

اثر سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف نخود بر درصد جدا سازی دانه و درصد دانه‌های شکسته در یک کوبنده انگشتی دار

جواد خزائی^۱، منصور بهروزی لاری^۲، علی رجبی پور^۳ و سعید محتسبی^۴
۱، ۲، ۳ و ۴ دانشجوی سابق دکترا، استاد و استادیاران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱/۲۷

خلاصه

در این تحقیق با ساخت یک کوبنده انگشتی دار، اثرات سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف بر درصد دانه‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده نخود مطالعه شد. آزمایشات بر روی دو رقم نخود دیم و یک رقم آبی انجام شدند. رقم نخود تاثیر معنی داری بر درصد دانه‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده نشان نداد، ولی اثرات سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف معنی داری بود. سرعت کوبنده بیشترین و اندازه غلاف کمترین تاثیر را نشان داد. با افزایش سرعت کوبنده از $\frac{6}{3}$ به ۱۲ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلافها به ترتیب از صفر به ۷٪ و از ۴۲٪ به ۸۵٪ افزایش یافت. با افزایش رطوبت غلاف، درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلافها بطور معنی داری کاهش یافت. در صورتیکه با افزایش اندازه غلاف، درصد دانه‌های شکسته و درصد غلافهای کوبیده شده به طور معنی داری افزایش یافت. بر اساس نتایج حاصله، شرایط مناسب برای برداشت غلاف‌های نخود، محدوده رطوبت‌های ۱۲٪ تا ۱۸٪ و سرعت کمتر از ۹/۵ متر بر ثانیه برای کوبنده توصیه می‌شود.

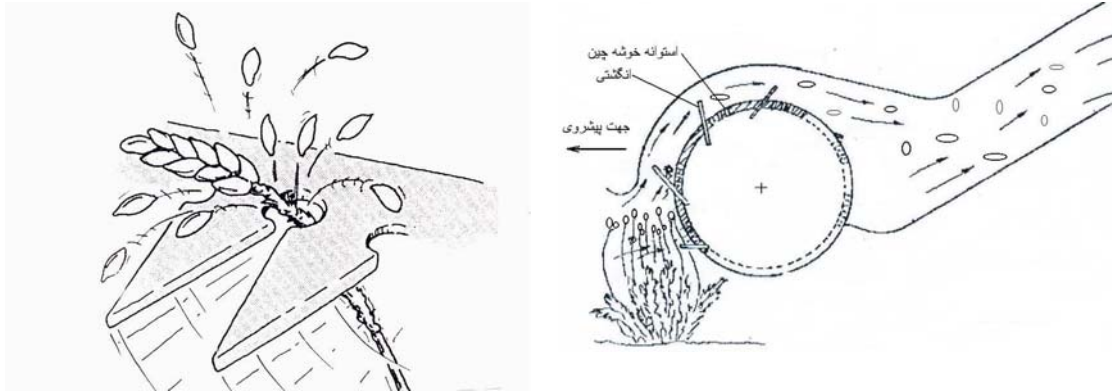
واژه‌های کلیدی: نخود، غلاف، دانه، برداشت، ضربه، کوبش، صدمات، کمباین

مقدمه

ضربه‌های وارد به دانه در حین برداشت، حمل و نقل، فرآوری و انبار داری، عامل اصلی صدمات فیزیکی دانه‌هاست که سبب شکستن و ترک خوردن آنها می‌شود که بیشترین آن ناشی از سرعت بالای واحد کوبنده است. دانه‌های صدمه دیده دارای ارزش اقتصادی پائینی هستند و ضمناً در مقابل حمله آفات و بیماریها مقاومت کمتری نشان می‌دهند و بهمین دلیل اغلب دارای عمر انبارداری پائینی می‌باشند (۱۲). صدمات فیزیکی وارد به دانه، قدرت جوانه زنی را نیز کاهش می‌دهد (۸، ۱۷). این موضوعات در مورد دانه نخود بدلیل جرم و ابعاد بزرگش و نیز قابلیت زیادش برای لپه شدن بیشتر اهمیت دارد. در کمباین‌های خوشه چین^۱، عملیات چیدن غلافها توسط چند ردیف انگشتی که بر روی یک استوانه متحرک سوار شده‌اند انجام می‌گیرد (شکل ۱). حرکت دورانی استوانه خوشه

چین و حرکت جلو روی کمباین سبب نفوذ انگشتی‌ها در داخل بوته و کندن غلافها و پرتاب آنها به سمت بالا می‌گردد. عدم انتخاب صحیح سرعت دورانی استوانه خوشه چین و برخورد شدید انگشتی‌ها با غلافها (در حین پرتاب غلافها به سمت بالا) عامل دیگر شکستن و صدمه دیدن دانه‌ها است. بنابراین دانستن مقاومت مکانیکی دانه در مقابل نیروهای دینامیک، ضمن آنکه برای طراحی کوبنده ضروری است، برای طراحی سرعت مناسب استوانه خوشه چین نیز مهم است.

بررسی تحقیقات انجام شده بر روی سایر محصولات دانه‌ای مثل سویا، سورگوم و لوبیا نشان میدهد که در برداشت ماشینی این محصولات فاکتورهایی همانند رطوبت غلاف، سرعت کوبنده، رقم محصول و اندازه غلافها بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلافها موثر بوده‌اند (۸، ۹، ۱۳، ۱۸، ۲۴). بنابراین برای طراحی صحیح و اصولی کمباین نخود و تعیین رطوبت مناسب دانه در حین برداشت، مطالعه تاثیر این عوامل بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلافها ضروری است.



شکل ۱- اصول کار دماغه کمباین‌های خوشه چین.

معنی دار سرعت کوبنده و رطوبت دانه بر درصد دانه‌های شکسته سویا را گزارش کردند.

سعادت‌نژاد (۱۳۷۶) سرعت دورانی مناسب برای استوانه خوشه چین و کوبنده کمباین نخود را به ترتیب ۱۸ و ۱۱/۵ متر بر ثانیه پیشنهاد کرد. سرعت‌های متناظر مورد استفاده در کمباین نخود بهروزی لار و هوانگ (۲۰۰۲) به ترتیب ۱۵ و ۱۷ متر بر ثانیه بودند. کلنین (۱۹۸۶) سرعت مناسب کوبنده‌های انگشتی‌دار برای کوبیدن محصولات غلافی را ۱۰-۱۱/۵ متر بر ثانیه پیشنهاد کرد.

نکته مهم در برداشت نخود، مشکل ریزش غلاف‌ها است که با خشک شدن محصول و کاهش نیروی اتصال غلاف‌ها به شاخه افزایش می‌یابد. کشاورزان بصورت تجربی محصول را در رطوبت‌های بالاتر برداشت و پس از خشک کردن طبیعی در سطح مزرعه، اقدام به عملیات خرم‌کوبی می‌کنند. بنابراین با تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصول، در رطوبت‌های بالاتر از ۷٪، بر مبنای تر، می‌توان نسبت به ارائه راه حل‌های مناسب برای برداشت زود هنگام محصول و کاهش تلفات ناشی از ریزش دانه اقدام کرد.

طبق مطالعات انجام شده هیچ منبعی در خصوص تعیین خواص فیزیکی نخود تحت اثر نیروهای دینامیک بدست نیامد. بنابراین اهداف این تحقیق عبارت بودند از تعیین اثرات سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف نخود بر درصد کوبش غلاف‌ها و درصد دانه‌های شکسته سه رقم نخود ایرانی.

هوکی و پی کت (۱۹۷۳)، دریافتند که با افزایش رطوبت دانه، درصد دانه‌های شکسته بطور معنی‌داری کاهش می‌یافت. در صورتیکه تاثیر اندازه دانه و سرعت کوبنده بطور معنی‌داری افزایش‌دهنده بود. درصد دانه‌های شکسته در سرعت ۱۰/۱ متر بر ثانیه معادل ۵٪ بود که با افزایش سرعت به ۱۷/۷ متر بر ثانیه این مقدار به ۶۰٪ رسید. پی کت (۱۹۷۳) نیز نتیجه گرفت که افزایش سرعت ضربه از ۷/۶ به ۱۵/۲ متر بر ثانیه و کاهش رطوبت دانه از ۱۸/۵٪ به ۱۳/۶٪، سبب افزایش شدید درصد دانه‌های شکسته لوبیا می‌شد. کیرک و مک لئود (۱۹۶۷)، تاثیر محتوای رطوبتی پنبه‌دانه بر درصد دانه‌های شکسته را معنی‌داری گزارش نکردند. آنها رابطه بین درصد دانه‌های شکسته و سرعت ضربه را بصورت زیر تدوین کردند:

$$Sr = 24 \times 10^{-19} V^{4.38} \quad (1)$$

که در آن:

$$Sr = \text{درصد دانه های شکسته}$$

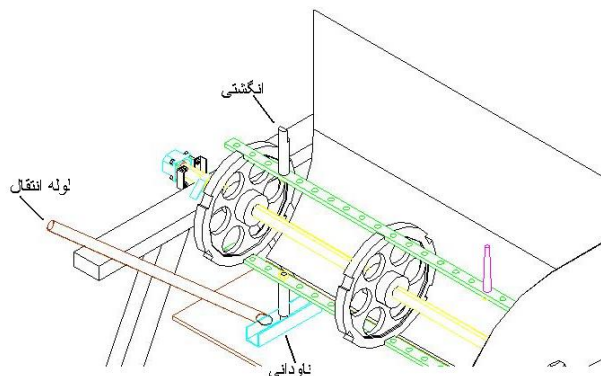
$$V = \text{سرعت خطی کوبنده، متر بر ثانیه.}$$

کلر و همکاران (۱۹۷۲) برای تعیین درصد دانه‌های صدمه دیده ذرت در حین برخورد با یک سطح، از ابزاری بادی برای کوبیدن دانه‌ها به سطح مورد نظر استفاده کردند. آنها اثرات سرعت ضربه، رطوبت و اندازه دانه بر درصد دانه‌های شکسته را معنی‌دار گزارش کردند. در این آزمایشات، سرعت ضربه، بیشترین و اندازه دانه، کمترین اثر را بر درصد دانه‌های شکسته نشان دادند. گرین و همکاران (۱۹۶۶)، کاین و هولمز (۱۹۷۷)، پائولسن و همکاران (۱۹۸۱) و پارکوبون (۱۹۸۲) نیز تاثیر

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای مطالعه اثرات سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌های نخود، کوبنده‌ای انگشتی‌دار ساخته شد و برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). این نوع کوبنده، در کمباین غلات استفاده می‌شود و در کمباین نخود به‌روزی لار و هوانگ (۲۰۰۲) نیز بکار رفته است. در شکل ۳ نمایی از اجزاء داخلی دستگاه دیده می‌شود که شامل الکتروموتور، شاسی، دور سنج، انگشتی‌های ثابت و متحرک و سیستم انتقال قدرت بود. در شکل ۳ موقعیت قرارگیری الکتروموتور و چرخنده‌های انتقال قدرت دیده می‌شود. الکتروموتور دارای قدرت ۰/۷۵ اسب بخار و دور نامی ۱۴۲۰ دور در دقیقه بود. برای انتقال حرکت الکتروموتور به محور متحرک دستگاه از سیستم چرخ زنجیر استفاده شد. برای تغییر دور محور متحرک نیز از تعویض چرخنده‌ها استفاده گردید.

دستگاه دارای دو ردیف انگشتی‌های متحرک بود که بر روی ۳ عدد تویی سوار و همراه با محور متحرک دوران می‌کردند (شکل ۳). انگشتی‌های ثابت نیز به بدنه دستگاه متصل شدند. در این دستگاه قطر تویی‌ها، قطر محور متحرک و طول انگشتی‌ها به ترتیب ۳، ۳۰ و ۱۳ سانتیمتر انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری دور محور متحرک دستگاه از یک دور سنج نوری استفاده شد. برای هدایت صحیح غلاف‌های نخود به مقابل انگشتی‌ها از مکانیزمی شبیه شکل ۴ استفاده شد که شامل یک لوله انتقال و یک ناودانی بود. ناودانی به گونه‌ای قرار داده شد که انگشتی‌های متحرک در حین چرخش از داخل آن عبور می‌کردند. لوله انتقال نیز با شیب ملایمی نسبت به ناودانی قرار گرفته بود. بنابراین غلاف پس از رها شدن در داخل لوله انتقال، در اثر جریان ثقلی خود به داخل ناودانی هدایت و در آنجا تحت ضربه انگشتی قرار گرفته و به جلو پرتاب و در داخل پارچه‌ای که در جلو دستگاه قرار گرفته بود می‌افتاد.

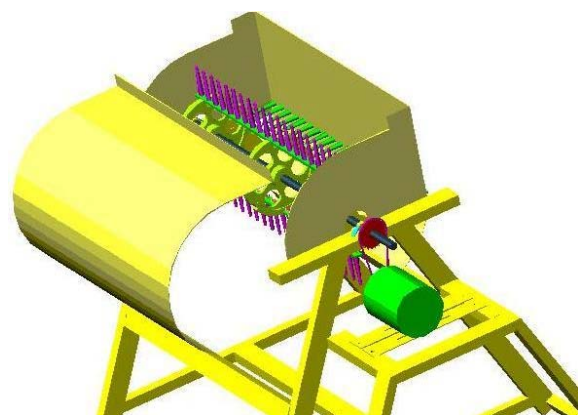


شکل ۴- نحوه هدایت غلاف‌های نخود به جلو انگشتی‌های متحرک



شکل ۲- عکسی از کوبنده انگشتی‌دار

برای تعیین اثر سرعت کوبنده، رطوبت غلاف، اندازه غلاف و رقم نخود بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها، از آزمون آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. اثر رطوبت غلاف در سه سطح (۰/۷، ۰/۱۲، و ۰/۱۸، بر مبنای تر)، سرعت خطی کوبنده در سه سطح (۶/۳، ۹/۵ و ۱۲ متر بر ثانیه)، اندازه غلاف در سه سطح (کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب با میانگین طول ۱۷/۷، ۲۱/۵، و ۲۵/۸ میلیمتر) و رقم نخود در سه سطح (نخود بیونیز دیم کرمانشاه، نخود کاکا دیم کنگاور و نخود جم آبی کرج) مطالعه شد. برای هر تیمار ۱۰۰ عدد غلاف انتخاب و تحت ضربه قرار می‌گرفتند و هر آزمایش ۳ مرتبه تکرار شد.



شکل ۳- نمایی از اجزاء داخلی کوبنده انگشتی‌دار

نتایج و بحث

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که میانگین درصد دانه‌های شکسته معادل ۳٪ و کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب صفر و ۲۷٪ بود. میانگین درصد غلاف‌های کوبیده شده، ۶۲٪ و کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب ۱۲٪ و ۹۹٪ بدست آمد. در جدول ۲ نتایج آنالیز و آریانس داده‌های درصد دانه‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده ارائه شده است. پیداست که رقم تاثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها نشان نداد، ولی در سطح ۵٪ تأثیرش بر درصد دانه‌های شکسته معنی‌دار بود. تاثیر سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در زیر تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها به تفکیک بحث شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز و آریانس (میانگین مربعات) داده‌های مربوط به درصد دانه‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده.

منبع تغییرات	درجه آزادی	دانه های شکسته	غلاف های کوبیده شده
تیمار	۸۰	۸۳**	۱۷۳۲**
رقم نخود	۲	۳/۹*	۷۲ ^{ns}
سرعت کوبنده	۲	۱۰۷۸**	۳۷۷۸۹**
درصد رطوبت دانه	۲	۹۵۲**	۲۷۱۶۹**
اندازه دانه	۲	۸۵**	۴۸۸**
رقم×سرعت	۴	۱/۴ ^{ns}	۹۳*
رقم×رطوبت	۴	۰/۶۷ ^{ns}	۹/۸ ^{ns}
رقم×اندازه دانه	۴	۰/۵۴ ^{ns}	۲۳/۹ ^{ns}
سرعت×رطوبت	۴	۵۰۳**	۱۲۳۶**
سرعت×اندازه دانه	۴	۳۶**	۸۴*
رطوبت×اندازه	۴	۳۱**	۵۱ ^{ns}
رقم×سرعت×رطوبت	۸	۰/۳۶ ^{ns}	۲۵ ^{ns}
رقم×سرعت×اندازه	۸	۰/۸۲ ^{ns}	۳۱ ^{ns}
رقم×رطوبت×اندازه	۸	۰/۹ ^{ns}	۴۲ ^{ns}
سرعت×رطوبت×اندازه	۸	۱۳**	۵۸*
رقم×سرعت×رطوبت×اندازه	۱۶	۱/۱ ^{ns}	۱۷ ^{ns}
خطا	۱۶۲	۱/۶۱	۲۷

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪. NS معنی دار نیست

تأثیر رطوبت غلاف

با افزایش رطوبت غلاف از ۷٪ تا ۱۸٪، درصد دانه‌های شکسته بطور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۵). نتایج آزمون

پس از هر آزمایش، غلاف‌های کوبیده شده (غلاف‌هایی که دانه داخل آنها خارج شده بود) شمارش می‌شد. ضمناً دانه‌های خرد شده و ترک خورده و دانه‌هایی که قسمتی از آنها جدا شده بود، بعنوان دانه‌های شکسته و صدمه دیده شمارش می‌شدند. سپس برای هر آزمایش، درصد دانه‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده محاسبه می‌گشت.

غلاف‌های مورد استفاده در این تحقیق، بصورت دستی از سطح مزرعه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و در داخل کیسه‌های دربسته در دمای ۵ °C نگهداری شدند. قبل از هر آزمایش، کلیه غلاف‌های شکسته و صدمه دیده جدا می‌شدند. سپس غلافها بر اساس طولشان در سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ دسته‌بندی شدند. طول غلاف‌ها میانگین دامنه‌ای بودند که در جدول ۱ داده شده است. قطر میانگین هر گروه غلاف نیز دیده می‌شود. این قطر، میانگین بزرگترین و کوچکترین قطر غلاف در دو جهت عمود بر محور طولی غلاف است.

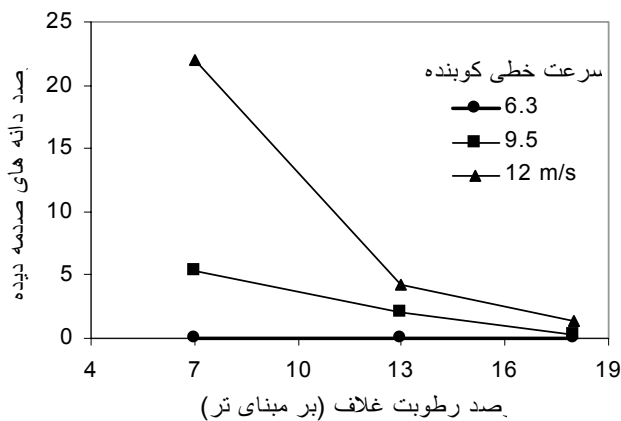
جدول ۱- بعضی از مشخصه‌های فیزیکی غلاف‌های مورد استفاده.

اندازه غلاف	میانگین طول غلاف (میلیمتر)	دامنه طول غلاف (میلیمتر)	میانگین قطر غلاف (میلیمتر)
کوچک	۱۷/۷	۱۵/۹-۱۹/۵	۹/۰
متوسط	۲۱/۵	۱۹/۶-۲۳/۶	۱۰/۳
بزرگ	۲۵/۸	۲۳/۷-۲۷/۹	۱۲/۳

سرعت خطی نوک انگشتی ضربه زن، از حاصلضرب سرعت زاویه‌ای استوانه ضربه زن در فاصله نوک انگشتی تا مرکز دوران استوانه که ۲۹۵ میلی‌متر بود تعیین گردید. سرعت خطی متناظر با سه سطح سرعت دورانی استوانه ضربه زن یعنی ۲۸۰، ۴۲۰ و ۵۳۰ دور بر دقیقه به ترتیب برابر ۶/۳، ۹/۵ و ۱۲/۰ متر بر ثانیه بدست آمدند.

بر اساس داده‌های حاصله، آنالیز رگرسیون داده‌ها، بکمک نرم افزار اس.پی.اس.اس^۱ انجام و مدل‌های ریاضی رابطه بین سرعت کوبنده و رطوبت غلاف با درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلافها تعیین شد. کلیه آزمون‌های مقایسه میانگین سطوح اثرات اصلی و اثرات متقابل فاکتورها، توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفتند.

تعدادی از محققین، این موضوع را از بعد انرژی مصرفی برای شکست دانه، مورد بحث قرار داده‌اند (۶، ۱۶، ۲۰، ۲۵). بیلانسی (۱۹۶۶)، معتقد است که بعنوان یک اصل باید پذیرفت که انرژی بیشتری برای شکست دانه‌های مرطوب نسبت به دانه‌های خشک نیاز است. او دریافت که با افزایش رطوبت دانه از ۱٪ به ۱۷٪، انرژی مصرفی برای شکست دانه‌های جو و جو دوسر به ترتیب ۴/۳ و ۴/۶ برابر افزایش یافت.



شکل ۵- تاثیر رطوبت غلاف بر درصد دانه‌های شکسته برای غلاف‌های بزرگ نخود دیم کرمانشاه.

پائولسن (۱۹۷۸) معتقد است که دانه دارای ظرفیت جذب انرژی معینی است که اگر فراهم شود شکست اتفاق می‌افتد. کیرک و مک لئود (۱۹۶۷) انرژی مصرفی برای شکست دانه در حالت استاتیک و شبه استاتیک را معیار مناسبی برای تخمین مقاومت دانه به شکست در بارگذاری دینامیک می‌دانند. بنابراین در این تحقیق به منظور تعیین ظرفیت جذب انرژی دانه‌های نخود در سطوح مختلف رطوبت، آزمایشاتی در حالت شبه استاتیک انجام شد (۱). این آزمایشات در سرعت ۵ میلی‌متر بر دقیقه انجام و انرژی تا لحظه شکست دانه اندازه‌گیری گردید. نتایج، افزایش انرژی مصرفی برای شکست دانه با افزایش رطوبت را نشان داد. میانگین انرژی مصرفی برای شکست دانه‌های با رطوبت ۷٪، ۱۲٪ و ۱۶٪ به ترتیب ۵۹، ۹۵/۵ و ۱۶۳/۳ میلی ژول برآورد شد. بنابراین طبق نظرات کیرک و مک لئود (۱۹۶۷) و پائولسن (۱۹۷۸)، بدلیل ظرفیت کم جذب انرژی دانه‌های خشک، قابل پیش‌بینی است که در یک سرعت معین اعمال نیرو، با کاهش رطوبت دانه نخود، درصد دانه‌های شکسته

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نیز اختلاف معنی‌دار بین هر سه سطح رطوبت غلاف را در سطح ۱٪ نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته و غلاف‌های کوبیده شده در سطوح مختلف سرعت کوبنده، درصد رطوبت و اندازه

غلاف نخود		
درصد دانه‌ای شکسته	درصد غلاف‌ای کوبیده شده	
درصد رطوبت غلاف (w.b)		
۶/۷ ^a	۸۰/۰ ^a	۷٪
۱/۵ ^b	۶۴/۰ ^b	۱۲٪
۰/۲ ^c	۴۳/۰ ^c	۱۸٪
سرعت کوبنده (m/s)		
۶/۳	۴۲/۰ ^c	۰/۰ ^c
۹/۵	۶۱/۰ ^b	۱/۶ ^b
۱۲/۰	۸۵/۰ ^a	۷/۰ ^a
اندازه غلاف		
بزرگ	۳/۹ ^a	۶۴/۰ ^a
متوسط	۲/۸ ^b	۶۳/۰ ^a
کوچک	۱/۹ ^c	۶۰/۰ ^b

در هر ستون، میانگین‌های هر فاکتور که دارای یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارد.

نتیجه تحقیقات بارتچ و همکاران (۱۹۸۶)، کلر و همکاران (۱۹۷۲) و هوکی و پی کت (۱۹۷۳) نیز تاثیر معنی‌دار و کاهنده رطوبت دانه بر درصد دانه‌های شکسته را نشان می‌دهد. البته کابین و هولمز (۱۹۷۷) دریافتند که در محدوده سرعت‌های ۱۲/۲ تا ۳۶/۶ متر بر ثانیه، با افزایش رطوبت دانه از ۱۰/۷٪ به ۲۰٪، درصد دانه‌های شکسته کاهش یافت و پس از آن با افزایش بیشتر رطوبت، روند افزایشی به خود گرفت.

فوتز (۱۹۹۳) معتقد است که مقاومت مکانیکی دانه به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلولها را به هم پیوند می‌دهد بستگی دارد. بنابراین با افزایش رطوبت دانه، شاخه‌های هیدروژنی مواد سلولزی سلول سست می‌شوند که سبب کاهش نیروی شکست دانه و افزایش قابلیت تغییر شکل پذیری آن می‌شود. این خصوصیت دانه، مانع از هم گسیختگی در زیر بار می‌شود که نکته مثبتی در برداشت زود هنگام محصول بوده و سبب کاهش درصد دانه‌های شکسته می‌شود.

افزایش یابد. چون طبق نظر کیرک و مک لئود (۱۹۶۷)، تمام انرژی جنبشی دانه‌ای که تحت ضربه‌ای با سرعت V قرار می‌گیرد، جذب آن می‌شود که مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E = \frac{1}{2} mV^2 \quad (2)$$

که در آن:

E = انرژی جنبشی دانه، ژول

m = جرم دانه، کیلو گرم

V = سرعت ضربه، متر بر ثانیه

البته آنها فرض کردند که مقدار انرژی جذب شده توسط انگشتی‌های ضربه زن قابل چشم پوشی است که با توجه به خواص نسبی دو ماده، آنرا فرض قابل قبولی می‌داند. کل انرژی جذب شده توسط دانه، از نقطه نظر انرژی مورد نیاز برای شکست مهم است. زورب و هال (۱۹۶۰) نیز نتیجه گرفتند که انرژی مورد نیاز برای شکست دانه‌های ذرت در حین برخورد با یک سطح، با افزایش رطوبت افزایش می‌یافت. آنها معتقدند که دانه‌های خشک، دارای نیروی شکست بزرگ و تغییر شکل پذیری کم و برعکس، دانه‌های مرطوب، دارای نیروی شکست کم و قابلیت تغییر شکل پذیری بیشتری هستند.

البته پائولسن (۱۹۸۱) معتقد است، در بارگذاری دینامیک تمام انرژی جنبشی دانه در آن زمان کوتاه اعمال نیرو جذب دانه نمی‌شود. و بهمین دلیل او، محسنین (۱۹۸۴) و همین طور زورب و هال (۱۹۶۰) معتقدند که در بارگذاری دینامیک نسبت به حالت استاتیک و شبه استاتیک، انرژی بیشتری برای شکست دانه لازم است. پائولسن (۱۹۸۱) معتقد است که اگر انرژی جنبشی دانه (که از رابطه ۲ محاسبه می‌شود) بیشتر از انرژی مصرفی برای شکست دانه در بارگذاری شبه استاتیک گردد، شکست دانه آغاز می‌شود. در صورتیکه فیسکوس و همکاران (۱۹۷۱) معتقدند که شکست دانه، خیلی پائینتر از این حد آغاز می‌گردد.

در جدول ۴ نتایج اثرات دوگانه رطوبت و سرعت کوبنده بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها گزارش شده است. پیداست که در کلیه سطوح سرعت کوبنده بجز سرعت ۶/۳ متر بر ثانیه، با کاهش رطوبت غلاف، درصد دانه‌های صدمه

دیده افزایش می‌یافت. البته بدلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل رطوبت و سرعت کوبنده، تاثیر رطوبت غلاف بر درصد دانه‌های شکسته، در سطوح مختلف سرعت کوبنده یکسان نبوده است (شکل ۵). پیداست که در سرعت‌های بالاتر کوبنده (۹/۵ و ۱۲ متر بر ثانیه)، تاثیر رطوبت بر درصد دانه‌های شکسته بیشتر بوده است. در حقیقت در سرعت‌های بالاتر، اختلاف بین ظرفیت جذب انرژی دانه‌های با سطوح مختلف رطوبت بهتر مشخص می‌گردد.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان رطوبت مناسب برای برداشت دانه‌های نخود را محدوده رطوبت‌های ۱۲-۱۸٪ پیشنهاد کرد. در این محدوده، درصد دانه‌های صدمه دیده حتی در سرعت‌های بالای کوبش در حداقل مقدار است. ضمناً همانطور که پی‌کت (۱۹۷۳) نیز معتقد است برداشت محصول در وسط روز توصیه نمی‌شود. در این وقت روز، بدلیل خشک و گرم بودن دانه‌ها ممکن است درصد دانه‌های شکسته افزایش یابد. پی‌کت (۱۹۷۳) شرایط مناسب برداشت لوبیا را محدوده رطوبت‌های ۱۷٪ تا ۲۰٪. و زمان مناسب برداشت را هنگام شب در شرایط شب‌نیم پیشنهاد کرده است.

جدول ۴- تاثیر سرعت کوبنده و رطوبت غلاف بر درصد دانه‌های

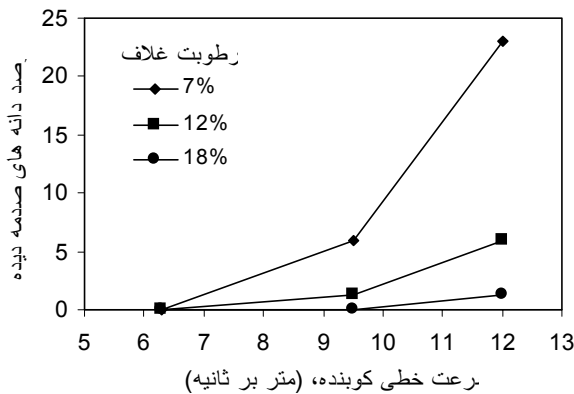
شکسته و درصد کوبش غلاف‌های نخود ($\alpha = 1\%$).

درصد دانه های شکسته		درصد غلاف های کوبیده	
سرعت خطی کوبنده (متر بر ثانیه)			
۶/۳	۹/۵	۱۲	۶/۳
رطوبت غلاف			
۰/۱ c	۳/۷ b	۱۶/۳ a	۹۵ a
۰/۰ c	۰/۸ c	۳/۸ b	۸۵ b
۰/۰ c	۰/۷ c	۰/۷ c	۷۴ c
۰/۰ c	۰/۰ c	۰/۰ c	۴۰ f
۰/۰ c	۰/۰ c	۰/۰ c	۱۷ g

برای هر صفت، اعداد موجود در هر ردیف یا ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

رطوبت غلاف همچنین تاثیر معنی‌داری بر درصد کوبش غلاف‌ها نشان داد. با افزایش رطوبت غلاف، پوست آن قابلیت خرد شدن را از دست می‌داد و بنابراین ضربه وارده از سوی کوبنده قادر به جدا کردن دانه نبود. بنابراین همانطور که از شکل ۶ پیداست، با افزایش رطوبت غلاف، درصد کوبش غلاف‌ها کاهش می‌یافت. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نیز

رطوبت شد (شکل ۷). نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) اختلاف معنی‌دار بین میانگین هر سه سطح سرعت کوبنده را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت کوبنده، انرژی جنبشی دانه، با توان دوم سرعت افزایش می‌یابد، بنابراین قابل پیش‌بینی است که با افزایش سرعت کوبنده، درصد دانه‌های شکسته خیلی سریع افزایش یابد. سایر محققین نیز افزایش سریع درصد دانه‌های شکسته با افزایش سرعت کوبنده را گزارش کرده‌اند (۱۲، ۱۳، ۱۷، ۲۲، ۲۳). مک دونالد (۱۹۸۵) نتیجه گرفت که برای دانه‌های سویا با رطوبت ۱۲/۹٪، با افزایش سرعت ضربه از ۱۰ به ۲۰، ۳۰ و ۴۰ متر بر ثانیه، درصد دانه‌های شکسته به ترتیب از صفر درصد به ۱۸/۶٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ افزایش یافت.

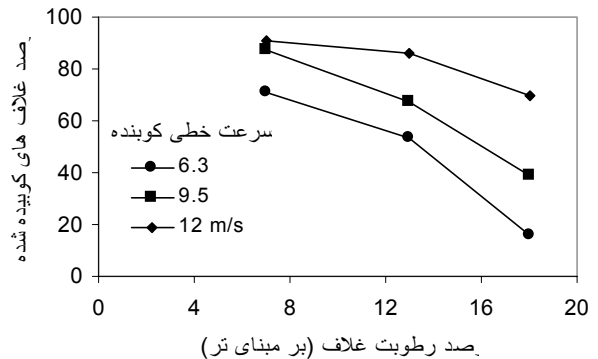


شکل ۷- تاثیر سرعت کوبنده بر درصد دانه‌های صدمه برای غلاف‌های بزرگ نخود دیم کنگاور.

در مورد دانه‌های نخود نیز افزایش سریع درصد دانه‌های شکسته با افزایش سرعت کوبنده، قابل ملاحظه است (جدول ۴). البته بدلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل رطوبت و سرعت کوبنده، تاثیر سرعت در همه سطوح رطوبت یکسان نبوده است. پیداست که در رطوبت ۱۸٪، سرعت تاثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های شکسته نشان نداد. در رطوبت ۱۲٪ نیز اختلاف بین سطوح ۶/۳ و ۹/۵ متر بر ثانیه معنی‌دار نبود. در صورتیکه که برای دانه‌های با رطوبت ۷٪، تاثیر سرعت کوبنده بر درصد دانه‌های شکسته شدیداً افزایش یافته بود.

تغییر سرعت کوبنده، با تغییر انرژی جنبشی دانه و بدنبال آن تغییر مقدار انرژی جذب شده توسط دانه همراه است. از طرفی چون دانه‌های مرطوب دارای ظرفیت جذب انرژی بالایی هستند، بنابراین قابل پیش‌بینی است که در مورد دانه‌های

اختلاف معنی‌دار بین میانگین هر سه سطح رطوبت غلاف در سطح ۱٪ را نشان می‌دهد.



شکل ۶- تاثیر رطوبت غلاف بر درصد غلاف‌های کوبیده شده برای غلاف‌های بزرگ نخود دیم کرمانشاه.

سینق و سینق (۱۹۸۱) نیز کاهش درصد غلاف‌های کوبیده سویا با افزایش رطوبت را گزارش کرده‌اند. آنها رابطه بین رطوبت غلاف و درصد کوبش را در تمام سطوح سرعت کوبنده، خطی گزارش کردند. در صورتیکه در مورد غلاف‌های نخود، تاثیر رطوبت بر درصد کوبش غلافها، در سطوح مختلف سرعت کوبنده یکسان نبود (شکل ۶). این نشانگر معنی‌دار بودن تاثیر متقابل رطوبت و سرعت کوبنده بر درصد کوبش غلاف‌هاست. از جدول ۴ پیداست که تاثیر رطوبت بر درصد کوبش غلاف‌ها در سرعت‌های پائین نمایانتر است. در سرعت ۶/۳ متر بر ثانیه، با کاهش رطوبت از ۱۸٪ به ۷٪، درصد غلاف‌های کوبیده شده ۳/۶ برابر می‌شد. در صورتیکه در سرعت‌های ۹/۵ و ۱۲ متر بر ثانیه، این مقدار به ترتیب معادل ۲/۱ و ۱/۳ برابر بود.

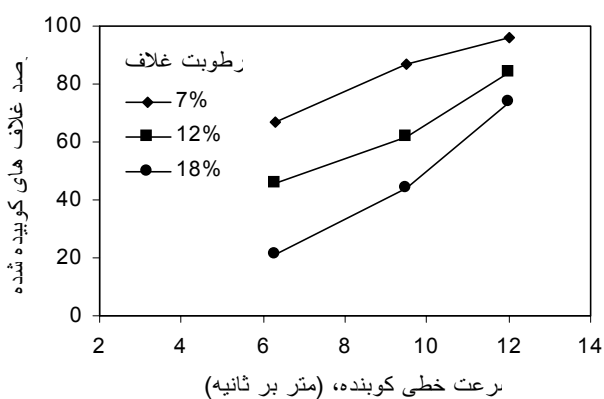
مشاهدات مزرعه‌ای حاصل از تست و ارزیابی کمباین نخود بهروزی لار و هوانگ (۲۰۰۲) نشان داد که تعدادی از غلافها قبل از ورود به کوبنده در اثر ضربه ناشی از انگشتی‌های خوشه چین کوبیده می‌شدند. طبق نتایج حاصل از این تحقیق پیش‌بینی می‌شود که اگر سرعت استوانه خوشه چین معادل ۹/۵ متر بر ثانیه انتخاب شود، مقدار غلاف‌های کوبیده شده در رطوبت‌های ۷٪، ۱۲٪ و ۱۸٪، به ترتیب ۸۲٪، ۶۰٪ و ۴۰٪ باشد.

تاثیر سرعت کوبنده

طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، سرعت کوبنده بیشترین تاثیر را بر درصد دانه‌های شکسته داشته است. افزایش سرعت کوبنده سبب افزایش درصد دانه‌های شکسته در کلیه سطوح

دور کوبنده یا استوانه خوشه چین برای برداشت محصول با رطوبت‌های مختلف (بمنظور حداقل کردن تلفات یا افزایش بازدهی ماشین) مفید خواهد بود.

مطابق شکل ۸ با افزایش سرعت کوبنده، درصد غلاف‌های کوبیده شده افزایش می‌یافت که طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها تاثیرش در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین درصد غلاف‌های کوبیده شده در سطوح مختلف سرعت کوبنده (جدول ۳) نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین هر سه سطح سرعت کوبنده است. میانگین درصد کوبش غلاف‌ها در سرعت ۱۲ متر بر ثانیه ۲ برابر مقدار آن در سرعت ۶/۳ متر بر ثانیه تعیین شد.



شکل ۸- تاثیر سرعت کوبنده بر درصد غلاف‌های کوبیده شده برای غلاف‌های بزرگ نخود دیم کنگاور.

بررسی داده‌های جدول ۴ و مقایسه نمودارهای شکل ۸ نشان می‌دهد که، تاثیر سرعت کوبنده بر درصد کوبش غلاف‌ها، در رطوبت‌های بالاتر مشهودتر است. در رطوبت‌های بالاتر، پوست غلاف به راحتی کوبیده نمی‌شود. بنابراین درصد کوبش غلاف‌ها در سرعت‌های پائین، بسیار ناچیز است و با افزایش سرعت شدیداً افزایش می‌یابد. در صورتیکه در رطوبت‌های پائین‌تر، بدلیل خشک و ترد بودن پوست غلاف‌ها، درصد کوبش غلاف‌ها در سرعت‌های پائین نیز باندازه کافی بالاست. و لذا اختلاف بین درصد کوبش غلاف‌ها در سرعت‌های مختلف کاهش می‌یابد. در رطوبت ۷٪، میانگین درصد غلاف‌های کوبیده شده در سرعت ۱۲ متر بر ثانیه، ۱/۵ برابر مقدار آن در سرعت ۶/۳ متر بر ثانیه تعیین شد. در صورتیکه در رطوبت‌های ۱۲٪ و ۱۸٪، این مقدار به ترتیب به ۱/۹ و ۴/۴ برابر افزایش یافت.

مرطوب، تغییرات سرعت کوبنده تاثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های شکسته نشان ندهد. پیکت (۱۹۷۳) نیز معتقد است که برای دانه‌های با رطوبت‌های ۱۷/۶٪ و ۱۸/۵٪، افزایش سرعت کوبنده از ۷/۶ به ۱۵/۲ متر بر ثانیه، تاثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های شکسته نداشته است. در صورتیکه برای دانه‌های با رطوبت ۱۵/۳٪، افزایش سرعت کوبنده در محدوده مذکور سبب ۴ برابر شدن درصد دانه‌های شکسته گردید.

بر اساس نتایج حاصله می‌توان توصیه کرد که برای برداشت غلاف‌های نخود با رطوبت ۷٪، سرعت کوبنده و استوانه خوشه چین کمتر از ۹/۵ متر بر ثانیه انتخاب گردد. در صورتیکه با افزایش رطوبت غلاف، می‌توان با اطمینان بیشتری نسبت به افزایش دور کوبنده و یا استوانه خوشه چین اقدام کرد بدون آنکه درصد دانه‌های شکسته بطور معنی‌داری افزایش یابد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که سرعت‌های پیشنهادی به‌روزی لار و هوانگ (۲۰۰۲) و سعادت‌نژاد (۱۳۷۶) برای کوبیدن نخود و کلنین (۱۹۸۶) برای کوبیدن محصولات غلافی که به ترتیب ۱۷، ۱۱/۵ و ۱۱/۵-۱۱/۵ متر بر ثانیه بوده‌اند، سبب افزایش شدید درصد دانه‌های شکسته نخود، مخصوصاً در رطوبت ۷٪ گردد. ضمناً بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، پیش‌بینی می‌شود که سرعت پیشنهادی سعادت‌نژاد (۱۳۶۷) و به‌روزی لار و هوانگ (۲۰۰۲) برای استوانه خوشه چین که به ترتیب ۱۸ و ۱۵ متر بر ثانیه است سبب شکستن درصد بالایی از دانه‌ها (در حین چیدن غلاف‌ها) گردد، مگر اینکه عملیات برداشت در رطوبت‌های بالا انجام گردد.

مدل ریاضی مناسب برای تحلیل رابطه بین درصد دانه‌های شکسته با دو فاکتور سرعت خطی کوبنده و رطوبت غلاف بصورت زیر تدوین شد:

$$D_g = 14.70 - 2.029V + 2348.75 \frac{V^{1.4}}{80M} - 6486 \frac{V}{100M}$$

$$r = 0.98$$

که در آن:

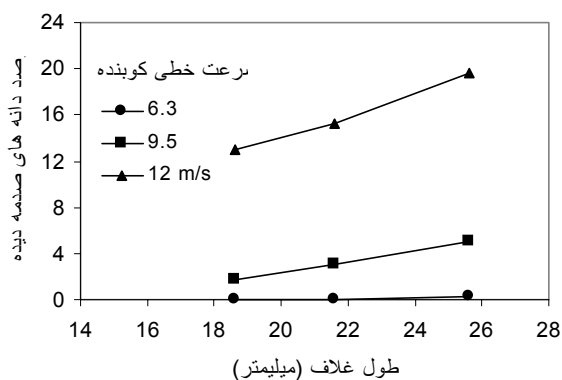
D_g = درصد دانه‌های شکسته

V = سرعت خطی کوبنده، متر بر ثانیه

M = درصد رطوبت غلاف

از این مدل می‌توان برای پیش‌بینی، برآورد و کنترل داده‌ها استفاده کرد (۲). ضمناً استفاده از این مدل برای مدیریت تنظیم

انرژی مصرفی برای شکست دانه بطور معنی‌داری افزایش می‌یافت (۱). میانگین انرژی مصرفی برای شکست دانه‌های با قطر ۶/۲، ۷/۲ و ۸/۲ میلی‌متر به ترتیب ۸۱/۴، ۱۰۶/۵ و ۱۲۹/۹ میلی‌ژول برآورد گردید. پیداست که انرژی مصرفی برای شکست دانه‌های بزرگ ۱/۶ برابر مقدار آن برای دانه‌های کوچک است.



شکل ۹- تاثیر اندازه غلاف و سرعت خطی کوبنده بر درصد دانه‌های شکسته نخود آبی کرج در رطوبت ۷٪.

بنابراین اگر فرض شود که در حین ضربه، تمام انرژی جنبشی غلاف جذب دانه شود، طبق نظرات کیرک و مک لئود (۱۹۶۷) و پائولسن (۱۹۷۸)، قابل پیش‌بینی است که در بارگذاری دینامیک نیز انرژی بیشتری برای شکست دانه‌های بزرگ نیاز باشد. لذا انتظار می‌رود که مقاومت دانه‌های درشت در حین بارگذاری دینامیک بیشتر از آن برای دانه‌های ریز باشد، که البته چنین نیست. چون جرم بیشتر غلاف‌های بزرگ سبب افزایش سریع انرژی جنبشی آنها نسبت به غلاف‌های کوچکتر می‌شود. در یک سرعت معین کوبنده، بستگی به اختلاف جرم غلافها، اختلاف انرژی جنبشی غلاف‌های کوچک و بزرگ ممکن است به ۲ تا ۲/۵ برابر برسد. بنابراین با وجود ظرفیت بالاتر جذب انرژی دانه‌های درشت، جرم بیشتر آنها این خصوصیت را تحت تاثیر قرار داده و سبب می‌شود که انرژی جنبشی آنها سریعاً افزایش یافته و به حد مورد نیاز برای شکست دانه برسد. بررسی اثرات دو گانه سرعت کوبنده و اندازه غلاف (جدول ۵) نشان می‌دهد که در کلیه سطوح سرعت کوبنده، با افزایش قطر غلاف، درصد دانه‌های صدمه دیده افزایش می‌یافت. البته در سرعت‌های پائین کوبنده، تاثیرش معنی‌دار نبود و با افزایش

در صورت استفاده از کمباین‌های خوشه چین برای برداشت غلاف‌های نخود با رطوبت ۷٪، چنانچه سرعت خطی انگشتی‌های خوشه چین بین ۶/۳ - ۹/۵ متر بر ثانیه انتخاب شود، انتظار می‌رود که ۶۲٪ تا ۸۲٪ غلاف‌ها قبل از ورود به کوبنده در اثر ضربه ناشی از انگشتی‌ها خوشه‌چین، کوبیده شوند. طبق نتایج آنالیز رگرسیون داده‌ها، رابطه بین درصد غلاف‌های کوبیده شده با دو فاکتور سرعت خطی کوبنده و رطوبت غلاف بصورت زیر تعیین گردید:

$$T_p = 33.276 - 3.325V + 0.171M \quad r = 0.95$$

که در آن:

T_p = درصد غلاف‌های کوبیده شده

V = سرعت خطی کوبنده، متر بر ثانیه

M = درصد رطوبت غلاف

تاثیر اندازه غلاف

اندازه غلاف تاثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های شکسته داشت ولی طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، اهمیت آن کمتر از سرعت کوبنده و رطوبت غلاف بوده است. با افزایش اندازه غلاف، درصد دانه‌های شکسته بطور معنی‌داری افزایش می‌یافت (شکل ۹). نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نیز اختلاف بین میانگین درصد دانه‌های شکسته برای هر سه سطح اندازه غلاف‌ها را نشان می‌دهد. بطور متوسط درصد دانه‌های شکسته غلاف‌های بزرگ ۲ برابر بیشتر از آن برای غلاف‌های کوچک بود. کلر و همکاران (۱۹۷۲) نیز تاثیر معنی‌دار اندازه دانه بر درصد دانه‌های شکسته را گزارش کردند. هوکی و بیکت (۱۹۷۳)، افزایش درصد دانه‌های شکسته با افزایش قطر دانه را بدلیل جرم بیشتر دانه‌های بزرگ نسبت به دانه‌های کوچک می‌دانند. آنها معتقدند که جرم بیشتر دانه سبب اعمال نیروی بیشتری به آن می‌شود.

در مورد غلاف‌های نخود نیز با افزایش اندازه غلاف، جرم غلاف و دانه نیز افزایش می‌یافت که گاهی اختلاف بین جرم غلاف‌های بزرگ و کوچک به ۲ تا ۲/۵ برابر می‌رسید، بنابراین همین نظریه ممکن است در مورد دانه‌های نخود نیز صادق باشد. البته از بعد انرژی نیز می‌توان این مسئله را بررسی کرد. نتایج آزمون تعیین انرژی مصرفی برای شکست دانه‌های نخود در بارگذاری شبه استاتیک نشان داد که با افزایش قطر دانه،

کوبش غلاف‌ها نیز بطور معنی‌داری افزایش یافت. البته طبق نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳)، اختلاف بین درصد کوبش غلاف‌های بزرگ و متوسط در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود. بهر حال، افزایش درصد کوبش غلاف‌ها با افزایش اندازه غلاف‌ها ممکن است بدلیل وزن بیشتر غلاف‌های بزرگتر باشد که سبب اعمال نیروی بیشتری به آنها می‌شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- رقم نخود تاثیر معنی‌داری بر درصد دانه‌های شکسته و درصد کوبش غلاف‌ها نشان نداد.

- سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف تاثیر معنی‌داری بر درصد غلاف‌های شکسته و درصد غلاف‌های کوبیده شده داشتند. در این بین سرعت بیشترین و اندازه غلاف کمترین تاثیر را نشان داد.

- با کاهش رطوبت غلاف، درصد دانه‌های شکسته افزایش می‌یافت. بدلیل معنی‌دار بودن تاثیر متقابل رطوبت و سرعت کوبنده، تاثیر رطوبت بر درصد دانه‌های شکسته، در سرعت‌های بالاتر (۹/۵ و ۱۲ متر بر ثانیه)، شدیدتر بود.

- تاثیر سرعت کوبنده بر درصد دانه‌های شکسته افزایش یافته بود که در رطوبت‌های پائین‌تر این اثر شدیدتر می‌شد.

- در محدوده رطوبت‌های ۱۲٪ تا ۱۸٪ و محدوده سرعت‌های ۶/۳ تا ۹/۵ متر بر ثانیه، تاثیر قطر غلاف بر درصد دانه‌های صدمه دیده معنی‌دار نبود. بنابراین در این محدوده‌ها، بدون توجه به طول غلاف، می‌توان رطوبت و سرعت مناسب برداشت را انتخاب نمود.

- برای غلاف‌های خشک با رطوبت ۷٪، لازم است سرعت کوبنده و استوانه خوشه چین کمتر از ۹/۵ متر بر ثانیه انتخاب گردد در غیر اینصورت درصد دانه‌های شکسته شدیداً افزایش می‌یابد.

- بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، محدوده رطوبت‌های ۱۲-۱۸٪ و سرعت ۹/۵ متر بر ثانیه بعنوان شرایط مناسب برای برداشت نخود پیشنهاد می‌گردد.

- توصیه می‌شود که با انجام تحقیق دیگری تاثیر دما نیز بر درصد دانه‌های شکسته نخود مطالعه شود.

- توصیه می‌شود با مجهز کردن کوبنده به ابزار دقیق اندازه‌گیری، نیرو و انرژی مصرفی برای شکست دانه و کوبیدن غلاف در حالت دینامیک اندازه‌گیری شود.

سرعت کوبنده این اثر بیشتر نمایان می‌شد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در محدوده سرعت‌های ۶/۳ تا ۹/۵ متر بر ثانیه، تاثیر قطر غلاف بر درصد دانه‌های صدمه دیده معنی‌دار نبوده. بنابراین بدون توجه به طول غلاف، می‌توان سرعت مناسب کوبنده و استوانه خوشه چین را انتخاب نمود.

جدول ۵- تاثیر سرعت کوبنده و اندازه غلاف بر درصد دانه‌های شکسته

سرعت خطی کوبنده (متر بر ثانیه)	شکسته		
	۱۲	۹/۵	۶/۳
	اندازه غلاف		
	کوچک	متوسط	بزرگ
۴/۷ c	۰/۸۵ ef	۰/۰ e	
۶/۸۸ b	۱/۳۷ e	۰/۰۴ e	
۹/۲۹ a	۲/۳۷ d	۰/۰۴ e	

در هر ردیف یا ستون اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار نیست.

ضمناً از جدول ۶ پیداست که تاثیر قطر غلاف بر درصد دانه‌های صدمه دیده، در رطوبت‌های پائین‌تر مشهودتر است. در صورتیکه در رطوبت ۱۸٪ تاثیر معنی‌داری مشاهده نگردید. بر این اساس می‌توان توصیه کرد که در محدوده رطوبت‌های ۱۲٪ تا ۱۸٪، می‌توان بدون توجه به طول غلاف، رطوبت مناسب برداشت را انتخاب نمود.

جدول ۶- اثرات رطوبت و اندازه غلاف بر درصد دانه‌های شکسته

رطوبت غلاف (%)	نخود		
	۱۸	۱۲	۷
	اندازه غلاف		
	کوچک	متوسط	بزرگ
۰/۰۴ f	۰/۹۶ ef	۴/۵۵ c	
۰/۲۶ f	۱/۴۴ de	۶/۵۹ b	
۰/۴۴ f	۲/۲۲ d	۹/۰۳ a	

در هر ردیف یا ستون اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

در بین فاکتورهای مورد مطالعه، قطر غلاف کمترین تاثیر را بر درصد کوبش غلاف‌ها نشان داد. با افزایش قطر غلاف، درصد

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. خزائی، ج. ۱۳۸۲. تعیین نیروی چیدن غلاف نخود و مقاومت مکانیکی آن به کوبیدن، رساله دوره دکترا، گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۳۱ صفحه.
۲. رضائی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ۲۹۴ صفحه.
۳. سعادت‌نژاد، د. ۱۳۷۶. طراحی و طرز ساخت دماغه و کوبنده کمباین نخود. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد. گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. شماره ۹۸.
4. Bartsch, J. A., C. G. Haugh., K. L. Athow & R. M. Peart. 1986. Impact damage to soybean seed. Trans. of the ASAE. 29(2):582-586.
5. Behrooz-Lar, M. & B. K. Huang. 2002. Design and development of chick pea combine. AMA, 33(1): 35-38.
6. Bilanski, W. K. . 1966. Damage resistance of seed grains. Trans. of the. ASAE . 19(2): 360 – 363.
7. Cain, D. F. & R. G. Holmes. 1977. Evaluation of soybean impact damage. American Society of Agricultural Engineering. Paper Number 77-1552, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
8. Evans, M. D., R. G. Holmes, & M. B. McDonald. 1990. Impact damage to soybean seed as affected by surface hardness and seed orientation. Trans. of the ASAE. 33(1): 234-240.
9. Fairbanks, G., W. Johnson, M. Schrock, & S. Nath. 1979. Grain sorghum harvesting loss study. Trans. of the ASAE. 22(1):246-250.
10. Fiscus, D. E., G. H. Foster, & H.H.Kaufmann. 1971. Physical damage of grain caused by various handling techniques. Trans. of the ASAE. 14(3):480-485.
11. Foutz, T. L., S. A. Thompson, & M. D. Evans. 1993. Comparison of loading response of packed grain and individual kernels. Trans. of the ASAE. 36(2): 569-576.
12. Green, D.E., L. E. Cavanah, & E.L. Pinnell. 1966. Effect of seed moisture content, field weathering, and combine cylinder speed on soybean seed quality. Crop science, 6: 7-10.
13. Hoki, M., & K. Pickett. 1973. Factors affecting mechanical damage of navy beans. Trans. of the ASAE. 16(6): 1154-1157.
14. Klenin, N. I., I. F. Popov, & V. A. Sakun. 1986. Agricultural Machines” Theory of Operation, Computation of Controlling Parameters and the Conditions of Operation”. A. A. Balkema, Rotterdam, New Delhi.
15. Keller, D. L., H. H. Converse , T. O. Hodges, & D. S. Chung. 1972. Corn kernel damage due to high velocity impact. Trans. of the ASAE. 15(2):330-332.
16. Kirk, I. W., & H. E. McLeod. 1967. Cottonseed rupture from static energy and impact velocity. Trans. of the ASAE. 10(2): 217-219.
17. McDonald, M. B. 1985. Physical seed quality of soybean. Seed Science and Technology 13:601-628.
18. Mohsenin, N. N. 1984. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York : Gordon and Breach science Publishers .
19. Parkoboon, N. 1982. A study of abnormal seedling development in soybean as affected by threshing injury. Seed Science and Technology, 10: 495-501.
20. Paulsen, M. R. 1978. Fracture resistance of soybeans to compressive loading. Trans. of the ASAE. 21(6):1210-1216.
21. Paulsen, M. R., W.R. Nave, & L.E. Gray. 1981. Soybean seed quality as affected by impact damage. Trans. of the ASAE. 24(6):1577-1582.
22. Perry, J.S & C.W.Hall. 1966. Evaluating and reducing mechanical handling damage to pea beans. Trans. of the ASAE. 9(5): 696-701.
23. Pickett, L. K. 1973. Mechanical damage and processing losses during navy bean harvesting. Trans. of the ASAE 16(6):1047-1050.
24. Singh, K. & B. Singh. 1981. Effect of crop and machine parameters on threshing effectiveness and seed quality of soybeans. J. Agr. Eng Res. 26:349-355.
25. Zoerb, G.C & C.W. Hall. 1960. Some mechanical and rheological properties of grains. J. Agr. Eng Res. 5(1):83-93.

Effect of Impact Velocity, Moisture Content, and Pod Size on Percentage of Damaged Grains and Threshed Pods in a Finger Type Combine Thresher

**J. KHAZAEI¹, M. BEHROUZI LAR², A. RAJABIPOUR³
AND S. MOHTASEBI⁴**

**1, 2, 3,4 , Former Ph.D. Student, Professor and Assistant Professors,
Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran**

Accepted April, 16, 2003

SUMMARY

In this research, the effect of impact velocity, moisture content, and pod size, were studied on percentage of damaged grains and percentage of threshed pods by using a manufactured finger type combine thresher. All tests were conducted on two dryland varieties of chick pea as well as an irrigated one. It was found that the variety of chick pea had no significant effect on percentage of damaged grains and percentage of threshed pods. Impact velocity and moisture content had a significant effect on percentage of damaged grains as well as on threshed pods. The most effect was observed to be related to velocity and the least to pod size. With increasing the impact velocity from 6.3 to 12 m/s, the percentage of damaged grains and threshed pods were increased from zero to 7% and from 42 to 85%, respectively. With increase in the moisture content of the pods, the percentage of damaged grains and threshed pods were decreased significantly, while with increase in the pod size, the percentage of damaged grain as well as percentage of threshed pods were increased significantly. Based on these results, the best condition for harvesting this crop would be recommended at a moisture content of between 12% to 18% while an impact velocity of below 9.5 m/s for threshing mechanism.

Key words: Chick pea, Pod, Grain, Harvesting, Impact, Threshing, Damage, Combine.