طراحی، ساخت و ارزیابی کوبنده و ضد کوبنده کمباین برای برداشت آفتابگردان

پدرام قیاسی[1*]، امین اله معصومی[2]، عباس همت[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- عضو هئیت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه صنعتی اصفهان

* ایمیل نویسنده مسئول: p.ghiasi@ag.iut.ac.ir

چکیده

کیفیت برداشت زراعت آفتابگردان آجیلی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برداشت مکانیزه آفتابگردان همراه با خساراتی تا ۴۶٪ گزارش شده است و به این علت برداشت آفتابگردان آجیلی در ایران اغلب بصورت دستی انجام می‌گیرد که زمان بر و هزینه بر است. برای بررسی تأثیر پارامترهای متغیر بر کوبش آفتابگردان، کوبنده دندانه لاستیکی و ضد کوبنده طراحی و ساخته شد. پارامترهای متغیر کاری شامل سرعت کوبنده، فاصله کوبنده و ضد کوبنده، نرخ تغذیه و رطوبت محصول می‌باشند. دستگاه ساخته شده در شرایط آزمایشگاهی با هدف جداسازی تخمه از طبق‌های آفتابگردان رقم آجیلی به نام آذرگل مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایشات در ۳ تکرار، سرعت سیلندر کوبنده در ۳ سطح ۲۸۰، ۳۸۰ و ۴۸۰ دور بردقیقه، فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده در ۲ سطح ۸ و ۱۰ سانتی متر و رطوبت طبق آفتابگردان متناسب با شرایط برداشت در مزرعه در ۲ سطح ۲۰ و ۴۵ ٪ بر پایه تر انجام شد. مقادیر توان مصرفی، بازده جداسازی، بازده کوبش و دانه های آسیب دیده بررسی شد. نتایج نشان داد تأثیر سرعت کوبنده بر توان مصرفی، بازده جداسازی و بازده کوبش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر رطوبت طبق آفتابگردان و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر بازده کوبش در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود، اما تأثیر این دو عامل بر درصد جداسازی کوبنده در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. رطوبت طبق بر توان مصرفی در سطح احتمال ۱٪ مؤثر بود و فاصله کوبنده و ضد کوبنده در سطح احتمال ۵٪ بر توان مصرفی مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: بازده کوبش، برداشت آفتابگردان، توان مصرفی.

مقدمه

دانه های روغنی دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. بر اساس گزارش‌های سازمان خواربار جهانی میزان تولید روغن در طول سال های اخیر افزایش چشم گیری داشته است[1] که بیشترین میزان افزایش روغن مربوط به روغن دانه آفتابگردان می‌باشد. انواع بذر آفتابگردانی که کشت می‌شود به دو گونه آجیلی و روغنی می‌باشد که نوع آجیلی درشت تر و درصد روغن کمتری را نسبت به نوع روغنی دارد و برای مصارف مستقیم استفاده می‌شود. نوع روغنی، با هدف جدایش روغن از مغز تخمه آفتابگردان کشت می‌شود (خواجه پور، ۱۳۹۱). کاشت آفتابگردان در اکثر مناطق ایران بصورت دستی و یا با استفاده از ماشین کاشت ذرت انجام

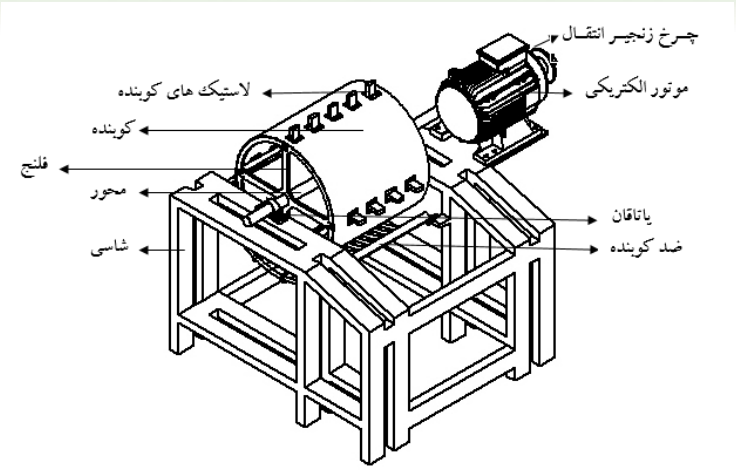
[1] FAO

می‌دهند مرحله داشت که شامل وجین، تنک کردن و غیره می‌باشد نیز دستی انجام می‌گیرد و نهایتا عمل برداشت، که بحث اصلی در این تحقیق می‌باشد و حساس ترین مرحله زراعت آفتابگردان می‌باشد نیز با توجه به رقم دانه آفتابگردان به دو روش دستی و ماشینی انجام می‌گیرد (خواجه پور، ۱۳۹۱). در برداشت ماشینی، از کمباین غلات برای برداشت تخمه آفتابگردان‌های روغنی یا ریز استفاده می‌شود. در این روش علیرغم تغییر تنظیمات کوبنده و ضد کوبنده که شامل ازدیاد فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده و کاستن سرعت دورانی کوبنده می‌باشد درصد تلفات حدود ۴۶درصد می‌باشد (فرخی و همکاران، ۱۳۸۲)، که شامل شکستگی پوست دانه و شکستگی دانه می‌باشد و این تلفات سبب کاهش قابلیت انبار داری و افت کمی و کیفی محصول می‌شود (شریف نبی، ۱۳۸۹). برداشت مکانیزه هر محصول شامل جمع آوری، کوبش، جدا کردن و تمیز کردن می‌باشد که بخش کوبش حساسترین و مهمترین عمل در کمباین می‌باشد. زیرا ایجاد اختلال در این قسمت موجب کاهش بازده برداشت، آسیب رسیدن به محصول و مختل کردن بخش‌های بعدی کمباین می‌شود (سریواستاوا و همکاران، ۱۹۹۳). تحقیقی با عنوان تاثیر نوع سیلندر، سرعت سیلندر و نرخ تغذیه بر کوبش آفتابگردان انجام شد سه نوع کوبنده دندانه میخی با پوسته، دندانه میخی بدون پوسته و سوهانی را مورد بررسی قرار گرفت که کوبنده نوع دندانه میخی آسیب کمتری را نسبت به سایر کوبنده ها به دانه آفتابگردان وارد می‌کند و با افزایش سرعت کوبنده و با افزایش سرعت و نرخ تغذیه و کاهش رطوبت طبق آفتابگردان آسیب دانه ای افزایش پیدا می‌کند (Sudajan *et al*. 2002). (EL-Khateeb *et al*. 2008) به بررسی فاکتور های عملیاتی بر کوبش آفتابگردان پرداختند. نتایج این تحقیق این بود که با افزایش سرعت کوبنده، بازده کوبش در هر دو ماشین مورد استفاده افزایش پیدا می‌کند. تحقیق دیگر (Sudajan *et al*.2005) نشان داد که با افزایش فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده آسیب دانه‌ای کاهش می‌یابد. (جهانی و همکاران، ۲۰۱۵) دستگاه جدا کننده آفتابگردان را طراحی و ساختند و دریافتند که با افزایش رطوبت طبق آفتابگردان درصد جدایش دانه از طبق کاهش می‌یابد.

هدف از تحقیق حاضر طراحی، ساخت و ارزیابی کوبنده و ضد کوبنده مخصوصی است که بتواند در برداشت ماشینی آفتابگردان آجیلی به‌کار رود. به این منظور یک دستگاه کوبنده سیلندری با زائده‌های لاستیکی و ضدکوبنده طراحی و ساخته شد. برای ارزیابی از تست ریگ و اینورتور برای دستیابی به سرعت‌های مختلف پیشروی و دور سیلندر کوبش استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

کوبنده و ضد کوبنده بر روی شاسی با قابلیت اتصال به نوار نقاله (تست ریگ) به منظور فراهم ساختن تغییر در نرخ تغذیه طراحی و ساخته شد. طرحواره واحدهای مختلف دستگاه طراحی شده در شکل ۱ نشان داده شده است که شامل کوبنده، ضد کوبنده، موتور الکتریکی محرک، شاسی، یاتاقان، چرخ زنجیر، لاستیک های روی کوبنده، پوسته کوبنده، فلنج، گیره های لاستیک، محور و مکانیزم تغییر فاصله کوبنده و ضد کوبنده می‌باشد.



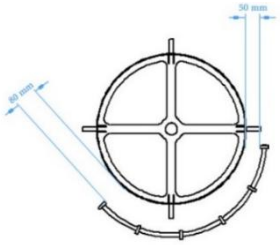
شکل ۱ طرحواره دستگاه کوبش و ضد کوبش آزمایشگاهی

استوانه کوبنده به قطر ۵۰ سانتی متر و عرض ۵۰ سانتی متر و دارای ۴ ردیف لاستیک که یک ردیف در میان شامل ۴ و ۵ عدد لا ستیک می‌با شد و بر روی محوری به قطر ۳۰ میلی متر قرار داده شده ا ست. ضد کوبنده شامل ۶ پروفیل موازی با محور کوبنده و ۱۲ عدد میلگرد عمود بر پروفیل ها است که در کمان ۱۳۵ درجه به صورت قسمتی از استوانه در آمده است. کلیه قطعات کوبنده و ضدکوبنده به جز لاستیک ها از فولاد ASTM-A36 انتخاب شدندو لاستیک‌ها با مقاومت خمشی ۴۵ مگاپاسکال انتخاب شدند.

پس از طراحی و ساخت، دستگاه مورد ارزیابی ایستگاهی قرار گردید. محصول تهیه شده برای انجام ارزیابی، از رقم آجیلی آذرگل از مزرعه‌ای واقع در اطراف اصفهان تهیه شد. بوته های سالم و با طبق‌هایی بدون قارچ و کپک در سطح رطوبتی متوسط مزرعه که در زمان رسیدگی محصول بود، انتخاب شدند و به کارگاه ساخت و تولید گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. فاصله زمانی بین چیدن طبق‌ها و انجام اولین آزمون ارزیابی ۴۸ ساعت طول کشید و در این فاصله از رطوبت طبق‌ها کاسته شد و به حدود ۴۵٪ بر مبنای ماده تر رسید. رطوبت دانه ها در دو سطح ۴۵ و ۲۰ درصد برمبنای ماده تر نمونه انتخاب شدند. برای اندازه گیری رطوبت، طبق‌ها آفتابگردان به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۴ درجه سانتی گراد با ۵ تکرار در آون قرار داده شد. برای هر آزمون حدودا ۱۲ عدد طبق که جرم طبق‌های تر حدودا ۱۰ کیلوگرم و جرم طبق‌های خشک ۷ کیلوگرم، بصورت تصادفی بین طبق‌ها انتخاب می شد تا فرآیند کوبش بصورت پیوسته انجام شود یعنی کل سطح کوبنده در زمان کوبش، با طبق آفتابگردان پوشیده شود. ارزیابی دستگاه به منظور بررسی عملکرد، و تعیین مناسب ترین شرایط کاری کوبنده و ضد کوبنده بر اساس پارامترهای متغیر انجام گردید. مؤلفه های اندازه گیری شده در ارزیابی شامل توان مصرفی، درصد جداسازی کوبنده و ضد کوبنده، بازده کوبش و آسیب دانه ای بودند.

قبل از شروع آزمایش های اصلی، پیش آزمون هایی به منظور تعیین محدوده نسبتا مطلوب سرعت کوبنده، فاصله و رطوبت طبق آفتابگردان انجام شد. پارامترهای متغیر دستگاه شامل سرعت کوبنده در سه سطح، فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده در دو سطح

و رطوبت طبق آفتابگردان در دو سطح محصول انتخاب شدند و نرخ تغذیه دستگاه ثابت، و مقدار ۶۷۰ kg/h در نظر گرفته شد. برای رسیدن به این نرخ تغذیه با توجه به تراکم کشت آفتابگردان و مقدار محصول در هکتار، سرعت پیشروی ثابت ۲/۵ km/h در نظر گرفته شد. تنظیم سرعت نوار نقاله از طریق اینورتور ۱۰ hp و با اندازه گیری طی مسافت خاص در زمان معین میزان سرعت نوار نقاله نیز تنظیم شد. سرعت کوبنده در سه سطح،(۲۸۰، ۳۸۰ و ۴۸۰ دور بر دقیقه) تعیین شد. برای تغییر دور کوبنده از اینورتور ۲۰ hp که با تغییر فرکانس دور موتور را تغییر می داد، استفاده شد. دور خروجی کوبنده با دور سنج اندازه گیری شد. فاصله اولین قوطی عمود بر جهت حرکت کمباین تا استوانه در دو سطح (۱۰و ۸ سانتی متر) تعیین شد. این فاصله، فاصله لبه ضد کوبنده تا استوانه کوبنده در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه ضد کوبنده شامل ۶ قوطی عمود بر جهت حرکت کمباین بود فاصله این قوطی ها تا استوانه کوبنده بصورت تصاعدی تا ۵/۲۵ cm برای آخرین قوطی کاهش می‌یافت. در شکل ۲ فاصله کوبنده و ضد کوبنده در ابتدا و انتها نشان داده شده است.



شکل ۲نمایش فاصله ابتدا و انتهای کوبنده و ضد کوبنده

برای دستیابی فاصله کوبنده و ضد کوبنده ۱۰ سانتی متر، فواصل قوطی ابتدایی تا انتهایی استوانه به ترتیب کاسته شد: ۱۰، ۹، ۷/۵، ۶/۵، ۵/۲۵ سانتی متر و برای فاصله ۸ سانتی متر، این فاصله به ترتیب ۸، ۷/۳، ۶/۶، ۵/۹، ۵/۲ سانتی متر بودند.

برای هر آزمایش جریان مصرفی موتور با استفاده از آمپر متر القایی اندازه گیری شد. ولتاژ ورودی به موتور و $cos\ \theta$ موتور ثابت بود. حین کوبش جریان مصرفی از حالت ثابت به بیشینه و پس از کوبش دوباره به حالت ثابت می‌رسید که برای هر آزمایش بیشیه جریان ثبت، و با استفاده از رابطه ۱ بیشینه توان مصرفی محاسبه شد(لسانی، ۱۳۷۱).

$$P_t = P_a + P_b + P_c = 3V_{rms}I_{rms}\cos\theta \qquad (۱)$$

هر آزمون در سه تکرار انجام شد و برای هر آزمون وزن مواد ورودی به دستگاه، وزن مواد کوبیده شده در زیر و در پشت ضد کوبنده اندازه گیری شد. قسمت زیرین ضد کوبنده به ۵ بخش مختلف تقسیم شد. از آنجایی که عملیات کوبش شامل دو عمل ضربه و مالش می‌باشد در قسمت‌های ابتدایی ضد کوبنده تأثیر ضربه بر کوبش بیشتر و در قسمت‌های انتهایی مالش تأثیر بیشتری بر

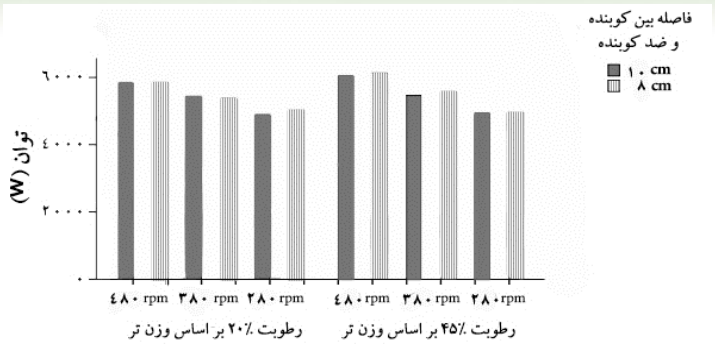
کوبش دارد. بر همین اساس برای هر آزمون وزن هر بخش جداگانه و درصد مواد دانه ای و غیر دانه ای به تفکیک وزن گردید. خروجی دستگاه شامل دانه، مواد غیر دانه ای و طبق‌های کوبیده نشده می‌باشد که هر کدام برای هر آزمون وزن شدند.

از طرح آماری کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل ۳ فاکتور۲×۳×۲ به ترتیب با عامل‌های رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده برای تجزیه واریانس بازده کوبش، بازده جداسازی، توان مصرفی و درصد جداسازی اجرا شد. که به ترتیب شامل دو سطح رطوبت طبق (۲۰ و ۴۵٪ بر مبنای ماده تر)، سه سطح سرعت کوبنده (۴۸۰،۳۸۰ و ۲۸۰ دور بر دقیقه)، دو سطح فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده (۸ و ۱۰ سانتی متر) و سه تکرار مورد بررسی آماری قرار گرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. نمودار ها با استفاده از نرم افزار *SPSS Statistics 17* رسم شد و برای تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار *SAS 9.0* استفاده شد.

نتایج و بحث

توان مصرفی

با توجه میزان توان ورودی به واحد کوبش در کمباین، موتور الکتریکی با توان مشابه برای تأمین نیروی محرک لازم قرار داده شد. بکار انداختن در حالت بدون بار، توان ثابتی را می طلبد که این توان صرف چرخش کوبنده و غلبه برنیروی اصطکاکی و مقاومت هوا می‌شود. حین انجام هر آزمون توان از این مقدار ثابت به یک بیشینه و پس از اتمام کوبش توان، به همان مقدار قبل مصرف می شد. با مقایسه توان مصرفی کوبنده در سرعت کوبنده‌های مختلف، فاصله کوبنده و ضد کوبنده و رطوبت های مختلف طبق می‌توان دریافت که با افزایش رطوبت طبق و سرعت کوبنده توان مصرفی افزایش می‌یابد و با افزایش فاصله کوبنده و ضد کوبنده توان مصرفی کاهش می‌یابد. با افزایش رطوبت طبق خاصیت الاستیک طبق بیشتر شده و انرژی بیشتری را تا پاره شدن جذب می نماید ولی در رطوبت پایین تر با اولین ضربه لاستیک ها با توجه به ترد بودن طبق، طبق‌ها شکسته شده و به قسمت زیر ضد کوبنده منتقل می‌شود. افزایش سرعت نیز مستقیما بر توان تأثیر نهاده و افزایش توان را منجر می‌شود. در حالتی که فاصله کوبنده و ضد کوبنده کمینه است، تراکم طبق‌ها در این فاصله بیشتر می‌شود و برای پاره شدن طبق و یا انتقال به قسمت پشت کوبنده و ضد کوبنده نیروی بیشتری می خواهد. شکل ۳ میانگین توان مصرفی کوبنده و ضد کوبنده را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت طبق‌ها و سرعت کوبنده توان مورد نیاز کوبنده، افزایش و با افزایش فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده توان مصرفی کاهش می‌یابد.



شکل ۳ میانگین توان مصرفی بیشینه کوبش آفتابگردان

نتیجه تجزیه واریانس برای بررسی پارامتر ها بر توان مصرفی بیشینه کوبنده و ضد کوبنده، در جدول ۱ آمده است که بیانگر آن است که تأثیر رطوبت طبق و سرعت کوبنده بر مقدار توان مصرفی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده بر توان مصرفی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر متقابل درجه اول رطوبت×سرعت بر توان، در سطح ۱٪ و تأثیر متقابل درجه دوم رطوبت×سرعت×فاصله بر توان نیز در سطح احتمال۵٪ معنی دار می باشند اما اثرات متقابل درجه اول رطوبت×فاصله و سرعت×فاصله بر توان معنی دار نمی‌باشد.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده و اثرات متقابل آنها بر توان مصرفی بیشینه کوبش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رطوبت	۱	۱۲۹۹۹۵/۱۰۱	۱۲۹۹۹۵/۱۰۱	۵۱/۱۸**
سرعت	۲	۶۰۸۶۲۱۷/۷۴۸	۳۰۴۳۱۰۸/۸۷۴	۱۱۹۸/۱۰**
فاصله	۱	۳۸۱۰۴/۹۹۲	۳۸۱۰۴/۹۹۲	۱۵*
رطوبت×سرعت	۲	۱۸۲۴۵۵/۰۰۸	۹۱۲۲۷/۵۰۴	۳۵/۹۲**
رطوبت×فاصله	۱	۳۰۰۳/۲۲۳	۳۰۰۳/۲۲۳	۱/۱۸ns
سرعت×فاصله	۲	۳۹/۳۸۲	۱۹/۶۹۱	۰/۰۱ns
رطوبت×سرعت×فاصله	۲	۱۸۶۳۱/۴۲۵	۹۳۱۵/۷۱۳	۳/۶۷*

خطا	۲٤	٦۰۹٥۸/٥۷۳	۲٥۳۹/۹٤۱
کل	۳٥	٦٥۱۹٤۰٥/٤٥۱	

****معنی دار بودن در سطح احتمال ۱٪** ***معنی دار بودن در سطح احتمال ٥٪** **ns معنی دار نبودن در سطح احتمال ٥٪**

مقایسه میانگین تأثیر رطوبت بر توان مصرفی بیشینه در جدول ۲ که با استفاده از آمون دانکن انجام شد، نشان داده شده است و بیانگر این می‌باشد که رطوبت طبق بر توان مصرفی مؤثر است و با افزایش رطوبت طبق توان مصرفی کوبنده افزایش می‌یابد. برای سرعت کوبنده نیز مقایسه میانگین انجام شد و نتایج آن در جدول ۲ آمده است. می‌توان دریافت که سرعت کوبنده بر توان مصرفی کوبنده مؤثر است و با افزایش آن مقدار توان افزایش می‌یابد. فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر توان مصرفی کوبنده مؤثر می‌باشد و نتایج مقایسه میانگین در جدول ۲ نشان داده شده است. که کاهش فاصله کوبنده و ضد کوبنده توان مصرفی بیشتری را می طلبد.

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین تأثیر رطوبت طبق آفتابگردان، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضدکوبنده بر توان مصرفی بیشینه با استفاده از آزمون دانکن

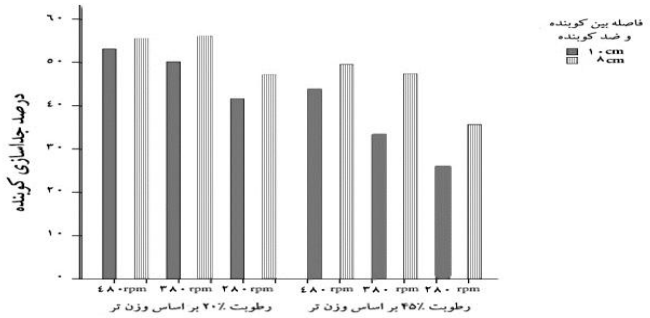
پارامتر		توان مصرفی (W)
رطوبت طبق آفتابگردان		
	٪۲۰	٥٤۱۳/۷۹^{a*}
	٪٤٥	٥٥۳۳/۹۸^{b}
سرعت کوبنده (rpm)		
	٤۸۰	٥۹۷۷/٥۲^{a}
	۳۸۰	٥٤۷۳/۷۷^{b}
	۲۸۰	٤۹۷۰/۳٦^{c}
فاصله کوبنده و ضد کوبنده(cm)		

۸	۵۵۰۶/۴۲[a]
۱۰	۵۴۴۱/۳۵[b]

×میانگین‌هایی که با حروف مشترک در هر پارامتر هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

بازده جداسازی کوبنده

بازده جداشدن در کوبنده برابر درصد دانه های خارج شده از سوراخ های ضد کوبنده به تعداد کل دانه های ورودی است. قسمت اعظم دانه‌ها در این قسمت جدا می‌شوند. هر چه این بازده بیشتر باشد، بازده قسمت جدا کننده و تمیز کننده کمباین نیز بالا می رود. شکل ۴ میانگین بازده جداسازی کوبنده را در رطوبت، فاصله و سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ٤ میانگین درصد جداسازی کوبنده

بیشترین درصد جداسازی مربوط به سرعت ۳۸۰ rpm ، فاصله ۸ cm و رطوبت ۲۰٪ بر اساس وزن تر بود و کمترین آن نیز به سرعت ۲۸۰rpm ، فاصله ۱۰ cm و رطوبت ۴۵٪ بر اساس وزن تر تعلق داشت. نتایج تجزیه واریانس برای بررسی تأثیر سه پارامتر رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده و اثرات متقابل آنها برمیزان مواد دانه ای و غیر دانه ای در زیر کوبنده، در جدول ۳ نشان داده شده است. تأثیر رطوبت، سرعت و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر درصد جداسازی کوبنده در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می‌باشد. تأثیر متقابل درجه یک رطوبت طبق×سرعت کوبنده و تأثیر متقابل درجه دوم رطوبت طبق×سرعت کوبنده×فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر درصد جداسازی کوبنده معنی دار نمی‌باشد اما اثرات متقابل درجه اول رطوبت طبق×سرعت کوبنده و سرعت کوبنده× فاصله کوبنده در سطح احتمال ۵٪ بر درصد جداسازی معنی دار می‌باشد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن برای بررسی تأثیر رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر درصد جداسازی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تأثیر رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده و اثرات آنها بر جداسازی کوبنده

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F

رطوبت	۱	۱۱۵۰/۵٦٦	۱۱۵۰/۵٦٦	۸۱/۹٦**
سرعت	۲	۱۰۵۹/٦۹	۵۲۹/۸٤۵	۳۷/۷۵**
فاصله	۱	۳٦۹/۷۹۲	۳٦۹/۷۹۲	۲٦/۳٤**
رطوبت×سرعت	۲	٦۱/۵۵۵	۳۰/۷۷۷	۲/۱۹ ns
رطوبت×فاصله	۱	۱۰۳/۰۲۲	۱۰۳/۰۲۲	۷/۳٤*
سرعت×فاصله	۲	۱۱۰/۰٤۱	۱۱۰/۰٤۱	۳/۹۲*
رطوبت×سرعت×فاصله	۲	۷/۷٦٦	۳/۸۸۳	۰/۲۸ ns
خطا	۲٤	۳۳٦/۸۹۸	۱٤/۰۳۷	
کل	۳۵	۳۱۹۹/۳۳٤		

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱٪

* معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪

ns معنی دار نبودن در سطح احتمال ۵٪

نتایج حاکی از آنند که رطوبت طبق بر درصد جداسازی کوبنده مؤثر است با افزایش رطوبت از شکنندگی طبق‌ها کاسته شده و زمان و ضربه بیشتری را برای تبدیل شدن به قطعات ریز می طلبند بر همین اساس با افزایش رطوبت طبق، بازده جداسازی کاهش یافته است. سرعت کوبنده نیز بر درصد جداسازی کوبنده مؤثر می‌باشد و تأثیر بیشتر ضربه، در سرعت‌های بالا سبب ریزش بیشتر مواد در زیر ضد کوبنده می‌شود. بر همین اساس با افزایش سرعت کوبنده بازده جداسازی افزایش پیدا میکند. به مانند رطوبت طبق و سرعت کوبنده، فاصله کوبنده و ضد کوبنده نیز بر درصد جداسازی کوبنده مؤثر است و در فاصله های بین کوبنده و ضد کوبنده کمتر به دلیل افزایش تراکم طبق‌ها و بیشتر شدن تأثیر مالش بر آنها طبق‌ها راحت تر به قطعات ریز تبدیل شده و از ضد کوبنده عبور می‌کنند.

جدول ٤ نتایج مقایسه میانگین تأثیر رطوبت طبق آفتابگردان، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضدکوبنده بر درصد جداسازی با استفاده از آزمون دانکن

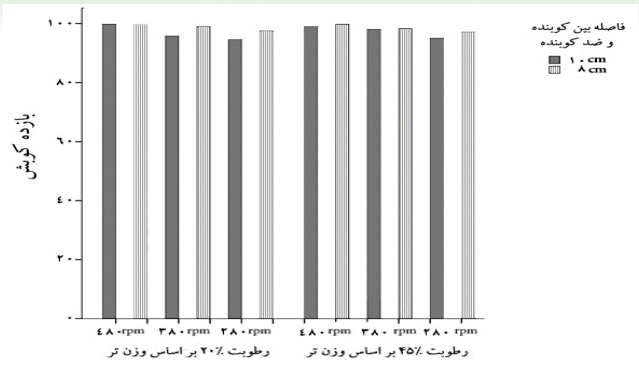
پارامتر	درصد جداسازی

رطوبت طبق آفتابگردان		
	٪۲۰	۵۰/٦٥٤[a*]
	٪٤٥	۳۹/۳٤۸[b]
سرعت کوبنده (rpm)		
	٤۸۰	۵۰/۵۷[a]
	۳۸۰	٤٦/۷۸٤[b]
	۲۸۰	۳۷/٦٤۷[c]
فاصله کوبنده و ضد کوبنده(cm)		
	۸	٤۸/۲۰٦[a]
	۱۰	٤۱/۷۹٦[b]

×میانگین‌هایی که با حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

بازده کوبش

با توجه به تعریف بازده کوبش که بستگی به دانه های کوبیده نشده داشت. شکل ۵ میانگین مقدار بازده کوبش را در هر تست نمایش می‌دهد. افزایش دانه‌های کوبیده نشده با کاهش شدت عمل فرآیند کوبش همراه است. در فاصله‌های بین کوبنده و ضد کوبنده بیشتر بازده کوبش به دلیل بیشتر شدن مقدار طبق‌های کوبیده نشده، کاهش می‌یابد. در فاصله کوبنده و ضد کوبنده بیشتر به دلیل برخورد کمتر طبق‌ها با نبشی‌ها و اجزاء ضد کوبنده و کاهش اثر مالش و ضربه، طبق‌های بدون کوبش بیشتری از فضای بین کوبنده و ضد کوبنده می‌گذرند.



شکل ۵ میانگین بازده کوبش کوبنده

نتایج تجزیه واریانس انجام شده در جدول ۵ نشان می‌دهد که عامل سرعت کوبنده بر بازده کوبش در سطح احتمال ۱٪ مؤثر است. و آثار متقابل درجه دوم رطوبت طبق×سرعت کوبنده×فاصله کوبنده و ضد کوبنده در سطح احتمال ۵٪ بر بازده کوبش مؤثر است. رطوبت طبق، فاصله کوبنده و ضد کوبنده و آثار درجه اول این عوامل بر هم بر بازده کوبش مؤثر نمی باشند.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده و اثرات متقابل آنها بر بازده کوبش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
رطوبت	۱	۰/۳٤٤	۰/۳٤٤	۰/۱٤^{ns}
سرعت	۲	۷۲/۲۵۵	۳٦/۱۲۷	۱٤/۸۹**
فاصله	۱	۲/٦٦۷	۲/٦٦۷	۱/۱۰ ^{ns}
رطوبت×سرعت	۲	۲/۰۳۹	۱/۰۱۹	۰/٤۲ ^{ns}
رطوبت×فاصله	۱	۲/۱۵۱	۲/۱۵۱	۰/۸۹ ^{ns}
سرعت×فاصله	۲	۷/۲۵۷	۳/٦۲۸	۱/۵۰ ^{ns}
رطوبت×سرعت×فاصله	۲	۲۳/۷۲۲	۱۱/۸٦۱	٤/۸۹ *
خطا	۲٤	۵۸/۲۲۲	۲/٤۲۵	
کل	۳۵	۱٦۸/٦٦۱		

**معنی دار بودن در سطح احتمال ۱٪	*معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪	ns معنی دار نبودن در سطح احتمال ۵٪

مقایسات میانگین که از آزمون دانکن برای پارامترهای رطوبت طبق، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضد کوبنده انجام شد و در جداول۶ آمده است و بیانگر این نتیجه است که میانگین رطوبت در دو سطح ۲۰ و ۴۵ ٪ در یک گروه قرار گرفته و بر بازده کوبش تأثیری ندارند. به همین صورت فاصله کوبنده و ضد کوبنده نیز بر بازده کوبش مؤثر نمی‌باشد. تأثیر سرعت کوبنده بر بازده کوبش معنی دار است در سرعت‌های پایین به دلیل کاهش تکانه وارده به طبق، که از طریق لاستیک های کوبنده اعمال می‌شود، مقدار ضربه لازم جهت جدایش دانه از طبق فراهم نشده لذا مقدار دانه‌های جدا نشده از طبق یا طبق‌های کوبیده نشده در سرعت‌های پایین افزایش یافته است.

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین تأثیر رطوبت طبق آفتابگردان، سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضدکوبنده بر بازده کوبش با استفاده از آزمون دانکن

پارامتر		بازده کوبش
رطوبت طبق آفتابگردان		
	٪۲۰	۹۷/۸۸[a*]
	٪۴۵	۹۷/۶۸[a]
سرعت کوبنده (rpm)		
	۴۸۰	۹۹/۵۳[a]
	۳۸۰	۹۷/۷۶۳[b]
	۲۸۰	۹۶/۰۶۳[c]
فاصله کوبنده و ضد کوبنده(cm)		
	۸	۹۸/۰۵۸[a]
	۱۰	۹۷/۵۱۴[a]

*میانگین‌هایی که با حروف مشترک در هر پارامتر هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

دانه‌های آسیب دیده

طراحی انجام شده برای کوبنده و ضد کوبنده به نحوی است که در هیچ سرعت کوبنده، فضای بین کوبنده و ضد کوبنده و رطوبت طبقی، نیروی اعمالی به دانه به مقدار نیروی شکست دانه نمی‌رسد و کل دانه ها سالم از ضدکوبنده عبور می‌کنند و یا به پشت کوبنده و ضد کوبنده می روند. فضای باز ضد کوبنده، قطر میل‌گردهای استفاده شده، پخ نبشی ها، منعطف بودن لاستیک ها حین ضربه و برخورد با دانه با هر زاویه برخوردی، راحتی عبور دانه از ضد کوبنده، وجود استوانه کوبنده که از برخورد اجزاء فلزی کوبنده با طبق جلوگیری می‌کرد و فیزیولوژیک طبق آفتابگردان از عواملی هستند که باعث نبود آسیب به دانه می‌شوند.

نتیجه گیری کلی

۱- با تجهیز سیلندر کوبش به زائده‌های لاستیکی مشکل آسیب دانه ای برطرف شده و هرچه شدت عمل کوبش بیشتر شد پارامترهای بازده کوبش و بازده جداسازی کوبنده و ضد کوبنده افزایش یافت که شدت عمل بیشتر همراه است با افزایش سرعت کوبنده، کاهش فا صله بین کوبنده و ضد کوبنده و کاهش رطوبت طبق آفتابگردان. درنتیجه پیشنهاد سرعت ۴۸۰ دور بر دقیقه فاصله ۸ سانتی متر و رطوبت ۲۰٪ را برای برداشت آفتابگردان داده می‌شود.

۲- با افزایش رطوبت طبق آفتابگردان توان مورد نیاز واحد کوبش افزایش یافت. با توجه به اینکه با کاهش رطوبت طبق از ۴۵ به ۲۰٪، بازده کوبش و بازده جداسازی افزایش نشان داد، بنابراین کاهش رطوبت طبق آفتابگردان شامل دو مزیت کاهش توان مصرفی و بهبود بازده کوبش و بازده جداسازی می‌شود.

۳- می‌توان بیان کرد که به ترتیب سرعت کوبنده، رطوبت طبق آفتابگردان و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بر کوبش آفتابگردان مؤثر می‌باشند.

منابع

جهانی ف, نصیری م, رئوفت ح. ۱۳۹۴. طراحی، ساخت ارزیابی دستگه جدا کننده دانه آفتابگردان. نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون.

خواجه پور م. ۱۳۹۱. گیاهان صنعتی: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی.

سریواستاوا ا, گورینگ گ, اجر ر. ۱۹۹۳. اصول طراحی ماشین های کشاورزی.

شریف نبی ب. ۱۳۸۹. بیماری های گیاهان زراعی ایران. اصفهان: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

فرخی ا, نبی پور ع, دانشیان ج. ۱۳۸۲. دستور العمل تولید آفتابگردان در مناطق مختلف کشور. سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی.

لسانی ح. ۱۳۷۱. ماشین های الکتریکی (ترجمه). تهران: چاپخانه شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

EL-Khateeb H, Sorour H, Saad M. 2008. operation factors affecting twodifrent threshing machines for threshing sunflower heads. agricultural mechanization and engineering 251-270.

Sudajan, S., V. Salokhe, and S. Chusilp. 2005. Effect of concave hole size, concave clearance and drum speed on rasp-bar drum performance for threshing sunflower. Agri. Mech. 36: 51-60.

Sudajan S, Salokhe V, Triratanasirichai K. 2002. effect of type of drum, drum speed and feed rate on sunflower threshing. Biosystem Engineering: 413-421.