یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

مطالعه انتقال نیوماتیکی عدس جهت استفاده در کمباین

فاطمه سلکی چشمه سلطانی[۱]، علی جعفری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران (کرج)؛ solki.fatemeh.che@ut.ac.ir

۲- استاد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران؛ jafarya@ut.ac.ir

چکیده

گیاه عدس از مهم‌ترین گیاهان زراعی در سراسر جهان می‌باشد. این گیاه سرشار از ویتامین‌هایی از جمله A و B می‌باشند. در ایران عدس به دو صورت آبی و دیم کشت می‌شود. این گیاه یک گیاه علفی می‌باشد که حداکثر تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری در کشت آبی رشد می‌کند. این گیاه در هنگام برداشت به ضربه حساس بوده و همین موضوع سبب ریزش دانه‌های عدس بر روی زمین و اتلاف دانه‌های عدس در هنگام برداشت می‌گردد. در پژوهش حاضر به منظور افزایش راندمان و کاهش تلفات دانه‌های عدس در هنگام برداشت، مطالعات اضافه نمودن یک واحد مکنده در هد کمباین صورت پذیرفته است. بدین منظور هد برای برداشت عدس به صورت ردیفی فرض شده است. در مطالعه حاضر یک هد مشابه هد کمباین برداشت غلات با دندانه‌های شبیه به سر خوشه‌چین استفاده شده است که در زیر آن یک صفحه به همراه یک مکنده متصل به یک لوله برای عبور دانه عدس و انتقال دانه‌های عدس به واحد تمیزش کمباین طراحی شده است و محاسباتی از جمله سرعت دانه‌های عدس و سرعت هوای عبوری دورن لوله به ازای دو قطر ۱۰و ۱۵ سانتی‌متری برای عبور دانه‌های عدس انجام شده است که این مقادیر به ترتیب برای قطر۱۰سانتی‌متر برابر با ۷۰/۲۶، ۷۱/۶۹ متر بر ثانیه؛ برای قطر۱۵سانتی‌متر برابر با ۳۱/۲۳ و ۳۱/۸۷ متر بر ثانیه محاسبه گردید. همچنین با به دست آوردن مقادیر ذکر شده، دبی جریان هوا برای مکنده مورد نیاز به ازای هر دو قطر فرض شده یعنی ۱۰و۱۵سانتی‌متر برابر با ۰/۰۰۵۶ مترمکعب بر ثانیه به دست آمد.

کلمات کلیدی: عدس، ماشین برداشت عدس، دبی، سرعت

Study on pneumatic conveying of Lentil in order to use in combine harvester

Fatemeh Solki Cheshmeh Soltani[1], Ali Jafary[2]

1. Undergraduate Student in Mechanic of Bio system Engineering, University of Tehran (Karaj), solki.fatemeh.che@ut.ac.ir

2. Professor in Mechanic of Biosystems Engineering University of Tehran, jafarya@ut.ac.ir

Abstract

Lentil is one of the most important crops in the world. The plant is rich in vitamins such as A and B. In Iran lentils are cultivated in two forms: blue and rain. This plant is a herbaceous plant that grows to a maximum of 60 cm in water culture. This plant was sensitive to picking and its causes the loss of lentil seeds on the ground and the loss of lentil grains when harvested. In the present study, in order to increase efficiency and reduce losses of lentil grains during harvesting a head for lentils is designed in a row. In this research, a pneumatic conveying system designed in order to added on head of combine harvester which assume head is similar to the head of harvesting cereal designed with teeth similar head stripper. Below that is a plate with a sucker attached to a tube for lentil seed passing and lentil grains transported to a combine cleaning unit. And

[۱] مسئول مکاتبات: فاطمه سلکی چشمه سلطانی، کرج پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران گروه مهندسی ماشین های کشاورزی. تلفن : ۰۲۶۳۲۸۰۱۰۱۱ نمابر:۰۲۶۳۲۸۰۸۱۳۸

computations such as speed of lentil grains and velocity of air passing through the tube for two diameters of 10 and 15 centimeters for passing lentil grains. These values calculated for diameter 10 cm are 70.26 and 71.69 m/s and for diameter 15 cm are 31.23 and 31.87 m/s, respectively. Also, by obtaining the values listed, the air flow needed was obtained 0.0056 m^3/s for two different diameter of the sucker.

Keywords: lentil, lentil harvester, flow rate, velocity

مقدمه

گیاه عدس (*Len culinaris* Medie.) از مهمترین بقولات می‌باشد که به دو روش آبی و دیم کشت می‌گردد. ۲۳ درصد از اراضی زیر کشت ایران متعلق به گیاه عدس می‌باشد (Taherabadi et al., 2016). عدس با داشتن ۲۷/۵ تا ۳۱/۷ درصد پروتئین، از منابع غنی پروتئین به حساب می‌آید و همچنین دارای مقدار قابل توجهی اسید فولیک، آهن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، ویتامین A و ویتامین‌های گروه B می‌باشند. حبوبات پس از غلات گروه مهمی در بین محصولات زراعی می‌باشند (Tavallaei et al., 2016). عدس از گیاهان مهم زراعی می‌باشد که در سراسر جهان کشت می‌گردد (Bagheri et al., 2017). هند، استرالیا، کانادا و ترکیه کشورهای تولید کننده عدس می‌باشند که ۷۳ درصد از کل عدس دنیا را تولید می‌کنند (Tavallaei et al., 2016).

عدس گیاهی علفی، یکساله، اغلب به فرم ایستاده و بوته‌ای است که با چهار تا شش شاخه منشعب دیده می‌شود. رشد کمی دارد و ارتفاع آن در کشت آبی از ۶۰ سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند. گل کردن عدس ۴۵ تا ۶۰ روز بعد از کاشت رخ می دهد. استعمال کودهای دامی برای عدس چندان مفید نخواهد بود ولی احتیاج آن به پتاس زیاد بوده و همچنین باید مقدار متوسطی کود فسفره برای تامین نیازهای عدس به زمین بدهیم. عدس به خاک های آهکی و سبک نیازمند است (Daneshmandi, 1997).

در ایران سطح زیر کشت عدس حدود ۲۶۰ هزار هکتار می‌باشد و متوسط عملکرد آن برابر با ۳۶۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که معادل تولید ۹۵ هزار تن در سال می‌باشد (Parsa et al., 2013).کشت عدس در کشور ایران بیشتر به استان‌های شمال غربی و غرب کشور اختصاص یافته است. در کشورهای توسعه یافته عدس به وسیله دروگر و یا کمباین برداشت می‌شود. عمده حبوبات در ایران با دست برداشت می‌شوند (Daneshmandi, 1997). برداشت عدس در ایران به صورت دستی منجر به تلف شدن ۱۵ درصد از محصول می‌گردد (Abdollahpour and Gharakhani, 2010).

در ایران به دلیل مشکلاتی از جمله پاکوتاه بودن ارقام عدس موجود در کشور و ناهمواری اراضی کشت عدس امکان برداشت مکانیزه عدس حداقل است (Daneshmandi, 1997).

تعیین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۹۶). در انتقال و فرآوری محصولات کشاورزی اغلب از جریان هوا یا آب به عنوان یک حمل کننده استفاده می‌کنند. از هوای فشرد (نیوماتیک) در ماشین‌های کشاورزی و فرآوری محصولات کشاورزی استفاده می‌گردد. هنگامی که از این سیستم استفاده می‌گردد، سرعت جریان هوا دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد زیرا اگر سرعت جریان از حد مطلوبی کمتر باشد، جداسازی به طور کامل صورت نمی‌گیرد مواد زاید به همراه محصول باقی می‌ماند و اگر سرعت جریان از حد مطلوب بیشتر باشد، قسمتی از محصول همراه با مواد زائد تلف می‌شود (Dost-Haghi and Minaei).

ویژگی‌های محصول از جمله خواص آیرودینامیکی آن بر عملیات ذخیره‌سازی و انتقال تاثیر می‌گذارد. یکی از ویژگی‌ها آیرودینامیکی محصولات دانه‌ای، سرعت حد می‌باشد. سرعت حد به سرعتی گفته می‌شود که بتواند ذره را به حالت تعلیق درآورد. جرم و رطوبت دانه‌های عدس بر سرعت حد این دانه تاثیر می‌گذارد (Dost-Haghi and Minaei).

در مطالعه‌ای انجام شده توسط باقری و همکاران در سال ۹۴، برخی از خواص فیزیکی عدس و علف هرز شیرسگ به منظور جداسازی عدس از این علف هرز اندازه‌گیری شد. در مطالعه‌ای دیگر شمس و قره‌خانی در سال ۸۸، یک ماشین برداشت عدس طراحی کرده و ساختند. این ماشین برداشت عدس با اقتباس از روش برداشت معمول عدس یعنی کندن بوته عدس از ریشه طراحی شد است. در مطالعه‌ای دیگر انجام شده توسط دانشمندی به عنوان طرح پایان‌نامه کارشناسی ارشد در سال ۷۶، در دانشگاه تهران یک ماشین برداشت عدس طراحی نمود و روشی برای ساخت آن ارائه کرد. در این طرح یک چرخ و فلک با تعداد تیغه‌های مشخص طراحی شد که این چرخ و فلک با حرکت کردن بر روی ردیف‌های کاشته شده عدس، عمل برداشت را انجام دهد. در این پژوهش مطالعات لازم برای اضافه نمودن یک واحد مکنده بر روی یک هد برداشت عدس به منظور کاهش

تلفات عدس انجام شده است.

مواد و روش‌ها

گیاه عدس به ضربه حساس می‌باشد در نتیجه هنگام برداشت به صورت مکانیزه مقدار زیادی از محصول تلف می‌گردد. در تحقیق حاضر یک هد کمباین برای برداشت یک ردیف عدس، به منظور کاهش تلفات دانه عدس در هنگام برداشت طراحی و روش ساخت آن ارائه شده است.

هد طراحی شده مانند هد برداشت غلات به صورت شش ضلعی بوده و اندازه قطر آن به علت کوتاه بودن ارتفاع بوته عدس، ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طول این هد با توجه به ردیف‌های کشت عدس طراحی گردید. ردیف‌های عدس با یکدیگر ۴۵ تا ۶۵ سانتی‌متر فاصله دارند. بنابراین طول هد طراحی شده برابر با ۶۵ سانتی‌متر فرض گردید. دندانه‌های موجود بر روی هد طراحی شده، از هد سر خوشه‌چین الگو گرفته شده است.

همان‌طور که ذکر شد عدس یک گیاه حساس به ضربه می‌باشد، بنابراین در اثر ارتعاشات حاصل از برخورد هد برداشت عدس با خود گیاه عدس منجر به اتلاف دانه‌های عدس و در نتیجه افت محصول می‌گردد. به منظور کاهش اتلاف در برداشت در زیر برداشت عدس یک صفحه مجهز به یک مکنده قرار می‌گیرد که از افتادن دانه بر روی زمین و کاهش راندمان محصول برداشت کمک می‌کند. همچنین این مکنده عدس‌ها را تا واحد تمیزش کمباین هدایت می‌کند. برای انتخاب نوع مکنده نیاز است مقدار دبی جریان هوا را محاسبه کنیم.

جرم حجمی ظاهری دانه‌های عدس در حال انتقال از لوله عبوری، از (۱) محاسبه می‌گردد (Strivastatva) .

$$\rho^* = \frac{\varphi_m v \rho}{c} \quad (۱)$$

در (۱)، φ_m نسبت جریان عبوری می‌باشد و از (۲) به دست می‌آید. این مقدار برای ذرات جامد حداکثر ۱۵ در نظر گرفته می‌شود (strivastatva).

$$\varphi_m = \frac{\dot{m}}{\rho Q} \quad (۲)$$

در (۱) و (۲)، Q سرعت حجم عبوری هوا با واحد (m^3/s)، v سرعت هوا با واحد (m/s)، ρ چگالی هوا با واحد (kg/m^3) و c سرعت ذرات جامد با واحد (m/s) می‌باشند.

برای به دست آوردن سرعت دانه‌های عدس لازم است نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا از (۳) قابل محاسبه می‌باشد. به (۳) رابطه مارکوس می‌گویند (Strivastava).

$$\frac{c}{v} = 1 - 0.68 d^{0.92} {\rho_P}^{0.5} \rho^{-0.2} D^{0.54} \quad (۳)$$

در (۳)، v سرعت هوا با واحد (m/s)، c سرعت ذرات جامد (دانه‌های عدس) با واحد(m/s)،d قطر ذرات عبوری (دانه‌های عدس) و D قطر لوله عبوری دانه‌های عدس و وحدهای آن‌ها mm، ρ چگالی هوا و ρ_P چگالی ذرات جامد (دانه‌های عدس) و واحدهای آن‌ها (kg/m^3) می‌باشد.

مقدار دبی نیز از (۴) قابل محاسبه می‌باشد.

$$Q = v.A \quad (۴)$$

قطر لوله عبور عدس را مطابق با ابعاد استاندارد موجود در بازار دو اندازه ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر فرض کردیم. مطابق با پژوهش انجام شده توسط باقری و همکاران در سال ۹۴، چگالی دانه‌های عدس برابر با ۱/۲۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شده است. این مقدار معادل با ۱۲۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. قطر دانه‌های عدس به ترتیب برابر با ۴/۱ و ۶ میلی‌متر فرض شد.

برای به دست آوردن سرعت دانه‌های عدس لازم است تا از (۳)، نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا $(\frac{c}{v})$ را محاسبه کنیم. پس از محاسبه نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا، جرم حجمی ظاهری در حال انتقال دانه‌های عدس را از (۱) و (۲) محاسبه کردیم. مقدار دبی جرمی دانه‌های عدس را بر طبق مطالعات انجام شده توسط پارسا و همکاران در سال ۹۲، ۳۶۵ کیلوگرم در هکتار فرض نمودیم. با استفاده از دبی دانه‌های عدس و سطح مقطع عبوری دانه‌های عدس، سرعت عبوری دانه‌های عدس در داخل لوله محاسبه شد.

با توجه به نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوای به دست آمده از رابطه مارکوس، سرعت جریان هوا محاسبه گردید. از محاسبه سرعت هوا می‌توان دبی هوا ایجاد شده توسط مکنده مد نظر را محاسبه کرد و با توجه به دبی محاسبه شده و مکنده‌های موجود در بازار، مکنده مناسب را انتخاب نمود.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

بحث و نتیجه‌گیری

به منظور جلوگیری از اتلاف دانه‌های عدس در هنگام برداشت مکانیزه، یک هد طراحی شد. حداکثر، متوسط و حداقل قطر دانه‌های عدس به ترتیب برابر با ۶، ۵/۰۵ و ۴/۱ میلی‌متر و قطر لوله‌های عبور دانه‌های عدس ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا را از (۳) محاسبه کردیم. نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا

Table 1. The velocity ratio of lentil and air

d (mm)	(D=10 cm)$\frac{c}{v}$	(D=15 cm)$\frac{c}{v}$
4.1	0.9879763721	0.9850333429
5.05	0.9854352697	0.9818702537
6	0.9829323578	0.9787547028

طبق اعداد به دست آمده برای نسبت سرعت دانه‌های عدس به سرعت هوا، این مقدار را حدودا برابر با ۰/۹۸ در نظر می‌گیریم. برای به دست آوردن جرم حجمی ظاهری دانه‌های عدس در حال انتقال از لوله عبوری این مقدار ر معکوس می‌کنیم و مقدار آن برابر با ۱/۰۲ شد.

مقدار دبی دانه‌های عدس برابر با ۰/۰۰۵۵۱۸۳۶۷۳ متر مکعب بر ثانیه محاسبه گردید. و برای راحتی در محاسبات آن را برابر با ۰/۰۰۵۵ متر مکعب بر ثانیه در نظر گرفتیم.

سطح مقطع لوله عبوری دانه‌های عدس و سرعت دانه‌های عدس در هنگام عبور از لوله جریان به در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- سرعت دانه‌های عدس

Table 2. the lentil velocity

D (mm)	10	15
A (m^2)	0.0000785398	0.0001767145
C (m/s)	71.69	31.87

بر طبق نتایج به دست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که قطر لوله و سطح مقطع عبور دانه‌های عدس با سرعت عبور دانه‌های عدس در آن رابطه عکس دارد. به طوری که هر چه قطر لوله عبور دانه‌های عدس بیشتر باشد و عدس در سطح مقطع بزرگ‌تری از لوله به حرکت درآید، سرعت حرکت دانه‌های عدس در آن کمتر خواهد بود. همچنین هرچه قطر لوله و سطح مقطع عبور دانه‌های عدس کمتر باشد، سرعت حرکت دانه‌های عدس بیشتر خواهد بود.

در هر دو حالت با استفاده از (۴)، دبی جریان هوای لازم برای مکنده به دست آمد. نتایج در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول ۳- دبی جریان هوا

Table 3. The air flow rate

Q (m^3/s)	0.005630518262	0.005631361

از جدول ۳ می‌توان به این نتیجه رسید که قطر لوله و سرعت دانه‌های عدس تاثیری معنی‌داری بر روی دبی هوای مکنده مورد نیاز ندارند و انتخاب هر یک از دو قطر ۱۰ یا ۱۵ سانتی‌متری به عنوان لوله عبور دانه‌های عدس تفاوتی ندارد و هر دو دارای نتیجه یکسان می‌باشد. با توجه به در دسترس و مقرون به صرفه بودن هر یک از ابعاد موجود در بازار می‌توان لوله عبور جریان دانه‌های عدس را انتخاب نمود.

نتیجه‌گیری

مطابق با مطالعات انجام شده برای طراحی ماشین برداشت عدس، یک هد شبیه به هد کمباین غلات و دندانه‌های مانند سر خوشه‌چین طراحی شد. این هد مجهز به یک صفحه و یک مکنده می‌باشد که در زیر هد قرار گرفته و تلفات دانه را به حداقل خواهد رساند. در این پژوهش فرض شد قطر لوله عبور عدس دو مقدار متفاوت ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر باشد. طبق نتایج حاصل شده قطر لوله عبور عدس تاثیری

در قطر لوله ندارد و دبی جریان هوا برای هر دو قطر ذکر شده مقداری در حدود ۰/۰۰۵۶ متر مکعب در ثانیه محاسبه گردید.

منابع

Abdollahpour Sh. And Gharakhani H. (2010). A new concept in Iranian lentil harvesting. *Agricultural knowledge*. *19(2).* (Persian)

Bagheri H., Rasekh M. and Kianmehr M.H. (2017). Study of properties of lentils and weed of *Euphorbia helioscopia* and the parameter affecting the separation that from lentils by gravity table separator. *Iranian journal of pulses research. 8(1),*33-44. (Persian)

Daneshmandi Sh. (1997). Design and manufacturing method of mechanical lens harvesting machine. MSc. Tehran University. (Persian)

Dost-Haghi M.H. and Minaei S. A theoretical and practical investigation into the effect of dimensions on terminal velocity of lentils in pneumatic separation of external grains. (Persian)

Parsa M., Ganjali A. and Beyk Khurmizi A. (2013). Seed generation behavior of lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) under temperature and drought stress regimes. *Iranian journal of pulses research. 4(2),* 65-76. (Persian)

Taherabadi Sh., Ghobadi M. and Allahmoradi P. (2016). The Critical period of weed competition in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under Kermanshah condition. *Iranian journal of pulses research. 7(2),* 10-26. (Persian)

Tavallaie Z.F., Ghareyazie B., Bagheri A. and Sharma K.K. (2016). Genetic transformation of lentil (*Lens culinaris* Medik.) and production of transgenic fertile plants. *Iranian journal of pulses research. 7(2),* 215-229. (Persian)

Srivastava, A.K. , Goering , C.E., Rohrbach, R.P., Buckmaster , D.R., (2006). Engineering Principles of Agricultural Machines (2nd Edition), ASABE publication.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران