

## معرفی کمباین‌های کاه‌کوب گندم

محمود صفری<sup>۱\*</sup>، جمشید صالحی<sup>۲</sup> و محمد علی رستمی<sup>۳</sup>

۱- استادیار بخش تحقیقات مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- کارشناس ارشد مدیریت امور فناوری‌های مکانیزاسیون، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، کردستان، ایران

۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

### بیان مسئله و اهمیت موضوع

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی کشور است. بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵، سطح زیرکشت این محصول در سال زراعی ۹۴-۹۳ حدود ۵/۷۱ میلیون هکتار بوده است. عملیات برداشت گندم با کمباین‌های رایج انجام می‌گیرد. در این کمباین‌ها، کاه و کلش گندم از انتهای کمباین خارج شده و در سطح مزرعه ریخته می‌شود. با در نظر گرفتن ۴۰ درصد برای میانگین شاخص برداشت گندم در کشور، در این سال میزان تولید گندم حدود ۱۱/۵۲ میلیون تن بوده است. بنابراین، مقدار کاه و کلش تولیدی در مزارع گندم کشور حدود ۲۸/۸ میلیون تن در سال است (حاصل تقسیم ۱۱/۵۲ به ۰/۴) که با احتساب هر کیلوگرم کاه به قیمت ۱۰۰۰ تومان، ارزش اقتصادی کاه و کلش تولیدی ۲۸۸۰۰ میلیارد تومان در سال خواهد بود. با توجه به نیاز کشور، این بقایا در صورت جمع‌آوری می‌تواند به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، وجود ساقه‌های بلند بیرون ریخته شده از پشت کمباین‌های رایج باعث ایجاد مزاحمت در کشت بعدی می‌شود. اخیراً کشاورزان به منظور بهره‌مندی از بیشترین مقدار کاه و کلش، کاهش زمان مورد نیاز و هزینه‌های جمع‌آوری و انتقال آن‌ها به محل نگهداری، فرآوری و فروش و استفاده حداکثری از بقایای برجای مانده، از کمباین‌های کاه‌کوب برای برداشت گندم استفاده می‌کنند. با توجه به جدید بودن این کمباین‌ها، در این مقاله، ضمن معرفی این نوع کمباین‌ها، تفاوت‌های ساختاری آن‌ها با کمباین‌های رایج مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### معرفی دستورالعمل

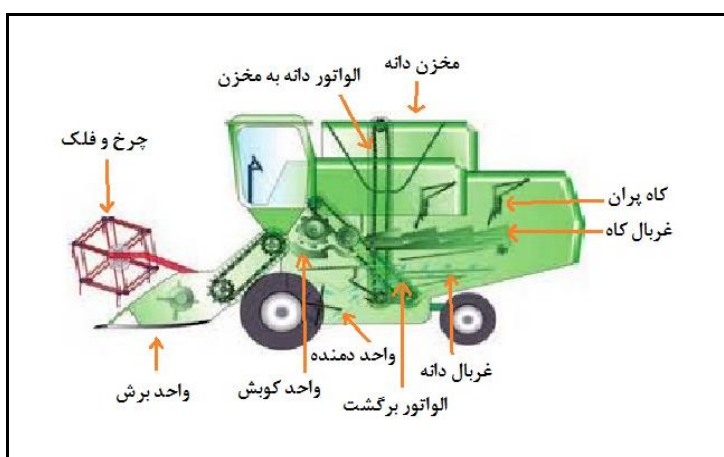
#### ساختار کمباین‌های کاه‌کوب و مقایسه با کمباین‌های رایج

بجز واحد کوبنده و بوجاری، دیگر اجزاء تشکیل‌دهنده کمباین‌های کاه‌کوب، مشابه کمباین‌های مرسوم است (شکل ۱). اجزای اصلی این کمباین‌ها شامل واحدهای برش، کوبش، تمیزش و مخزن جمع‌آوری کاه است (شکل ۲).

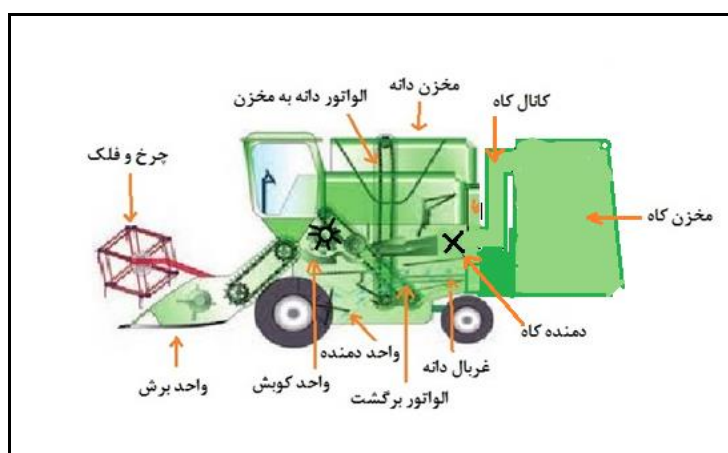
## انواع کمباین‌های کاه کوب

در حال حاضر ۵ نوع اصلی از این کمباین‌ها به شرح زیر در سطح مزارع برای برداشت گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ۱- کمباین کاه کوب بوکان
- ۲- کمباین کاه کوب کردستان
- ۳- کمباین کاه کوب شیراز
- ۴- کمباین کاه کوب همدان
- ۵- کمباین کاه کوب برزگر



شکل ۱- کمباین جان‌دیر ۱۰۵۵ (کمباین رایج)



شکل ۲- کمباین جان‌دیر ۱۰۵۵ (کمباین کاه کوب)

کمباین‌های بوکان، شیراز و همدان، کمباین‌های رایج ساخت شرکت کمباین‌سازی با توان موتور ۱۰۵ اسب بخار (دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه) و عرض کار ۴/۲ متر هستند که توسط کارگاه‌های محلی، اصلاح و به کمباین کاه کوب تبدیل شده‌اند (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). مخزن جمع‌آوری کاه در این کمباین‌ها مشابه است و تفاوت شاخصی ندارند. واحد مکش، کاه را توسط پروانه مکنده به مخزن کاه منتقل می‌کند. در

## معرفی کمباین‌های کاه‌کوب گندم

قسمت کوبش نیز از خرمنکوب‌های رایج به‌جای کوبنده کمباین استفاده شده است و با تفاوت جزئی، اساس کار آن‌ها مشابه است. در این کمباین‌ها، عملیات کوبش توسط خرمنکوب و شبکه زیر آن انجام شده و پس از این مرحله، دانه‌ها از طریق غربال به قسمت تحتانی و کاه‌های خرد شده از طریق دمنده بوجاری به سمت فن مکنده کاه هدایت می‌شود.

کمباین کاه‌کوب همدان برزگر، از نظر اصول کار مشابه کمباین‌های قبل است، با این تفاوت که این کمباین اساساً به‌منظور کاه‌کوبی طراحی و ساخته شده است و موتور آن ۲۴۰ اسب بخار و عرض واحد برش آن به ۴/۳ متر افزایش یافته است (شکل ۷). ظرفیت مخزن دانه آن ۲ تن و مخزن کاه، یک تن است و برای اراضی با عملکرد بالا طراحی شده است. واحد مکنده کاه در این کمباین‌ها دو پره‌ای است.

کمباین کاه‌کوب کردستان نیز مشابه کمباین همدان برزگر، اساساً برای کاه‌کوبی طراحی شده است. موتور آن ۱۷۲ اسب بخار و از واحد مکنده دو پره‌ای استفاده شده است (شکل ۴). تفاوت شاخص این کمباین با کمباین‌های دیگر، مخزن کاه این کمباین بوده که قادر است کاه‌های جمع‌آوری شده را داخل تریلر تخلیه کند (شکل ۴-ب)، در صورتی که در کمباین‌های قبل، مخزن کاه، کاه جمع‌آوری شده را روی زمین تخلیه می‌کند (شکل ۱۳).



شکل ۳- کمباین کاه‌کوب بوکان (الف) و مکنده دو پره‌ای کاه (ب)



شکل ۴- کمباین کاه‌کوب کردستان (الف) و مخزن تخلیه کاه (ب)



شکل ۵- کمباین کاه کوب شیراز (الف) و مکنده تک پره‌ای کاه (ب)



شکل ۶- کمباین کاه کوب همدان (الف) و مکنده تک پره‌ای کاه (ب)

### دماغه یا سکوی برش کمباین

عرض کار مؤثر برش کمباین‌های کاه کوب نسبت به کمباین‌های رایج کمتر است. محصول از ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتی متری سطح زمین برداشت می‌شود تا حداکثر کاه وارد کمباین گردد. این به نوبه خود باعث افزایش بار، روی قسمت‌های کوبنده و تمیزکننده می‌شود. لذا کمباین‌دار به منظور برداشت و جلوگیری از بیش باری کمباین، از عرض کار کمتری برای برداشت استفاده می‌کند. این کار باعث کاهش ظرفیت مزرعه‌ای (به میزان ۲۰ درصد) و افزایش مصرف سوخت در هکتار می‌شود (شکل ۸).



شکل ۷- کمباین کاه‌کوب همدان برزگر (الف) و مکنده دو پره‌ای کاه (ب)



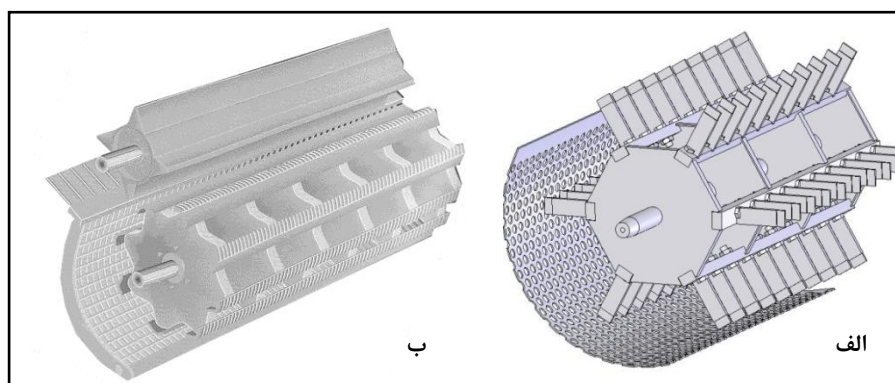
شکل ۸- عرض کار کمتر کمباین‌های کاه‌کوب نسبت به کمباین‌های رایج

عرض مؤثر برداشت در این کمباین‌ها بین  $\frac{4}{3}$  - ۳ متر متغیر است. اگر قرار است این کمباین‌ها ترویج شوند باید به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید، عرض هد کمباین کاهش یابد و یا این‌که از موتوری با اسب بخار بیشتر استفاده شود.

### واحد کوبنده

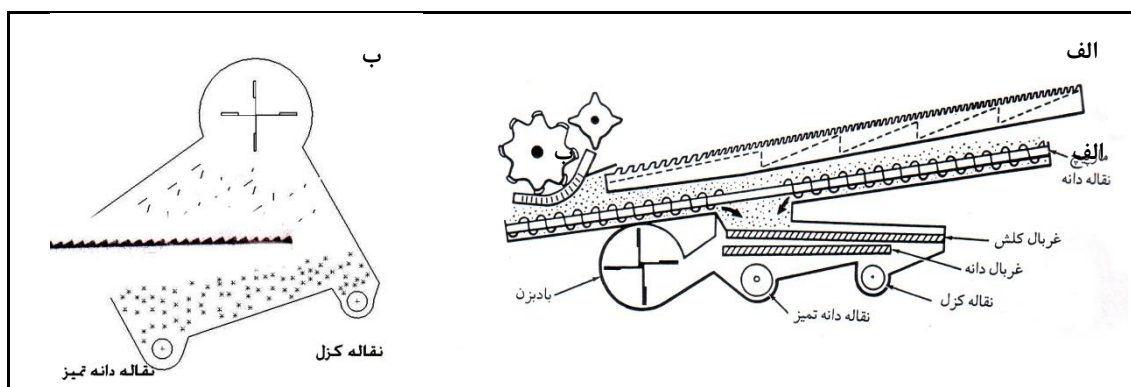
در کمباین‌های رایج برای کوبیدن گندم از کوبنده و ضد کوبنده‌های سوهانی و از مکانیزم مالشی استفاده می‌شود که در آن محصول به‌صورت سایشی کوبیده می‌شود. در این روش، چنان‌چه سنگ و یا مانعی با قطر بزرگتر از فاصله تنظیمی کوبنده و ضد کوبنده، وارد دستگاه شود، موجب استهلاک شدید واحد کوبنده و گاهی اوقات توقف واحد کوبش می‌شود. برای این منظور، اغلب رانندگان کمباین برای جلوگیری از ورود مواد خارجی، ارتفاع برداشت را افزایش می‌دهند که در اراضی دیم باعث تلفات محصول شده و محصولات دارای ارتفاع کم، برداشت نمی‌شوند. عملیات بوجاری توسط دمنده زیر کوبنده و غربال‌های دانه و کاه انجام می‌گیرد (شکل ۹-الف).

واحد کوبنده در کمباین‌های کاه‌کوب کاملاً متفاوت و مشابه خرمن‌کوب‌های رایج است و تیغه‌هایی به‌صورت شعاعی روی یک محور تعبیه شده است. با دوران محور، عملیات کوبش سنبله‌ها و خرد کردن ساقه‌های ورودی انجام می‌گیرد. در قسمت تحتانی، شبکه‌ای وجود دارد که کاه و دانه از آن خارج می‌شود (شکل ۹-ب).



شکل ۹- کوبنده و ضد کوبنده در کمباین‌های رایج (الف) و کاه‌کوب (ب) واحد بوجاری

در کمباین‌های رایج، پس از کوبش محصول، مواد کوبیده شده به سمت غربال‌های دانه و کاه هدایت شده و دمنده‌ای که در زیر غربال‌ها قرار دارد، باعث تمیز کردن دانه‌ها می‌شود (شکل ۱۰-ا).



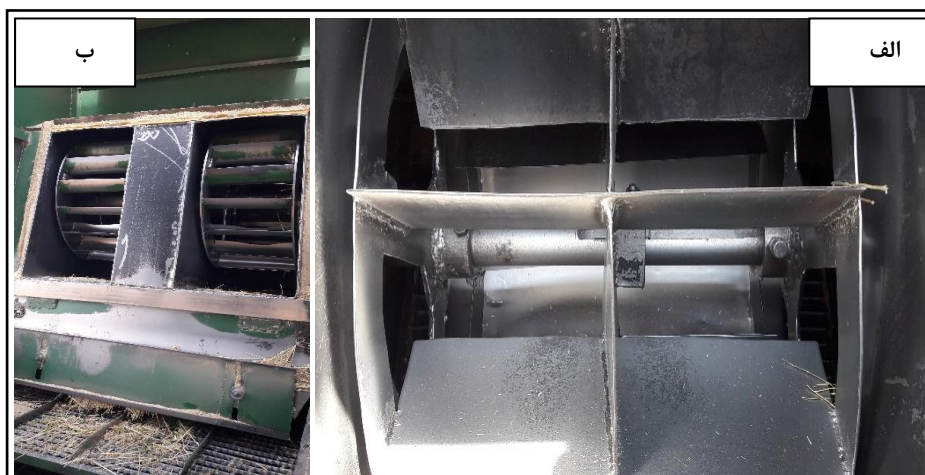
شکل ۱۰- واحد بوجاری در کمباین‌های رایج (الف) و کاه‌کوب (ب)

در کمباین‌های رایج غلات، تنظیم دقیق میزان باد به‌منظور راندن کاه روی غربال‌ها و همچنین به‌دست آوردن دانه تمیز حائز اهمیت است. در اثر شدت زیاد جریان باد و همچنین کمبود آن، افت دانه افزایش می‌یابد. به همین دلیل، میزان شدت جریان باد، بایستی با توجه به نوع محصول تنظیم شود. سرعت دمنده باد به‌صورت مکانیکی توسط اهرمی که در عقب کمباین و سمت چپ آن قرار دارد، تنظیم می‌شود. محدوده سرعت دمنده باد بین ۱۱۲۰-۳۲۰ دور بر دقیقه است. ابتدا باد دمنده در سرعت کمتر از سرعت پیشنهادی تثبیت و به تدریج زیاد می‌شود. این عمل ادامه داشته تا مرحله‌ای که سرعت باد دمنده، آن قدر زیاد می‌شود که دانه‌ها از پشت کمباین به بیرون پرتاب می‌شوند. سرعت قبل از این

مرحله، سرعت مطلوب برای تمیز کردن آن نوع بخصوص محصول خواهد بود. باز بودن بیش از اندازه چشمی‌های غربال باعث اضافه بار در الک و بسته بودن زیاد چشمی‌ها، موجب خارج شدن مقداری از محصول تمیز نشده به خارج از کمباین خواهد شد. الک، دانه را بر اساس مقادیر داده شده در دفترچه راهنمای راننده، تنظیم می‌کند.

بسته بودن زیاد چشمی‌های این بخش از کمباین به اضافه شدن خرده کاه در هلیس خوشه‌های کوبیده نشده منجر شده و از طرفی، باز بودن بیش از حد آن باعث می‌شود که خرده کاه در مخزن ذخیره دانه مشاهده شود. سیستم بوجاری در کمباین‌های رایج، سطحی بالغ بر ۹ متر مربع را در بر می‌گیرد. این در حالی است که سیستم بوجاری در کمباین‌های کاه‌کوب به حدود ۱/۲ متر مربع کاهش یافته است.

در کمباین‌های کاه‌کوب، محصول به فضای بین کوبنده و ضد کوبنده وارد شده و ضربات وارده بر اثر چرخش استوانه کوبنده باعث می‌شود دانه از خوشه جدا شده و کاه خرد شود، به‌گونه‌ای که بتواند از روزنه‌های ضد کوبنده عبور کند (شکل ۹-ب). پس از خروج دانه و کاه از روزنه‌های ضد کوبنده، محصول کوبیده شده روی غربال ریخته و با حرکت رفت و برگشتی غربال، دانه‌ها از روزنه‌های غربال عبور می‌کنند. جریان هوای دمنده از زیر غربال، کاه موجود در روی غربال را به سمت بالا هدایت کرده و یک فن مکشی نیز در بالای غربال وجود دارد که با مکش خود، کاه را به سمت مخزن کاه پرتاب می‌کند (شکل ۲ و شکل ۱۱). دانه‌ها ضمن عبور از غربال‌های دانه توسط مارپیچ و بالاتر به سمت مخزن دانه هدایت می‌شوند.



شکل ۱۱- انواع دمنده دو پره‌ای (الف) و تک پره‌ای (ب) برای انتقال کاه در کمباین‌های کاه‌کوب

بررسی‌های انجام‌شده روی کمباین‌های کاه‌کوب، استفاده از دو نوع فن مکشی کاه را نشان می‌دهد که نوع اول آن دو پره‌ای (شکل ۱۱-الف) و نوع دوم آن تک پره‌ای بوده (شکل ۱۱-ب) و از نظر ساختاری با نوع اول متفاوت است.

در دمنده تک پره، مکش هوا باعث حرکت کاه از قسمت جانبی فن به داخل آن شده و در نهایت، به صورت عمودی به سمت مخزن کاه هدایت می‌شود. این تغییر مسیر ممکن است یکی از دلایل اصلی کاهش ضایعات در مخزن کاه باشد. به‌هرحال، برای نتایج مطمئن به بررسی‌های بیشتری نیاز است.

### مخزن کاه

برخلاف کمباین‌های معمولی که کاه و کلش پس از جدا شدن از دانه به بیرون کمباین هدایت شده و روی زمین ریخته می‌شود، در کمباین‌های کاه‌کوب، کاه به سمت مخزن کاه هدایت و به داخل آن ریخته می‌شود. در این مخزن که حجم آن حدود ۱۰ متر مکعب است، یک دریچه خروج هوا تعبیه شده که پس از ریخته شدن کاه در داخل مخزن، هوا از مجرای خروجی تخلیه می‌شود (شکل ۱۲). در این کمباین‌ها با پر شدن مخزن، کاه جمع‌آوری شده با استفاده از جک هیدرولیکی در محلی که برای این منظور در نظر گرفته شده، تخلیه می‌گردد (شکل ۱۳). به ازای هر کیلوگرم گندم در حدود سه کیلوگرم کاه به دست می‌آید. اگر قیمت هر کیلوگرم کاه یک سوم قیمت گندم باشد (که معمولاً بیشتر است)، ارزش کاه برداشت شده با دانه برابری می‌کند که این خود باعث بالا رفتن ارزش افزوده محصول برداشتی می‌شود. در کمباین کردستان، کاه جمع‌آوری شده در مخزن در داخل تریلر تخلیه می‌شود.



شکل ۱۲- خروج هوا از انتهای کمباین‌های کاه‌کوب



شکل ۱۳- مخزن جمع‌آوری کاه در کمباین‌های کاه‌کوب و تخلیه در سطح مزرعه



## فرآیند به‌کارگیری / نحوه اجرایی شدن

وجود کارگاه‌های مختلف ساخت تجهیزات کمباین‌های کاه‌کوب باعث پراکندگی این کمباین‌ها شده و از عملکرد کاری آن‌ها می‌کاهد. بنابراین، توصیه می‌شود که اصلاحات لازم روی کمباین‌های رایج از طریق شرکت کمباین‌سازی انجام شود تا در دسترسی به قطعات و لوازم یدکی و خدمات پس از فروش این کمباین‌ها اختلالی ایجاد نشود. به‌منظور اصلاح و استفاده بهینه از این کمباین پیشنهاد می‌شود این کمباین‌ها به سامانه فشرده‌سازی کاه مجهز شده تا جمع‌آوری کاه تولیدی تسهیل گردد و یا سایر کمباین‌ها به تجهیزات تخلیه کاه در داخل تریلر مجهز شوند. همچنین با در نظر گرفتن میزان خوراک ورودی کمباین، بین هد برداشت و موتور کمباین، تطابق وجود داشته باشد.

## مزایا و اثربخشی

مزایای استفاده از کمباین‌های کاه‌کوب به شرح زیر است:

- ۱- استفاده از کاه‌های ریخته شده در سطح مزرعه به‌منظور خوراک دام و افزایش بهره‌وری اقتصادی برای کشاورز.
- ۲- استفاده از دانه‌هایی که در کمباین‌های رایج از انتهای کمباین به صورت ریزش در سطح مزرعه ریخته می‌شود به صورت ترکیبی با کاه و به‌عنوان خوراک دام (کاه غنی‌شده).
- ۳- حذف عملیات جمع‌آوری، خردکردن و فشرده‌سازی ساقه‌های ریخته شده در سطح مزرعه. معایب استفاده از این کمباین‌ها به شرح زیر است:
  - ۱- با توجه به عدم استفاده از ظرفیت کامل هد برداشت کمباین، بازده مزرعه‌ای و مصرف سوخت آن‌ها نسبت به کمباین‌های رایج بیشتر است.
  - ۲- عدم وجود یک شرکت معتبر سازنده کمباین‌های کاه‌کوب باعث تولید مدل‌های متفرقه توسط کارگاه‌های محلی شده که این موضوع از کیفیت کار این کمباین‌ها و خدمات پس از فروش آن‌ها می‌کاهد.
  - ۳- جمع‌آوری و حمل و نقل کاه‌های خرمن شده در یک محل توسط اکثر کمباین‌های کاه‌کوب به جز کمباین کردستان، باعث اتلاف انرژی، وقت و هزینه می‌شود.