبنده	۳	۱۰/۹۵۲	۱/۵۵۱۸	۰/۲۵۲۱ns
نرخ تغذیه	۱	۶۴/۱۰۳	۱۳/۴۸۴۸	۰/۰۰۲۱**
خطای آزمایشی	۱۶	۴/۷۵۴		
رطوبت × نرخ تغذیه	۱	۰/۲۸۱	۱>	
دورکوبنده× نرخ تغذیه	۳	۱۷/۴۱۰	۳/۶۶۲۵	۰/۰۳۵۰*
رطوبت × دور کوبنده × نرخ تغذیه	۳	۴/۲۳۰	۱>	

* در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار **درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار
ns فاقد اختلاف معنی‌دار

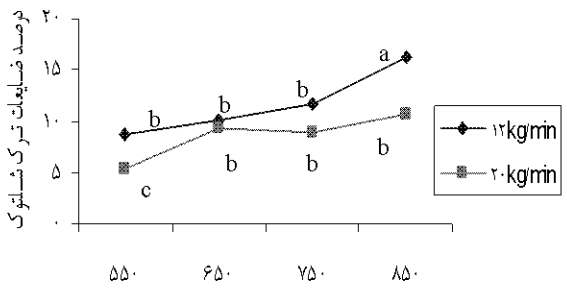
به طور کلی، در هر سطح از دور کوبنده، درصد ترک‌خوردگی دانه‌ها در نرخ تغذیه و رطوبت بالاتر به طور معنی‌داری کمتر از نرخ تغذیه و رطوبت پایین‌تر می‌باشد. به طوری که با افزایش دور کوبنده از ۵۵۰ به ۸۵۰ دور در دقیقه میانگین درصد ترک شلتوک در سطح رطوبتی ۲۰٪ و نرخ تغذیه ۲۰ کیلوگرم در دقیقه (۸ کیلوگرم در مدت ۲۵ ثانیه) از۶/۱۳ تا ۸/۵۵٪ و برای سطح رطوبتی ۱۶٪ و نرخ تغذیه ۱۲ کیلوگرم در دقیقه (۵ کیلوگرم در مدت ۲۵ ثانیه) بین۸/۸۰ تا ۱۸/۰۷٪ تغییر کرد (شکل۱). هم‌چنان‌که مشاهده می‌شود، در نرخ تغذیه و رطوبت شلتوک بالا، اثر دورکوبنده حتی در دورهای بیش از ۷۵۰ دور در دقیقه، تأثیر معنی‌داری بر درصد ترک شلتوک

نداشته است. این موضوع می‌تواند از یک سو در اثر تراکم بالای محصول در محفظه کوبنده خرمن‌کوب و کاهش شدت ضربات دندانه‌های کوبنده با افزایش نرخ تغذیه و از سوی دیگر در نتیجه کاهش حساسیت به ترک‌خوردگی دانه‌های شلتوک در رطوبت بالاتر باشد. پژوهش‌های دیگر نیز نتایج مشابهی به دست دادند (Mühlbaur et al., 1992; Shiri, 2002).



شکل۱- اثر متقابل دورکوبنده، نرخ تغذیه و محتوای رطوبت شلتوک

اثر متقابل دور کوبنده و نرخ تغذیه شالی بر درصد دانه‌های ترک خورده در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج آزمون دانکن نیز در سطح ۵٪ به وسیله حروف لاتین در شکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، در هر سطح از نرخ تغذیه، با افزایش دور کوبنده، درصد دانه‌های آسیب‌دیده افزایش یافته است. اما میزان تغییرات دانه‌های ترک‌خورده برای دو نرخ تغذیه مورد آزمایش متفاوت می‌باشد. به‌طوری که با افزایش نرخ تغذیه، شدت آسیب وارده بر دانه کمتر شده است. بنابراین می‌توان گفت، با نرخ تغذیه زیادتر در خرمن‌کوب جریان محوری می‌توان دور کوبنده را بیشتر در نظر گرفت. همان‌طوری که گفته شد علت این کاهش می‌تواند در نتیجه افزایش حجم محصول در محفظه کوبش و کاهش شدت ضربات دندانه‌های کوبنده در نرخ تغذیه بالاتر باشد. تراکم محصول موجب می‌شود محصول به عنوان ضربه‌گیر برای شلتوک‌ها عمل کند (Mühlbaur et al., 1992; Shiri, 2002).



شکل۲- اثر متقابل دور کوبنده و نرخ تغذیه

ب) تأثیر دور کوبنده، محتوای رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر ضایعات شلتوک شکسته و پوست کنده

تجزیه واریانس بررسی تاثیر دور کوبنده ، رطوبت شلتوک و نرخ تغذیه بر مقدار شلتوک شکسته و پوست‌کنده در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، اثر رطوبت شلتوک و دور کوبنده بر روی درصد شکستگی و پوست‌کندگی شلتوک در سطح ۱٪ معنی‌دار است و سایر عوامل روی درصد شکستگی و پوست‌کندگی شلتوک از نظر آماری تأثیر معنی‌دار نداشتند.

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر دور کوبنده، محتوای رطوبت و نرخ تغذیه بر میانگین‌های ضایعات شلتوک رقم هیبرید

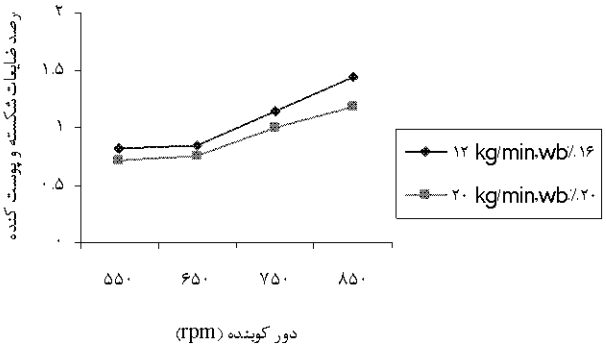
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	احتمال
رطوبت شلتوک	۱	۰/۰۷۱	۳۶/۴۸۲۷	۰/۰۰۳۸**
خطای آزمایشی	۴	۰/۰۰۲		
دور کوبنده	۳	۰/۹۸۵	۴۵/۴۷۷۳	۰/۰۰۰۰**
خطای آزمایشی	۱۲	۰/۰۲۲		
رطوبت × دور کوبنده	۳	۰/۰۰۷	۱>	
نرخ تغذیه	۱	۰/۰۷۱	۲/۲۳۲۱	۰/۱۵۴۶ns
خطای آزمایشی	۱۶	۰/۰۳۲		
رطوبت × نرخ تغذیه	۱	۰/۰۰۱	۱>	-
دور کوبنده × نرخ تغذیه	۳	۰/۰۰۳	۱>	-
رطوبت×دورکوبنده×نرخ تغذیه	۳	۰/۰۲۷	۱>	-

* در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار ** درسطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار
ns فاقد اختلاف معنی‌دار

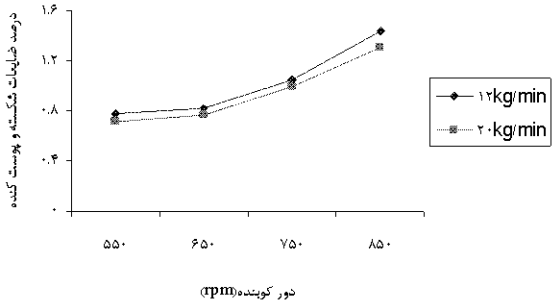
با افزایش دور کوبنده از ۵۵۰ به ۸۵۰ دور در دقیقه میانگین درصد شکست شلتوک در سطح رطوبتی۲۰٪ و نرخ تغذیه ۲۰ کیلوگرم در دقیقه (۸ کیلوگرم در مدت ۲۵ ثانیه) از ۰/۷۱ تا ۱/۱۷٪ و برای سطح رطوبتی ۱۶٪ و نرخ تغذیه ۱۲ کیلوگرم در دقیقه (۵ کیلوگرم در مدت ۲۵ ثانیه) بین ۰/۸۲ تا ۱/۴۵٪ تغییر کرد (شکل۳). هم‌چنان‌که مشاهده می‌شود، در نرخ تغذیه و رطوبت شلتوک بالا، اثر دورکوبنده حتی در دورهای بیش از ۷۵۰ دور در دقیقه، تأثیر معنی‌داری بر درصد ضایعات شکست شلتوک نداشته است. این موضوع می‌تواند از یک سو در اثر تراکم بالای محصول در محفظه کوبنده خرمن‌کوب و کاهش شدت ضربات دندانه‌های کوبنده با افزایش نرخ تغذیه و از سوی دیگر در نتیجه کاهش حساسیت به شکستگی و پوست کندگی دانه‌های شلتوک در رطوبت بالاتر باشد. تحقیق‌های دیگر نیز نتایج مشابهی به دست دادند (Mühlbaur et al., 1992; Shiri, 2002).

اثر متقابل دور کوبنده و نرخ تغذیه بر درصد شکستگی و پوست‌کندگی شلتوک در شکل (۴) نشان داده شده است. به

طوری که مشاهده می‌شود، با افزایش نرخ تغذیه، ضایعات شلتوک شکسته و پوست‌کنده در دورهای کوبنده بالاتر کاهش یافت که در نتیجه کاهش شدت ضربه دندانه‌های کوبنده در دورهای بالاتر و در تراکم بیشتر محصول در محفظه کوبنده صورت می‌گیرد. نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقات مشابه مطابقت داشت(Mühlbaur et al., 1992; Sarwar et al., 1987).



شکل۳- اثر متقابل دورکوبنده، نرخ تغذیه و محتوای رطوبت شلتوک بر ضایعات شلتوک شکسته و پوست کنده



شکل۴- اثر متقابل دورکوبنده و نرخ تغذیه بر ضایعات شلتوک شکسته و پوست کنده

نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام شده نشان داد با افزایش محتوای رطوبتی، درصد ترک خوردگی، شکستگی و پوست‌کنده‌شدن شلتوک به طور معنی‌داری کاهش یافته است. بنابراین توصیه می‌گردد، در خرمن‌کوبی با خرمن‌کوب جریان‌محوری، فاصله زمانی بین مرحله برداشت تا خرمن‌کوبی به حداقل ممکن کاهش یابد و محصول با رطوبت بالاتر خرمن‌کوبی شود. نتایج هم‌چنین نشان داد که اثر دور کوبنده بر میزان ضایعات زمانی که عمل کوبش در رطوبت پایین انجام می‌شود، محسوس‌تر است. بنابراین در صورتی می‌توان از دور بالای کوبنده (۷۵۰ تا۸۵۰ دور در دقیقه) استفاده نمود که محصول به صورت تر کوبیده شود (رطوبت شلتوک در حدود ۲۰ ٪ بر مبنای تر) و نرخ تغذیه شالی به محفظه کوبنده و ضد کوبنده در حدود ۲۰ کیلوگرم در دقیقه باشد. در این شرایط، ضمن این که ضایعات کیفی (آسیب‌های وارده بر دانه) کاهش می‌یابد، بلکه بازده و ظرفیت کوبش نیز به طور قابل توجهی بیشتر می‌شود.

سپاسگزاری

شایسته است از زحمات و مساعدت‌های مسئولان، اعضای هیئت علمی و کارکنان بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مؤسسه تحقیقات برنج کشور که در انجام این آزمایش بسیار مساعدت نمودند، کمال قدردانی و سپاس را به عمل آوریم.

REFERENCES

Alizadeh, M. (2004) Investigation of the effect of various threshing methods on breakage rate in two rice variety in conversion process. In Proceeding of *3th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering*, Sep., Kerman, Iran, p. 99. (In Farsi).

Alizadeh, M. H. & Khodabakhshi, M. (2010) Effect of drum speed and crop moisture content on the paddy grain damage in axial flow thresher. *Agronomical Research in Moldavia*, (4), 5-11.

Anonymous, (1995). RNAM Test codes & Procedures, For Farm Machinery, Technical Services, 12.

Datt, P. & Annamalai, S. J. K. (1991) Design and development straight peg toot type thresher for paddy. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 22(4), 47- 50.

Harison, H. P. (1991). Rotor power and losses of an axial–flow combine. *Transactions of the ASAE*, 34(1), 60- 64.

Mühlbaur, W., Gummert, M., Kutzbach, H. D., Wacker, H. & Quick, G.R. (1992). Performance evaluation of IRRI axial-flow paddy thresher. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 23(3), 47- 54.

Pinar, Y. (1999). Effects of beater types on paddy threshing properties and energy consumption. In Proceeding of: *International Conference on Agricultural Engineering* (99-ICAE), 14-17 Dec., Beijing, China.

Shiri, B. (2002) *Investigation of effective parameters on paddy broken grain in threshing operation.* M. Sc. dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres. (In Farsi).

Sarwar, J. & Khan, G. (1987). Comparative performance of rasp-bar and wire-loop cylanders fir threshing rice crop. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 18(2), 37- 42.

Yazdi Samadi, B., Rezaee, A. M. & Valizadeh, M. (1997) *Statistical designs in statistical researches.* (pp 256-263). University of Tehran. (In Farsi).