کمینه کردن افت سیستم تمیزکننده کمباین با کنترل مواد غیردانه‌ای عبوری از شبکه ضدکوبنده

علی میرزازاده[1]، شمس‌الله عبدالله‌پور[2]، محمد مقدم[3]، خسرو محمدی[4]

تاریخ دریافت: 88/12/9 تاریخ پذیرش: 90/2/5

1- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

2- دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

3- استاد گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

4- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

مسئول مکاتبه : E-mail: ali.mirzazadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

با وجود اینکه متوسط افت کمباین در کشورهای پیشرفته 4 تا5 درصد تخمین زده می شود، متاسفانه براساس تحقیقات بعضی از پژوهشگران این عرصه، این مقدار برای کشور ایران تا 20درصد (حتی بیشتر) نیز گزارش شده است. برای داشتن حداقل افت، باید فرآیند عمل آوری محصول (برش، انتقال، کوبش، جداسازی و . . .) بهینه گردد. بیان معادلات رفتاری قسمت های مختلف، اولین قدم در عملی شدن این مهم می باشد. یکی از فرآیندهای مهم در عملیات برداشت غلات توسط کمباین، عبارت از کوبش مواد می باشد که تاثیر بیشتری بر عملکرد کمباین دارد. حداقل عبور مواد غیر دانه ای سبب کاهش بیش باری واحد تمیزکننده و کاهش افت این واحد و نیز کاهش آلودگی مخزن دانه به مواد غیردانه ای می شود. ارتفاع ساقه، شدت تغذیه، فاصله کوبنده و ضدکوبنده و سرعت دورانی کوبنده از عوامل کاری موثر در طراحی و کارکرد و افت کوبنده کمباین می باشند. در این راستا، یک آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار با کمباین سهند 68s انجام گرفت. متغیرهای های مستقل مد نظر عبارت بودند از: ارتفاع ساقه، نرخ تغذیه، نسبت ابتدای فاصله کوبنده به انتهای آن و سرعت کوبنده. عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده نیز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر چهار عامل روی عبور مواد غیردانه ای در سطح احتمال 0/01 معنی دار است. به طوری که میزان عبور مواد غیردانه با کاهش ارتفاع ساقه، کاهش شدت تغذیه، کاهش فاصله کوبنده و ضدکوبنده و افزایش دور کوبنده افزایش یافت. با وجود معنی دار بودن برخی از اثرهای متقابل عوامل، این اثرات اغلب از نوع تغییر در مقدار بودند. با توجه به معنی دار بودن اثر این چهار عامل روی عبور مواد غیردانه ای و برای بیان رابطه ریاضی متغیرهای مستقل (ارتفاع ساقه، نرخ تغذیه، مقدار فاصله کوبنده و ضدکوبنده و سرعت کوبنده) با متغیر وابسته (میزان عبور مواد غیردانه ای) از رگرسیون چند متغیره استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد که یک رابطه معنی داری در سطح احتمال 0/001 بین متغیرهای مستقل و وابسته وجود دارد. در نهایت مناسب ترین مدل به برای میزان عبور مواد غیردانه ای (y_3) به ترتیب زیر برآورد شد:

$$y_3 = \exp(c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4)$$

که در آن x_1، x_2، x_3 و x_4 به ترتیب ارتفاع ساقه محصول، شدت تغذیه محصول، فاصله کوبنده و ضدکوبنده و سرعت کوبنده و c_0، c_1، c_2، c_3 و c_4 ضرایب ثابت می باشند.

واژه های کلیدی: ، ارتفاع ساقه، سرعت کوبنده،، فاصله کوبنده و ضدکوبنده، کمباین، مواد غیردانه ای، نرخ تغذیه

Combine Cleaning System Losses Control by Using of MOG Feed Rate Through Concave

A Mirzazadeh[1*], SHA Abdollah Pour[2], M Moghaddam[2] and KHO Mohammadi[4]

Received: February 28, 2010 Accepted: April 25, 2011
[1]PhD student of Eng. of Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[2]Assoc Prof, Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[3]Prof, Dept of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
[4]PhD student of Eng. of Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
*Corresponding author: E-mail: ali.mirzazadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Although the mean of combine losses is about 4-5% in advanced countries, unfortunately in Iran is about 20% and higher. In order to obtain little loss it is necessary that product processes such as cutting, transporting, threshing, separation, etc. would be optimized. Expressing the equation of different parts of harvesting is the first step. Threshing is one of these processes which has more effect on combine performance. Reduction of MOG passing from concave could reduce the load on shoes that would increase cleaning system efficiency and decrease foreign materials in bin. Cutting height, feed rate, threshing clearance rate and cylinder speed are parameters which were used in combine design and its performance evaluating too. In order to evaluating of these parameters effect on threshing performance, experiment was conducted in 4×3×3 factorial pattern with Randomized Blocks design. Independent variables in this experiment were cutting height, feed rate, threshing clearance ratio and rotational velocity of threshing cylinder. MOG passing from concave was considered as dependent variable. Results showed that the effects of treatments on dependent variable were significant but interaction effects of them were not significant ($P<0.01$). As cutting height, feed rate and threshing clearance decreased, MOG passing increased. Also it (dependent parameter) was proportional with cylinder speed. Multiple regression was used to express relation between dependent and independent parameters. The most compatible model for MOG passing (y_3) was as follows: $y_3 = \exp(c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4)$ Which x_1, x_2, x_3 and x_4 were cutting height, feed rate, threshing clearance rate and speed of threshing cylinder respectively and c_0, c_1, c_2, c_3 and c_4 were constants.

Keywords: Clearance ratio, combine, cutting height, feed rate, , threshing speed, MOG

مقدمه

روند رو به رشد جمعیت جهان اهمیت تغذیه را روشن تر می سازد و در این میان غلات در زندگی بشر به عنوان اصلی ترین ماده ی غذایی نقش بسیار اساسی دارد. تولید غلات در جهان 2/5 میلیارد تن است که بیشترین میزان آن (حدود 690 میلیون تن) به گندم اختصاص دارد و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه نیز، گندم در درجه اول اهمیت قرار دارد (بی نام 2008). یکی از مهم ترین مراحل تولید غلات و بالاخص گندم، برداشت محصول است که به مقدار قابل ملاحظه ای انرژی نیاز دارد و همراه با افت هایی می باشد. در حالی که مقدار این افت ها برای کشورهای پیشرفته 4-5درصد گزارش شده است، تحقیقات و پژوهش های انجام یافته نشان می دهد که مجموع این افت برای ایران به 20درصد (حتی بیشتر) نیز می رسد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (مقدم 1385).

افت کمباین غلات خود به افت طبیعی (افت قبل از برداشت)، تلفات سکوی برش، تلفات کوبنده، تلفات تمیزکننده و تلفات بدنه تقسیم می شود (بهروزی لار 1380).

یکی از راه های کاهش افت در کمباین غلات، با توجه به اینکه فرآیند برداشت توسط این نوع ماشین آلات ترکیبی از چند فرآیند می باشد، تفکیک فرآیندها و ارائه مدل ریاضی متناسب برای تک تک این فرآیندها بر پایه ی بررسی و اندازه گیری عوامل موثر در افت ها می باشد تا بتوان براساس آن داوری و مدیریت مناسبی صورت داد.

یکی از این فرآیندهای مهم که تاثیر بسزایی در افت کل کمباین دارد، مربوط به کوبش مواد می باشد. کوبش مواد در کمباین توسط قلب کمباین یعنی واحدکوبنده انجام می گیرد. در اثر این عمل مقداری از دانه های آزاد (کوبش یافته) از شبکه ضد کوبنده عبور کرده وبقیه دانه ها نیز به صورت آزاد یا خوشه های نیمکوب به واحد جداکننده منتقل می شوند. در ضمن طی عمل کوبش مقداری مواد غیردانه ای نیز از شبکه ضدکوبنده عبور کرده و سپس از طریق سینی دانه روی الک رویی ریخته می شوند.

کوبنده ایده آل کوبنده ای است که کوبیدن کامل حداکثر محصول ورودی را همراه با بهترین جداسازی دانه انجام دهد و در عین حال که شکل و کیفیت طبیعی دانه را حفظ کرده، تلفات دانه و تکه کردن MOG[1] و عبور آن از شبکه ضدکوبنده را به حداقل برساند. کوبیدن ممکن است توسط الف- ضربه یک جسم دارای حرکت سریع روی مواد، ب- مالش، پ- فشردن غلاف ها و ترکیبی از دو یا چند عمل بالا انجام گیرد (طباطبایی کلور و همکاران 1384).

عملکرد بخش کوبنده خود با عوامل بازده کوبنده، بازده جداکننده، دانه های صدمه دیده و مقدار ساقه های خرد شده سنجیده می شود. بررسی میزان شکستگی ساقه ها و برگ های مواد عبوری از فضای کوبش و نیز عبور سایر مواد غیردانه ای، از آنجائی که سبب بیش بار شدن قسمت تمیز کننده و در نتیجه بالا رفتن تلفات دانه در این قسمت و نیز مصرف زیاد توان در واحد کوبنده می شود، اهمیت بسزایی دارد (بهروزی لار 1379).

تحقیقات و پژوهش های انجام یافته در زمینه میزان مواد غیردانه ای عبوری از شبکه ضدکوبنده و تاثیر آن بر افت واحد تمیز کننده زیاد نمی باشد. در این قسمت تنها به چند مورد از این پژوهش ها اشاره خواهد شد.

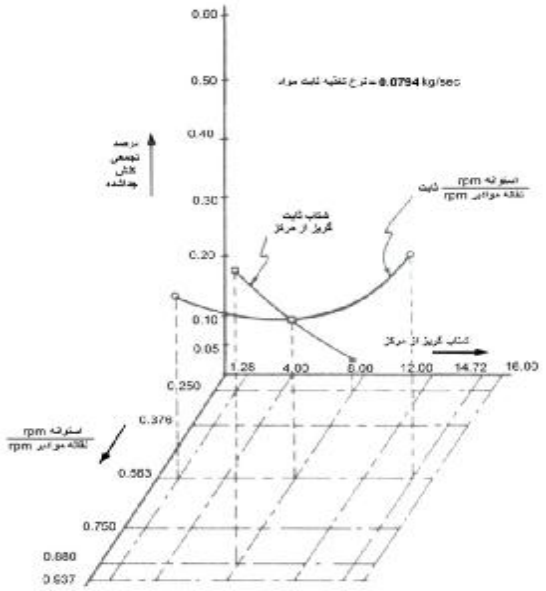
ارزیابی های وسیع آزمایشگاهی توسط موسسه ملی مهندسی کشاورزی (NIAE) انگلستان (به نقل از طباطبایی کلور و همکاران 1384)، در مورد اثر عوامل مختلف طراحی و شرایط کاری روی عملکرد کوبنده های سوهانی جریان عرضی انجام شد. این ارزیابی ها نشان دادند که افزایش طول ضدکوبنده شکستگی کلش ها و صدمه دانه را افزایش می دهد. همچنین نتایج این پژوهش با ضدکوبنده بدون سوراخ یا پوشیده شده نشان داد که پوشیده بودن سوراخ های ضدکوبنده اثر

1 -Materials Other than Grain

معنی داری روی افت کوبنده یا خرد شدن کاه و کلش ندارد.

نتایج آزمون های آزمایشگاهی انجام شده توسط رید و همکاران نیز (به نقل از طباطبایی کلور و همکاران، 1384)، روی گندم نشان دادند که میزان خرد شدن کاه و کلش تحت تاثیر نوع و رسیدگی محصول قرار می گیرد و خرد شدن کاه و کلش در مواد خشک تر و دور بالاتر کوبنده افزایش می یابد. به طور کلی کم کردن فاصله کوبنده و ضدکوبنده اثر زیادی روی خرد شدن کاه و کلش ندارد. همچنین نتایج این آزمون ها نشان دادند که اگر دور کوبنده افزایش یابد یا فاصله کوبنده و ضدکوبنده کاهش پیدا کند، درصد مواد غیردانه که از شبکه ضدکوبنده عبور می کند افزایش می یابد. با افزایش آهنگ تغذیه درصد مواد اندکی کاهش می یابد. در این آزمون ها با افزایش نسبت دانه به غیر دانه از 0/7 به یک، در یک آهنگ تغذیه معین، درصد مواد غیردانه ای عبور کرده از شبکه ضدکوبنده به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافت.

سائیج پاول و همکاران (1977) مجموعه آزمایش هایی به منظور برآورد فشار هوای لازم برای جلوگیری از عبور مواد غیردانه ای از توری (استوانه ی شبکه ای) و نیز ساقه های بلند روی یک مجموعه واحد از جداکننده و تمیزکننده استوانه ای (محوری) انجام دادند. این آزمایش ها روی یک مکانیزم مرکبی که متشکل از هلیس داخلی، استوانه ی مشبک با سوراخ های لبه دار و یک اتاقک استوانه ای هم محور ایجاد کننده فشار هوا برای جلوگیری از خروج کاه از سوراخ های استوانه ی مشبک، محیط بر این مجموعه، انجام شد. که موقع اجرای آزمایش ها، هلیس انتقال دهنده مواد و استوانه مشبک هم جهت به حالت دورانی به حرکت در می آمدند با این تفاوت که سرعت دورانی هلیس بیشتر از استوانه مشبک(توری) می باشد. متغیرهای وابسته در این پژوهش عبارت بودند از: شدت تغذیه مواد، نسبت سرعت دورانی استوانه مشبک به سرعت دورانی هلیس و شتاب گریز از مرکز ناشی از چرخش استوانه مشبک. شکل 1 و 2 اثرات متغیرهای مستقل فوق روی درصد دانه های جدا شده، درصد کاه ها و درصد کلش (با ساقه های بلند) عبور کرده از سوراخ های شبکه را نشان می دهد.



شکل 1- تاثیر دور استوانه/نقاله موادبر و شتاب گریز از مرکز روی درصد تجمعی کلش عبور کرده از شبکه

در نهایت سائیج پاول و همکاران (1977) بر پایه معادلات ناویر-استوکس و معادله پیوستگی، فشار لازم در هر نقطه از فضای بین توری و اتاقک ایجادکننده فشار هوا برای جلوگیری از عبور خرده کاه، به شکل معادله 1 ارایه کردند:

$$P = P_1 + P_r + \frac{\rho r_s^2 v_h^2}{g_c}\left(\frac{1}{2r_1^2} - \frac{1}{2r^2}\right) + \frac{\rho r_s^4 \omega_s^2}{g_c}\left(\frac{1}{2r_1^2} - \frac{1}{2r^2}\right) \qquad [1]$$

که در آن:

P= فشار در هر نقطه از اتاقک ایجاد کننده فشار برای جلوگیری از عبور کاه از سوراخ های استوانه مشبک (pa)

P_1= فشار در شعاع r_1 (pa)

P_r= مجموع افت فشار بخاطر سوراخ های لبه دار و وجود مواد در دیواره ی داخلی استوانه مشبک

ρ= دانسیته هوای خشک (kg/m^3)

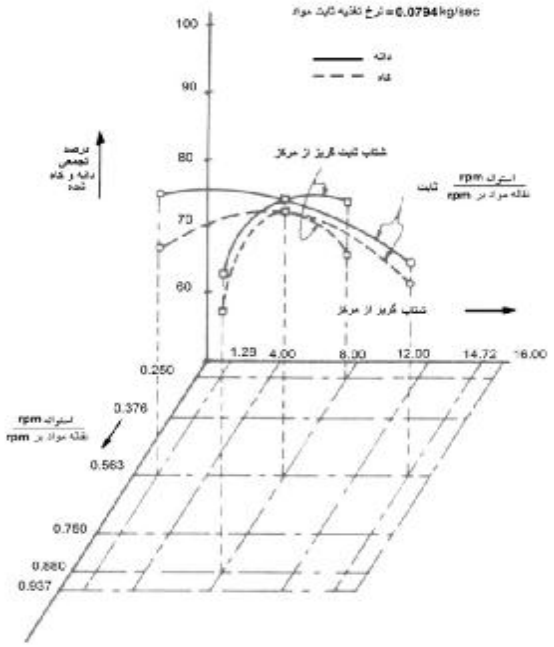
ω_s= سرعت زاویه ای استوانه مشبک (rad/sec)

$r_1=r_s-r_t$ (m)

r_s= شعاع استوانه مشبک همراه با ضخامت دیواره‌ی آن (m)

r_t= ضخامت مواد بعلاوه‌ی ضخامت دیواره‌ی استوانه مشبک (m)

g_c= ثابت گرانش (9/81)



شکل 2- تاثیر دور استوانه/نقاله موادبر و شتاب گریز از مرکز روی درصد کلی جدایش دانه و کاه

میو (1999) برای شبیه سازی جداسازی مواد غیردانه ای (MOG) در واحد کوبنده (مماسی و محوری)، در طول فضای کوبش (x) مدل ریاضی تصادفی ارائه کرد. این معادلات درصد تجمعی مواد غیردانه ای عبوری از شبکه ضدکوبنده (pp_s)، درصد مواد غیردانه ای خرد نشده (ساقه های تکه نشده)(pp_n) و درصد مواد غیردانه ای قابل جداشدن (pp_f) را کمّی می کنند و به قرار زیر هستند:

$$pp_n(x) = 1 - \int_0^x ae^{-bs}ds = 1 - \frac{a}{b}(1 - e^{-bx}) \quad [2]$$

$$pp_s(x)\frac{a}{b(b-a)}\left[b(1-e^{-ax}) - a(1-e^{-bx})\right] \quad [3]$$

$$pp_f = \frac{a}{b-a}(e^{-ax} - e^{-bx}) \quad [4]$$

که در آن

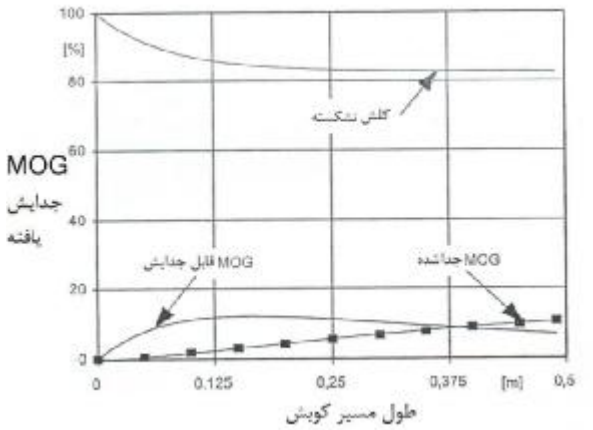
a= نرخ خطی تولید کاه[1] (بی بعد)

b= نرخ خطی جداسازی کاه[2] (بی بعد)

از معادله 2 قابل استنباط است که میزان مواد غیردانه ای جدایش یافته در انتهای طول کوبش کوبنده مماسی(l) عبارت است از:

$$pp_s(l)\frac{a}{b(b-a)}\left[b(1-e^{-al}) - a(1-e^{-bl})\right] \quad [5]$$

شکل 3 درصد کلش سالم (شکسته نشده)(pp_n)، کاه آزاد عبوری از شبکه (pp_s) و کاه عبوری از شبکه (pp_s) را برای یک واحد کوبنده ی مماسی نشان می دهد.



شکل 3- جدایش مواد غیردانه ای در گندم با کوبنده مماسی

مواد و روش ها

این پژوهش در سه مرحله انجام شد:

آماده سازی شرایط برای انجام آزمون ها

برای اجرای آزمایش ها از یک دستگاه کمباین سهند 68s، ساخت شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان، استفاده شد. در این طرح ابتدا اندام های

1- Linear rate of MOG fragmentation

2- کاه عبوری به واسطه عمل کوبنده

مربوط به هد، کاه پران، چنگک هم زن، دمنده، الک ها و ماردم های مربوط به دانه تمیز و کزل، با توجه به عدم نیاز در این آزمایش ها، از روی کمباین برداشته شد و سپس یک عدد سینی دانه شبکه بندی شده با ابعاد 610×1050 میلیمتر برای جمع آوری مواد عبوری از شبکه ضدکوبنده ساخت شد (شکل4).

شکل4- سینی شبکه بندی شده

برای خالی کردن آسان محتوای هریک از سلول های داخل سینی شبکه بندی شده نیز از ظروف یک بار مصرف با ابعاد 76/25×95/45 میلیمتر به تعداد 88 (با در نظر گرفتن مساحت تصویر فضای کوبش) استفاده شد.

سپس سینی شبکه بندی شده زیر واحد کوبنده و ضدکوبنده قرار گرفت. برای تغذیه یکنواخت مواد به نقاله تغذیه و به دنبال آن به فضای کوبش، از یک دستگاه تسمه نقاله دو متری با قابلیت متغیر بودن سرعت آن استفاده گردیده و سپس این تسمه نقاله در جلوی نقاله تغذیه کمباین قرار داده شد. شکل 5 نحوه ی قرارگیری تسمه نقاله در جلو کمباین مورد نظر را نشان می دهد.

مشخصات مربوط به کوبنده کمباین سهند 68s مورد استفاده در این پژوهش به شرح زیر است:

1- نیم سیلندر یا ضد کوبنده: ضد کوبنده از نوع شبکه های کشویی قابل تعویض می باشد که به تعداد سه عدد در زیر کوبنده قرار گرفته اند.
2- استوانه کوبنده: استوانه کوبنده سهند 68s از نوع تسمه سوهانی بوده که دارای عرض 1060میلیمتر، قطر 450 میلیمتر، 6 عدد تسمه سوهانی و 5 عدد بشقاب می باشد.
3- دور کوبنده: دور کوبنده نیز از 650 دور در دقیقه تا 1500 دور در دقیقه قابل تنظیم از داخل کابین راننده می‌باشد (بی نام 1385).

شکل 5- نحوه ی قرارگیری تسمه نقاله در جلوی کمباین

برای تامین سطوح مختلف تیماری برای فاصله کوبنده و ضدکوبنده از پیچ رگلاتور مطابق دستورالعمل سازنده استفاده شد.

نحوه‌ی جمع آوری محصول

با توجه به اینکه در سال زراعی 88-87 اکثر سطح زیر کشت مناطق آبی دشت مغان به کشت گندم آبی- رقم شیرودی اختصاص داشت، همین رقم برای انجام آزمایشات انتخاب گردید. محصول آزمایشی مورد نظر به میزان از قبل تعیین شده و به مدت یک هفته قبل از موسم برداشت (با رطوبت تقریبی 18 الی 20 درصد)، در اندازه های پنج کیلوگرمی و در سه سطح ارتفاع ساقه با دست برداشت شده و سپس توسط کامیون از مغان به محل انجام آزمایشات (شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان) منتقل و در واحد تحقیق و

توسعه شرکت گسترش انبار گردید. برای حفظ رطوبت اولیه و نیز جلوگیری از اثرات تغییرات آن در طول آزمایش ها، محصول برداشت شده (که در اندازه های پنج کیلوگرمی بودند)، در داخل کیسه های بزرگ نایلونی قرار داده شدند.

ارتفاع ساقه، نرخ تغذیه، نسبت لقی کوبنده (نسبت فاصله کوبنده و ضد کوبنده در جلو به عقب آن) و سرعت کوبنده به عنوان متغیرهای مستقل و میزان مواد غیردانه ای عبور کرده از شبکه ضدکوبنده نیز به عنوان پارامتر وابسته در نظر گرفته شد. آزمایش ها به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد (ولی زاده و مقدم، 1386).

جدول 1 سطوح مختلف انتخاب شده هر تیمار در این طرح را نشان می دهد.

جدول 1- سطوح مختلف فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش

فاکتور	سطح
ارتفاع ساقه (A)	A_1= 85 cm A_2= 65 cm A_3= 45 cm
شدت تغذیه (B)	B_1= 100 kg/min B_2= 60 kg/min B_3=42/86 kg/min
نسبت ابتدای فاصله کوبنده و ضدکوبنده به انتهای آن (C)	C_1= 3/75 C_2= 4/33 C_3= 2/83
سرعت کوبنده (D)	D_1=1200(rpm) D_2=1150(rpm) D_3=1250(rpm)

اجرای آزمایش ها

قبل از هر تکرار، شناسنامه هر آزمایش تهیه و سپس محصول از داخل کیسه در آورده شده و روی تسمه نقاله توزیع گردید. با توجه به شماره آزمایش، تنظیمات لازم به ترتیب روی کمباین (سرعت کوبنده و فاصله کوبنده و ضدکوبنده) و اینورتر تسمه نقاله (سرعت تسمه نقاله) انجام و سپس مواد به داخل نقاله تغذیه و به دنبال آن به فضای کوبند و ضدکوبنده تغذیه شد.

مواد داخل سلول ها (حاصل از کوبش مواد) پس از ثبت شماره آزمایش و شماره سلول، به داخل کیسه های کوچک انتقال و پس از جداسازی مواد غیردانه ای از دانه، توسط ترازوی دیجیتالی با حساسیت 0/01 گرم وزن و یادداشت شد.

نتایج بدست آمده از میزان عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده کمباین سهند 68s، در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده ها دارای توزیع نرمال بودند اما به سبب آن که دارای واریانس های درون تیماری یکنواخت نبودند، برای مقایسه میانگین ها از روش Games-Howell استفاده شد (ولی زاده و مقدم 1386).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر ارتفاع ساقه (A)، نرخ تغذیه (B)، نسبت ابتدای فاصله کوبنده و ضدکوبنده به انتهای آن (C) و سرعت دورانی کوبنده (D) روی میزان موادد غیردانه ای (MOG) عبور شده از شبکه ضدکوبنده در کمباین سهند 68s در جدول 2 نشان داده شده است. همان گونه که از جدول بر می آید، اثر هر چهار فاکتور به تنهایی و نیز اثرات متقابل A*B، A*D، B*C و B*D در سطح احتمال 0/01 و اثر متقابل A*C در سطح احتمال 0/05 معنی درا شدند. ولی اثرهای متقابل C*D، A*B*C، A*B*D ، B*C*D و A*B*C*D معنی دار نبودند.

جدول 2- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عبور مواد غیردانه ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ارتفاع ساقه (A)	2	76150/3	19/64**
شدت تغذیه (B)	2	91073/8	23/49**
فاصله کوبنده و ضدکوبنده (C)	2	39303/5	10/14**
سرعت کوبنده (D)	2	344742	88/93**
A*B	4	37255/5	4/8**
A*C	4	22478	2/9*
A*D	4	27519/6	3/55**
B*C	4	35225/1	4/54**
B*D	4	42972/7	5/54**
C*D	4	11375/5	1/47ns
A*B*C	8	28497/4	1/84ns
A*B*D	8	10394/9	0/67ns
B*C*D	8	13094/5	0/84ns
A*B*C*D	24	59723/9	1/28ns
خطای آزمایشی	160	310137/2	

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

جدول 3- میانگین میزان عبور مواد غیردانه ای در سطوح مختلف هر کدام از عامل ها

عامل	سطوح عامل ها	میانگین
ارتفاع ساقه	85 cm	437/8b گرم
	65 cm	480/32a گرم
	45 cm	451/69bگرم
شدت تغذیه	100 (kg/min)	439/82bگرم
	60 (kg/min)	446/27bگرم
	42/86 (kg/min)	483/73aگرم
فاصله کوبنده و ضدکوبنده	3/75	450/63abگرم
	4/33	474/28aگرم
	2/83	444/9bگرم
سرعت کوبنده	1200 (rpm)	459/76bگرم
	1150 (rpm)	408/67cگرم
	1250 (rpm)	501/07aگرم

در هر فاکتور، میانگین های دارای حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد دارند.

بررسی نمودارهای مربوط به اثرات متقابل دوگانه و سه گانه معنی دار نشان داد که اثرات متقابل مذکور از نوع اثرات از نوع تغییر در مقدار می باشد. بنابراین مانند سایر متغیرهای وابسته دیگر مقایسه میانگین ها بر اساس اثرات اصلی عوامل صورت گرفت. میانگین مواد غیردانه ای عبوری از شبکه در سطوح مختلف عوامل مورد مطالعه در جدول 3 نشان داده شده است.

بیشترین میزان عبوری مواد غیردانه‌ای از شبکه با مقدار 480/32 گرم در ارتفاع ساقه 65 سانتی متر و کمترین میزان مواد غیردانه‌ای عبوری از شبکه نیز با مقدار 437/8 گرم در ارتفاع ساقه 85 سانتی متر بدست آمد. اما نتایج مربوط به اثر این فاکتور روی میزان مواد غیردانه ای عبوری از شبکه با تحقیقات انجام یافته توسط رید و همکاران (به نقل از طباطبایی کلور و همکاران 1384) مطابقت کاملی ندارد و این تناقض در ارتفاع 45 سانتی متر، کوتاه ترین ارتفاع رخ داد که احتمالا به علت وجود خطای آزمایشی می باشد. در عین حال بین میزان عبور این مواد از شبکه ضدکوبنده در ارتفاع های ساقه 85 و 65 سانتیمتر در سطح احتمال 0/01 اختلاف معنی داری وجود داشت به طوری که با کاهش ارتفاع ساقه (افزایش نسبت دانه به مواد غیردانه‌ای) میزان مواد غیردانه ای عبوری افزایش پیدا کرد. که یکی از علل آن می تواند افزایش غلاف های موجود در ارتفاع های ساقه کوتاه (شدت تغذیه معین) نسبت به ارتفاع های ساقه بیشتر باشد. همچنین غلاف ها همراه دانه های آزاد و سایر مواد غیردانه ای خرد شده به علت مقاومت و گرفتگی کم سوراخ های شبکه توسط ساقه های بلند، به سهولت می توانند خود را به شبکه ضد کوبنده رسانده و از آن عبور نمایند. مقایسه

میانگین مقادیر مواد غیردانه ای از شبکه در شدت تغذیه های مختلف بیان گر آن است که بین شدت های تغذیه مختلف از نظر تاثیر میزان مواد غیردانه ای اختلاف معنی داری وجود دارد. به طوری که بیشترین میزان مواد غیردانه ای عبوری با مقدار 483/73 گرم در شدت تغذیه 42/86 کیلوگرم بر دقیقه و کمترین میزان این مواد با مقدار 439/82 گرم در شدت تغذیه 100 کیلوگرم بر دقیقه بدست آمد. بالا بودن میزان عبوری مواد غیر دانه ای در شدت تغذیه های پایین به سبب ضربات مستقیم و استهلاک کم کوبنده روی مواد غیردانه ای عبوری از فضای کوبش می باشد. در این حالت میزان خرد شدن ساقه ها و در نتیجه مقدار عبوری آن افزایش می یابد. در ضمن در شدت تغذیه های پایین زمان بیشتری برای دریافت ضربات متعدد کوبنده برای مواد غیردانه ای و در نتیجه، خرد شدن بیشتر ساقه و احتمال افزایش عبور آن ها از شبکه ضدکوبنده وجود دارد. در خصوص اثر نسبت لقی کوبنده بر عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده، بیشترین میزان با مقدار 474/28 گرم در نسبت 4/33 و کمترین میزان عبوری نیز با مقدار 444/9 گرم در نسبت 2/83 مشاهده شد (جدول 3). یکی از علل افزایش میزان عبوری مواد غیردانه ای در فواصل کم بین کوبنده و ضدکوبنده کاهش ارتفاع لایه مواد عبوری از فضای کوبش می باشد. به طوری که با کاهش ضخامت لایه مواد در فضای کوبش، کوبنده با ضربات تقریبا برابر و استهلاک کمتر روی مواد عبور کننده از فضای کوبش اثر می گذارد در نتیجه میزان شکست ساقه ها و برگ ها و عبور آن ها از شبکه افزایش می یابد. در ضمن در فواصل کم بین کوبنده و ضدکوبنده مواد خرد شده همانند دانه های آزاد، فاصله زمانی و مکانی کمتری را از بین سایر مواد طی می کنند تا خود را به سوراخ های ضدکوبنده برسانند. در نتیجه میزان عبور این مواد افزایش می یابد. بین سرعت های مختلف کوبنده نیز از نظر تاثیر آن ها روی عبور مواد غیردانه ای از شبکه اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین مقدار 501/07 گرم مربوط به سرعت 1250 دور در دقیقه و کمترین آن با مقدار 408/98 گرم مربوط به سرعت 1150 دور در دقیقه بود. با افزایش سرعت کوبنده، احتمالا عمل اجزای کوبنده روی محصول با شدت بیشتری انجام شده و مواد عبوری از فضای کوبش ضربات بزرگ تری را دریافت می کنند که این منجر به شکستن و کوتاه تر شدن ساقه ها و مواد غیردانه ای و درنتیجه افزایش میزان عبور از شبکه ضدکوبنده می شود. ضمن اینکه با افزایش سرعت کوبنده، نیروی گریز از مرکز وارده به جرم مواد غیردانه ای خرد شده بزرگتر بوده، که این امر احتمال عبور آن ها را از بین سایر مواد و نیز سوراخ های شبکه ضدکوبنده افزایش می دهد.

حداقل میزان مواد غیردانه ای عبوری از شبکه ضدکوبنده با مقدار 237 گرم در تیمار $A_1B_1C_3D_2$ رخ داد که از لحاظ حداقل سازی افت در واحد تمیز کننده مناسب می باشد. با وجود این مقایسه داده های بدست آمده از میزان کوبش و جدایش مواد نشان می دهند که در این تیمار حداقل میزان کوبش وجدایش مواد نیز حادث می شود که از لحاظ کاهش افت کوبش و جدایش دارای اثر منفی می باشد. حداکثر میزان عبور این مواد از شبکه ضدکوبنده و نیز حداکثر میزان کوبش و جدایش مواد در تیمار $A_3B_3C_2D_3$ بدست آمد.

نتایج حاصل از این بخش به غیر از اثر ارتفاع ساقه، مطابقت کامل با مطالعات انجام یافته توسط رید و همکاران (به نقل از طباطبایی کلور و همکاران 1384) داشت. به طوری که با کاهش سرعت کوبنده و افزایش نرخ تغذیه و فضای کوبش میزان عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده کمباین سهند 68s کاهش یافت.

مدل رابطه میزان عبور مواد غیردانه ای با متغیرهای مستقل مورد آزمایش

در این پژوهش برای تعیین ارتباط متغیرهای ارتفاع ساقه محصول، شدت تغذیه، نسبت لقی کوبنده و سرعت

کوبنده با میزان عبور مواد غیردانه ای نیز از یک تابع نمایی استفاده شد (مدل 6).

$$y_3 = \exp(c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4) \quad [6]$$

که در آن:

y_3 = میزان مواد غیر دانه ای عبور کرده از شبکه ضدکوبنده کمباین سهند 68s (gr)

x_1 = ارتفاع ساقه محصول (cm)

x_2 = شدت تغذیه محصول (kg/min)

x_3 = لقی کوبنده (بدون واحد)

x_4 = سرعت کوبنده (rmp)

ضرایب رگرسیون چندگانه استاندارد شده و استاندارد نشده در جدول 4 درج شده اند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس رابطه رگرسیونی میزان عبور مواد غیر دانه ای از شبکه ضدکوبنده کمباین سهند 68s با متغیرهای مستقل مورد این پژوهش در جدول 5 آورده شده است. بین میزان عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده و متغیرهای مورد مطالعه یک رابطه نمایی معنی دار در سطح احتمال کمتر از 0/001 مشاهده شد. به عبارت دیگر می توان با استفاده از مدل نمایی فوق، میزان عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده در کمباین مورد نظر را بر اساس مقادیر متفاوت ارتفاع برش محصول، شدت تغذیه، نسبت ابتدای فاصله کوبنده و ضدکوبنده به انتهای آن و سرعت کوبنده پیش بینی نمود. ضریب تبیین به دست آمده نیز قابل قبول بود (73درصد) و می توان اظهار داشت که متغیرهای مستقل مورد نظر توانستند بخش بزرگی از تغییرات متغیر میزان مواد غیردانه ای عبوری را توجیه نمایند.

ضریب استاندارد شده متغیر سرعت کوبنده از بیشترین مقدار برخوردار بود. این موضوع حاکی از آن است که از بین متغیرهای مستقل مورد نظر در این پژوهش، متغیر سرعت کوبنده بیشترین تاثیر را روی میزان عبور مواد غیردانه ای از شبکه ضدکوبنده داشته است. در رتبه های بعدی به ترتیب نرخ تغذیه، نسبت لقی کوبنده و متغیر ارتفاع ساقه محصول قرار داشت.

جدول 4- ضرایب رگرسیون استاندارد نشده و استاندارد شده مدل ریاضی مربوط به عبور مواد غیردانه ای در کوبنده کمباین سهند 68s

ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد نشده	ضرایب استاندارد شده
عرض از مبدا (c_0)	36/724	
سرعت کوبنده (c_4)	$9/0428484\times10^{-4}$	0/531
شدت تغذیه (c_2)	$-6/96093\times10^{-4}$	-0/23971
نسبت لقی (c_3)	0/01771184	0/157396
ارتفاع ساقه (c_1)	$-2/04484\times10^{-4}$	-0/0480297

جدول 5- تجزیه واریانس رگرسیونی مدل ریاضی میزان عبور مواد غیردانه ای در کوبنده کمباین سهند 68s

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
ناشی از رگرسیون	4	0/108***
باقیمانده	238	0/003
کل	242	

***: معنی دار در سطح احتمال 001/

منابع مورد استفاده

بهروزی لار، م، 1379. اصول طراحی ماشین های کشاورزی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

بهروزی لار، م، 1380. مدیریت تراکتور و ماشین های کشاورزی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران.

بی نام. 1385، دفترچه راهنمای کمباین سهند 68s، شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان.

طباطبایی کلور، ر، شم آبادی، ز، ا، و نجات لرستانی، ع. 1384. اصول ماشین های کشاورزی(ترجمه)، جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران.

مقدم، س، 1385. بررسی تلفات برداشت گندم در استان آذربایجان شرقی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

ولی زاده، م، و مقدم، م، 1386. طرح های آزمایشی در کشاورزی، ویراست چهارم. انتشارات پریور.

Anonymous. 2008. FAOSTAT data base. FAO, Rome. www.faostate.fao.org

Miu, PI. 1999. Mathematical modeling of material other than grain separation in threshing units. ASAE Meeting Presentation, ASAE/CSAE Annual International Meeting, Toronto, Ontario, Canada. Paper No. 993208.

SijPaul, KK., Drew, LO., Huber, CD., Jones, CD. and Roller, WL. 1977. Testing the concept of an integral separator and cleaner unit for a combine. Transactions of the ASAE, 20: 243-247.