

## بررسی تأثیر رطوبت و سطح مقطع بر سرعت حد برگ یونجه

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

### چکیده

خواص آبرودینامیکی محصولات کشاورزی برای مکانیزه کردن روند تولید، انتقال و فرآوری محصولات به کرات مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این میان سرعت حد مهم‌ترین نقش را در طراحی سیستم‌های پنوماتیکی ایفا می‌نماید. در بین گیاهان علوفه‌ای یونجه مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای به شمار می‌آید که به صورت تازه، علوفه خشک و علوفه سیلویی برای نشخوارکنندگان و به عنوان یک منبع پروتئینی و ویتامین A مصرف می‌شود و به ملکه نباتات علوفه‌ای مشهور است. هدف از تحقیق حاضر محاسبه سرعت حد برگ یونجه و بررسی تأثیر درصد رطوبت و سطح مقطع برگ بر آن می‌باشد. در این تحقیق ابتدا وزن برگ یونجه به وسیله یک ترازوی دقیق اندازه‌گیری گردید و سه سطح رطوبتی مختلف با توجه به درصد رطوبت برگ یونجه در مراحل مختلف برداشت ایجاد شد. جهت محاسبه سطح مقطع برگ یونجه پس از عکسبرداری از نمونه‌ها از نرم افزار پردازش تصویر MATLAB و برنامه‌ای که در 15 سطر نوشته شده بود استفاده شد. سرعت حد نمونه‌ها در چندین سطح مقطع و درصد رطوبت مختلف با استفاده از تونل باد ساخته شده در دانشگاه صنعتی اصفهان به روش ولف و تیتو محاسبه شد. داده‌های به دست آمده نشان دهنده میزان سرعت حد بالاتر (4/1 m/s) در درصد رطوبت بیشتر و سطح مقطع بزرگتر بود.

**کلمات کلیدی:** یونجه، سرعت حد، سطح مقطع، درصد رطوبت.

<sup>۱</sup>- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان  
<sup>۲</sup>- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شیراز  
<sup>۳</sup>- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

یونجه یکی از مهمترین منابع تغذیه دام و طیور می باشد که در جنوب غربی آسیا کشت می شود. مهمترین گیاه علوفه ای دنیا و اولین گیاه علوفه ای اهلی شده است که بشر اولیه آنرا به عنوان تغذیه دام تشخیص داده است. از لحاظ ارزش علوفه ای حاوی مقدار زیادی پروتئین، مواد معدنی و ویتامین های A و C می باشد. نیاز علوفه ای کشور در سال برای احشام و طیور 31/1TDN میلیون تن می باشد که مجموع زراعت های تولیدی علوفه ای کشور معادل 21/6TDN میلیون تن و مجموع تولید مراتع و محصولات ثانویه 5/3TDN میلیون تن می باشد و کسری علوفه مورد نیاز کشور معادل 4/2TDN میلیون تن ((31/1-(21/6+5/30)) می باشد. سطح زیر کشت یونجه در سال زراعی (81 - 1380) در ایران 537 هزار هکتار و میزان تولید آن 4068 هزار تن بوده است. ازدیاد روز افزون جمعیت و صنعتی شدن دامداری ها 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 افزایش سطح زیر کشت و ورود انواع ماشین های کشاورزی به عرصه تولید متعاقباً نیاز به بررسی خواص مختلف این محصول را تشدید نموده است. سرعت حد و تأثیرپذیری این پارامتر از مولفه هایی مانند سطح مقطع و درصد رطوبت برگ از اهداف این تحقیق بود.

## مواد و روش ها

نمونه های مورد آزمایش در این تحقیق از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک) واقع در جوردان نجف آباد تهیه شد. نمونه ها به صورت کاملاً تصادفی از بین برگ های بسته بندی شده به وسیله دستگاه بسته بند در مرحله بسته بندی انتخاب شد. رطوبت اولیه نمونه ها طبق استاندارد S358.2DEC انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا در چهار تکرار اندازه گیری شد. از آنجایی که مناسب ترین درصد رطوبت برای محصول یونجه در زمان بسته بندی، 20٪ است، پس از تعیین رطوبت اولیه نمونه های انتخاب شده، با استفاده از رابطه (1) مقدار آب مورد نیاز برای رسانیدن رطوبت نمونه ها به حد مطلوب محاسبه شد.

$$m_w = \frac{m_i(M_{wf} - M_{wi})}{1 - M_{wf}} \quad (1)$$

که در آن:

$m_w$  = جرم آب لازم اضافه شده بر حسب گرم،

$m_i$  = جرم اولیه محصول بر حسب گرم،

$M_{wf}$  = رطوبت نهایی محصول بر پایه وزن تر و

$M_{wi}$  = رطوبت اولیه محصول بر پایه وزن تر

توزیع اندازه ذرات طبق استاندارد ASAE Standard (S319.3) بر حسب میانگین قطر هندسی ذرات و انحراف میانگین هندسی ذرات بیان می شود. معادلات 2، 3 و 4 برای بیان میانگین قطر هندسی ذرات و انحراف میانگین هندسی بر حسب میلی متر استفاده شد.

$$d_{gw} = \log^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \log \bar{d}_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (2)$$

$$S_{\log} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i (\log d_i - \log \bar{d}_{gw})^2}{\sum_{i=1}^n w_i} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{S_{\ln}}{2.3} \quad (3)$$

$$S_{gw} \approx \frac{1}{2} d_{gw} \left[ \log^{-1} S_{\log} - (\log^{-1} S_{\log})^{-1} \right] \quad (4)$$

در روابط بالا  $w_i$  جرم مواد باقیمانده روی الک  $i$  ام بر حسب گرم،  $d_i$  اندازه سوراخ الک  $i$  ام بر حسب میلی متر،  $d_{gw}$  میانگین هندسی اندازه ذرات بر حسب میلی متر،  $n$  تعداد الک ها بعلاوه یک،  $S_{gw}$  انحراف معیار توزیع لگاریتمی و انحراف معیار هندسی ذرات می باشد. جهت اندازه گیری توزیع اندازه نمونه ها طبق استاندارد ASAE S424.1 از الک های استاندارد تیلور استفاده شد.

برای انجام این آزمایش طبق استاندارد بیان شده مقدار 1 لیتر از برگ یونجه با میانگین محتوای رطوبتی حدود 8/33٪ (بر مبنای وزن تر) بر روی الک بالایی دستگاه لرزاننده ریخته شده و به مدت 2 دقیقه الک شد. شماره الک های استفاده شده طبق این استاندارد 1، 2، 3، 4 و 5 (قطر روزنه ها به ترتیب 19، 8، 5/6 و 1/7 میلی متر) بود (شکل 1). آزمایش های مربوط به توزیع اندازه با چهار تکرار انجام شد. بعد از الک کردن جرم باقیمانده بر روی هر الک با استفاده از ترازویی با دقت 0/001 گرم وزن شد و سپس با استفاده از روابط موجود در استاندارد ASAE میانگین قطر هندسی ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات محاسبه گردید.



شکل 1- نمای واقعی دستگاه لرزاننده و الک های استاندارد.

اندازه گیری سرعت حد مواد به روش ولف و تیتو انجام شد. به این منظور از یک تونل باد مجهز به یک پیتوت تیوب 4 با قطر 15/2 سانتی متر و فشارسنج 5 دیجیتالی Testo مدل 512 متصل شده به آن استفاده شد. لوله پلگسی گلاسی که مواد در آن معلق شدند دارای قطر داخلی و خارجی به ترتیب 14 و 15 سانتی متر بود. همچنین جهت ایجاد جریان باد از یک پنکه سانتریفوژ که به وسیله یک موتور که با توان 4 اسب بخار کار می کرد، استفاده شد. لوله پیتوت از دو لوله متحدالمرکز تشکی ل شده است. لوله داخلی فشار کل یا فشار ایجاد شده از برخورد

- 1-Pitot tube
- 2- Barometer

جریان هوا و لوله خارجی با سوراخ هایی که بر روی محیط آن تعبیه شده است فشار استاتیک را اندازه گیری می کند. لوله داخلی و خارجی به فشارسنج دیجیتالی جهت اندازه گیری فشار متصل می گردن (شکل 2).



شکل 2- بهای واقعی تونل باد

در این صورت اختلاف بین فشار کل و فشار استاتیک که همان فشار سرعت باشد بر روی فشارسنج دیجیتالی نشان داده می شود. برای انجام آزمایش ابتدا 300 قطعه از نمونه های آماده شده به صورت تصادفی انتخاب گردید و سپس تک تک قطعات با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی مدل GF 400 ساخت ژاپن با دقت 0/001 گرم توزین شد و بزرگترین طول آنها با استفاده از کولیس به عنوان اندازه نمونه تعیین گردید [36]. سپس 4 سرعت مختلف باد با استفاده از پنکه در تونل باد به گونه ای ایجاد گردید که تا حدی نزدیک به سرعت حد نمونه ها بوده و توانایی به تعلیق در آوردن نمونه ها را داشته باشد. سپس هر قطعه به صورت جداگانه توسط یک انبر بلند با فاصله عمودی 7/5 سانتی متری از تونل در مرکز تونل انداخته شد و هر قطعه یا درون لوله معلق می شد و یا از درون لوله به خارج صعود کرده و یا به درون لوله سقوط می کرد. درصد وزنی نمونه هایی را که درون لوله معلق شده، از لوله به خارج صعود کرده و درون لوله سقوط کرده را محاسبه کرده و با استفاده از روابط تعریف شده توسط ولف و تیتپو، سرعت حد مواد محاسبه شد. سرعت حد برگ یونجه با رطوبت های مختلف و با محدوده وسیعی از ابعاد به طور مجزا اندازه گیری شد.

سرعت حد ولف و تیتپو (1972)، تحقیقاتی را روی سرعت حد مواد علوفه ای چاپر شده و سیلویی به روش شناورسازی انجام دادند. ایشان پس از انتخاب یک نمونه به طور کاملاً تصادفی و وزن کردن نمونه، نمونه را با استفاده از یک پنس بلند در مرکز سطح مقطع تونل در فاصله 7/5 سانتی متری از بالای تونل رها کردند و با تغییر سرعت دمنده سرعت جریان باد را به حدی رساندند تا اکثر نمونه ها به حالت شناور در مقطع تونل برسند. در حین آزمایش بخشی از مواد به بیرون پرتاب شده و بخشی به سمت پائین سقوط کرده و قسمتی به طور شناور تونل در می آمدند. بدین ترتیب درصد وزنی موادی که شناور بودند بدست می آمد. سپس آنها 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 (5) برای بیان رابطه بین این دو عامل ارائه گردید :

$$V_t = \frac{V_1 Y_1 + V_2 (Y_2 - Y_1) + \dots + V_n (Y_n - Y_{n-1})}{Y_n} \quad (5)$$

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. ایشان نتیجه گرفتند که محتوای رطوبتی بیشترین تأثیر را بر سرعت حد مواد مورد آزمایش دارد و معادله (6) را برای بیان این رابطه ارائه دادند [60].

$$V_t = 0.24M - 4.42 \quad (6)$$

که در آن،

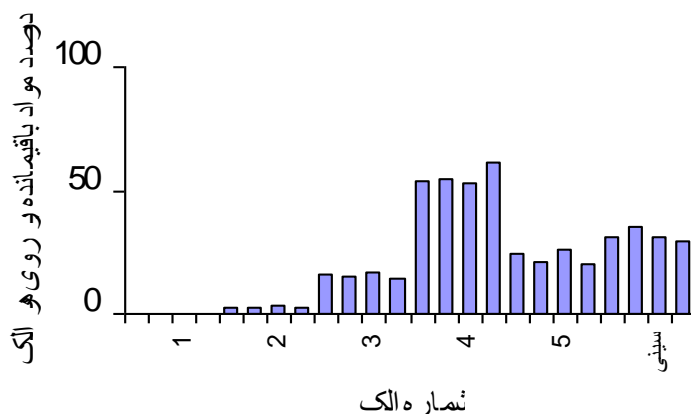
$V_t$ : میانگین جمعیتی سرعت حد مواد بر حسب fps و

$M$ : محتوای رطوبتی بر مبنای وزن تر نمونه ها بود.

برای محاسبه مساحت مربوط به برگ، از برنامه ای که در 15 سطر در نرم افزار مطلب نوشته شد استفاده شد. برای محاسبه اندازه ابعاد نمونه و خصوصیات شکل نمونه ها با استفاده از نرم افزار مطلب، با قرار دادن دوربین عکاسی در مکانی ثابت از بیست قطعه نمونه که به صورت کاملاً تصادفی از بین نمونه ها انتخاب شده بودند، عکس گرفته شد. برای کالیبره کردن ابعاد برگ و محاسبه سطح مقطع دقیق برگ ها، با عکس گرفتن از یک خط کش مدرج و کالیبره کردن آن به کمک نرم افزار، سطح مقطع تصویر شده دقیق هر برگ محاسبه شد.

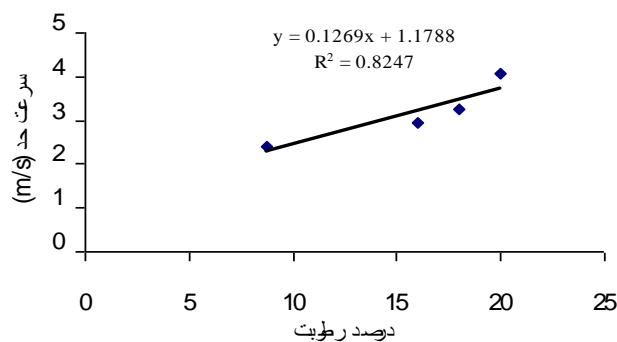
### نتایج و بحث

میانگین قطر هندسی و انحراف معیار هندسی برگ یونجه  $3/33 \pm 1/09$  میلی متر به دست آمد. شکل (3) نشان دهنده توزیع اندازه برگ یونجه در محتوای رطوبتی حدود  $8/33$  (بر مبنای وزن تر) می باشد. همانطور که در شکل 3 مشخص است بیشترین درصد یونجه باقیمانده روی الک چهارم با قطر روزه های  $5/6$  میلی متر،  $54/2\%$  مشاهده شد.



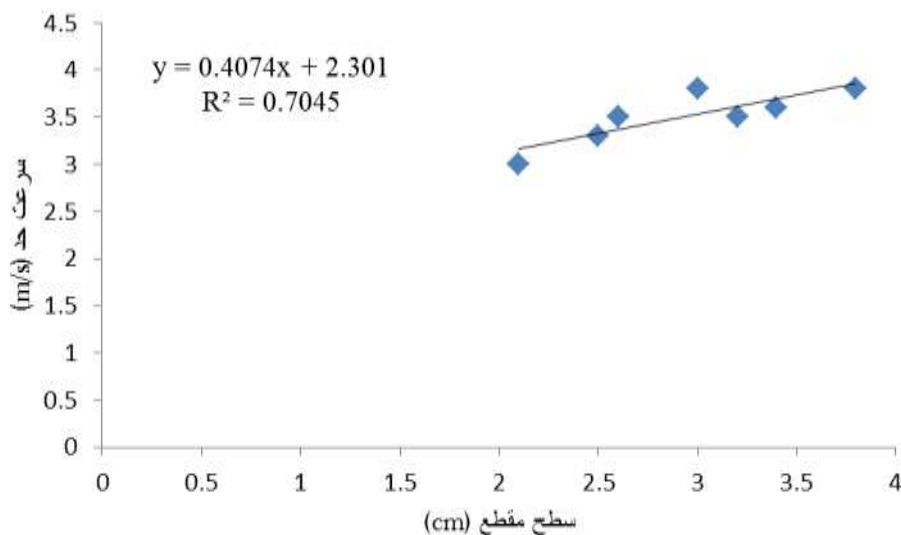
شکل 3- توزیع اندازه برگ یونجه در محتوای رطوبتی حدود 8/33%.

با توجه به شکل ذکر شده میانگین سرعت حد مواد در سه سطح رطوبتی (7/8٪، 16٪، 18٪ و 20٪) بر مبنای وزن تر مواد اندازه گیری شد. همانطور که در شکل 4-2 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 4 نشان دهنده مناسب ترین رابطه ریاضی برازش شده بین رطوبت و میانگین سرعت حد نمونه ها را نشان می دهد.



شکل 4- تأثیر سطح رطوبت بر سرعت حد برگ یونجه.

همانطور که در شکل شماره 4 نشان داده شده است با افزایش محتوای رطوبتی در دامنه رطوبتی مشخص شده، سرعت حد از 2/6 تا 4/1 m/s افزایش یافت. افزایش سرعت حد با افزایش در دامنه رطوبتی مورد بررسی می تواند به دلیل افزایش در جرم برگها و مقاومت بیشتر برگها در برابر جریان هوا باشد.



شکل 5- تأثیر سطح مقطع بر سرعت حد برگ یونجه.

با توجه به شکل شماره 4 افزایش سطح مقطع برگ در محدوده اولیه، افزایش سرعت حد را در پی داشته است اما کاهش میزان سرعت حد در محدوده افزایشی دوم سطح برگ می تواند به دلیل چرخش برگ در تونل باد و قرار گیری سطح کوچکتر در راستای عمودی جریان باد باشد.

منابع:

1. ASAE STANDARDS. 2003. S424.1: Method of Determining and Expressing Particle Size of Chopped Forage Materials by Screening.
2. Bart-Plange, A., and E. A. Baryeh. 2003. The physical properties of category b cocoa beans. *Journal of Food Engineering*. 60. 219-227.
3. Keck, H. and J. R. Goss. 1965. Determining aerodynamic drag and terminal velocities of agronomic seeds in free fall. *Transactions of the ASAE*, 8(4):553-557.
4. Lope, G. and Tabil, Jr. 1996. Binding and pelleting characteristics of alfalfa
5. Shellard T. J. E. and R. H. Macmillan. 1978. Aerodynamic properties of threshed wheat materials. *J. Agric. Eng.* 23(4):273-281.
6. Stern, A.C., Wohlers, H.C., Boubel, R.W., and Lowry, W.P. 1973. *Fundamentals of Air Pollution*. Academic Press, New York.
7. Stroshine, R. 1998. *Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products*. PP.257-263.
8. Wolfe, R. R. and C. G. Tatepo. 1972. Terminal velocity of chopped forage materials. *Trans. ASAE*. 137-140.