مقاله

بهینه‌سازی سیستم‌های برداشت، خرمنکوبی و جداسازی کمباین برای کاهش تلفات ذرت دانه‌ای

روح‌الله محمد سنابادی*
کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی
مربی پژوهشی، پژوهشکدهٔ مهندسی جهاد
rohollahmohammad@yahoo.com

محمدرضا مستوفی سرکاری
استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی
مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی
mostofi08@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۷

چکیده

معمولاً فرایند برداشت ذرت با کمباین با تلفاتی همراه است. این تلفات منجر به کاهش سود می‌شود و اگرچه نمی‌توان مقدار آن را به صفر رساند، اما می‌توان آن را در حد قابل قبولی کنترل کرد. اصولاً کمباین را با ایجاد تغییراتی چون تعویض هد برداشت، تعویض ضدکوبنده و قراردادن صفحات پوششی روی استوانهٔ کوبنده برای برداشت ذرت دانه‌ای آماده می‌کنند. از جمله مهمترین مسائل موجود دربارهٔ برداشت ذرت دانه‌ای، جلوگیری از تلفات این محصول است که بخش قابل ملاحظه‌ای از تلفات دانه در زمان اجرای عملیات برداشت در هد کمباین (هنگام جداسازی بلال از ساقه) و در بخش کوبنده و ضدکوبنده (به‌دلیل شکسته‌شدن بلال‌ها) رخ می‌دهد. شرایط اولیه اجرای پروژهٔ تحقیقاتی در مزرعهٔ ۴۰۰ هکتاری مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر[1]، بخش تحقیقات ذرت دانه‌ای و گیاهان علوفه‌ای، عبارت است از سرعت کوبنده برابر با ۷۵۰ دور بر دقیقه و رطوبت محصول ۱۱/۶ درصد بر پایهٔ خشک. نتایج حاصل از برداشت محصول و میزان تلفات دانه و اندازه‌گیری آن نشان می‌دهد که در دماغه‌های معمولی، که نیروی وارده برای جداسازی ساقه به‌صورت عمودی وارد می‌شود، تلفات زیادی در هنگام برداشت محصول به‌وجود می‌آید و سبب ریزش بیش از اندازه می‌شود. با مشاهدهٔ نتایج طرح و معنادار شدن نتایج بر صفحات جداکننده و به‌منظور کاهش تلفات برداشت محصول در دماغهٔ کمباین، الزامی است نسبت به تغییرات لازم روی دماغه‌های ساخت داخل کشور اقدام اساسی صورت گیرد.

واژگان کلیدی: کمباین ذرت، کاهش ضایعات برداشت، اصلاح هد کمباین، سیستم کوبنده و ضدکوبنده، واحد تغذیه

۱. مقدمه

امروزه جمعیت روبه افزایش جهان با کمبود مواد غذایی مواجه است و جهت مقابله با کمبودها به توسعهٔ تولید نباتات پرمحصول همچون ذرت نیاز دارد. از نظر سطح زیر کشت جهانی، ذرت بعد از گندم و برنج مقام سوم را به‌خود اختصاص داده است. میزان تولید ذرت در سال‌های اخیر نسبت به گندم و برنج برتری داشته و در بین محصولات زراعی مقام نخست را دارد [۱].

از دیرباز، هدف دیرینهٔ کشاورزان برداشت مکانیزهٔ غلات بوده است. هدف از عملیات برداشت، جمع‌آوری به‌موقع دانه‌ها و جداسازی آنها از قسمت‌های دیگر محصول با کمترین تلفات و بیشترین کیفیت است. در این راستا انتخاب روش و ادوات مناسب برداشت به نوع محصول، روش کاشت و شرایط اقلیمی بستگی دارد [۲]. برداشت ذرت با کمباین و میزان تلفات و ریزش آن به‌عواملی چون رطوبت دانه، درجه حرارت محیط، وضعیت مزرعه (خوابیدگی)، وضعیت کمباین (نو یا فرسوده‌بودن آنها) و تجربهٔ راننده بستگی دارد. مجموعهٔ این عوامل و یا هر کدام از آنها به تنهایی قادر است میزان افت و ریزش‌ها را به‌شدت بالا ببرد. آشنایی و شناخت عوامل فوق و به‌کارگیری سازوکارهای لازم در برداشت محصول می‌تواند افت را در حد قابل قبولی پایین آورد.

بهروزی لار و همکاران در پژوهشی با عنوان بررسی افت کمباین غلات با هدف دستیابی به حدود افت بین‌المللی به بررسی عوامل تأثیرگذار بر افت کمباین غلات پرداخته و به این نتیجه رسیدند که میزان افت کمباین‌های ایران از ۴ تا ۵ درصد، که استاندارد افت کمباین غلات در سطح بین‌المللی است، بالاتر است [۳]. پرایس و همکاران نیز در پژوهشی با عنوان تلفات دانه در برداشت تجاری دانه‌های روغنی به این نتیجه رسیدند که در شرایط ایده‌ال تلفات دانه می‌تواند ۲ تا ۵ درصد باشد. در شرایط آب‌وهوایی معمول ایران افت‌های ۲۰ تا ۲۵ درصد نیز ثبت شده است [۴]. با افزایش نرخ تغذیهٔ کمباین، تلفات کل به‌شدت افزایش می‌یابد. علت افزایش تلفات، افزایش بار روی کاه‌پران‌هاست [۵]. آنها پارامترهای سرعت پیشروی، سرعت محیطی کوبنده، فاصلهٔ سیلندر و زیرسیلندری، اندازهٔ روزنهٔ الک‌ها، سرعت پروانهٔ باد و رطوبت را اندازه‌گیری نمودند. همچنین تلفات پلاتفرم، تلفات خرمنکوب، جداکننده و تمیزکننده را نیز اندازه‌گیری کرده و میانگین تلفات را ۱۲ درصد گزارش نمودند [۶]. در گزارشی دیگر، متوسط تلفات کمباین معادل ۳/۴ درصد عنوان شد که ۱/۵ درصد آن مربوط به پلاتفرم بوده است [۷]. استفاده از پلاتفرم جداکننده به‌علت کاهش مقدار کاه منتقل‌شده به سیستم تمیزکننده و جداکننده سبب افزایش ظرفیت کمباین به‌میزان ۵۰ تا ۱۰۰ درصد شده است [۸]. برای جلوگیری از تلفات دانه و پوست‌کنی در دماغهٔ ذرت، غلتک‌های کشنده و صفحات پوست‌کن باید به‌هم نزدیک‌تر شوند. همچنین سرعت زنجیرهای جمع‌آوری‌کننده و غلتک‌های کشنده نیز در مزارع با عملکرد پایین، باید افزایش یابد تا حجم مواد ورودی به کمباین زیاد شود و موجب کاهش در حداکثر ظرفیت کار کمباین نشود [۹]. تطبیق تنظیم‌های دماغه با شرایط محصول در جلوگیری از تلفات در برداشت بسیار اهمیت دارد [۱۰]. تلفات پلاتفرم را در حدود ۵۰ درصد ریزش کل کمباین گزارش کرده‌اند [۱۱]. دور بالای سیلندر مهمترین عاملی است که به آسیب‌دیدگی دانه و متلاشی‌شدن چوب بلال منجر می‌شود [۱۲].

مکانیزاسیون[۲] نیز به‌عنوان یکی از عوامل مهم توسعهٔ کشاورزی، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است و در این راستا، توجه به اتوماسیون، به‌کارگیری صحیح ماشین، استفادهٔ مطلوب از فناوری ماشین سهم شایانی در افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه و بالابردن میزان تولید خواهد داشت. رسیدن به خوداتکایی در تأمین ذرت دانه‌ای، نیازمند دستیابی به حداکثر بهره‌وری در تمامی مسائل مربوط به ذرت دانه‌ای می‌باشد و حال که با هدف افزایش تولید و

کاهش واردات (تا حد صفر) به تولید آن همت گماشته شده، باید جلوی هرگونه تلفات گرفته شود؛ به‌خصوص در برداشت آن که درصد زیادی از دانه‌ها هدر می‌رود.

۲. مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه این طرح با هدف اصلاح و بهینه‌سازی سیستم‌های هد کمباین و به‌منظور دستیابی به کمترین میزان تلفات دانه در ذرت دانه‌ای دنبال می‌شود، نخست اقدام به خریداری یک عدد هد برداشت ذرت دانه‌ای نموده، سپس بررسی و شناسایی سیستم‌های آن انجام شد. در ادامه، منشأ تلفات دانهٔ ذرت روی هد، همچنین انواع تلفات موجود در ذرت دانه‌ای شناسایی شد تا با در نظر گرفتن تمامی شرایط موجود، سازوکارهای مؤثر در ایجاد تلفات شناسایی شود و شرایط استاندارد آزمایش و ارزیابی برای هد موجود به‌عمل آید. در گام بعد، با توجه به عوامل ایجاد تلفات روی کمباین، سازوکارهای هد و اعمال اصلاحات و تغییرات مورد نیاز جهت دستیابی به تلفات کمتر بررسی گردید و در نهایت با اجرای آزمایشات مزرعه‌ای میزان تلفات موجود در هد بررسی و با میزان تلفات هد ذرت قبل از اعمال تغییرات مقایسه گردید.

۳. بررسی هد کمباین

دستگاه مورد آزمایش، هد چهار ردیفهٔ ذرت دانه‌ای قابل نصب روی کمباین جاندیر مدل ۹۵۵ ۳ است. این دستگاه به‌منظور جداکردن بلال ذرت از ساقه و تحویل آن به واحد تغذیهٔ کمباین ساخته شده است. این هد از نوع چهار ردیفه با فاصلهٔ ردیف‌های ثابت ۷۵ سانتی‌متر است و از بخش‌هایی چون شاسی سیستم انتقال نیرو، واحد برداشت (ذرت‌کن) و قسمت انتقال ذرت به کمباین تشکیل شده است (شکل ۱).

۱-۳. مشخصات فنی هد برداشت ذرت دانه‌ای

مشخصات فنی هد برداشت به شرح ذیل می‌باشد:

توان مورد نیاز: ۴۵ اسب بخار

دور ورودی: ۶۰۰ دور در دقیقه

تعداد ردیف: ۴

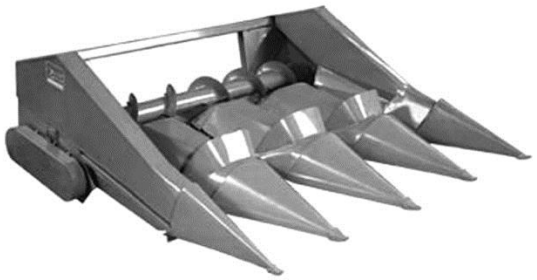
نرخ برداشت: ۴ هکتار در ۸ ساعت

وزن: ۱۰۰۰ کیلوگرم

طول: ۳۲۰ سانتی‌متر

پهنا: ۲۸۰ سانتی‌متر

ارتفاع: ۱۳۰ سانتی‌متر



شکل ۱. نمای کلی هد برداشت ذرت دانه‌ای

۲-۳. طراحی و پیشنهاد سازوکار مناسب

در این بخش ابتدا سازوکارهای موجود بر روی هد کمباین، که مستقیماً با محصول در تماس بوده و در ایجاد تلفات دانهٔ ذرت مؤثرند را بررسی کرده، سپس با در نظر گرفتن نحوهٔ عملکرد آن اجزا در دستگاه هد کمباین و براساس سازوکار مورد پیش‌بینی اقدام به ایجاد تغییرات لازم می‌نماییم.

۱-۲-۳. بررسی سازوکار خوراک‌گیر موجود روی هد کمباین

قسمت خوراک‌گیر عمل دریافت محصول و جداسازی بلال از روی ساقه را انجام می‌دهد. دریافت محصول در اثر حرکت روبه جلوی کمباین صورت گرفته و جداسازی توسط اجزای واحد خوراک‌گیر انجام می‌شود که بخش متحرک این اجزاء توان خود را از طریق جعبه‌دندهٔ تعبیه‌شده در این سازوکار دریافت می‌کند. اجزایی که در جداسازی و انتقال بلال مؤثرند عبارت‌اند از:

۱. شاسی Uشکل

۲. صفحات جداکننده

۳. سازوکار زنجیر نقاله
۴. سازوکار فنر زنجیر سفت‌کن
۵. غلتک
۶. صفحات علف‌گیر و جعبه‌دنده

۲-۲-۳. نحوهٔ عملکرد واحد خوراک‌گیر

در یک تقسیم‌بندی کلی اجزای واحد خوراک‌گیر را می‌توان به دو بخش قطعات ثابت و متحرک تقسیم کرد. قطعات ثابت شامل شاسی U‌شکل، سازوکار فنر زنجیر سفت‌کن، صفحات جداکنندهٔ بلال و صفحات علف‌گیر می‌باشد و قطعات متحرک شامل زنجیر و چرخ زنجیرها و همچنین غلتک‌ها می‌باشد. توان از طریق سیستم انتقال قدرت هد ذرت به جعبه‌دنده‌ها می‌رسد.

۳-۲-۳. نحوهٔ جداسازی بلال از ساقه

طراحی کارخانه‌ای هد ذرت دانه‌ای به‌گونه‌ای است که پس از استقرار روی کمباین یک زاویهٔ حمله نسبت به زمین زراعی پیدا می‌کند. همچنین هد مورد بررسی، که هد چهار ردیفهٔ ذرت دانه‌ای است، دارای سه پوشانندهٔ دماغه است و وقتی کمباین بین ردیف‌های کشت در حال حرکت است، باعث هدایت ساقه‌های بلال به میان واحد خوراک‌گیر می‌گردند. بنابراین با پیشروی کمباین در مزرعهٔ ذرت دانه‌ای، ساقه‌های بلال در بین واحدهای خوراک‌گیر قرار می‌گیرند. اجزایی که مستقیماً در جداسازی بلال از ساقه دخالت دارند صفحات جداکننده و غلتک‌ها می‌باشند. همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، محل استقرار صفحات جداکننده روی شاسی U‌شکل می‌باشد و در زیر این شاسی دو غلتک قرار گرفته است. غلتک‌ها توسط چرخ‌دندهٔ متحرک غلتک به گردش درمی‌آیند و دارای حرکت دورانی در جهت عکس همدیگر می‌باشند. جهت چرخش غلتک‌ها به‌گونه‌ای تنظیم شده است که حرکت دورانی عکس هر غلتک منجر به مکش ساقه به‌سمت پایین (به‌سمت صفحات جداکننده) می‌گردد. چون غلتک‌ها مخروطی‌شکل هستند، در ابتدای هدایت و ورود ساقه‌های ذرت به‌درون واحد خوراک‌گیر ساقه‌های بلال با آنها به‌طور ناگهانی درگیر نمی‌شوند، بلکه در امتداد مسیر حرکت در طول واحد خوراک‌گیر ساقه‌های بلال به آرامی به غلتک‌ها تماس حاصل می‌کنند. وضعیت قرارگیری غلتک‌ها به‌گونه‌ای است که سبب مکش ساقه‌های بلال به‌سمت پایین و در واقع به‌سمت صفحات جداکننده می‌شوند. فاصلهٔ بین صفحات جداکننده بسته به اندازه و ابعاد بلال‌ها به‌گونه‌ای تنظیم شده است که بلال قادر به ردشدن از فضای آزاد بین صفحات جداکننده نیست و چون پره‌های موجود غلتک‌ها با هم همپوشانی دارند، مکش ساقه همچنان ادامه داشته که این امر سبب جدایش بلال از ساقه آن می‌شود. قطع‌شدن بلال در راستای محور خود و در انتهای بلال می‌باشد و لذا برگ‌های بلال نیز از روی آن جدا می‌شوند.

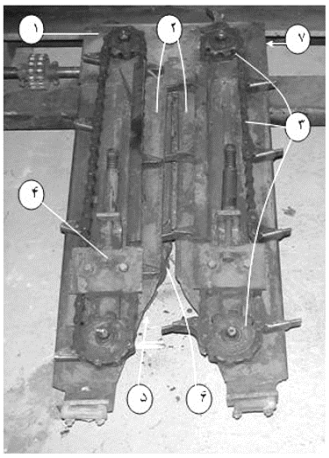
۴-۲-۳. نحوهٔ انتقال بلال در واحد خوراک‌گیر

بلال‌ها پس از جداسازی باید به‌درون کمباین و به‌داخل سیستم کوبنده و ضدکوبنده انتقال یابند. این امر از طریق سه سیستم انتقال صورت می‌گیرد که از این میان، دو سیستم انتقال بر روی هد کمباین واقع شده و یک سیستم داخل آن تعبیه شده است. محصول جداشده در ابتدا از محل جدایش باید به سازوکار هلیس انتقال داده و پس از جمع‌آوری روی هلیس به سیستم انتقال کمباین تحویل داده شود. اولین سازوکار انتقال محصول روی واحد خوراک‌گیر طراحی شده است. اجزایی که به‌طور مستقیم جهت انتقال بلال در واحد خوراک‌گیر مؤثر می‌باشند شامل زنجیر انتقال، چرخ زنجیرهای محرک و متحرک و قاشقک‌های تعبیه‌شده روی زنجیر می‌باشد (شکل ۴).

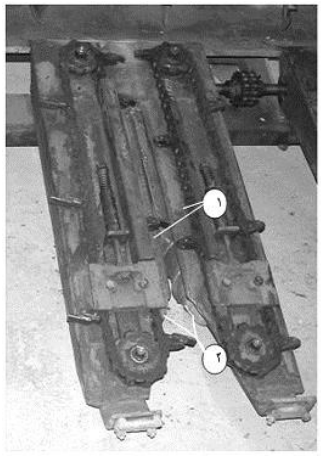
۴. سازوکار مورد نظر جهت کاهش تلفات

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در هد بردارندهٔ ذرت، ساقه‌ها توسط غلتک‌هایی به‌سمت پایین کشیده می‌شوند و بلال‌ها

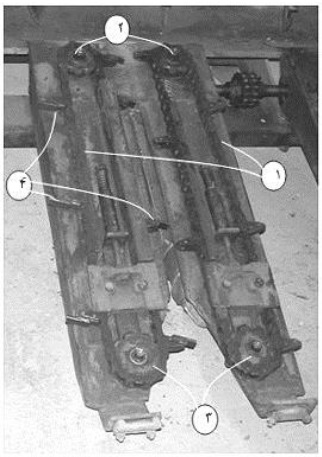
که با سرعت زیاد به پایین کشیده می‌شوند، در اثر گیرافتادن بین صفحات نگه‌دارنده از ساقه جدا می‌گردند.



شکل ۲. سازوکار قسمت خوراک‌گیر



شکل ۳. سیستم جداسازی بلال از ساقه



شکل ٤. سیستم انتقال بلال؛ زنجیر انتقال (۱)، چرخ زنجیرهای محرک (۲) و متحرک (۳) و نهایتاً قاشقک‌های تعبیه‌شده روی زنجیر (٤)

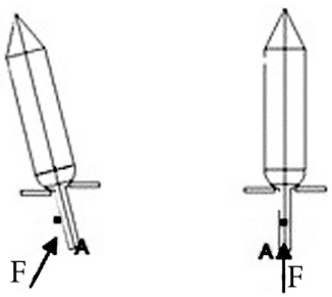
در هدهای موجود، به‌هنگام جداشدن بلال از ساقه، راستای کشیده‌شدن بلال در امتداد محور طولی آن است. کشیده‌شدن بلال در راستای محور طولی سبب واردشدن نیروی عمودی به قاعدهٔ بلال شده که این نیرو عامل شکستن چوب بلال از قاعده و جداشدن دانه‌های بلال از چوب آن می‌گردد. در سازوکار مورد نظر هدف کاهش تلفات دانهٔ ذرت به‌هنگام جداسازی بلال از ساقه است. چون عمدهٔ دلیل جدایش دانه‌های بلال اعال نیرو در امتداد محور بلال است، در طرح مورد نظر هدف تغیر سازوکار فعلی و دستیابی به سازوکاری است که نیروی وارده را به حداقل مقدار ممکن برساند. با اعمال تغییرات لازم در سازوکار جداکنندهٔ بلال از ساقه، راستای نیروی کشش و جداسازی از امتداد محور بلال منحرف می‌شود تا عمل جداکردن بلال از ساقه به‌راحتی و بدون ضربه و ارتعاش غیرضروری، که منجر به تلفات می‌شود، صورت گیرد. دستیابی به هدف اخیر از طریق ایجاد اختلاف ارتفاع بین صفحات جداکننده امکان‌پذیر خواهد بود. این تغییرات سه مزیت عمده دارد:

۱. به‌دلیل اعمال نیرو با زاویهٔ مطلوب، جدایش بلال‌ها از ساقه راحت‌تر خواهد بود و برای جدایش، توان و نیروی

کمتری نیاز است. کاهش نیروی برخورد عامل مؤثری در جلوگیری از ریزش بذرها به‌هنگام جداسازی بلال از ساقه است.

۲. جهت نیروهای اعمال‌شده بر دانه‌های بذر تغییر یافته که این تغییرات نیز در کاهش ریزش دانه مؤثر است.

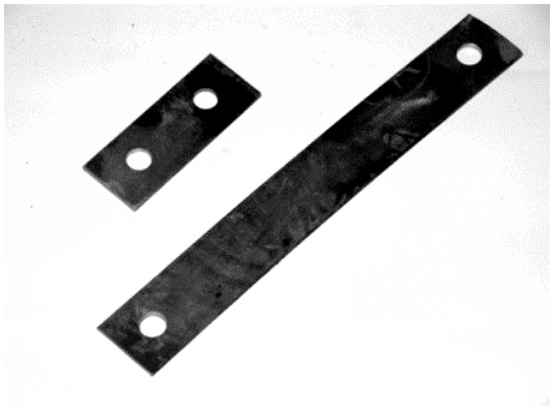
۳. شکستن ساقه دقیقاً در نقطهٔ اتصال بلال به آن (نقطهٔ A)، که مزیت آن جدایش تمامی برگ‌ها از روی بلال می‌باشد؛ زیرا برگ‌ها همگی به ساقه متصل‌اند و اگر شکستگی ساقه در زمان جداسازی بلال، درست در نقطهٔ اتصال آن به بلال باشد، تمامی برگ‌ها نیز به همراه ساقه جدا می‌شوند. پس واضح است که کاهش مواد زائد واردشونده به کمباین (به‌خصوص در واحد کوبنده و ضدکوبنده) بر کیفیت عملیات تأثیر مطلوبی خواهد داشت. ایجاد اختلاف ارتفاع بین صفحات جداکننده باعث می‌شود که راستای نیروی F وارد بر انتهای بلال از همراستابودن با محور بلال تغییر زاویه داده و نیروی وارده در راستای محور بخشی از نیروی F خواهد بود.



شکل ۵. سازوکار کاهش تلفات

۵. سازوکار مورد نظر جهت کاهش تلفات

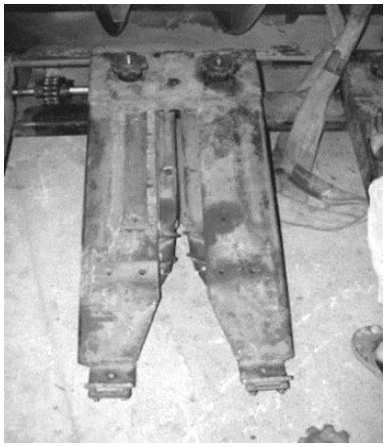
با اطلاع از اینکه کاهش تلفات از طریق کاهش نیروی کششی محوری و رساندن آن به حداقل نیروی لازم و مؤثر صورت خواهد پذیرفت، دستیابی به این امر از طریق ایجاد اختلاف ارتفاع بین صفحات جداکننده در هر واحد خوراک‌گیر محقق خواهد شد. جهت اعمال اختلاف ارتفاع بین صفحات جداکننده از تعدادی صفحهٔ فاصله‌انداز استفاده می‌شود. این صفحات در زیر یک صفحهٔ جداکننده قرار گرفته و سبب بالاتر قرارگرفتن یکی از صفحات جداکننده نسبت به صفحه دیگر می‌شوند (شکل ۶).


شکل ٦. صفحات فاصله‌انداز

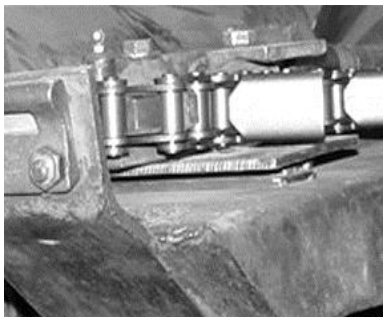
باید توجه داشت که روی صفحهٔ جداکنندهٔ سازوکار زنجیر انتقال بلال و همچنین سازوکار فنر سفت‌کن قرار دارد و با تغییر موقعیت‌دادن صفحهٔ جداکننده، این سازوکارها نیز دچار تغییر در موقعیت قرارگیری خواهند شد. لذا تغییرات روی سه بخش انجام خواهد شد که در ادامه بدان اشاره می‌شود.

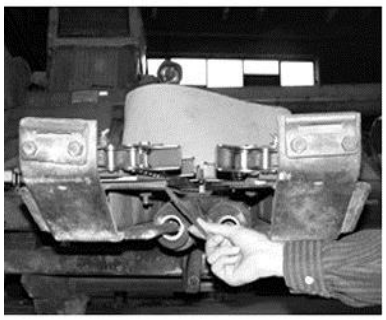
۱-۵. ایجاد اختلاف ارتفاع یکی از صفحات

اختلاف ارتفاع در نظر گرفته شده جهت آزمون و ارزیابی میزان کاهش ریزش ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر بوده که جهت ایجاد این اختلاف ارتفاع از یک سری صفحات فاصله‌انداز با ضخامت ۵ میلی‌متر استفاده می‌شود. چون هد کمباین ذرت دارای چهار ردیف است و به بیان دیگر دارای چهار سازوکار جداکننده می‌باشد، تغیرات بدین صورت اعمال شده است که روی یکی از سازوکارها اختلاف ارتفاع ۱۰ میلی‌متر، روی سازوکار دیگر اختلاف ارتفاع ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده و سایر سازوکارها بدون تغییر باقی خواهند ماند تا بدین صورت در هر مسیر برداشت ارزیابی میزان تلفات و مقایسهٔ تأثیر میزان اختلاف ارتفاع بر میزان تلفات ممکن شود.



شکل ۷. شاسی واحد خوراک‌گیر





شکل ۸ صفحات جداکننده

۵-۲. استقرار سازوکار فنر سفت‌کن در موقعیت جدید

سازوکار فنر سفت‌کن روی صفحات جداکننده قرار گرفته است و با تغییر موقعیت این صفحات، موقعیت سازوکار فنر سفت‌کن نیز تغییر می‌کند. چون موقعیت سازوکار فنر سفت‌کن فقط در راستای عمودی تغییر خواهد کرد، لذا در خود سازوکار تغییری داده نخواهد شد؛ بلکه صرفاً پیچ‌هایی که این سازوکار را روی شاسی U شکل نصب کرده‌اند، ۲۰ میلی‌متر بلندتر در نظر گرفته می‌شود.

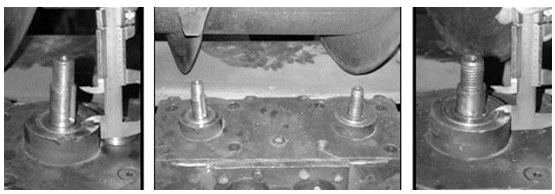
۵-۳. استقرار و راه اندازی سازوکار زنجیر انتقال بلال

سازوکار زنجیر انتقال بلال نیز در بالای صفحهٔ جداکننده قرار گرفته است و با تغییر موقعیت این صفحات، موقعیت آن نیز تغییر می‌کند. همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد، سازوکار زنجیر انتقال بلال از دو چرخ زنجیر (چرخ زنجیر متحرک و چرخ زنجیر محرک) و یک زنجیر تشکیل شده است و هر واحد خوراک‌گیر دارای دو سازوکار انتقال بلال است. چرخ زنجیر متحرک روی صفحهٔ L شکل سازوکار فنر سفت‌کن قرار گرفته است و با جابه‌جایی سازوکار زنجیر سفت‌کن، موقعیت آن نیز تغییر و اصلاح می‌شود. چرخ زنجیر محرک سازوکار زنجیر انتقال بلال روی محور چرخ‌دنده متحرک زنجیر نقاله جعبه‌دنده قرار گرفته است. با توجه به اینکه با تغییر موقعیت صفحات جداکننده، چرخ زنجیر محرک نیز باید در راستای محور مذکور تغییر موقعیت بدهد، جهت حصول هدف اخیر باید اولاً طول این محور تغییر کند، ثانیاً واشرهای فاصله‌انداز مناسبی جهت تنظیم دقیق فاصله طراحی شود.

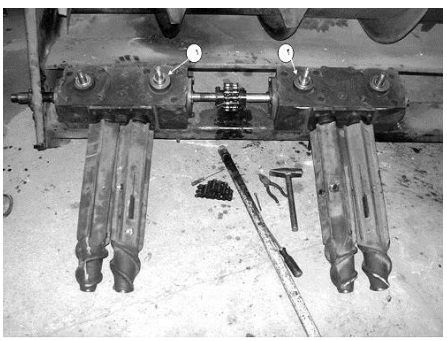
تغییرات روی دو واحد از چهار واحد خوراک‌گیر صورت می‌گیرد؛ بدین صورت که در یکی از واحدها، یکی از دو صفحهٔ جداکننده ۱۰ میلی‌متر و در واحد دیگر ۱۵ میلی‌متر نسبت به صفحهٔ مجاور در ارتفاع بالاتری قرار می‌گیرند. بنابراین طول محور چرخ‌دندهٔ متحرک زنجیر نقاله را باید به اندازهٔ ۲۰ میلی‌متر بیشتر در نظر گرفت. این محور که در مرکز چرخ‌دنده واقع و به آن جوشکاری شده است را خارج و محوری جدید با طول مناسب طراحی و سپس این محور به چرخ‌دنده جوشکاری می‌گردد. اعمال تغییرات روی دو واحد از چهار واحد خوراک‌گیر هد صورت می‌گیرد. برای قراردادن چرخ زنجیرها در ارتفاع مورد نظر از واشرهای فاصله‌انداز که با ضخامت ۵ میلی‌متر طراحی شده‌اند استفاده می‌شود. در این طرح از دو اختلاف ارتفاع نمونهٔ ۱۰ میلی‌متر و ۱۵ میلی‌متر استفاده شده است و بر این اساس، جهت استقرار چرخ زنجیرهای محرک زنجیر نقاله در یکی

از دو واحد خوراک‌گیر انتخابی از دو واشر فاصله‌انداز و در واحد دیگر از سه واشر فاصله‌انداز استفاده شده است. در نهایت با انتقال چرخ زنجیر محرک و متحرک به بالا و در ارتفاع مورد نظر امکان استقرار تمامی بخش‌های واحد خوراک‌گیر در حالت مورد نظر میسر می‌شود.

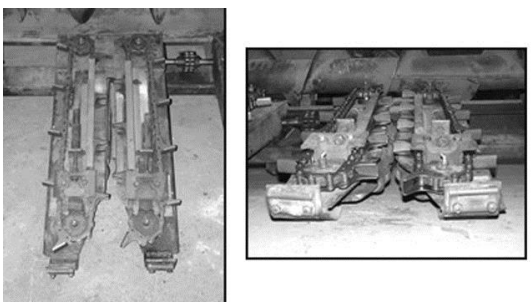
شکل ۹. مونتاژ سازوکار زنجیر روی شاسی واحد خوراک‌گیر



شکل ۱۰. مونتاژ جعبه‌دنده در حالت اختلاف ارتفاع محورها



شکل ۱۱. نمایش مونتاژ غلتک‌ها و جعبه‌دنده



شکل ۱۲. مونتاژ کل صفحات خوراک‌گیر

۶. بررسی عملیات مزرعه‌ای شامل تنظیمات دستگاه و چگونگی برداشت اطلاعات

پس از آماده‌سازی و نصب واحد برداشت‌کننده روی کمباین، که با تعویض قطعات معیوب و جایگزین از نقطه‌نظر ساختار متالوژی انجام گردید، کمباین را به مزرعهٔ ۴۰۰ هکتاری وابسته به مؤسسه اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر منتقل کرده تا نسبت به عملکرد برداشت کمباین ارزیابی صورت گیرد. قابل ذکر است که در بررسی‌های اولیه معلوم شد جنس قطعات حساس واحد برداشت‌کنندهٔ کمباین از مواد آهنی معمولی استفاده شده و دلیل خوردگی بیش از اندازهٔ این قطعات، کاربرد مواد نامرغوب است. لذا ضمن اصلاح مواد به‌کار رفته، اجزای جدید روی واحد برداشت‌کننده نصب شد. برداشت مزرعه به‌وسیلهٔ کمباین از دو محل متفاوت صورت گرفت. شکل ۱۳ نشان‌دهندهٔ محل برداشت دوم با کمباین است که چگونگی حرکت روی ردیف‌ها را نمایش می‌دهد.

شکل ۱۳. هد برداشت در هنگام آزمایش مزرعه‌ای

قبل از برداشت محصول در واحد ۴۰۰ هکتاری، به‌منظور اطمینان بیشتر، رطوبت‌سنجی محصول قبل از برداشت انجام شد. این کار از ۲ الی ۳ محل متفاوت در هر قطعه صورت گرفت تا رطوبت برداشت مطمئن به‌دست آید. در شکل ۱۴ دانه‌کردن ذرت‌های برداشت‌شده و قرائت رطوبت دانه قبل از برداشت توسط کمباین نمایش داده شده است. قبل از برداشت محصول، یکی دیگر از اقدامات انجام‌شده روی کمباین اطمینان از دور مطمئن سیلندر کوبنده برای برداشت محصول بود. این کار با استفاده از دورسنج در چند نوبت دور سیلندر کوبنده انجام شد و نهایتاً با توجه به دور حدود ۷۸۰ دور در دقیقه میزان دور سیلندر کوبنده تنظیم و

برای انجام عملیات آماده گردید. در دو محل معرفی‌شده توسط مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر تمامی محصول معرفی‌شده برداشت شد و در همان برداشت، عملیات نمونه‌برداری و آمیزش محصول باقیمانده از برداشت با روش استاندارد اندازه‌گیری گردید.

شکل ١٤. آزمایش رطوبت‌سنجی در مزرعه

شرایط اولیهٔ اجرای پروژهٔ تحقیقاتی در مزرعه ۴۰۰ هکتاری عبارت است از: سرعت کوبنده ۷۵۰ دور بر دقیقه، رطوبت محصول ۱۱/۶ درصد بر پایهٔ خشک. در جدول ۱، میانگین افت هد در تیمار GL3 بیشتر از تیمار GL4 است. این بدان معناست که میزان افت در تیمار GL4 کمتر از تیمار GL3 است. به بیان دیگر، فاصلهٔ بین دو صفحهٔ ۱۵ میلی‌متر در مقایسه با ۱۰ میلی‌متر دارای افت دماغهٔ کمتری است. در جدول ۲ اختلاف میانگین جفت دادها ۳/۵۳ گرم بر متر مربع و انحراف معیار ۴/۱۸ و میانگین خطای معیار ۱/۰۸ گرم بر متر مربع است. حداقل و حداکثر محدودهٔ اطمینان از ۱/۲۲ تا ۵/۸۴ گرم بر متر مربع است. آزمون t دوطرفه جفت داده‌ها در سطح احتمال ۱ درصد نشان می‌دهد که t محاسبه‌شده ۳/۲۷ گرم بر متر مربع با آلفای کمتر از ۵ درصد است. به بیان دیگر اختلاف معناداری بین تیمارها وجود دارد. همان‌گونه که در شکل ۱۵ نمایش داده شده است، تیمار با فاصله‌انداز ۱۵ میلی‌متر دارای افت دانهٔ کمتری از تیمار با فاصله‌اندازهای ۱۰ میلی‌متر و تیمار بدون فاصله است. با توجه به ضایعات بالای برداشت محصول ذرت دانه‌ای در کشور و نقش مهم ماشین‌های برداشت در کاهش میزان ضایعات برداشت و متأسفانه طراحی نامناسب و به‌کاربردن مصالح غیرمرغوب، مشکلاتی را در برداشت محصول ذرت دانه‌ای به‌وجود آورده است. کاهش یک درصدی میزان تلفات در کمباین و علی‌الخصوص دماغهٔ کمباین از اهمیت بسیاری برخوردار است، در شرایطی که بدانیم سالیانه بین ۱/۱ تا ۱/۳ میلیون تُن دانهٔ ذرت برداشت می‌شود، در همین راستا به‌منظور کاهش تلفات در دماغهٔ کمباین و با هدف اصلاح و بهینه‌کردن سازوکار برداشت محصول با استفاده از یک دماغهٔ مستعمل و آنالیز موادی تمام قطعات شامل صفحات علف‌گیر، غلتک کشنده، زنجیر نقاله، صفحات جداکننده، شاسی U شکل و به‌طور کل سازوکار قسمت خوراک‌گیر دماغه را شامل می‌گردید. نسبت به شناسایی سیستم‌های دماغه اعم از انتقال قدرت و سایر قسمت‌ها اقدام گردید. تمرکز فعالیت این طرح روی سازوکار جداسازی بلال از ساقه و عوامل دینامیکی مترتب روی آن صورت گرفت که عامل مهمی در تلفات عملیات برداشت در دماغه کمباین محسوب می‌گردد که غالباً در همین مرحله شکستگی ساقه بلال صورت گرفته و درصد قابل توجهی از بدنهٔ ساقه و ذرت‌ها به‌دلیل سرعت بالای جداسازی و ضربهٔ شدید وارده به ساقهٔ بلال دچار لهیدگی شده و تلفات برداشت را زیاد می‌نماید. بدین منظور، در دماغهٔ برداشت ذرت که ساقه‌ها توسط غلطک‌های کشنده به‌سمت پایین کشیده می‌شوند و به‌دلیل سرعت بالای انتقال که سبب گیرافتادن ساقه بین صفحات نگه‌دارنده شده و بلال از ساقه جدا می‌گردد؛ تغییر مناسب صورت گرفت. به‌طوری‌که در دماغه‌های معمولی در هنگام جداشدن بلال از ساقه راستای کشیدن بلال در امتداد

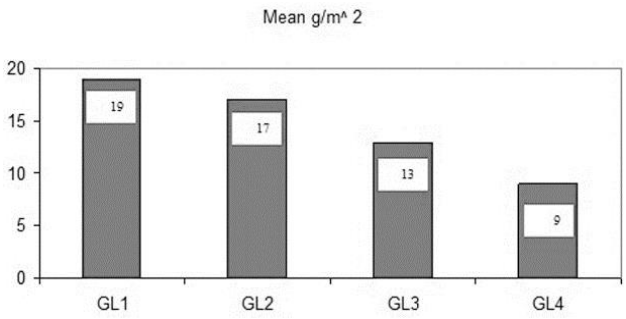
محور طولی بلال صورت گرفته که این خود باعث شکستگی و لهیدگی در اکثر ساقه‌ها می‌گردد. با این فرض و تغییرات روی صفحات جداکننده با استفاده از فاصله‌انداز مناسب نیروی وارده و راستای نیروی کشش و جداسازی از امتداد محور بلال منحرف‌شده و عمل جداسازی بلال از ساقه بدون ضربه و براحتی صورت گرفته که باعث کاهش تلفات هنگام جداسازی خواهد شد. با این شرایط، با استفاده از یک دماغهٔ چهار ردیفه و تغییرات لازم روی جداکننده، یک ردیف برداشت به‌صورت شاهد در نظر گرفته شده و سه ردیف دیگر با فاصله‌اندازهای ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر صفحات جداکننده هر ردیف برداشت از یکدیگر متمایز شد تا بهترین میزان فاصله‌انداز روی سه ردیف دیگر و در مقایسه با ردیف اول که صفحات جداکننده آن تغییری صورت داده نشده بود؛ ارزیابی گردند.

جدول ۱. مقایسهٔ میانگین، انحراف معیار و میانگین خطای معیار تیمارها

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
GL3	12.9580	11.76318	3.03724
GL4	9.4280	8.67716	2.24043

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین‌ها و اختلاف میانگین‌های دو تیمار باستفاده از آزمون t دوطرفه جفت داده‌ها

Treatments	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
GL3-GL4	3.5300	4.17792	1.07873	1.2163	5.8437	3.27**	14	0.006



شکل ۱۵. میانگین اتلاف دانهٔ دماغهٔ کمباین ذرت دانه‌ای

۷. نتایج و بحث

نتایج حاصل از برداشت محصول و میزان تلفات دانه و اندازه‌گیری آن نشان می‌دهد که دماغه‌های معمولی، که در آنها نیروی وارده برای جداسازی ساقه به‌صورت عمودی وارد می‌شود، تلفات زیادی را در هنگام برداشت محصول به‌وجود می‌آورند و سبب ریزش بیش از اندازه می‌گردند. با مشاهدهٔ نتایج طرح و معنادارشدن نتایج روی صفحات جداکننده و به‌منظور کاهش تلفات برداشت محصول در دماغه کمباین، الزامی است نسبت به تغییرات لازم روی

دماغه‌های ساخت داخل کشور اقدام اساسی صورت گیرد. دقت‌نظر در مصالح ساختمانی مواد به‌کار رفته در دماغه و علی‌الخصوص صفحات جداکننده و صفحات علف‌گیر، زنجیرهای کشنده و محورها عامل مهمی در کاهش تلفات برداشت در دماغهٔ کمباین محسوب می‌گردد. اندازه‌گیری رطوبت دانه قبل از برداشت به‌منظور جلوگیری از تلفات دانه در دماغهٔ کمباین و دور مناسب سیلندر کوبنده و ضدکوبنده و تنظیم فاصله میان سیلندر کوبنده و ضدکوبنده از عوامل مهم کاهش تلفات محصول در حین برداشت است که با مشاهدهٔ دماغه‌های متفارت در کمباین‌های برداشت ذرت دانه‌ای متأسفانه کمتر به آن توجه شده و سبب افزایش تلفات در هنگام برداشت می‌گردد.

قدردانی

در پایان لازم است تا از زحمات ارزشمند جناب آقای شکرانی و آقای دکتر مستوفی سرکاری قدردانی گردد.

۸. مآخذ

[۱] تاجبخش، مهدی. *ذرت*. احرار تبریز، ۱۳۷۵.

[2] Sirvastava, A. K., W. T. Mahoney, N. I. West. "The Effect of crop properties on combine performance." *Trans. of ASAE*, vol. 33(1), 1990, pp. 63-72.

[۳] بهروزی لار، منصور، مهدی حسن‌پور، حمیدرضا صادق‌نژاد، اردشیر اسدی، علی خسروانی، محسن ساعتی. "گزارش نهایی پژوهش افت کمباینی غلات (طرح ملی)"، *نشریهٔ شمارهٔ ۳۷ تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی*، وزارت کشاورزی، ۱۳۷۴.

[۴] بی‌نام. *کشاورزی ایران در نگاه آماری*، وزارت کشاورزی، ۱۳۷۶.

[۵] نوید، حسین، منصور بهروزی لار، محمود سهرابی. "مدل ریاضی افت کمباین." *سومین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران*، ۱۰ الی ۱۱ شهریور ۱۳۸۳، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

[6] Rahama A. M., M. E. Ali, M. I. Dawel Beit. "On-farm evaluation of combine harvester losses in the Gezira Scheme in Sudan." *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 28(2), 1997, pp. 23-26.

[7] Bukhari, S. B., J. M. Baloch, F. M. Rattar. "Losses in wheat Harvesting and threshing." *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 14(4), 1983, pp. 61-67.

[8] Tado, C. J. M., P. Wacker, H. D. Kutzbach, D. C. Suministrado. "Development of stripper harvesters." *Journal of Agricultural Engineering Research*, (56), 1998, pp. 103-112.

[9] Hofman, V. (701), 2004, vhofman@ndsuext.nodak.edu

[10] Campbell, W. P., S. S. Alswager. "Adjusting equipment now can alleviate harvest losses." *Department: Biological Systems Engineering*, (402), 2003, pp. 472-3030.

[۱۱] شهرستانی، علی، سعید مینایی. "بررسی و تعیین تلفات برداشت مکانیزهٔ گندم توسط کمباین‌های جاندیر و کلاس"، *گزارش طرح اجرا شده در شرکت تعاونی تولید خدابنده*، استان زنجان، ۱۳۸۰.

[12] Maier, D. E., S. D. Parsons. "Harvesting, Drying, and Storing". *Grain Quality*, Fact sheet, 1996.

پی‌نوشت

1. Seed and Plant Improvement Institute, http://www.spii.ir (accessed June 26, 2015)
2. Mechanization
3. John Deere 955 combine