



## طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه جمع آوری بقایای یونجه تلف شده حین عملیات

### بسته بندی

جمیله شجاعی<sup>۱</sup> و امین اله معصومی<sup>۲</sup> و علی محمد شیرزادی<sup>۳</sup>

#### چکیده

با توجه به ارزش غذایی بالای برگ یونجه، کاهش تلفات آن در فرآیندهای مختلف تولید از جمله برداشت تا از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد. افت محصول ناشی از ریزش برگها در مرحله بسته بندی محصول 15-7 درصد گزارش شده است. در تحقیق حاضر دستگاهی جهت جمع آوری برگ های ریزش یافته طراحی، ساخته و ارزیابی شده است [1]. مناسب ترین روش جهت جمع آوری بقایای ریزش یافته در سطح مزرعه استفا ده از یک سیستم مکشی می باشد، برای جداسازی بقایای ریزش یافته برگ و ساقه گیاه یونجه از گرد و خاک و حتی بقایای پوسیده گیاهی که ناخواسته مکش می گردند، از یک سیکلون استفاده شد. جهت انجام مراحل طراحی و انتخاب ابعاد دستگاه و سیکلون برخی از خواص فیزیکی و آئرو دینام یکی برگ یونجه (پوسیده شده) اندازه گیری شد. قسمت های ساخته شده شامل قاب، اتصال سه نقطه، سیکلون و مجاری جریان هوا بود. مکنده ضمیمه شده به این دستگاه با ایجاد جریان مکشی مواد ریزش یافته را از سطح زمین برداشت می کرد. توان مورد نیاز این دستگاه از محور تواندهی تراکتور مسی فرگوسن 285 تأمین گردید. دستگاه مذکور در دو مرحله ایستگاهی و مزرعه ای ارزیابی شد. ارزیابی ایستگاهی به منظور بررسی صحت عملکرد واحدهای مختلف دستگاه انجام گرفت. ارزیابی مزرعه ای در شرایط کاملاً طبیعی مزرعه در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار با سه تیمار (سرعت های پیشروی 2 و 4 و 6 کیلومتر در ساعت) انجام شد. خواص اندازه گیری شده عبارت بودند از: درصد برگ های جمع آوری شده و درصد خاک های جدا شده از برگ ها که به ترتیب بیان کننده کیفیت مکش و جدایش دستگاه بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس عوامل آزمایشی نشان داد که تأثیر سرعت بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش در سطح احتمال 0/001 معنی دار بود. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بالاترین عملکرد دستگاه از نظر برداشت برگ های ریزش یافته (حدود 80 درصد معادل 440 کیلوگرم در هکتار) در کمترین مقدار سرعت پیشروی بود. در نهایت برای تعیین مناسب ترین سرعت پیشروی دستگاه در مزرعه ضریبی به نام k تعریف شد که نسبت درصد برگ های جمع آوری شده به درصد خاک جدا نشده در هر سرعت پیشروی بود. مقدار بیشتر این ضریب برای سرعت پیشروی 4 کیلومتر در ساعت نشان دهنده مناسب بودن این سرعت برای پیشروی دستگاه در مزرعه بود.

**کلمات کلیدی:** یونجه، سرعت حد، سیستم پنوماتیکی، جداکننده سیکلونی.

#### مقدمه

<sup>1</sup>- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>2</sup>- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>3</sup>- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز



از دید روز افزون جمعیت و صنعتی شدن دامداریها و دامپروری ها باعث افزایش سطح زیر کشت یونجه شده است. سیاست واردات و صادرات نیز به گونه ای است که روند این افزایش را تسریع نموده است که در این راستا مکانیزه کردن مزارع و استفاده صحیح ماشین الات رخ می نماید. افت ناشی از ریزش برگ ها در مرحله برداشت تا 34٪ گزارش شده است. از آنجا که برگ این گیاه که منبع غنی الیاف خام (CF/%) و پروتئین خام (CP/%) می باشد. بیشترین درصد ریزش را نسبت به ساقه دارد نیاز به حداقل رسانیدن ضایعات این گیاه دو چندان شده است لذا طراحی دستگاه ضمیمه بیلر برای جمع آوری برگهای ریزش یافته یونجه و جدا سازی آنها از خاک و سنگریزه های احتمالی در مرحله بسته بندی ضروری بنظر می رسد. این دستگاه با ایجاد جریان مکشی در یک سیکلون عملیات جمع آوری برگهای ریزش یافته یونجه را انجام می دهد. اندازه گیری برخی خصوصیات آئرو دینامیکی گیاه یونجه از جمله سرعت حد نیازهای اساسی طراحی این دستگاه می باشد. طراحی این مکانیزم بر مبنای ایجاد مکش (فشار منفی) و با استفاده از اطلاعات بدست آمده از آزمایش های سرعت حد برگ یونجه صورت می پذیرد. سرعت حد مواد را به روش شناورسازی بر گرفته از شیوه ولف و تیتپو (1972) بدست می آید. در این روش 300 تکه از مواد ریزش شده انتخاب گردید و وزن و طول آنها اندازه گیری شد. سپس در 4 سرعت مختلف باد (5، 4.5، 6.7، 8.5 و 9.7 متر بر ثانیه) که به طور تقریبی نزدیک به سرعت حد تکه های مواد مورد آزمایش بود، مواد توسط یک گیره بلند در مرکز لوله رها شدند. بخشی از مواد به سمت پائین سقوط کرده و بخشی به بیرون پرتاب شده و قسمتی به طور شناور در آمدند. بدین ترتیب درصد وزنی موادی که صعود کرده بودند بدست می آمد. سپس نمودار فراوانی تجمعی توده ای که به صورت معلق در آمده بود را در مقابل سرعت دمش هوا رسم کرده و از این طریق یک منحنی مناسب بر این نقاط برازش کردند. معادله (1) برای بیان رابطه بین این دو عامل ارائه گردید :

$$V_t = \frac{V_1 Y_1 + V_2 (Y_2 - Y_1) + \dots + V_n (Y_n - Y_{n-1})}{Y_n} \quad (1)$$

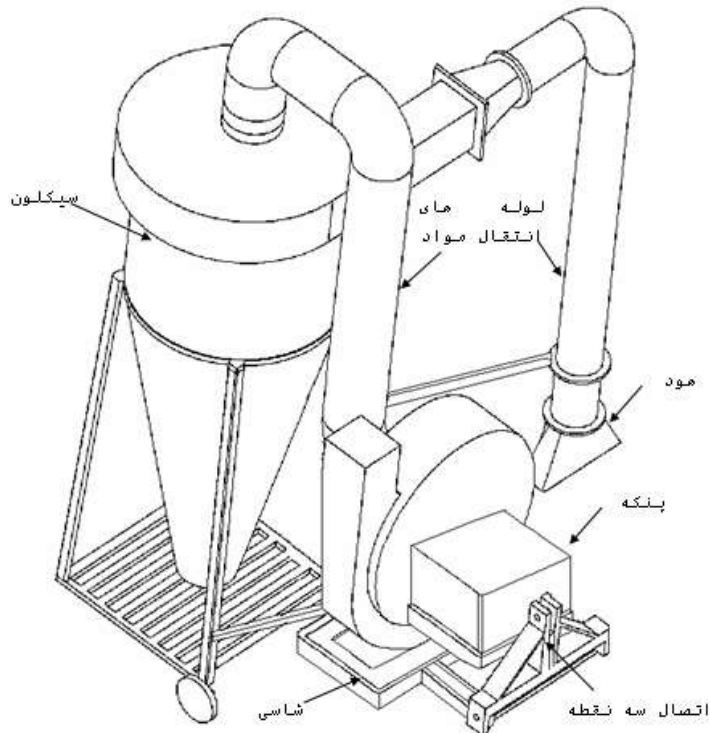
در رابطه بالا،  $V_i$  سطح  $i$  ام سرعت انتخاب شده بر حسب متر بر ثانیه و  $Y_i$  درصد وزنی قطعات صعود کرده در سطح  $i$  ام سرعت انتخاب شده می باشد.

محتوای رطوبتی نمونه ها و سطح تصویر شده نمونه ها در جهت جریان باد و همپوشانی نمونه ها از جمله عوامل موثر در مقدار سرعت حد می باشد که با افزایش محتوای رطوبتی، سرعت حد با یک روند خطی افزایش پیدا می کند.

تئوری مکانیزم برداشت مکشی

### طراحی قسمت های مختلف دستگاه:

غالب سیستم های انتقال پنوماتیکی مواد دارای یک سری اجزای ثابت می باشند. شکل (1) طرحواره دستگاه طراحی شده را نشان می دهد. این دستگاه شامل هود، سیکلون، لوله های انتقال مواد، پنکه، شاسی و اتصال سه نقطه است.



شکل 1- طرحواره دستگاه ساخته شده.

هود

هود وظیفه جمع آوری و هدایت، در بر گرفتن و به دام اندازی مواد را بر عهده دارد. در یک سیستم مکنده، بادبزن با حرکت خود سبب به وجود آمدن فشار استاتیک منفی می گردد. فشار موجود در جو با فشار دادن هوا به داخل هود یا مجرا سعی می کند تا تعادل بین فشار داخل هود با فشار جو را برقرار نماید. در هود فشار استاتیک به فشار سرعت و افت ورودی هود به گرما تبدیل می گردد.

با استفاده از رابطه های (2) و (3) که نشان دهنده رابطه موجود بین فشار استاتیک و فشار سرعت و افت

ورودی در هود است، افت فشار ایجاد شده در هود محاسبه می شود.

$$H_e = P_s - P_v \quad (2)$$

$$P_v = \left( \frac{V}{244.14} \right)^2 = \left( \frac{241.2}{244.14} \right)^2 = 0.97 \text{ mmH}_2\text{O} \quad (3)$$

که در آنها،

$P_v$ : فشار سرعت بر حسب میلی متر آب،

$P_s$ : فشار استاتیک بر حسب میلی متر آب،

$H_e$ : افت های ورودی ناشی از جریان هوا درون هود بر حسب میلی متر آب و

$V$ : مقدار سرعت جریان هوا بر حسب متر بر دقیقه است.



فشار استاتیک هود با استفاده از رابطه راندمان هود محاسبه می شود. راندمان یک هود بیانگر عملکرد یک هود می باشد و با نسبت جریان واقعی به جریان ایده آل توصیف می شود و آن را با  $C_e$  نشان می دهند. با توجه به نوع هود انتخاب شده برای این دستگاه و مقدار ضریب ورودی هود  $C_e=0/72$ ، مقدار  $P_s$  بر حسب میلی متر آب بدست می آید.

$$P_s = 1.51 \text{ mmH}_2\text{O}$$

با معلوم بودن مقادیر  $P_v$  و  $P_s$  مقدار  $H_e$  بر حسب میلی متر آب با استفاده از رابطه (2-13) محاسبه می شود:

$$H_e = 0.746 \text{ mmH}_2\text{O}$$

مقدار دبی یا هواگذر هود بر حسب نوع دهانه مجرا و هود متفاوت می باشد که باید برای بدست آوردن حجم هوا گذر هود مورد نظر در این دستگاه از رابطه (4) استفاده شد.

$$Q = V(10X^2 + A) \quad (4)$$

که در آن،

$X$ : فاصله به دام اندازی هود از جلوی دهانه هود بر حسب  $m$  و

$A$ : سطح مقطع عرض هود بر حسب  $m^2$  می باشد.

با در نظر گرفتن طول سطح مقطع هود برابر با یک چهارم عرض کار دهانه ورودی دستگاه بسته بند (30 سانتی متر) و عرض 5 سانتی متر و مقدار  $X=0/1$ ، مقدار دبی هود با استفاده از رابطه (2-17) محاسبه شد:

$$Q = 241.2 \times (10 \times 0.1^2 + 0.015) = 27.73 \text{ m}^3/\text{min}$$

سیکلون

سیکلون وسیله ای است که به دلیل شکل خاص، جریان هوای وارد شده را به حرکت گردابی وامی دارد. این وسیله هوا را به صورت مارپیچی هدایت کرده و نیروی گریز از مرکز در هوا ایجاد می نماید، ذرات خارجی موجود در هوا (ذرات آلاینده) به علت سنگین تر بودن از هوا در جریان گریز از مرکز از هوا جدا شده و روی جداره سیکلون حرکت کرده و به پایین این وسیله سقوط می کنند، به این ترتیب این وسیله عامل جدایش مواد می شود. مواد خارجی که همراه جریان هوا وارد سیکلون می شوند تحت تأثیر سه نیرو قرار می گیرند که عبارتند از نیروی گریز از مرکز، نیروی جاذبه زمین و نیروی وارد شده از طرف جریان هوا که به صورت مقاومت در برابر حرکت مواد می باشد. این وسیله باید به طریقی طراحی گردد که نیروی گریز از مرکز در آن از نیروی اصطکاک خارجی بیشتر باشد تا ذرات بتوانند در انتهای تحتانی این وسیله ته نشین شوند.

نیروی گریز از مرکز برای جدا کردن جسم از جریان هوای در حال چرخش برابر است با:

$$F_c = \frac{mV_c^2}{r} \quad (5)$$

که در آن،

$M$ : جرم جسم بر حسب کیلوگرم،

$V_c$ : سرعت جریان هوا درون سیکلون بر حسب متر بر ثانیه و

$r$ : فاصله جسم تا محور سیکلون بر حسب متر است.

نیروی اعمال شده از طرف هوا (مقاومت هوا) با استفاده از رابطه (6) محاسبه می گردد.

$$F_r = \frac{1}{2} C A_P \gamma_f V_r^2 \quad (6)$$



که در آن،

C: ضریب کشش (بدون بعد) ،

$A_p$ : سطح مقطع تصویر شده مواد بر حسب متر مربع،

$\gamma_f$ : دانسیته هوا بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب و

$V_r$ : سرعت تعلیق مواد بر حسب متر بر ثانیه می باشد.

در داخل سیکلون شرایطی پیش می آید که پس از به تعادل رسیدن این نیروها و ازدیاد گرانش جاذبه زمین جسم به سمت پایین سیکلون سقوط می کند. برای محاسبه حداقل مقدار  $r$ ، با مساوی قرار دادن دو رابطه (5) و (6) خواهیم داشت:

$$F_r = F_c$$

$$\frac{mV_c^2}{r} = \frac{1}{2} C A_p \gamma_f V_r^2$$

از این رابطه جدید می توانیم  $r$  حداقل فاصله جسم تا محور سیکلون را به دست آوریم که برابر همان شعاع مقطع خروجی بالای سیکلون می باشد. همانطور که در بالا اشاره شد امکان ته نشین شدن، سقوط و یا جدایش مواد از جریان هوا درون سیکلون تابع شرایطی است. از جمله اینکه چنانچه  $F_c > F_r$  باشد در اثر نیروی گریز از مرکز و جاذبه زمین مواد به پایین سیکلون سقوط خواهند کرد. اما اگر  $F_r > F_c$  باشد بقایا به همراه جریان هوا سیکلون را ترک خواهند نمود بنابراین نسبت سرعت هوا در سیکلون و سرعت بقایا در جریان هوا بایستی کوچکتر از واحد باشد تا اینکه چنین اتفاقی نیفتد. برای محاسبه آن از رابطه (7) استفاده می شود:

$$\frac{V_c}{V_r} = \left( \frac{C A_p \gamma_f g r}{2W} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

پس از مقدارگذاری در رابطه (7)، نسبت  $V_c/V_r$  محاسبه شد.

$$\frac{V_c}{V_r} = 0.0778\sqrt{r}$$

با توجه به رابطه بالا نسبت  $V_c/V_r$  مستقل از مقدار جریان هوای گذرا در مسیر است، بنابراین مقداری ثابت برای یک نمونه معلوم از مواد را دارد.

$$V_c = 0.312\sqrt{r}$$

در این مرحله باید با استفاده از روش سعی و خطا و با انتخاب مقادیر متفاوت  $r$ ، مقدار  $D$  را به گونه ای محاسبه نمود که اختلاف  $r$  محاسبه شده با  $r$  تخمین زده شده کمتر از 20 درصد باشد. برای بالا بردن دقت و سرعت انجام این مرحله از طراحی سیکلون از یک برنامه کامپیوتری که به زبان بیسیک در 5 سطر نوشته شد، استفاده شد. مقدار  $r$  بدست آمده از این روش برابر با 20 سانتی متر بود. با معلوم شدن مقدار  $r$  برای محاسبه قطر خارجی سیکلون با توجه به سرعت جریان هوا با استفاده از رابطه (8) محاسبه می شود.

$$D_c = \sqrt{\frac{Q}{900\pi V_c}} \Rightarrow D_c = 62.1 \text{ cm} \quad (8)$$

دیگر ابعاد سیکلون نسبت به  $D_c$  طبق استاندارد JCS قابل محاسبه می باشند (شکل 2).

$$I_c = H_c = \frac{D_c}{2} \gg I_c = H_c = 30.05 \text{ cm}$$

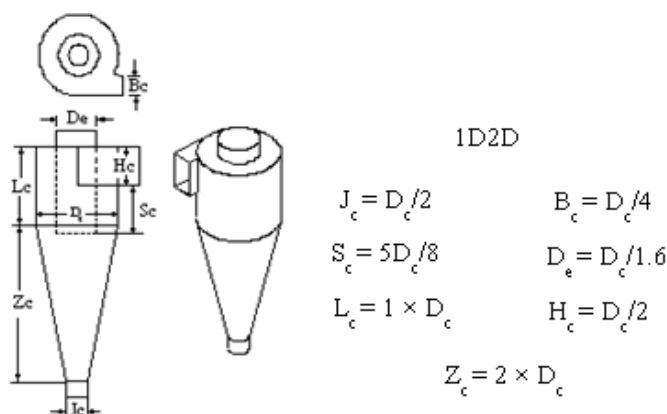


$$S_c = \frac{5D_c}{8} = D_e = \frac{D_c}{16} \gg D_e = S_c = 38.81 \text{ cm}$$

$$L_c = D_c \gg L_c = 62.1 \text{ cm}$$

$$B_c = \frac{D_c}{4} \gg 15.52 \text{ cm}$$

$$Z_c = 2D_c \gg Z_c = 124.2 \text{ cm}$$



شکل 0- ابعاد سیکلون استاندارد سری JCS.

مقدار افت فشار ایجاد شده در سیکلون با توجه به نوع سیکلون، قطر خارجی، ارتفاع سیکلون و سرعت جریان هوای گذرا درون آن و دبی هوای ورودی به سیکلون قابل محاسبه است. که این مقدار برابر 14/7 پاسکال به دست آمد. پنکه

پنکه‌ها اغلب از نوع گریز از مرکز و یا جریان شعاعی هستند. این نوع پنکه‌ها دارای یک چرخ دوار هستند که درون محفظه حلزونی شکل حرکت می‌کنند.

قطر چرخ دوار (d) را می‌توان نماینده اندازه پنکه دانست به گونه‌ای که در محدوده وسیعی از اندازه قطر چرخ دوار و چگالی هوا (گاز) با دقت خوبی می‌توان قوانین مربوط به پنکه را ساده کرد. توان

وظیفه یک پنکه انتقال هوا با دبی حجمی م‌ورد نیاز و غلبه بر افت فشار کل سیستمی است که در آن کار می‌کند. توان مورد نیاز پنکه به شدت جریان حجمی هوا و افت فشار ایجاد شده در اثر جریان هوا و اصطکاک در کل دستگاه بستگی دارد. برای هوای استاندارد (فشار جوی و درجه حرارت 27°C) می‌توان از رابطه (9) برای محاسبه توان استفاده نمود.

$$W = \frac{Q \times \Delta P}{\eta} \quad (9)$$

که در آن،

W: توان مورد نیاز بر حسب وات،

Q: دبی جریان بر حسب مترمکعب در ثانیه،



$\Delta P$ : میزان افت فشار کل بر حسب پاسکال و  
 $\eta$ : راندمان پنکه می باشد.

معمولاً راندمان پنکه های صنعتی، بین 0/5 تا 0/7 در نظر گرفته می شود [2].  
 با توجه به میزان افت های فشار ایجاد شده در هر واحد دستگاه توان مورد نیاز جهت مکش هوا در یک واحد برابر است با:

$$W = \frac{Q \times \Delta P}{\eta}$$

$$W = \frac{0.462 \times 2766.52}{0.5} = 2556.26w = 2.556kw$$

مقدار دبی تولیدی توسط فن از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$Q = AV = AR\omega \quad (10)$$

که در آن،

A: سطح مقطع ورودی<sup>۴</sup> فن بر حسب مترمربع،

R: شعاع پره<sup>۵</sup> درون فن بر حسب متر و

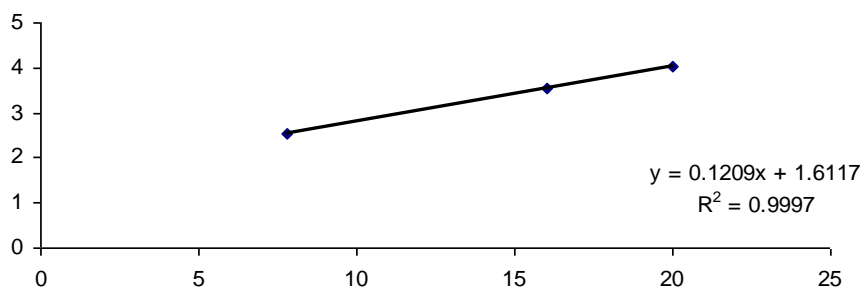
$\omega$ : سرعت زاویه ای پره است که در کاتالوگ فن محدوده آن مشخص می شود.

از رابطه (10) برای تعیین ابعاد پنکه مورد نیاز برای تولید جریان هوای مورد نیاز استفاده می شود.

بحث و نتیجه گیری

سرعت حد

همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است، با افزایش سطح رطوبت مقدار سرعت حد مواد به صورت خطی افزایش پیدا می کند. این روابط بیانگر این حقیقت است که برای انتقال مواد به وسیله جریان هوا، نیاز به سرعت هوای بیشتری است. معادله ارائه شده در شکل نشان دهنده مناسبتترین رابطه ریاضی برازش شده بین رطوبت و میانگین سرعت حد نمونه ها را نشان می دهد.



شکل 3- تاثیر سطح رطوبت بر سرعت حد برگ یونجه

#### ارزیابی دستگاه

ارزیابی دستگاه شامل دو مرحله ایستگاهی و مزرعه‌ای بود.

#### ارزیابی ایستگاهی دستگاه

جهت انجام ارزیابی ایستگاهی دستگاه، برای جمع آوری برگ‌های یونجه موجود در سوله ماشین های کشاورزی و جدایش آنها از خاک و سنگریزه های همراه آنها، دستگاه به مدت یک ساعت با اتصال و نیروگیری از تراکتور مسی فرگوسن 256 موجود در سوله ماشین های کشاورزی آزمایش شد. اطلاعات و داده های مشاهده شده بیان کننده کارایی بالای دستگاه در حالت ثابت برای جمع آوری مواد از سطح زمین و جدایش برگ از خاک بود.

#### ارزیابی مزرعه‌ای دستگاه

ارزیابی دستگاه برای بررسی دو کیفیت مکش و جدایش دستگاه انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار برگ جمع شده در سرعت پیشروی 2 km/h برداشت شد. بین درصد برگ‌های جمع‌آوری شده در هر سه سرعت تفاوت معنی داری در سطح  $\alpha=0/05$  مشاهده شد. در حالیکه بین درصد خاک جدا نشده از برگ‌ها در دو سرعت 2 و 4 تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

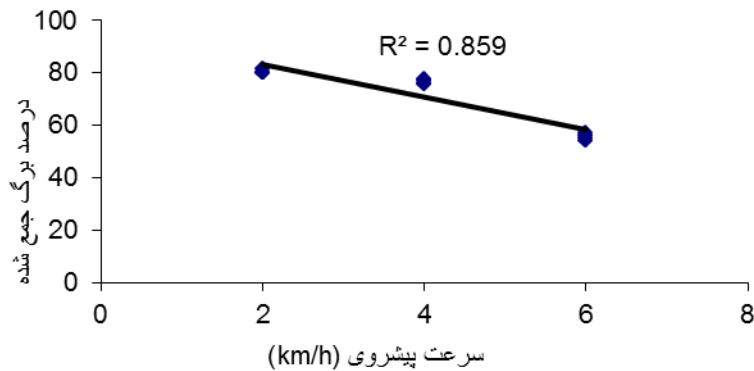
جدول 1- جدول مقایسه میانگین‌ها.

k	درصد خاک جدا نشده از برگ	درصد برگ جمع شده	برگ جمع شده (کیلوگرم بر هکتار)	سرعت پیشروی تراکتور (کیلومتر بر ساعت)
8/40 <sup>a</sup>	9/50 <sup>a</sup>	80/50 <sup>a</sup>	437/76	2
8/95 <sup>b</sup>	8/75 <sup>a</sup>	76/50 <sup>b</sup>	398/79	4
9/23 <sup>c</sup>	5/50 <sup>c</sup>	55/50 <sup>c</sup>	310/46	6



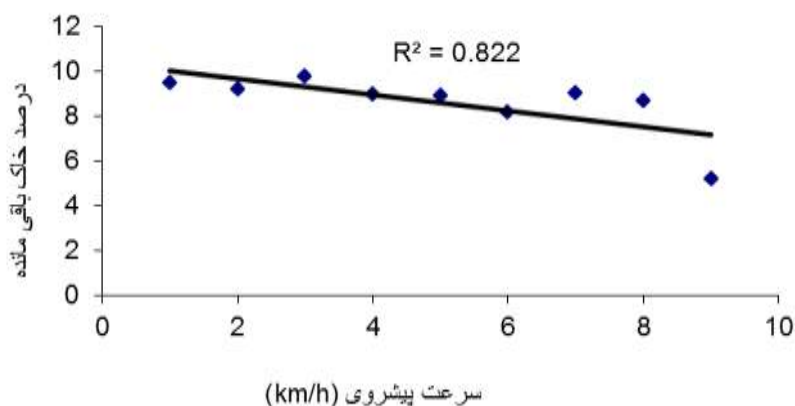


شکل (4) ارتباط بین سرعت پیشروی دستگاه و درصد برگ های جمع آوری شده از سطح زمین را در سه سرعت ارزیابی نشان می دهد. با توجه به شکل ، با افزایش سرعت پیشروی دستگاه (از 2 به 6 km/h) از مقدار درصد برگ های جمع آوری شده از سطح زمین کاسته شده است . می توان این مساله را با توجه به کاهش زمان مکش در سرعت های بالاتر پیشروی تراکتور و کوتاه تر شدن زمان تأثیر گذاری دستگاه توجیه نمود.



شکل 4- نمودار مربوط به سرعت پیشروی و درصد برگ جمع آوری شده.

بررسی کیفیت کار جدایش سیکلون صفت دیگری از کار دستگاه بود که در ارزیابی مزرعه ای انجام شده در مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل (7) ارتباط بین سرعت پیشروی دستگاه و درصد خاک جدا نشده از برگ های برداشت شده از سطح زمین را نشان می دهد. با توجه به شکل ، با افزایش سرعت پیشروی دستگاه (از 2 به 6 km/h) بر مقدار درصد خاک جدا نشده از برگ های جمع آوری شده از سطح زمین افزوده شده است . این مساله را می توان به تغذیه بیشتر خاک در سرعت های پایین تر پیشروی دستگاه ارتباط داد.



شکل 7- نمودار مربوط به سرعت پیشروی و درصد خاک باقیمانده در برگ جمع آوری شده.

برای تعیین بهترین سرعت برای انجام عملیات توسط دستگاه و نحوه عملکرد آن در زمین به صورت مستقل یا توأم با دستگاه بسته بند ضریبی تحت عنوان  $k$  تعریف می شود که این ضریب برابر است با:



$$k = \frac{\text{درصد برگ جمع آوری شده}}{\text{درصد خاک جدا نشده}}$$

جدول 1 نشان دهنده جدول مقایسه میانگین مقادیر k برای سه سرعت پیشروی انتخاب شده می باشد. مقایسه میانگین مقدار k نشان دهنده وجود اختلاف معنی داری در سطح احتمال 0/05 برای سه سرعت پیشروی دستگاه در مزرعه می باشد، با توجه به داده های جدول 1 بین دو سرعت پیشروی 2 و 4 کیلومتر بر ساعت بیشترین مقدار k برای سرعت 4 کیلومتر بر ساعت (سرعت کار دستگاه بسته بند) حاصل شده است که نشان دهنده بالاتر بودن کیفیت عملکرد دستگاه در این سرعت پ یشروی می باشد این سرعت، سرعت معمول پیشروی دستگاه بسته بند در مزرعه می باشد.

### منابع

- [1] امامی نجف آبادی، م. 1381. تعیین خواص آئرو دینامیکی و اصطکاکی ذرت علوفه ای سیلو شده. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [2] مرکز تحقیقات مهندسی جها د سازندگی استان اصفهان . شرکت جهاد توسعه سیلوا، 1372. طراحی سیکلون برای سیلوا. 9 صفحه.
- [3] ASAE. Moisture measurment-unground grain and seeds. 1996. ASAE Standard. S352.2DEC92
- [4] Bilanski, W. K., S. H. Collins and P. Chu. 1962. Aerodynamic properties of seed grain. J. Agr. Eng. 43: 216- 219
- [5] Gorial, B. Y. and J. R. O. Callaghan. 1990. Aerodynamic properties of grain-straw material. J. Agr. Eng. 46: 275-290.
- [6] Masoumi, A. A., L. Tabil. and O. Anthony. 2004. Determining drag coefficient and terminal velocity of garlic (*Allium sativum* L) in vertical wind tunnel. ASAE Anuual international meeting. Ottawa, Ontario, Canada. Paper Number 046041.
- [7] Mohsenin, N. N. 1970. The properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach.
- [8] Stroshine. R. 1998. Physical properties of agricultural materials and food products. West Lafayette. Indian.
- [9] Wolfe, R. R. and C. G. Tatepo. 1972. Terminal velocity of chopped forage materials. Trans. ASAE. 137-140.
- [10] Bukmaster, D. R., Rotz, C. A. and Blak, J. R., (1990). value of alfalfa losses on dairy farms. Trans. ASAE vol33(2): 351-360