ساخت و ارزیابی چرخ فلک بادی جدید برای کمباین غلات

سیدمهدی نصیری، محمد لغوی و جواد جعفری‌فر[۱]

چکیده

سالیانه مقدار زیادی گندم به عنوان اصلی‌ترین منبع غذایی و فراوردهٔ استراتژیک، در ایران در مراحل کاشت، داشت، برداشت، جابه‌جایی، نگهداری و نهایتاً در مرحله تغییر و تبدیل و مصرف از بین می‌رود. بنابراین، لازم است با به کارگیری دانش کشاورزی و به‌زراعی، بهبود مدیریت و برنامه‌ریزی کاشت و داشت محصول، و نیز اصلاح و بهینه سازی ساختمان ادوات و ماشین‌ها، افت مزرعه‌ای این محصول اساسی را کاهش داد. پژوهش حاضر در زمینهٔ طراحی، ساخت و ارزیابی یک جای‌گزین جدید برای چرخ فلک مکانیکی کمباین غلات می‌باشدکه چرخ فلک بادی نامیده شده است، و وظیفه آن مانند چرخ فلک مکانیکی، هدایت خوشه گندم به سمت تیغه‌های برش می‌باشد. به منظور ارزیابی این طرح جدید، آزمون‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای صورت گرفت. در آزمون آزمایشگاهی، سرعت باد خروجی از دهانه یک پنکه انتخابی تا فاصله چهل سانتی‌متری از آن، با فواصل ده سانتی‌متری، و در سرتاسر عرض دهانه پنکه اندازه‌گیری شد.

نتایج آزمون به صورت نمودار توزیع جریان باد ارائه گردید. بر پایهٔ این نتایج تعداد ۱۳ پنکه برای کمباین با عرض برش ۱۴ فوت (۴/۳ متر) مناسب تشخیص داده شد. نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای عملکرد دو نوع چرخ فلک بادی و مکانیکی نشان می‌دهدکه تلفات چرخ فلک بادی هنگام برداشت به سبب برخورد نداشتن مستقیم با خوشه و اعمال کمترین ضربه به محصول، کمتر از نوع مکانیکی است. با افزایش سرعت پنکه، تلفات محصول به صورت خطی افزایش می‌یابد. آزمون مزرعه‌ای در سرعت‌های دورانی ۲۲۴۷، ۲۵۰۳، ۲۸۶۰، ۳۲۱۸ و ۳۹۳۲ دور در دقیقه، و امتداد خروجی باد (از دهانه پنکه) ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه نسبت به افق انجام پذیرفت. با توجه به تحلیل آماری طرح بلوک کاملاً تصادفی توسط مقایسه توکی (پانزده تیمار و شش نمونه در هر تیمار)، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری از نظر تلفات محصول در این زوایا، میان چرخ فلک بادی و مکانیکی وجود داشت. بر پایهٔ نتایج به دست آمده، جهت وزش باد پنکه ۲۰ درجه، و سرعت دورانی آن در دامنه ۲۵۰۳ تا ۲۸۶۰ دور در دقیقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کمباین، ماشین‌های برداشت، برداشت، ماشین‌ها، ماشین‌آلات، برداشت گیاهان زراعی، گندم، ماشین‌های کشاورزی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، و استادیار سابق ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

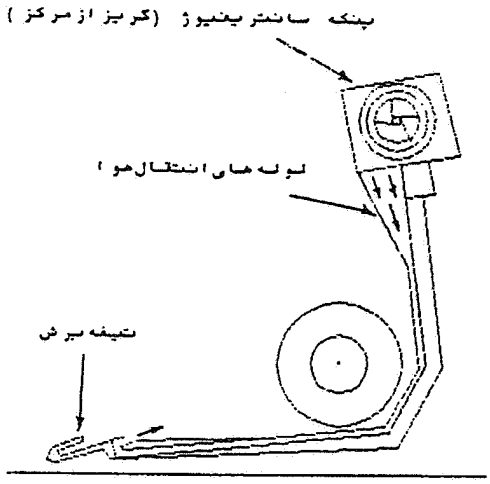
مقدمه

گندم به عنوان اصلی‌ترین منبع غذایی بشر در مراحل کاشت، داشت، برداشت، و حتی مصرف، از راه‌های گوناگون به هدر می‌رود، و این امر دقت نظر خاصی را برای جلوگیری از تلفات یاد شده می‌طلبد. طبق گزارش سالنامه آمار کشاورزی ایران، در سال ۱۳۷۵ مقدار تولید گندم حدود ۱۰ میلیون تن بوده است (۱). با در نظر گرفتن حدود ۳-۵ درصد افت کمباین به طور استاندارد، با مقدار ۳ درصد، ۳۰۰ هزار تن و یا مقدار ۵ درصد، ۵۰۰ هزار تن تلفات وجود دارد. ولی زیان واقعی از ارقام محاسبه شده فوق بیشتر است، چون رقم افت دانه در ایران بیش از این مقادیر استاندارد می‌باشد[1]. بنابراین، با به کارگیری توصیه‌های ارائه شده برای تنظیم قسمت‌های مختلف کمباین و بهینه سازی آنها، می‌توان افت محصول را به سطح استاندارد رسانید، و از تلفات اضافی جلوگیری نمود.

افت کمباین در چهار قسمت، سکوی برش[2]، کوبنده[3]، کاه‌پران[4] و غربال‌ها[5] اتفاق می‌افتد. بر پایه پژوهش‌های انجام شده، بیشترین افت کمباین مربوط به قسمت سکوی برش آن بوده است (۲، ۶، ۸ و ۱۰). این مقدار را حدود ۸۰ درصد کل تلفات کمباین گزارش کرده‌اند (۸). بررسی تلفات سکوی برش در برداشت محصول سورگوم نشان داد که ۲/۳ درصد افت کل محصول مربوط به چرخ فلک در رطوبت ۳۳/۶ درصد بوده، که این ریزش با کم شدن رطوبت تا ۱۳ درصد، به ۵/۲ درصد رسیده است. در حالی که تلفات تیغه برش، به میزان ۲ درصد، با کاهش رطوبت تغییر چشمگیری نداشته است (۱۰).

گذشته از بررسی در مورد بهترین تنظیم‌های چرخ فلک کمباین، در مورد روش‌های جدیدتر نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است. در این پژوهش‌ها از جریان باد، به صورت یک سیستم کمکی برای هدایت محصول به سمت مارپیچ نقاله استفاده شده است.

در سال ۱۹۷۳ میلادی پژوهشی روی محصول سویا انجام



شکل ۱. تصویر شماتیک سکوی برش در پژوهش تات و نیو (۹)

شد (۹). در این طرح باد حاصل از یک پنکه گریز از مرکز به هدایت محصول بریده شده به سمت اتاقک تغذیه کمک می‌نمود (شکل ۱). از جمله وظایف این سیستم جلوگیری از افزایش تلفات دانه در اثر برگشت محصول بریده شده است. با بهره‌گیری از این سیستم، افت سکوی برش نسبت به گذشته حدود ۴۳ درصد کاهش یافت (۹). ولی اشکال سیستم این بود که وزش باد به زیر محصول بریده شده، مقداری از آن را به طرف بالا پرتاب می‌نمود، که جمع‌آوری آن برای مارپیچ مشکل بود.

در سال ۱۹۷۴ نیز مطالعه‌ای روی سیستم جدید برای برداشت سویا انجام شد (۷). در این مطالعه محصول به صورت ردیفی کشت شده بود. افشانک‌هایی که با فاصله ۲۲ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داشتند، روی سکوی برش نصب شد که می‌توانست محصول بریده شده را هم زمان با چرخ فلک[6] به سمت مارپیچ هدایت نماید (شکل ۲). نتایج این بررسی نشان داد که در رطوبت ۱۱ درصد، افت برداشت ۵۲ درصد کاهش می‌یابد. این افت در سرعت باد خروجی معادل ۸/۶ متر در ثانیه اندازه‌گیری شد (۹).

یک شرکت آمریکایی در سال ۱۹۸۹ درصدد برآمد که با استفاده از جریان باد در یک چرخ فلک مکانیکی، بازده برداشت

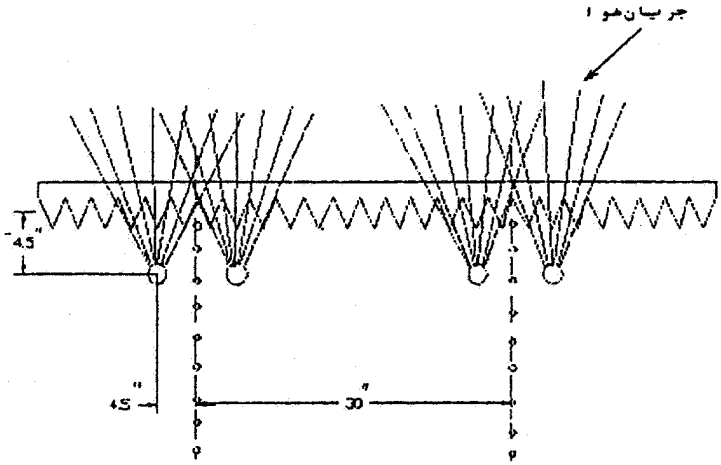
---

۱. طبق گفته وزیر کشاورزی در استان گلستان تلفات کمباین حدود ۳۰ درصد گزارش شده است (کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، مردادماه ۱۳۷۷).

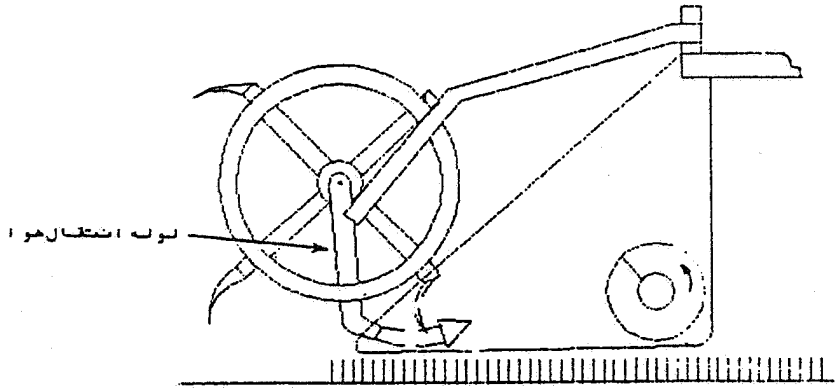
2. Cutting platform 3. Threashing unit 4. Straw walker 5. Sieves 6. Reel

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]



شکل ۲. تصویر شماتیک از آزمون آزمایشگاهی برداشت سویا (۷)



شکل ۳. تصویر شماتیک چرخ فلک انگشتی - بادی

محصولات ریزدانه را افزایش دهد. بدین منظور سیستمی را طراحی نمود که روی چرخ فلک نوع انگشتی نصب گردید. برابر شکل ۳، جریان ایجاد شده به طرف تیغه‌های برش وزیده و باعث می‌شود محصول بریده شده بی‌درنگ به طرف مارپیچ رانده شود. سرعت باد خروجی از افشانک‌ها در این بررسی حدود ۴۴/۷ متر در ثانیه بود (۳و۴). طبق پژوهش‌های چهارساله دانشگاه ایلینویز این طرح می‌توانست حدود ۶۲ درصد از افت محصول جلوگیری کند.

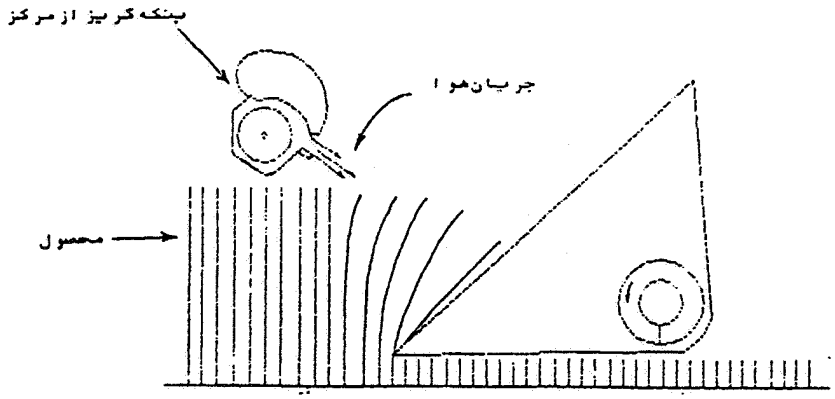
در سال ۱۹۹۱ با استفاده از جریان هوا یک چرخ فلک به نام ورتکس[1] توسط یک شرکت کانادایی ساخته شد. مطابق شکل ۴، از یک پنکه نوع جریان مماسی، که در یک محفظه سراسری در عرض کمباین قرار دارد، برای تولید باد استفاده شده است. سرعت چرخشی پروانه در دامنه ۱۳۰۰-۲۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. به خاطر برخورد نکردن چرخ فلک و محصول، از هدر رفتن حدود ۱۶۵ کیلوگرم گندم در هکتار جلوگیری می‌شود. طرح یاد شده از نوع تجاری بوده و نتایج پژوهش علمی آن گزارش نشده است.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده گذشته، طرحی با هدف کم کردن برخورد مکانیکی میان محصول و چرخ فلک کمباین برای کاستن افت مربوط به چرخ فلک ارائه شده است. در این طرح از فشار ایجاد شده توسط باد پنکه، برای خم کردن ساقه محصول و راندن آن به طرف تیغه و مارپیچ نقاله سکوی برش

1. Vortex air reel

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]



شکل ۴. طرز کارکرد چرخ فلک ورتکس

کمباین استفاده شده است.

هدف از طراحی سیستم چرخ فلک بادی، گسترش فناوری آسان‌تر، و هم چنین استفاده از یک دستگاه ارزان‌تر است که با نیازهای کشاورزان و سازندگان ما هم‌خوانی داشته باشد. به طور کلی در این پژوهش اهداف زیر مورد نظر بوده است:

الف) کاهش هزینه نسبت به چرخ فلک ورتکس

ب) کاهش (دورریز) محصول در مقایسه با چرخ فلک مکانیکی

ج) کاهش مقدار کل تلفات کمباین

د) دید بهتر برای راننده کمباین

ه) نصب آسان سیستم بدون تغییر در سکوی برش

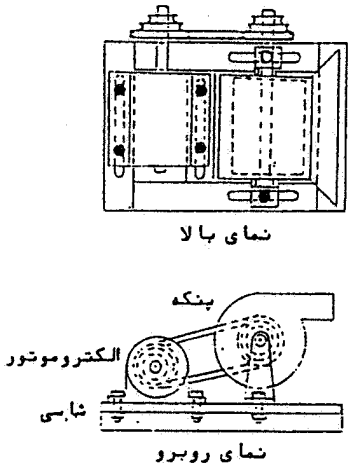
مواد و روش‌ها

آزمون‌ها در دو قسمت آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شد.

آزمون آزمایشگاهی

در این آزمون یک پروانه نوع گریز از مرکز، با تیغه‌های به جلو خمیده با قطر ۲۰ سانتی‌متر انتخاب، و پس از نصب روی شاسی، توسط موتور الکتریکی به گردش در آورده شد. سرعت چرخش شافت موتور ۱۴۳۰ دور در دقیقه بود، که به وسیلهٔ دو قرقره مرکب سه وضعیتی روی محورهای موتور و پنکه، دامنه سرعتی برابر ۱۴۳۰-۳۹۳۲ دور در دقیقه ایجاد گردید (شکل ۵).

جنس قرقره‌ها از پلاستیک فشرده، و بر اساس اندازه‌های



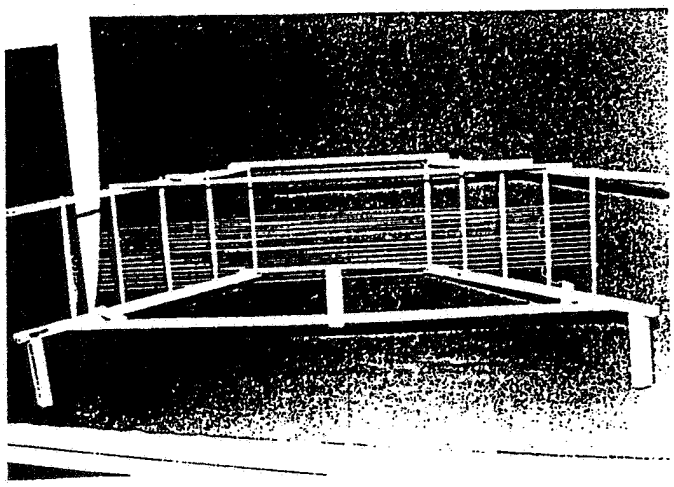
شکل ۵. شماتیک دستگاه مورد استفاده در آزمون آزمایشگاهی

محاسبه شده برای آزمون مزرعه‌ای ساخته شد. از میان ۹ حالت سرعت دورانی قابل تنظیم، پنج سرعت ۲۲۴۷، ۲۵۰۳، ۲۸۶۰، ۳۲۱۸ و ۳۹۳۲ دور در دقیقه انتخاب گردید. این انتخاب به گونه‌ای صورت گرفت که میانگین سرعت باد تولید شده توسط پنکه در کمترین سرعت دورانی (۲۲۴۷ دور در دقیقه) برابر ۹/۲ متر در ثانیه، و بیش از سرعت باد در پژوهش ۱۹۷۴ (۷) باشد.

برابر خروجی پنکه (از نمای بالا به صورت ذوزنقه) یک قاب چوبی ساخته شد. این قاب دارای دو شاسی ذوزنقه‌ای بود که توسط پنج جفت تیرک عمودی به یکدیگر متصل شده بودند. فاصله تیرک‌ها در هر ردیف با ردیف بعدی ۱۰ سانتی متر انتخاب گردید (شکل ۶).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]



شکل ۶. قاب شطرنجی

روی تیرک‌های عمودی، در هر ردیف شبکه‌ای توسط نخ نازک با فاصله یک سانتی‌متر ایجاد شد. پهنای این شبکه‌ها در ردیف اول، نزدیک دهانه پنکه، سه سانتی‌متر، و در ردیف پنجم ۱۱ سانتی‌متر بود. هم چنین، روی هر ردیف نخ، در فواصل مساوی علامت‌گذاری شد (شطرنجی کردن هر ردیف). پس از قرار دادن این قاب جلوی دهانه پنکه در رأس‌های چهارخانه‌های ایجاد شده، سرعت باد توسط سرعت سنج حرارتی[1] اندازه‌گیری شد. این کار در سرعت‌های مختلف با سه تکرار انجام گردید، و برابر شکل‌های ۷ تا ۱۰، پروفیل سرعت باد در جلو دهانه و در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از آن (در سرعت دورانی ۲۲۴۷ دور در دقیقه) به کمک نرم‌افزار گرافر[2] رسم شد.

براساس این پروفیل‌ها، نمودار افت سرعت باد در فاصله ۴۰ سانتی‌متری ترسیم گردید (شکل ۱۱). با توجه به مقادیر میانگین سرعت باد خروجی در جلو دهانه پنکه (۹/۲ متر در ثانیه)، و در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از آن (۳/۱ متر در ثانیه)، در سرعت دورانی ۲۲۴۷ دور در دقیقه، میزان افت در این فاصله حدود ۶۵ درصد محاسبه شد. با به دست آوردن توزیع هوای خروجی و انجام محاسبات، برای کمباین ۱۴ فوت (۴/۳۰ متر) ۱۳ پنکه به منظور پوشش تمام پهنای کمباین لازم تشخیص داده شد. در این آزمون میزان باد خروجی پنکه با توجه به میانگین سرعت باد و سطح مقطع خروجی پنکه ۸۷/۲ لیتر در ثانیه محاسبه گردید.

آزمون مزرعه‌ای

برای انجام آزمون مزرعه‌ای مدلی ساخته شد که سه پنکه برای پوشش پهنای مؤثری برابر ۱۰۰ سانتی‌متر در یک سوی آن، و در سوی دیگر، چرخ فلک مکانیکی با پهنای یکسان روی شاسی نصب گردید (شکل ۱۲).

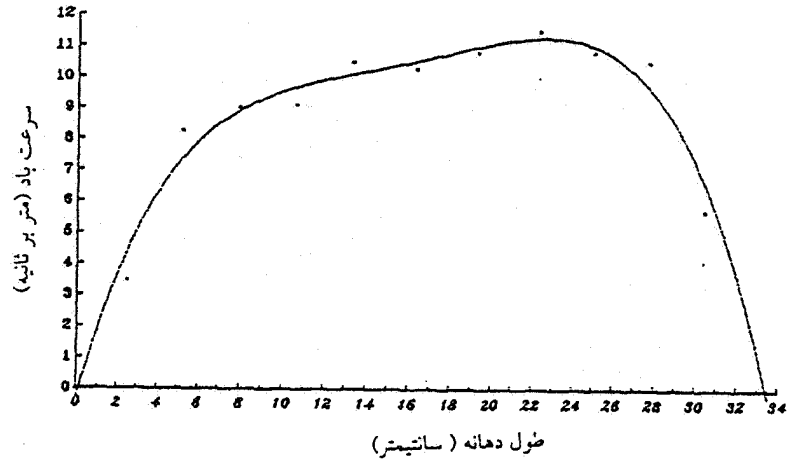
حرکت پنکه‌ها از الکتروموتور و حرکت چرخ فلک مکانیکی از چرخ زمینی تأمین شد. قرقره‌ها به گونه‌ای طراحی شدند که سرعت خطی چرخ فلک ۲۵ درصد بیشتر از سرعت پیشروی باشد (۵). این مدل فاقد سیستم برش بود، بنابراین یک کمباین جاندیر مدل ۹۵۵ برای برداشت محصول استفاده شد. آزمون در مزرعه به صورت زیر انجام پذیرفت:

۱. تعیین افت مزرعه (قبل از برداشت)
۲. تعیین افت سکوی برش کمباین، برای کاستن از مقادیر اندازه‌گیری شده در بندهای ۳ و ۴
۳. تعیین افت چرخ فلک‌های مکانیکی و بادی
۴. اندازه‌گیری میزان انحراف ساقه‌های گندم توسط چرخ فلک‌های مکانیکی و بادی

1. Hot-wire anemometer
2. Grapher

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

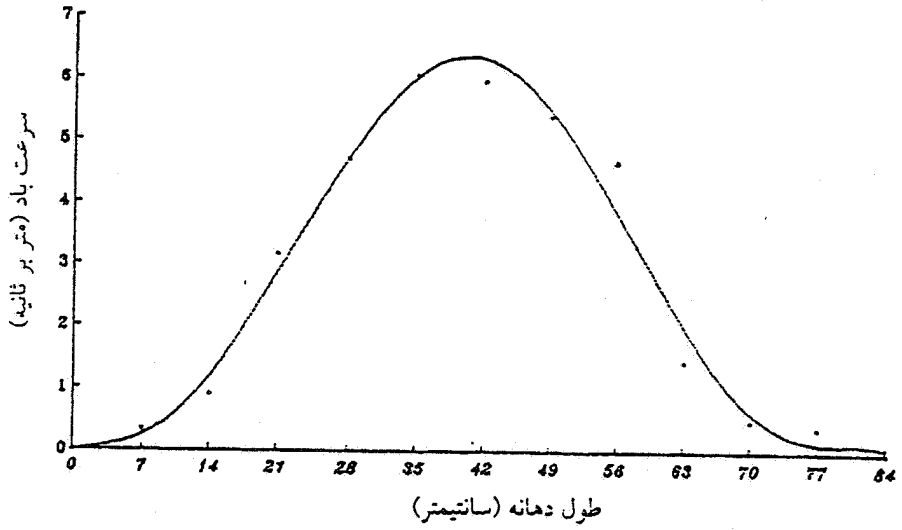
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]



شکل ۷. پروفیل سرعت باد در طول دهانه پنکه (سرعت دورانی پنکه ۲۲۴۷ دور در دقیقه)



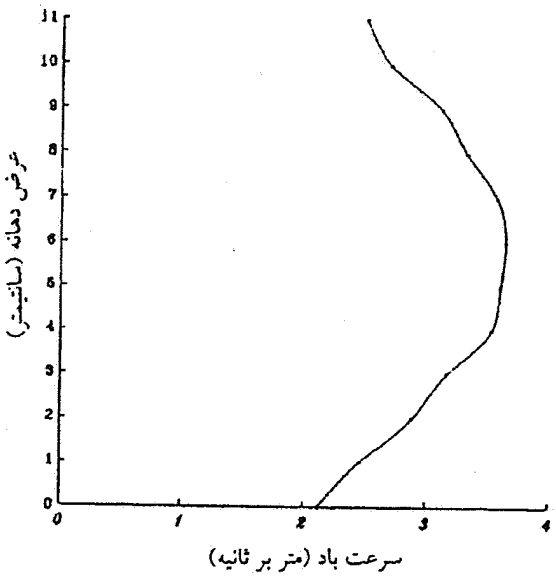
شکل ۸. پروفیل سرعت باد خروجی در پهنای دهانه پنکه (سرعت دورانی پنکه ۲۲۴۷ دور در دقیقه)



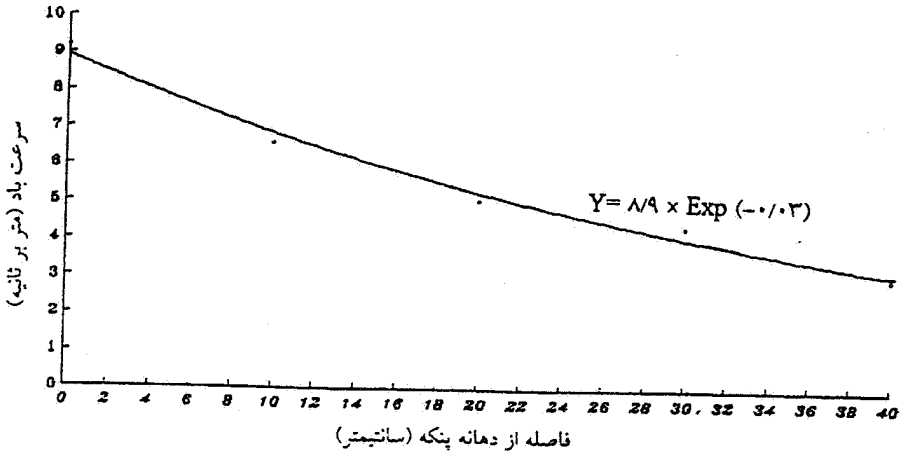
شکل ۹. پروفیل سرعت باد خروجی در طول دهانه پنکه (در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از دهانه، سرعت دورانی پنکه ۲۲۴۷ دور در دقیقه)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

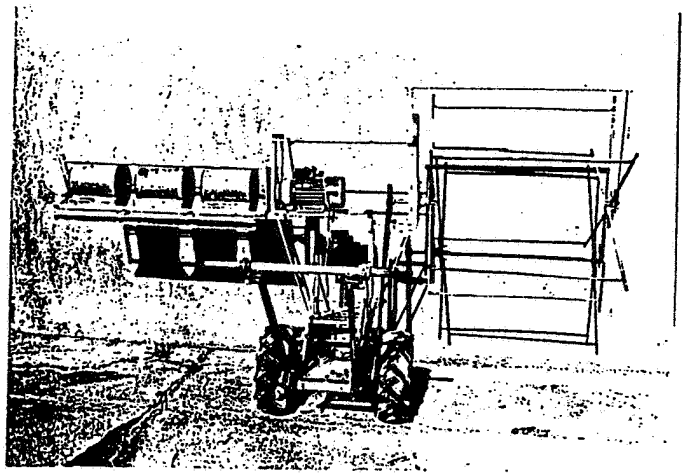
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]



شکل ۱۰. پروفیل سرعت باد خروجی در پهنای دهانه پنکه (در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از دهانه، سرعت دورانی پنکه ۲۲۴۷ دور در دقیقه)



شکل ۱۱. سرعت باد خروجی در فواصل مختلف از دهانه پنکه (سرعت دورانی پنکه ۲۲۴۷ دور در دقیقه)



شکل ۱۲. دستگاه طراحی شده برای آزمون مزرعه‌ای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

به منظور اندازه‌گیری افت، از یک قاب چوبی به مساحت استاندارد یک فوت مربع (۰/۱ مترمربع) استفاده شد. افت مزرعه قبل از ورود هر گونه دستگاه به مزرعه نمونه‌گیری شد. افت سکوی برش کمباین نیز طبق روش‌های توصیه شده نمونه‌گیری و محاسبه گردید (۵). آن گاه مدل در مسیر ده متری حرکت داده شد تا خم کردن ساقه در دو طرف صورت گیرد. پس از ایستادن، کمباین این مسیر را برداشت نمود و به اندازه طول خود به عقب برگشت داده شد. در فضای آزاد شده، مسیر حرکت مربوط به چرخ فلک‌های بادی و مکانیکی مشخص و در سه نقطه از هر مسیر نمونه‌برداری صورت گرفت، و در پاکت‌های جداگانه جمع‌آوری گردید.

در آزمون مزرعه‌ای پنج سرعت مختلف پنکه و سه زاویه وزش باد بررسی شد. این آزمون‌ها در سرعت‌های ۲۲۴۷، ۲۵۰۳، ۲۸۶۰، ۳۲۱۸ و ۳۹۳۲ دور در دقیقه، و زوایای خروجی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه نسبت به افق انجام پذیرفت. کمترین سرعت دورانی (۲۲۴۷ دور دقیقه) به گونه‌ای انتخاب شد که سرعت باد تولید شده توسط پنکه در حدود مقادیر یاد شده در پژوهش‌های پیشین باشد (۷ و ۹). هم چنین، زوایا طوری پیش بینی شد که باد تولید شده از پنکه در گسترهٔ زیر سنبله به خوشه‌ها برخورد نماید. با محاسبه افت کمباین و افت مزرعه، و کاستن از مقادیر جمع‌آوری شده برای مدل، افت خالص چرخ فلک‌های بادی و مکانیکی محاسبه گردید.

مقادیر به دست آمده از پانزده تیمار و شش نمونه از هر تیمار، برای بررسی نهایی و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون توکی، در طرح بلوک کاملاً تصادفی به جدول‌های مخصوص منتقل شد. افزون بر تعیین افت، میزان انحراف ساقه در هر سرعت و زاویه نیز به صورت استاتیکی (از جلو دهانه پنکه) برای دو سیستم جداگانه اندازه‌گیری و به منظور بررسی آماری در جدول‌های مخصوص درج شد. واریته گندم مورد آزمایش نوید، و مساحت مزرعه آزمایشی ۶۵×۳۰ متر مربع بود.

نتایج

زاویه ۱۰ درجه

در این زاویه با افزایش سرعت پنکه مقدار ریزش دانه بیشتر شده است (شکل ۱۳) (میانگین ریزش در چرخ فلک مکانیکی ۱۵۳ دانه در ۰/۱ مترمربع می‌باشد). تحلیل آماری نیز اختلاف معنی‌داری را میان داده‌های زاویه ۱۰ درجه، در سرعت‌های مختلف پنکه با چرخ فلک مکانیکی نشان می‌دهد (جدول ۱).

از سویی، در سرعت ۳۹۳۲ دور در دقیقه، مقدار انحراف ساقه گندم حدود ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد که به مقدار میانگین انحراف ساقه توسط چرخ فلک مکانیکی، یعنی ۳۲ سانتی‌متر، نزدیک است (شکل ۱۴).

زاویه ۲۰ درجه

در مقایسه با حالت قبل، میزان ریزش در سرعت‌های متناظر افزایش یافته است. به عنوان مثال، در سرعت ۳۹۳۲ دور در دقیقه، مقدار ریزش ۸۰ دانه است، در حالی که در همین سرعت، تحت زاویه ۱۰ درجه، تلفات محصول ۶۰ دانه شمارش شده است. البته طبق نتایج جدول ۱ اختلاف معنی‌داری میان این داده‌ها وجود ندارد. افزایش تلفات در زاویه ۲۰ درجه، تنها به خاطر برخورد قسمت بیشتری از هوای خروجی از پنکه با توده محصول است. همین طور، می‌توان مشاهده نمود که از لحاظ تلفات بذر، زاویه ۲۰ درجه اختلاف معنی‌داری با چرخ فلک مکانیکی دارد (بجز در سرعت‌های ۳۲۱۸ و ۳۹۳۲ دور در دقیقه).

انحراف ساقه نیز با زیاد شدن سرعت پنکه افزایش یافته است، ولی می‌توان در جدول ۲ مشاهده نمود که میان انحراف ساقه در این زاویه با چرخ فلک مکانیکی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (بجز در سرعت ۲۲۴۷ دور در دقیقه).

زاویه ۳۰ درجه

در این زاویه چون باد به قسمت‌های پایین‌تر ساقه برخورد می‌کند (نسبت به دو زاویه دیگر)، نیروی کافی برای خم کردن

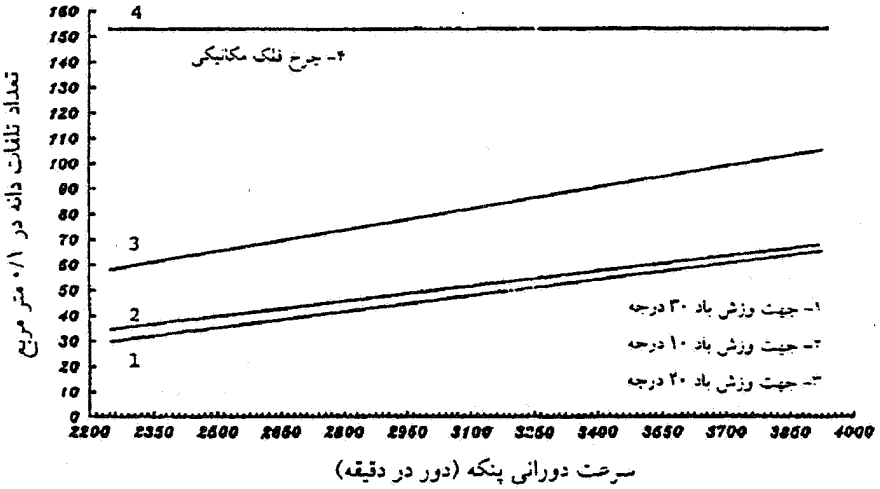
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

جدول ۱. مقایسه میانگین تلفات دانه در چرخ فلک بادی و مکانیکی در سطح ۵٪

میانگین مشاهدات	تیمارها	
	زاویه وزش باد (درجه)	سرعت پنکه (دور در دقیقه)
۴۹^{b}	۱۰	
۴۷^{b}	۲۰	۲۲۴۷
۲۵/۷^{b}	۳۰	
۲۱^{b}	۱۰	
۷۳^{b}	۲۰	۲۵۰۳
۳۸/۷^{b}	۳۰	
۴۶/۴^{b}	۱۰	
۷۷/۳^{b}	۲۰	۲۸۶۰
۳۰/۷^{b}	۳۰	
۵۸/۴^{b}	۱۰	
۹۳/۷^{ab}	۲۰	۳۲۱۸
۷۱/۴^{b}	۳۰	
۶۸/۷^{b}	۱۰	
۹۹/۳^{a}	۲۰	۳۹۳۲
۵۷/۳^{b}	۳۰	
۱۵۲/۸^{a}	چرخ فلک مکانیکی	

حروف مشابه اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.



شکل ۱۳. تلفات دانه توسط چرخ فلک مکانیکی و بادی در ۰/۱ مترمربع، برحسب دور پنکه

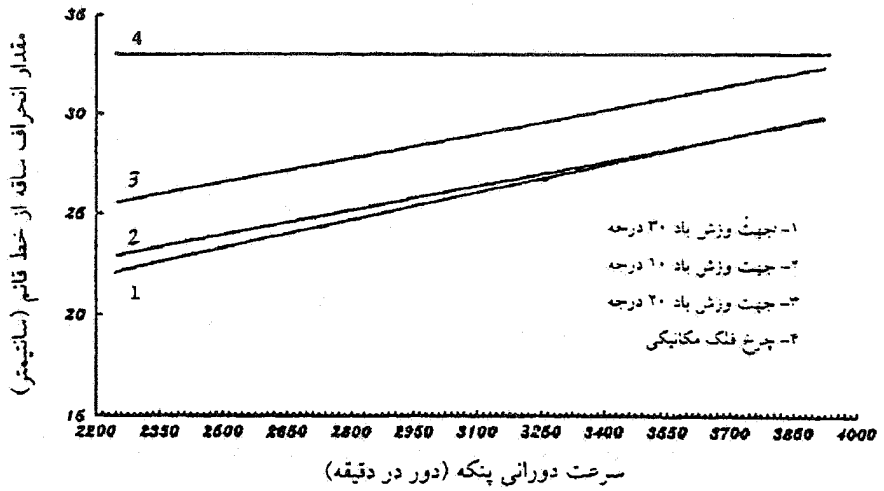
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

جدول ۲. مقایسه میانگین انحراف ساقه از خط قائم در چرخ فلک بادی و مکانیکی در سطح ۵٪

میانگین	تیمارها	
مشاهدات	زاویه وزش باد (درجه)	سرعت پنکه (دور در دقیقه)
۲۵^{b}	۱۰	
۲۵^{b}	۲۰	۲۲۴۷
۲۲^{b}	۳۰	
۲۲^{b}	۱۰	
۲۷^{ab}	۲۰	۲۵۰۳
۲۴^{b}	۳۰	
۲۴^{b}	۱۰	
۲۸^{ab}	۲۰	۲۸۶۰
۲۴^{b}	۳۰	
۲۸^{ab}	۱۰	
۳۰^{a}	۲۰	۳۲۱۸
۲۷^{ab}	۳۰	
۳۰^{a}	۱۰	
۳۲^{a}	۲۰	۳۹۳۲
۳۰^{a}	۳۰	
۳۲/۴^{a}		چرخ فلک مکانیکی

حروف مشابه اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.



شکل ۱۴. انحراف ساقه توسط چرخ فلک مکانیکی و بادی برحسب دور پنکه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

ساقه و ایجاد شوک به آن را ندارد. بنابراین، همان گونه که شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نیز نشان می‌دهند، در این زاویه کمترین افت در محصول و کمترین مقدار انحراف ساقه ایجاد می‌شود. البته جدول ۱ اختلاف معنی داری را میان تلفات محصول در زاویه‌های مختلف نشان نمی‌دهد (بجز یک مورد). در سرعت‌های بیش از ۳۲۱۸ دور در دقیقه، که نیروی باد تولید شده برای خم کردن ساقه افزایش یافته، انحراف ساقه به میزان بیشتری صورت گرفته است (شکل ۱۴). نتایج جدول ۲ نیز این موضوع را تأیید می‌نماید (اختلاف معنی‌داری را با چرخ فلک مکانیکی نشان نمی‌دهد).

بحث و نتیجه‌گیری

در زاویه ۱۰ درجه، که باد با قسمت‌های بالای ساقه برخورد می‌کند و نفوذ مناسب را در توده محصول ندارد، خم کردن ساقه به سادگی صورت نمی‌گیرد. با توجه به این که ارتفاع ساقه‌های گندم در سطح مزرعه ثابت نیست، و ارتفاع چرخ فلک بر پایهٔ میانگین ارتفاع تنظیم می‌شود، بنابراین میزان انحراف ساقه دائم در حال تغییر خواهد بود. این مسئله افزایش تلفات را به دنبال خواهد داشت.

در زاویه ۳۰ درجه نیز نسبت به زاویه‌های ۱۰ و ۲۰ درجه، باد از قدرت کمتری برخوردار است، چون در این زاویه باد به قسمت‌های پایین محصول برخورد می‌نماید. در زاویه ۳۰ درجه باد اثر مستقیمی بر خوشه‌ها ندارد، در حالی که تأثیر زاویه‌های ۱۰ و ۲۰ درجه به طور مستقیم روی خوشه‌ها بیشتر است، در نتیجه تلفات دانه در زاویه ۳۰ درجه، نسبت به دو زاویه دیگر در حداقل است. این موضوع را می‌توان با مقایسه مقدار انحراف ساقه و نمودار ریزش آنها در زوایای گوناگون مشاهده نمود. بنابراین، با توجه به مطالب بیان شده می‌توان چنین اظهار نمود که:

۱. در محدوده سرعت دورانی ۲۵۰۳ تا ۲۸۶۰ دور در دقیقه، زاویه مناسب برای وزش باد پنکه ۲۰ درجه انتخاب گردد، چون تلفات دانه در این زاویه اختلاف معنی‌داری با چرخ فلک مکانیکی دارد. هم چنین، در این محدوده و زاویه مذکور، از نظر انحراف ساقه اختلاف معنی‌داری با چرخ فلک مکانیکی دیده نمی‌شود.

۲. در دامنه سرعت مناسب پنکه (بند اول)، برای فاصله‌های افقی کم میان پنکه و تیغه‌های برش (کمتر از ۱۵ سانتی‌متر)، می‌توان از سرعت‌های پایین‌تر پنکه و در فاصله‌های بیشتر (۱۵ تا ۳۰) از سرعت‌های پایین‌تر پنکه استفاده نمود.

۳. در کلیه سرعت‌های دورانی مورد آزمایش و زاویه‌های ۱۰ و ۳۰ درجه، تلفات دانه اختلاف معنی‌داری را با چرخ فلک مکانیکی نشان می‌دهد. تنها در محدوده سرعت دورانی ۳۲۱۸ تا ۳۹۳۲ دور در دقیقه انحراف ساقه با نوع مکانیکی اختلاف معنی‌دار ندارد. البته لازمه این امر صرف انرژی بیشتر و تعمیرات زودرس برای پنکه‌ها است.

۴. با توجه به توزیع سرعت باد خروجی در عرض دهانه پنکه، به نظر می‌رسد که زاویه ۳۰ درجه برای فاصله (افقی) کم بین پنکه و تیغه برش در سرعت‌های ۳۲۱۸ و ۳۹۳۲ دور در دقیقه مناسب باشد. این زاویه و سرعت‌های ذکر شده به شرطی توصیه می‌گردد که از نظر توان مصرفی اختلاف معنی‌داری با سرعت‌های بند ۱ نداشته باشد.

نظر به این که پیشنهاد استفاده از سیستم چرخ فلک بادی به جای سیستم مکانیکی سابقه طولانی در جهان ندارد، و با توجه به منحصر به فرد بودن این پژوهش در ایران، لازم است تأثیر پارامترهای مختلف کمباین با چرخ فلک بادی جدید، بر تلفات محصول بررسی شود. بدین گونه می‌توان شکل و وضعیت نهایی دستگاه جدید را مشخص و توصیه نمود.

منابع مورد استفاده

۱. وزارت کشاورزی. ۱۳۷۶. نگاهی به زراعت و باغبانی در ایران. اداره کل آمار و اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی.
2. Bukhari, S., G. H. Jamro, K. A. Ibupoto and M. Zafarullah. 1989. Grain losses of various wheat varieties

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]

harvested by power reaper. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 20(2): 17-18.
3. Carary Company. 1990. Finger air reel. Agric. Eng. 71(5): AE 5019.
4. Carary Company Information Catalogue. 1993. Finger Air Reel. Carary Co., North Dakota, Canada.
5. Griffin, G. A. 1989. Combine Harvesting. Deere and Co. Service Train. Pub., Illinois, USA.
6. Johnson, W. H. 1959. Efficiency in combining wheat. Agric. Eng. 40(1): 19-20.
7. Nave, W. R., J. J. Wait and B. J. Butler. 1974. Reducing soybean cutterbar losses with low pressure air-jets. Trans. ASAE. 17(5): 817-820.
8. Quich, G. R. 1973. Laboratory analysis of the combine header. Trans. ASAE. 16(1): 5-12.
9. Tate, D. E. and W. R. Nave. 1973. Air conveyor header of soybean harvesting. Trans. ASAE. 16(1): 37-39.
10. Waelti, H., P. K. Turnquist and V. E. Matter. 1971. Harvesting techniques for reducing grain sorghum losses. Trans. ASAE. 14(5): 767-800.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.15.2]