

بررسی اثر رقم، سرعت گردشی تیغه، و رطوبت شلتوک بر کارایی ماشین ریشکزن

محمد رضا علیزاده، سعید مینایی، تیمور توکلی هشتجین و محمد هادی خوش تقاضا*

* به ترتیب دانشجوی سابق دکتری دانشگاه تربیت مدرس؛ دانشیار؛ استاد؛ و دانشیار دانشگاه تربیت مدرس؛ نشانی: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، ص. پ. ۴۸۳۸-۱۴۱۵۵، تلفن: ۴-۴۴۱۹۴۹۱۱-۴ (۰۲۱)، پیام نگار: minae@modares.ac.ir
تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۱۱/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۲۸

چکیده

ریشک‌زدایی شلتوک با استفاده از ماشین ریشک‌زن فرایندی است برای افزایش یکنواختی در آهنگ تخلیه و انتقال شلتوک از مخازن، بالابرها، و ناودانی‌ها. در این تحقیق، اثر رقم و سرعت گردشی تیغه‌های ریشک‌زن و نیز تاثیر رطوبت شلتوک بر پارامترهای عملکردی ماشین ریشک‌زن بررسی شده است. داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور رقم در دو سطح (هاشمی و بینام)، سرعت گردشی تیغه‌های ریشک‌زن در پنج سطح (۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰، و ۱۰۰۰ دور بر دقیقه)، و رطوبت شلتوک در چهار سطح (۹، ۱۱، ۱۳، و ۱۵ درصد بر پایه تر) بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد بر بازده ریشک‌زنی و در سطح احتمال ۱ درصد بر ترک دانه، اثر سرعت گردشی بر بازده ریشک‌زنی، شلتوک شکسته، و پوست‌کنده در سطح احتمال ۱ درصد و بر ترک دانه در سطح احتمال ۵ درصد، و اثر رطوبت بر بازده ریشک‌زنی و شلتوک شکسته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. با افزایش سرعت گردشی تیغه از ۶۰۰ به ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن از ۴۵/۳۳ به ۸۰/۳۳ درصد، شلتوک شکسته از ۵۹/۰ به ۱/۱۴ درصد، شلتوک پوست‌کنده از ۵۶/۰ به ۱/۱۱ درصد، و شلتوک ترک‌دار از ۵/۵۰ به ۷/۶۷ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش رطوبت شلتوک از ۹ به ۱۵ درصد بر پایه تر، بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن از ۷۵/۰۳ به ۵۷/۹۰ درصد، شلتوک شکسته از ۹۲/۰ به ۷۷/۰ درصد، شلتوک پوست‌کنده از ۸۱/۰ به ۷۴/۰ درصد، و شلتوک ترک‌دار از ۷۳/۶ به ۱۰/۶ درصد کاهش می‌یابد. بازده ماشین در ریشک‌زنی رقم هاشمی به طور معنی‌دار بیش از شلتوک رقم بینام است. در فرایند ریشک‌زنی شلتوک دو رقم مورد آزمایش سرعت گردشی حدود ۸۰۰-۷۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۱۱-۹ درصد بر پایه تر مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

تبدیل شلتوک، ریشک‌زنی، شکستگی برنج، ماشین ریشک‌زن شلتوک

مقدمه

شلتوک تولید می‌شود. استان‌های گیلان و مازندران با حدود ۴۵۰ هزار هکتار شالیزار، از مناطق عمده کشت برنج در کشور هستند (Alizadeh et al., 2006). بر اساس اطلاعات موجود، در سال ۱۳۸۰، ارقام برنج محلی دانه بلند مرغوب در استان گیلان ۹۴/۵ درصد و در استان مازندران

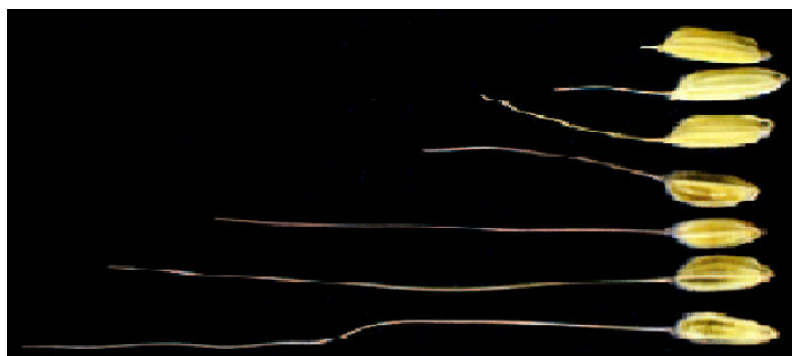
برنج محصولی استراتژیک است و بین محصولات کشاورزی اهمیت زیادی دارد و در الگوی غذایی مردم دارای جایگاهی ویژه است. سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۶۱۵ هزار هکتار است و سالانه حدود سه میلیون تن



۶۶ درصد از سطح زیرکشت ارقام رایج این دو استان را تشکیل داده است (Nori, 2003). ریشک^۱ زائده‌ای سوزنی مخروطی‌شکل است که در قسمت انتهایی پوسته شلتوک بعضی از ارقام برنج (بخش امتدادیافته‌ی لَمّا) قرار دارد. شلتوک ارقام مختلف برنج ممکن است دارای ریشک‌های بلند، متوسط، یا فاقد ریشک باشد (شکل ۱). شلتوک توده‌های ارقام محلی متداول در شمال ایران، به ویژه ارقام رایج در استان گیلان مانند هاشمی، علی کاظمی، و بینام ریشک‌هایی بلند دارند ولی ارقام پرمحصول و اصلاح‌شده مانند ندا، کادوس، و درفک فاقد ریشک هستند. این ویژگی، ژنتیکی و تا حدی محیطی است. ریشک‌های شلتوک بر اساس طول و رنگ آنها در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج^۲ کدگذاری

شده‌اند (Anon, 2002).

ریشک بر بسیاری از خواص فیزیولوژیکی بذر مانند جوانه‌زنی و نیز فرایند فتوسنتز در مراحل رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Weyhrich *et al.*, 1995; Booth *et al.*, 1997). شلتوک‌های ریشک‌دار کمتر در معرض حمله پرندگان واقع می‌شوند. همچنین، ریشک در انتقال گرده از طریق چسبیدن به بدن پرندگان در حال عبور کمک می‌کند (Oka, 1988). بررسی‌ها نشان می‌دهد که ریشک‌زدایی به طور معنی‌دار بر خواص فیزیکی شلتوک تأثیر می‌گذارد، از جمله سبب کاهش وزن هزاردانه، درصد تخلخل، زاویه استقرار، ضریب اصطکاک استاتیکی و داخلی، و موجب افزایش چگالی ظاهری و دانه می‌شود (Alizadeh *et al.*, 2006).



شکل ۱- شلتوک ریشک‌دار با طول‌های مختلف

دلیل گیرکردن آنها با یکدیگر و پل بستن در قسمت دهانه خروجی مخزن به سختی تخلیه می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که برداشت بذرهای ریشک‌دار و کزل‌دار^۳ مرتعی با کمباین‌های مرسوم به دلیل گیرکردن ریشک‌ها در قسمت تمیزکننده با مشکلات زیادی همراه است (Loch, 1993). وجود این ریشک‌ها در شلتوک بر کارایی سیستم‌های

شلتوک‌های ریشک‌دار در مراحل کاشت، برداشت، و به ویژه در عملیات پس از برداشت مشکلات متعددی ایجاد می‌کنند. ریشک‌های شلتوک بعضی از ارقام در مراحل برداشت و خرم‌نکوبی به سختی کنده می‌شوند، در نتیجه چگالی بذر را کاهش می‌دهند. بنابراین، بذرهای ریشک‌دار حجیم‌اند، فضای زیادی اشغال می‌کنند، و به

1- Awn

2- International Rice Research Institute (IRRI)

3- Chaffy Seeds

ماشین ریشکزن به منظور بهینه‌سازی و طراحی این ماشین‌ها اهمیت زیادی دارد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر رقم، سرعت گردش تیغه‌های ریشکزن، و درصد رطوبت شلتوک بر بازده ریشک‌زنی، میزان شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار در فرایند ریشک‌زدایی شلتوک با ماشین ریشک‌زن است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی شلتوک

برای اجرای این آزمایش، شلتوک دو رقم متداول در استان گیلان به نام‌های هاشمی و بینام در نظر گرفته شد که از نظر ابعاد و اندازه ریشک با یکدیگر متفاوت‌اند. ناخالصی‌های موجود مانند کاه و کلش و سایر مواد خارجی با استفاده از بوجار مخصوص و نیز به طور دستی از شلتوک سالم جدا شد. برای تعیین ابعاد اصلی ریشک‌ها^۱ (طول، قطر پایینی، و قطر بالایی)، ۱۰۰ دانه به طور تصادفی انتخاب و ابعاد اصلی آنها با استفاده از کولیس الکترونیکی با قابلیت تنظیم ۰/۰۱ میلی‌متر (Mitutoya Caliper, Japan) اندازه‌گیری شد. برای تعیین رطوبت اولیه شلتوک، سه نمونه ۱۰ گرمی از هر رقم در اجاق^۲ با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. پس از بیرون‌آمدن نمونه‌ها را از اجاق و خنک‌شدن آنها در دیسیکاتور توزین (Sacilik *et al.*, 2003) و رطوبت اولیه شلتوک برحسب درصد وزن تر محاسبه شد. میانگین رطوبت اولیه شلتوک ارقام هاشمی و بینام در این آزمایش به ترتیب ۱۵/۱۷ و ۱۴/۹۷ درصد بر پایه تر بود. به منظور کاستن از رطوبت اولیه شلتوک، نمونه‌ها به ضخامت ۵ سانتی‌متر در

انتقال‌دهنده، تمیزکننده، پوست‌کنی، و ذخیره‌سازی در عملیات پس از برداشت تأثیر منفی می‌گذارد و مشکلات متعددی به وجود می‌آورد مانند کپه‌شدن و بلوکه‌شدن شلتوک در ورودی بالابرها و دهانه ورودی و خروجی ناودانی‌ها^۱، گندشدن جریان شلتوک روی الک‌ها، و غیریکنواختی در آهنگ تخلیه از مخازن و صندوق‌های بذر (Alizadeh, 2007).

ریشک‌زدایی^۲ یکی از مراحل مهم در فرایند تبدیل شلتوک در کارخانه‌های شالی‌کوبی مدرن است. این عمل معمولاً پس از خشک‌کردن و پیش از وارد شدن شلتوک به واحد تمیزکننده اجرا می‌شود. در حال حاضر، به دلیل نا‌آشنایی صاحبان کارگاه‌های شالی‌کوبی، در خط تبدیل شلتوک از ماشین ریشک‌زن استفاده نمی‌شود و از این رو برای تبدیل شلتوک ارقام ریشک‌دار مانند هاشمی و علی‌کاظمی با مشکلات فراوانی مواجه هستند.

تحقیقات درباره تأثیر آماده‌سازی بذرهای پرزدار^۳، کزل‌دار، و ریشک‌دار به ویژه بذرهای مرتعی بر جریان‌پذیری و یکنواختی ریزش آنها از صندوق بذر ماشین‌های کاشت محدود است (Kelly & Wiedemann, 1999; Vogel *et al.*, 1998; Karrfalt, 1992; Vogel, 1978; Loch, 1993; Loch *et al.*, 1996; Sinha *et al.*, 2003; Dewald *et al.*, 2003). اما در خصوص تأثیر عوامل مختلف بر کارایی ماشین ریشک‌زن شلتوک تاکنون تحقیقی چه در داخل یا خارج از کشور صورت نگرفته است. ارقام اصلاح‌شده ریشک‌های کوتاه دارند یا فاقد ریشک هستند و بنابراین مشکلاتی که در فرایند انتقال و تبدیل شلتوک‌های ریشک‌دار ارقام محلی به آنها اشاره شد، در مورد ارقام اصلاح‌شده به چشم نمی‌خورد. به همین دلیل ارزیابی تأثیر عوامل مختلف بر کارایی و عملکرد

1- Chutes

2- De-awning

3- Plumed Seeds

۴- شکل ظاهری هر ریشک مخروطی ناقص در نظر گرفته شده است که قطر پایینی (قطر بزرگ‌تر) ریشک متصل به لِماست.

5- Oven

به منظور تغییر سرعت گردشی تیغه‌های ریشکزن از یک اینورتر (*CLG-SV022IC5, Korea*) استفاده شد. سرعت گردشی تیغه‌ها با استفاده از یک دورسنج نوری-تماسی (*LutronDT-2236, Taiwan*) اندازه‌گیری شد.

روش‌های اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها

قبل از ریشک‌زنی شلتوک، از هر رقم و در هر سطح از رطوبت، سه نمونه ۱۰۰ گرمی به طور تصادفی انتخاب و شلتوک‌های پوست‌کنده و شکسته نیز دستی از شلتوک سالم جدا و توزین شد. برای تعیین دانه‌های ترک‌دار قبل از ریشک‌زنی شلتوک، از هر رقم و در هر سطح رطوبت سه نمونه و در هر نمونه ۵۰ دانه شلتوک جدا در پوست آن با دقت با دست کنده شد؛ برنج‌های قهوه‌ای روی ترک‌بین قرار داده شدند و دانه‌های ترک‌دار شمارش شد (Payman, 2000). در هر آزمایش یک کیلوگرم شلتوک در صندوق بذر قسمت تغذیه‌کننده ریخته شد، با روشن کردن موتور تغذیه‌کننده و ماشین ریشک‌زن، ریشک‌زنی شلتوک آغاز شد. از خروجی ماشین ریشک‌زن سه نمونه ۱۰۰ گرمی جمع‌آوری و شلتوک‌های ریشک‌زده^۱ پوست‌کنده، شکسته، و ترک‌دار مطابق روش فوق از یکدیگر جدا و توزین گردید. این عمل در هر یک از سطوح سرعت‌های گردشی تیغه و رطوبت شلتوک ارقام هاشمی و بینام اجرا شد. برای اندازه‌گیری بازده ریشک‌زنی ماشین (نسبت وزن شلتوک ریشک‌زده از خروجی ماشین ریشک‌زن به شلتوک ریشک‌دار ورودی)، در هر آزمایش سه نمونه ۱۰۰ گرمی از خروجی ماشین ریشک‌زن تهیه شد و شلتوک ریشک‌دار از ریشک‌زده جدا و توزین گردید.

سینی‌های مخصوص ریخته و در اجاق با دمای حدود ۴۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (Yang et al., 2003). در زمان‌های مختلف، رطوبت بذر با استفاده از رطوبت‌سنج بذر با قابلیت تنظیم ۰/۱ (*GMK-303RS*) ثبت گردید. پس از رسیدن رطوبت به سطح مورد نظر، نمونه‌ها از اجاق بیرون آورده و پس از خنک‌شدن، برای جلوگیری از جذب مجدد رطوبت تا زمان آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. با توجه به محتوای رطوبت شلتوک از زمان حمل به کارخانه شالی‌کوبی (بعد از خرم‌کوبی) تا موقع تبدیل، سطوح رطوبتی از ۱۵-۹ درصد بر پایه تر (با فاصله ۲ درصد) در آزمایش در نظر گرفته شد.

ماشین ریشک‌زن و دستگاه‌های اندازه‌گیری

به منظور بررسی اثر سرعت گردشی تیغه و درصد رطوبت شلتوک بر درصد ریشک‌زنی و آسیب‌هایی که بر شلتوک وارد می‌شود از ماشین ریشک‌زن، تغذیه‌کننده شلتوک، دستگاه اینورتر (مبدل تغییرسرعت گردشی تیغه‌های ریشک‌زن)، ظرف نمونه‌گیری و رایانه استفاده شد (شکل ۲). ماشین ریشک‌زن شامل تیغه‌های ریشک‌زن، مخزن بذر، دریچه ورودی و خروجی، موتور و سیستم انتقال توان تسمه‌ای است (شکل ۳). قطر تیغه‌های ریشک‌زن ۱۶۰ میلی‌متر، تعداد آنها در هر فلانچ چهار و تعداد کل تیغه‌ها ۶۴ است. سرعت محیطی تیغه‌ها در ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۰۰۰ دور بر دقیقه به ترتیب برابر با ۵/۰۲، ۵/۸۶، ۶/۷۰، ۷/۵۴ و ۸/۳۸ متر بر ثانیه تعیین شد. برای تغذیه شلتوک به ماشین ریشک‌زن از یک موزع غلتکی استفاده شد که در زیر مخزن شلتوک قرار دارد و توان مورد نیاز آن از یک موتور الکتریکی با قدرت ۰/۵ کیلووات تأمین می‌شود.

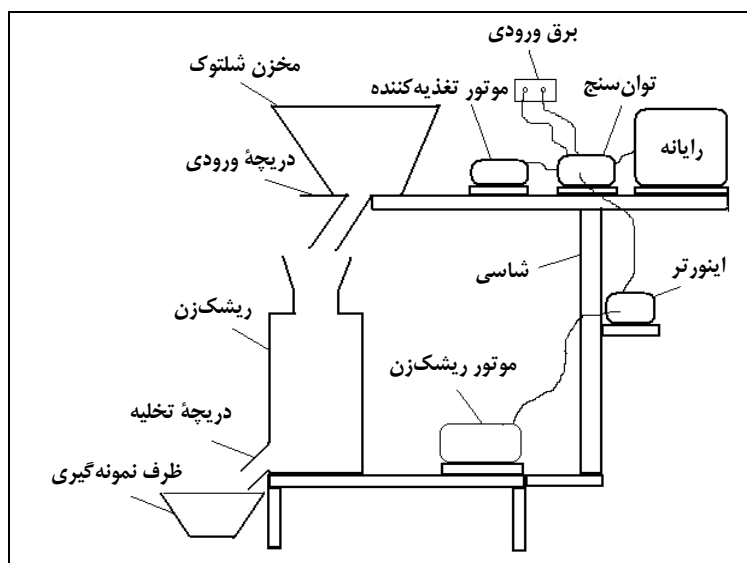
۱- شلتوک ریشک‌دار در این آزمایش به شلتوکی گفته می‌شود که حداقل ۸۰ درصد از شلتوک‌ها دارای ریشک‌هایی با طول بیش از ۵ میلی‌متر باشند (البته در این مورد تاکنون تحقیقی صورت نگرفته و استاندارد وضع نشده است، بنابراین شلتوک ریشک‌دار و ریشک‌زده که در اینجا به آن اشاره شده است، صرفاً به عنوان قرارداد در نظر گرفته می‌شود).

بررسی اثر رقم، سرعت گردش تیغه، و رطوبت ...

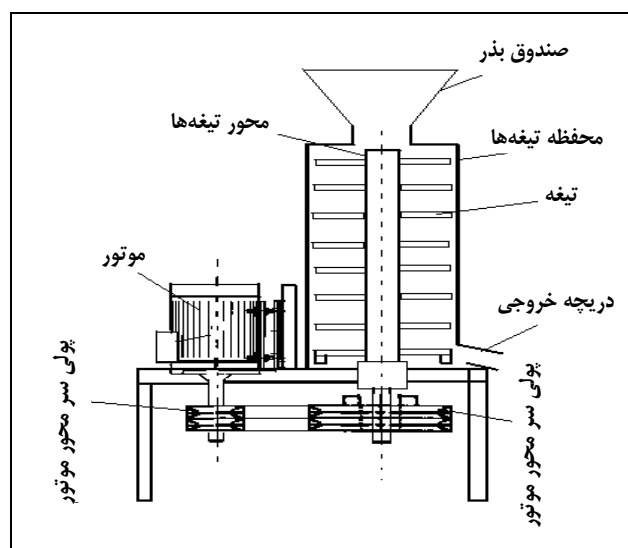
روش‌های آماری

کاملاً تصادفی و در سه تکرار به دست آمد. تجزیه واریانس منابع تغییر مربوط به عوامل ساده و تاثیرات متقابل آنها بر راندمان ریشکزنی، درصد شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار و نیز مقایسه بین میانگین‌های آنها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل با سه عامل رقم در دو سطح هاشمی و بینام، درصد رطوبت شلتوک در چهار سطح ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد بر پایه تر، و سرعت گردش تیغه‌های ریشکزن در پنج سطح ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۰۰۰ دور بر دقیقه بر پایه طرح



شکل ۲- طرحواره ماشین ریشکزن شلتوک و دستگاه‌های اندازه‌گیری



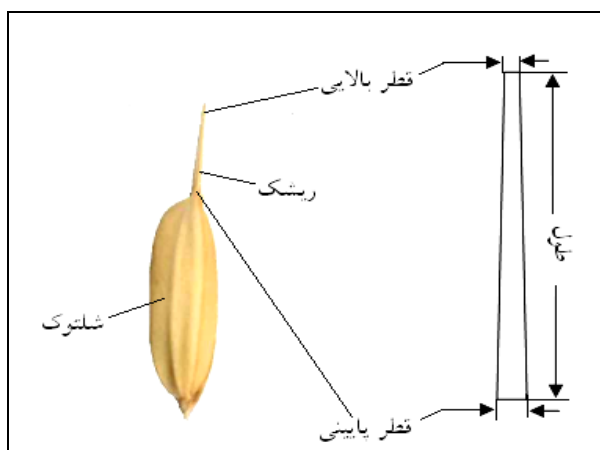
شکل ۳- طرحواره ماشین ریشکزن و قسمت‌های مختلف آن

نتایج و بحث

ابعاد و ویژگی‌های ظاهری ریشک

از نظر هندسی، شکل ظاهری ریشک‌های شلتوک را می‌توان به صورت مخروطی ناقص در نظر گرفت که در آن قطر بزرگ‌تر به قسمت انتهایی پوسته (بخش انتهایی لَمّا) متصل شده است و طول ریشک ارتفاع مخروط خواهد بود (شکل ۴). توصیف آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری طول و قطر (قطر بزرگ و کوچک) ریشک‌های شلتوک ارقام هاشمی و بینام (در رطوبت ۱۱ درصد پایه خشک) در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین طول، قطر بزرگ، و قطر کوچک

ریشک‌های شلتوک رقم هاشمی به ترتیب ۲۷/۱۸، ۰/۲۴، ۰/۱۴ و ۰/۱۵ میلی‌متر و رقم بینام به ترتیب ۱۶/۰۱، ۰/۲۵، ۰/۱۵ میلی‌متر به دست آمد. چگالی ظاهری ریشک‌های شلتوک دو رقم هاشمی و بینام (میانگین ۱۰ اندازه‌گیری در رطوبت ۱۱ درصد پایه خشک) به ترتیب ۵۲/۱۶ و ۵۴/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد. به عبارت دیگر، ریشک‌ها چگالی ظاهری کمی دارند و وجود آنها باعث حجیم شدن^۱ و پف کردن^۲ توده شلتوک می‌شود. وجود این اختلاف ظاهری در ابعاد و اندازه‌های ریشک‌های شلتوک دو رقم هاشمی و بینام بر سایر خواص فیزیکی آنها تأثیر خواهد گذاشت (Alizadeh, 2007).



شکل ۴- ابعاد اصلی ریشک شلتوک

جدول ۱- توصیف آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری طول، قطر، و چگالی ظاهری ریشک‌های شلتوک ارقام هاشمی و بینام (در رطوبت ۱۱ درصد بر پایه خشک)

مورد	طول ^a (میلی‌متر)	هاشمی		بینام		چگالی ظاهری ^b (کیلوگرم بر متر مکعب)
		قطر بزرگ تر (میلی‌متر)	قطر کوچک تر (میلی‌متر)	قطر بزرگ تر (میلی‌متر)	قطر کوچک تر (میلی‌متر)	
میانگین	۲۷/۱۸	۰/۲۴	۰/۱۴	۱۶/۰۱	۰/۲۵	۵۲/۱۶
کمینه	۷/۹۳	۰/۱۸	۰/۱۰	۴/۳۱	۰/۱۴	۵۰/۷۵
بیشینه	۴۷/۳۴	۰/۳۰	۰/۱۹	۳۰/۴۲	۰/۳۱	۵۴/۴۶
انحراف معیار	±۸/۵۸	±۰/۰۱۸	±۰/۰۲۸	±۶/۶۹	±۰/۰۲۲	±۴/۵۲

a میانگین ۱۰۰ اندازه‌گیری است. b میانگین ۱۰ اندازه‌گیری است.

بررسی اثر رقم، سرعت گردشی تیغه، و رطوبت ...

گردشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۹ درصد بر پایه تر و کمترین آن با میانگین ۴۲/۰۰ درصد در سرعت گردشی ۶۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۱۵ درصد بر پایه تر به دست آمده است. معادله رگرسیونی رابطه بین سرعت گردشی تیغه و رطوبت با بازده ریشک‌زنی به صورت زیر تعیین شد:

$$P_d = 27.0 + 0.0889N_b - 2.75M_c \quad (1)$$

$$(R^2 = 0.93)$$

که در آن،

P_d = بازده ریشک‌زنی (بر حسب درصد)؛ N_b = سرعت گردشی تیغه (بر حسب دور بر دقیقه)؛ و M_c = رطوبت شلتوک (بر حسب درصد بر پایه تر) است.

نتایج بررسی اثر رقم، سرعت گردشی تیغه، و رطوبت شلتوک بر بازده ریشک‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر رطوبت و سرعت گردشی تیغه ریشک‌زن در سطح احتمال ۱ درصد بر بازده ریشک‌زنی شلتوک معنی‌دار است (جدول ۲). اثر سرعت گردشی تیغه و رطوبت بر بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن در جدول ۳ نشان داده شده است. در هر رطوبت ثابت، با افزایش سرعت گردشی، بازده ریشک‌زنی افزایش و در هر سرعت گردشی ثابت، با افزایش رطوبت شلتوک بازده ریشک‌زایی کاهش می‌یابد. بیشترین بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن با میانگین ۹۲/۵۰ درصد در سرعت

جدول ۲- تجزیه واریانس شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار در اثر ریشک‌زنی شلتوک

میانگین مربعات		درجه آزادی		منابع تغییر
شلتوک شکسته	شلتوک پوست‌کنده	بازده ریشک‌زنی	درصد ترک	
۰/۰۲۲۶۸۷۵ ns	۰/۰۴۶۸۰۷۵ ns	۲۵۲/۳۰۰۰*	۳۶/۳۰۰۰**	رقم
۰/۱۳۷۴۵۸۶**	۰/۰۲۶۹۶۵۳ ns	۱۵۹۲/۶۷۷۷**	۲/۱۱۱۱۰ ns	رطوبت
۱/۱۶۲۱۴۱۶**	۱/۲۹۵۰۶۷۹**	۴۹۴۰/۱۵۴۱۷**	۱۷/۴۷۹۱۶*	سرعت گردشی تیغه
۰/۰۰۶۵۴۷۵ ns	۰/۰۱۴۱۸۰۸ ns	۱۶/۸۱۱۱۱ ns	۰/۶۷۷۷۸ ns	رقم × رطوبت
۰/۰۰۷۴۵۸۳ ns	۰/۰۰۲۹۳۰۴ ns	۳۴/۲۷۹۱۷ ns	۰/۱۹۵۸۳۳ ns	رقم × سرعت گردشی
۰/۰۲۲۷۷۱۱ ns	۰/۰۲۰۶۲۲۹۲ ns	۵۱/۸۰۹۷۲ ns	۰/۲۶۸۰۵۵ ns	سرعت گردشی × رطوبت
۰/۰۱۰۱۸۷۷ ns	۰/۰۰۱۳۷۳۱ ns	۶/۲۹۰۲۷ ns	۰/۱۸۴۷۲ ns	رقم × سرعت گردشی × رطوبت
۰/۰۱۷۲۹۰۰	۰/۰۱۸۶۶۰۸	۵۵/۲۰۸۳۳	۵/۰۰۸۳۳۳	خطا

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

جدول ۳- مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل سرعت گردشی تیغه و رطوبت شلتوک بر بازده ریشک‌زنی

رطوبت شلتوک (درصد بر پایه تر)		سرعت گردشی تیغه (دور بر دقیقه)*		
۱۵	۱۳	۱۱	۹	
۴۲/۰۰ c	۴۴/۳۴ d	۴۴/۳۳ d	۵۰/۶۷ d	۶۰۰
۵۰/۵۰ c	۵۴/۰۰ c	۵۷/۰۰ c	۶۲/۰۰ c	۷۰۰
۵۹/۶۶ b	۶۵/۱۶ b	۷۱/۰۰ b	۸۳/۱۶ b	۸۰۰
۶۵/۳۳ ab	۷۰/۸۳ ab	۷۶/۱۷ ab	۸۶/۸۳ ab	۹۰۰
۷۲/۰۰ a	۷۶/۶۷ a	۸۰/۱۶ a	۹۲/۵۰ a	۱۰۰۰

* سرعت گردشی در محدوده ۱۰ ± دور بر دقیقه

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

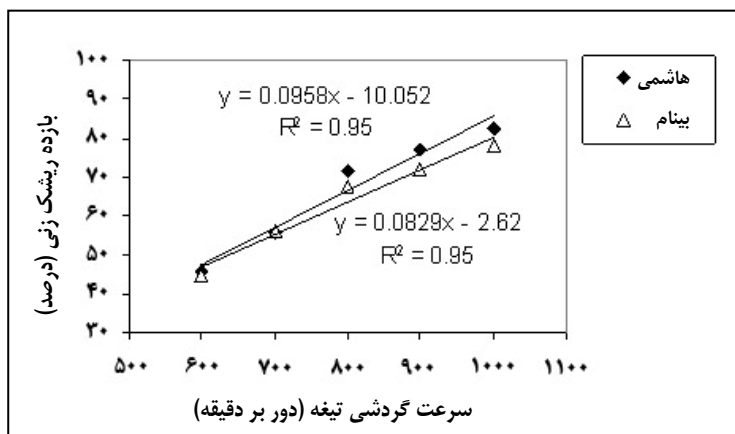
می‌کنند. با این فرض، افزایش سرعت گردشی تیغه که با افزایش تعداد دفعات برخورد و ضربه همراه خواهد بود، سبب حذف بیشتری از ریشک‌ها می‌شود. در مورد تأثیر سرعت گردشی استوانه کوبنده خرمنکوب‌ها نتایج مشابهی گزارش شده است (Dash & Das, 1989; Sarwar & Khan, 1987; Vejasit & Salokhe, 2004).

نتایج اثر رقم و رطوبت بر بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن شلتوک در شکل ۶ نشان داده شده است. با افزایش رطوبت شلتوک از ۹ به ۱۵ درصد بر پایه تر، میانگین بازده ریشک‌زدایی در شلتوک رقم هاشمی از ۷۵/۶۷ به ۵۸/۹۳ درصد و در رقم بینام از ۷۴/۴۰ به ۵۶/۸۶ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین علاوه بر سرعت گردشی تیغه، رطوبت نیز یکی از عوامل مؤثر بر بازده ریشک‌زدایی شلتوک است. در عملیات تبدیل، پوست‌کنی شلتوک معمولاً در رطوبت‌های کمتر از ۱۰ درصد بر پایه تر انجام می‌شود. از این رو، چنانچه ماشین ریشک‌زن پس از خشک‌کن و قبل از الک شلتوک قرار گیرد، بازده مطلوبی خواهد داشت. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که چنانچه بازده ریشک‌زنی کمتر از ۶۰ درصد باشد، جریان‌پذیری و یکنواختی ریزش شلتوک از مخزن در حد مطلوبی نخواهد بود (Alizadeh, 2007).

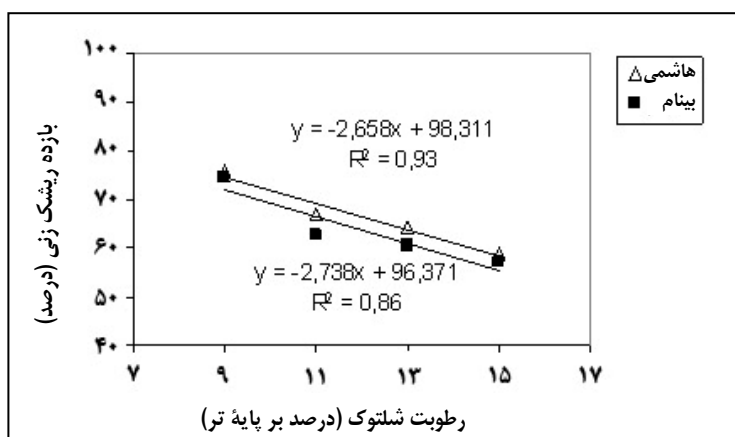
نتایج بررسی اثر رقم و سرعت گردشی تیغه بر بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن شلتوک در شکل ۵ آمده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت گردشی تیغه و بازده ریشک‌زنی مشاهده می‌شود. بیشترین بازده ریشک‌زنی شلتوک در ارقام هاشمی و بینام به ترتیب با میانگین‌های ۸۲/۶۷ و ۷۸/۰۰ درصد در سرعت گردشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و کمترین آن به ترتیب با ۴۶/۰۸ و ۴۴/۵۸ درصد در سرعت گردشی ۶۰۰ دور بر دقیقه به دست آمده است.

افزایش بازده ریشک‌زنی در سرعت‌های بالاتر به این صورت تفسیر می‌شود که در آهنگ ورودی (تغذیه) و خروجی (تخلیه) ثابت، با افزایش سرعت گردشی (یا سرعت محیطی)، تعداد دفعات عبور تیغه از مقابل ریشک‌ها بیشتر و در نتیجه درصد زیادتری از ریشک‌ها از شلتوک جدا می‌شود. همچنین در سرعت‌های محیطی بالاتر، شدت ضربه و در نتیجه برخورد شلتوک‌ها به جداره داخلی محفظه تیغه‌ها بیشتر است و در نتیجه درصد ریشک‌زنی شلتوک افزایش می‌یابد. نحوه عمل تیغه‌های ریشک‌زن را می‌توان تا حدی مشابه فرایند جداسازی شلتوک از خوشه در استوانه کوبنده نوع میخی^۱ در نظر گرفت که در آن تیغه‌های ریشک‌زن همانند وسیله کوبش مجدد^۲ عمل

بررسی اثر رقم، سرعت گردش تیغه، و رطوبت ...



شکل ۵- اثر سرعت گردش تیغه و رقم بر بازده ریشک‌زنی شلتوک



شکل ۶- اثر درصد رطوبت شلتوک و رقم بر بازده ریشک‌زنی

مازندران آسیب‌های کمتری بر دانه وارد می‌کند (Alizadeh, 2004). در این آزمایش، خشک کردن با دمای نسبتاً پایین (در حدود ۴۳ درجه سانتی‌گراد) موجب شده است درصد دانه‌های ترک‌خورده به حداقل ممکن کاهش یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنش حرارتی در شلتوک زمانی اتفاق می‌افتد که دمای خشک کردن بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد (Farouk & Isalm, 1995).

نتایج اثر رطوبت و سرعت گردش تیغه بر شلتوک شکسته و پوست‌کنده به ترتیب در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. میزان شلتوک شکسته و پوست‌کنده با افزایش سرعت گردش تیغه روند صعودی و با افزایش

نتایج اثر رقم، سرعت گردش تیغه، و رطوبت بر شلتوک شکسته و پوست‌کنده

درصد شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار قبل از ریشک‌زنی (پس از خشک کردن شلتوک) در جدول ۴ نشان داده شده است. به دلیل بروز تنش‌های رطوبتی، حرارتی، و مکانیکی وارد شده بر دانه در مرحله برداشت و خرمکوبی، وجود شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار قبل از تبدیل اجتناب‌ناپذیر است. اما در این آزمایش به منظور کمینه کردن آسیب‌های وارده بر شلتوک، از خرمکوب تیلری استفاده شد که در مقایسه با سایر خرمکوب‌های متداول در استان‌های گیلان و

معادله‌های رگرسیونی تغییرات شلتوک شکسته و پوست‌کنده با سرعت گردشی تیغه و رطوبت شلتوک به صورت زیر بیان شده است:

$$P_b = 0.053 + 0.00137N_b - 0.0262M_c \quad (2) \\ (R^2 = 0.92)$$

$$P_h = -0.219 + 0.00140N_b - 0.0103M_c \quad (3) \\ (R^2 = 0.86)$$

که در آن،

P_b = شلتوک شکسته (بر حسب درصد)؛ N_b = سرعت گردشی تیغه (بر حسب دور بر دقیقه)؛ M_c = رطوبت شلتوک (بر حسب درصد بر پایه تر)؛ و P_h = شلتوک پوست‌کنده (بر حسب درصد) است.

درصد رطوبت روند نزولی دارد. بیشترین شلتوک شکسته و پوست‌کنده به ترتیب با میانگین‌های ۱/۳۶ و ۱/۲۷ درصد در سرعت گردشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۹ درصد بر پایه تر و کمترین آنها به ترتیب با میانگین‌های ۰/۵۸ و ۰/۵۷ درصد در سرعت گردشی ۶۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت ۱۵ درصد بر پایه تر به دست آمده است. از نتایج پیداست که در هر سرعت گردشی تیغه، بین میانگین‌های شلتوک پوست‌کنده در رطوبت‌های مختلف اختلاف معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) وجود ندارد ولی برای شلتوک شکسته از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. نتایج بررسی‌ها در مورد خرمکوبی شلتوک نیز نشان می‌دهد که افزایش سرعت کوبنده و کاهش رطوبت منجر به افزایش درصد شلتوک شکسته و پوست‌کنده می‌شود (Sarwar & Khan, 1987 ; Alizadeh, 2004).

جدول ۴- شلتوک شکسته، پوست‌کنده، و ترک‌دار قبل از ریشک‌زنی در ارقام هاشمی و بینام

بینام		هاشمی		رطوبت شلتوک (درصد بر پایه تر)
ترک‌دار (درصد)	پوست‌کنده (درصد)	شکسته (درصد)	پوست‌کنده (درصد)	
۵/۷	۰/۵۵	۰/۵۷	۵/۳	۹
۵/۰	۰/۴۶	۰/۶۱	۴/۶	۱۱
۴/۷	۰/۶۱	۰/۴۲	۵/۰	۱۳
۴/۶	۰/۵۶	۰/۴۷	۴/۷	۱۵

جدول ۵- مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت گردشی تیغه بر شلتوک شکسته پس از ریشک‌زنی

رطوبت شلتوک (درصد بر پایه تر)				سرعت گردشی تیغه (دور بر دقیقه)*
۱۵	۱۳	۱۱	۹	
۰/۵۸d	۰/۵۹d	۰/۶۱c	۰/۶۱d	۶۰۰
۰/۶۶cd	۰/۶۵cd	۰/۷۱cd	۰/۷۳cd	۷۰۰
۰/۷۴bc	۰/۷۹bc	۰/۸۰c	۰/۸۲c	۸۰۰
۰/۸۵b	۰/۹۲ab	۰/۹۸b	۱/۰۹b	۹۰۰
۱/۰۰a	۱/۰۵a	۱/۱۷a	۱/۳۶a	۱۰۰۰

* سرعت گردشی در محدوده ± 10 دور بر دقیقه

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بررسی اثر رقم، سرعت گردش تیغه، و رطوبت ...

جدول ۶- مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل رطوبت و سرعت گردش تیغه بر شلتوک پوست‌کنده (درصد) پس از ریشک‌زنی شلتوک

سرعت گردش تیغه* (دور بر دقیقه)					رطوبت شلتوک (درصد بر پایه)
۱۰۰۰	۹۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	
۱/۲۷a	۰/۹۸a	۰/۶۷a	۰/۶۰a	۰/۵۶a	۹
۱/۱۱ab	۰/۹۱a	۰/۶۶a	۰/۶۱a	۰/۵۷a	۱۱
۱/۱۰ab	۰/۹۶a	۰/۶۸a	۰/۶۲a	۰/۵۷a	۱۳
۰/۹۶b	۰/۸۸a	۰/۶۶a	۰/۶۴a	۰/۵۷a	۱۵

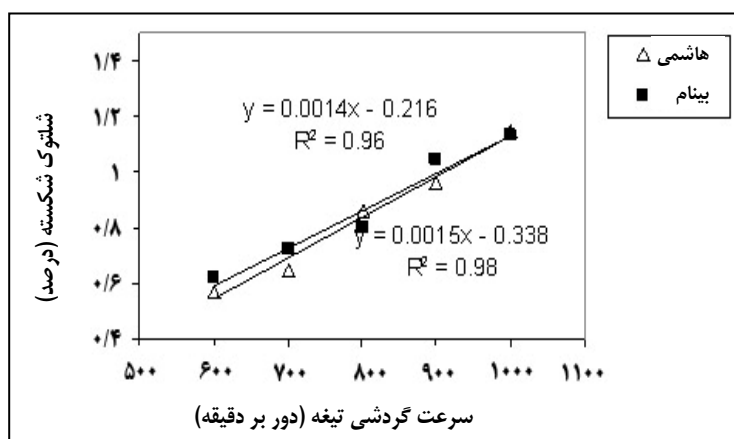
* سرعت گردش در محدوده ± 10 دور بر دقیقه

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

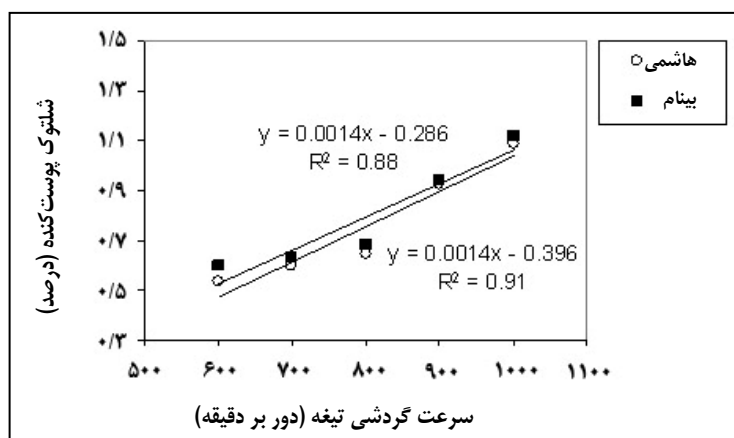
درصد معنی‌دار است. نتایج تجزیه واریانس نیز این موضوع را تأیید می‌کند (جدول ۲).

نتایج اثر رطوبت بر شلتوک شکسته و پوست‌کنده در شکل ۹ آمده است. با افزایش رطوبت شلتوک از ۹ به ۱۵ درصد بر پایه تر، شلتوک شکسته به طور میانگین از ۰/۹۲ به ۰/۷۷ درصد و شلتوک پوست‌کنده از ۰/۸۱ به ۰/۷۴ درصد کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بین درصد رطوبت شلتوک و مقدار نیروی لازم برای پوست‌کندن شلتوک رابطه‌ای مستقیم وجود دارد (Singh, 1982).

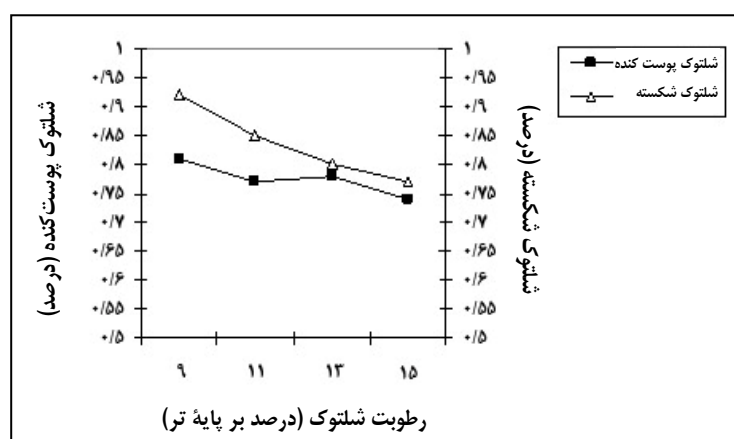
نتایج اثر رقم و سرعت گردش تیغه بر شلتوک شکسته و پوست‌کنده به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ آمده است. با افزایش سرعت گردش تیغه از ۶۰۰ به ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، درصد شلتوک شکسته و پوست‌کنده به طور میانگین، در رقم هاشمی به ترتیب از ۰/۵۷ به ۱/۱۶ درصد و از ۰/۵۳ به ۱/۰۹ درصد و در رقم بینام از ۰/۶۲ به ۱/۱۴ درصد و از ۰/۶۰ به ۱/۱۲ درصد تغییر می‌کند. بین میانگین‌های شلتوک پوست‌کنده در رطوبت‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد ولی تأثیر رطوبت بر شلتوک شکسته در سطح احتمال ۱



شکل ۷- اثر رقم و سرعت گردش بر درصد شلتوک شکسته



شکل ۸- اثر رقم و سرعت گردشی بر درصد شلتوک پوست کنده



شکل ۹- اثر رطوبت بر شلتوک شکسته و پوست کنده

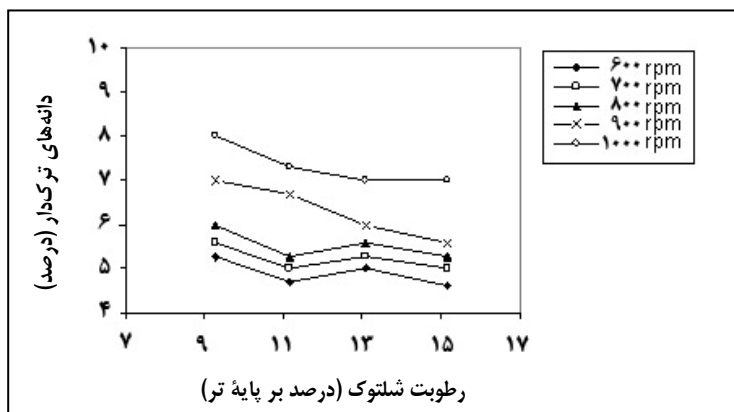
نتایج اثر سرعت گردشی تیغه و رطوبت بر ترک دانه

نتایج بررسی اثر سرعت گردشی تیغه و رطوبت شلتوک بر درصد ترک دانه (برنج قهوه‌ای) دو رقم هاشمی و بینام به ترتیب در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. از میان اثر عوامل مورد بررسی، اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سرعت گردشی تیغه در سطح احتمال ۵ درصد بر ترک دانه معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین درصد ترک دانه با میانگین ۸/۳۴ درصد در

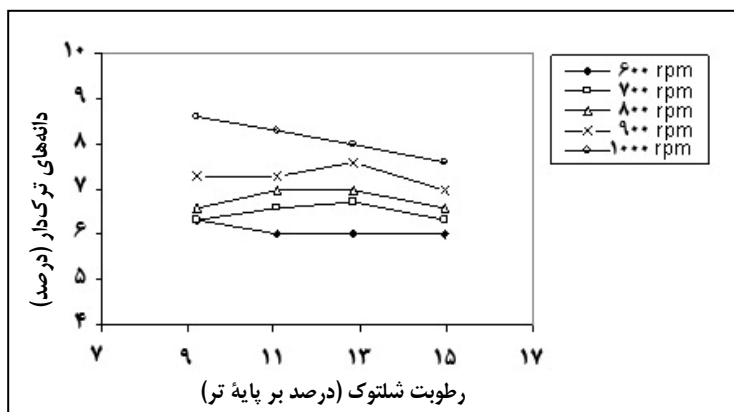
رطوبت ۹ درصد بر پایه تر و سرعت گردشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و کمترین آن با میانگین ۵/۳۴ درصد در رطوبت ۱۵ درصد بر پایه تر و سرعت گردشی ۶۰۰ دور بر دقیقه به دست آمده است. با افزایش سرعت گردشی تیغه ماشین ریشک‌زن، میزان ضربه وارده بر شلتوک بیشتر می‌شود و در نتیجه میزان ترک افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش می‌تواند برای تحقیقات بعدی درباره تأثیر ریشک‌زدایی بر آسیب‌های وارد شده بر شلتوک استفاده شود.

رطوبت ۹ درصد بر پایه تر و سرعت گردشی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و کمترین آن با میانگین ۵/۳۴ درصد در رطوبت ۱۵ درصد بر پایه تر و سرعت گردشی ۶۰۰ دور بر دقیقه به دست آمده است. با افزایش سرعت گردشی تیغه ماشین ریشک‌زن، میزان ضربه وارده بر شلتوک بیشتر می‌شود و در نتیجه میزان ترک افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش می‌تواند برای تحقیقات بعدی درباره تأثیر ریشک‌زدایی بر آسیب‌های وارد شده بر شلتوک استفاده شود.

بررسی اثر رقم، سرعت گردش تیغه، و رطوبت ...



شکل ۱۰- تأثیر رطوبت و سرعت گردش بر ترک دانه رقم هاشمی



شکل ۱۱- تأثیر رطوبت و سرعت گردش بر ترک دانه رقم بینام

نتیجه‌گیری

ماشین کمتر از ۶۰ درصد است و در این شرایط آهنگ و یکنواختی ریزش شلتوک از مخزن ماشین پوست‌کن در حد مطلوبی نخواهد بود (Alizadeh, 2007). با توجه به اینکه اثر رطوبت تنها بر مقدار شلتوک شکسته ولی اثر سرعت گردش تیغه بر شلتوک شکسته، پوست‌کننده، و ترک‌دار معنی‌دار است باید تا آنجا که ممکن است سرعت گردش تیغه را کاهش داد. از سوی دیگر، در سرعت‌های بیش از ۸۰۰ دور بر دقیقه، میزان شلتوک آسیب‌دیده به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و بنابراین پیشنهاد می‌شود در فرایند ریشک‌زنی شلتوک با ماشین ریشک‌زن، سرعت گردش تیغه ۸۰۰-۷۰۰ دور بر دقیقه و رطوبت شلتوک ۹-۱۱ درصد بر پایه تر در نظر گرفته شود.

با افزایش سرعت گردش تیغه از ۶۰۰ به ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، بازده ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن از ۴۵/۳۳ به ۸۰/۳۳ درصد، شلتوک شکسته از ۰/۵۹ به ۱/۱۴ درصد، شلتوک پوست‌کننده از ۰/۵۶ به ۱/۱۱ درصد، و شلتوک ترک‌دار از ۵/۵۰ به ۷/۶۷ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش رطوبت شلتوک از ۹ به ۱۵ درصد بر پایه تر، راندمان ریشک‌زنی ماشین ریشک‌زن از ۷۵/۰۳ به ۵۷/۹۰ درصد، شلتوک شکسته از ۰/۹۲ به ۰/۷۷ درصد، شلتوک پوست‌کننده از ۰/۸۱ به ۰/۷۴ درصد، و شلتوک ترک‌دار از ۶/۷۳ به ۶/۱۰ درصد کاهش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سرعت گردش ۶۰۰ دور بر دقیقه و در تمامی سطوح رطوبتی مورد آزمایش، بازده ریشک‌زنی

قدردانی

از جناب آقای یدا... زارعی و کلیه همکاران ایشان در شرکت خسرو پرویز که در زمینه ساخت ماشین ریشکزن مورد آزمایش همکاری کرده‌اند قدردانی می‌شود.

مراجع

- Alizadeh, M. R. 2004. Effect of different threshing methods on rice breakage during milling. Proceedings of the 3rd National Conference on Agricultural Engineering and Mechanization. Kerman. Iran. (in Farsi)
- Alizadeh, M. R. 2007. Effect of de-awning on physical, aerodynamic and husking properties of paddy. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Alizadeh, M. R., Minaei, S., Tavakoli, T. and Khoshtaghaza, M. H. 2006. Effect of de-awning on physical properties of paddy. Pakistan J. Biological Sci. 9, 1726-1731.
- Anon. 2002. Standard evaluation system for rice (SEC). International Rice Research Institute (IRRI).
- Booth, D. T., Bai, Y. and Roos, E. E. 1997. Preparing sagebrush seed for market: Effect of debearder processing. J. Range Management. 50(1): 51-54.
- Dash, S. K. and Das, D. K. 1989. Development of a power-operated paddy thresher. AMA. 20(3): 37-40.
- Dewald, C. L., Springer, T. L. and Beisel, V. A. 2003. The woodward chaffy seed conditioner 2000. Trans. ASAE. 19(2): 219-223.
- Farouk, S. M. and Islam, M. N. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. AMA. 26(4): 33-38.
- Karrfalt, R. P. 1992. Increasing hardwood seed quality with brush machines. Tree Planters. 43(2): 33-35.
- Kelly, P. J. and Wiedemann, H. T. 1999. An improved distribution system for chaffy seeded grasses. Australian J. Experimental Agric. 39(3): 317-324.
- Loch, D. S. 1993. Tropical pasture establishment. 5. Improved handling of chaffy grass seeds: Options, opportunities and value. Tropical Grasslands. 27, 314-326.
- Loch, D. S., Johnston, P. W., Jensen, T. A. and Harvey, G. L. 1996. Harvesting, processing, and marketing Australian native grass seeds. New Zealand J. Agric. Res. 39, 591-599.
- Nori, M. R. 2003. Study on the effective factors on production costs of long quality and improved rice groups. Proceeding of the 10th Conference on Rice. Guilan. Iran. (in Farsi)
- Oka, H. I. 1988. Origin of Cultivated Rice. Elsevier. Amsterdam.

- Payman, M. H. 2000. Investigation on grain breakage parameters in de-husking operations of paddy. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Sacilik, K., Ozturk, R. and Keskin, R. 2003. Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Eng.* 86, 191-198.
- Sarwar, J. G. and Khan, A. V. 1987. Comparative performance of rasp-bar and wire-loop cylinders for threshing rice crop. *AMA.* 18(2): 37-41.
- Singh, U. N. 1982. Performance and potential of rubber rolls in husking paddy. *AMA.* 18(2): 56-58.
- Sinha, J. P., Atwal, M. K. and Sinha, S. S. 2003. De-awning, mechanical processing and seed quality in rice (*Oryza Sativa L.*). *Indian Council Agric. Res.* 73(6): 347-349.
- Vejasit, A. and Salokhe, V. M. 2004. Studies on machine-crop parameters of an axial flow thresher for threshing soybean. *The CIGR J. Scientific Res. and Develop.* Manuscript PM 04004. 1-12.
- Vogel, K. P. 1978. A simple method of converting rangeland drills to experimental plot seeders. *J. Range Management.* 31, 235-237.
- Vogel, K. P., Masters, R. A., Callahanand, P. J. and Grams, K. 1998. A rotary seed processor for removing pubescence from seed of prairie grasses. *J. Range Management.* 51, 536-539.
- Weyhrich, R. A., Carver, B. F. and Martin, B. C. 1995. Photosynthesis and water-use efficiency of awned and awnletted near-isogenic lines of hard red winter wheat. *Crop Sci.* 35, 172-176.
- Yang, W., Siebenmorgen, T. J., Thielen, T. P. H. and Cnossen, A. G. 2003. Effect of glass transition on thermal conductivity of rough rice. *Biosystems Eng.* 84(2): 193-200.

Effect of Variety, Rotational Blade Speed and Paddy Moisture Content on Performance of a De-awner

M. R. Alizadeh, S. Minaei*, T. Tavakoli Hashtjin and M. H. Khoshtaghaza

* Corresponding Author: Associate Professor, Farm Machinery Department, Tarbiat Modares University, P. O. Box: 14155-4835, Tehran, Iran. E-mail: minaei@modares.ac.ir

Paddy de-awning using a de-awner increases the uniformity and flow rate of paddy grains through the orifices of hoppers, bucket elevators and chutes. In this study the effects of paddy variety, rotational blade speed and moisture content on performance of a prototype de-awner machine were investigated. The experiment was conducted in a factorial design with three factors, variety (*Hashemi* and *Binam*), blade rotational speeds (600, 700, 800, 900 and 1000 rpm) and paddy moisture content (9, 11, 13 and 15% wb) in a completely randomized design with three replications. The results revealed that the effect of variety was significant for de-awning efficiency ($P<0.05$) and cracked grains ($P<0.01$). The blade rotational speed significantly affected de-awning efficiency, broken, de-husked paddy ($P<0.01$) and cracked grains ($P<0.05$). The paddy moisture content significantly ($P<0.01$) affected de-awning efficiency and broken paddy. The de-awning efficiency increased from 45.33 to 80.33%, broken paddy from 0.59 to 1.14%, de-husked paddy from 0.56 to 1.11% and cracked grains from 5.50 to 7.63% as the blade rotational speed increased from 600 to 1000 rpm. When moisture content increased from 9 to 15% wb, de-awning efficiency decreased from 75.03 to 57.90%, broken paddy from 0.92 to 0.77%, de-husked paddy from 0.81 to 0.74% and cracked grains from 6.73 to 6.10%. The de-awning efficiency of the *Hashemi* variety was higher than that for the *Binam* variety. The appropriate blade rotational speed was 700-800 rpm and paddy moisture content was 9-11% wb.

Key Words: De-awning, Paddy de-awner, Paddy Milling, Rice Breakage