تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بر استحکام کششی ساقه یونجه (۳٦٦)

مهرداد نظری گله دار[۱] ، علی جعفری[۲] ، احمد طباطبائی فر[۳] ، احمد شریفی مالواجردی[۴] ، حامد توکلی[۵]

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بر استحکام کششی ساقه یونجه بود. آزمایشات در ۴ سطح رطوبتی ۱۰، ۲۰، ۴۰ و۸۰ درصد برمبنای وزن تر و سرعت های بارگذاری ۵، ۱۰و ۲۰ میلی متر بر دقیقه انجام شد. هر کدام از ساقه های یونجه به سه ناحیه ارتفاعی مساوی فوقانی، میانی و تحتانی تقسیم شدند. استحکام کششی بصورت نمایی با کاهش مقدار رطوبت و به طرف نواحی پایین تر ساقه، افزایش نشان داد. مقدار استحکام کششی در ناحیه های فوقانی، میانی و تحتانی و در رطوبت های مختلف مورد مطالعه و سرعت بارگذاری ۱۰ میلی متر بر دقیقه به ترتیب بین ۲۶/۳۵-۹/۲۴، ۳۲/۷۴-۱۶/۳۱ و ۳۲/۷۵-۲۸/۸۰ مگا پاسکال بدست آمد. استحکام کششی با افزایش سرعت بار گذاری در تمام نواحی بطور خطی افزایش یافت. مقادیر استحکام کششی در نواحی فوقانی، میانی و تحتانی و در سرعت های بار گذاری ۵ تا ۲۰ میلی متر بر دقیقه و درصد رطوبت ۸۰ درصد به ترتیب بین ۱۲/۲۷-۹/۲۴، ۲۰/۴۶-۱۶/۳۱ و ۳۲/۷۵-۲۸/۸۰ مگا پاسکال متغیر بود.

کلیدواژه: یونجه، استحکام کششی، ناحیه ارتفاعی، سرعت بار گذاری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: mehrdad_n_g@yahoo.com
۲- استاد یار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران
۳- استاد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران
۴- استاد یار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کرج
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران

مقدمه

یونجه به عنوان یک منبع سرشار پروتئین، ویتامین ها ومواد معدنی، مهمترین گونه ی علوفه دام در ایران است. اطلاعات درباره ی خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه ی یونجه در طراحی ماشین های کشاورزی نظیر دروگرها، بسته بندها (بیلرها) و چاپرها دارای اهمیت بسیاری است. نبود دانش درباره ی خواص فیزیکی ساقه یونجه، توسط مهندسان مرتبط با وسایل برش علوفه مورد توجه قرارگرفته است[۹]. یکی از دلایل اولیه ی این فقدان اطلاعات درباره خصوصیات فیزیکی مواد علوفه ای، تنوع زیادی است که در خواصشان وجود دارد. دلیل دیگر فقدان شیوه و روال تثبیت شده و تجهیزات مربوطه برای استفاده در تعریف این خواص است[۵]. مطالعات در زمینه ی خواص مکانیکی و فیزیکی محصولات کشاورزی را می توان به موارد زیر طبقه بندی کرد: ۱. بکارگیری اصول اساسی علم مکانیک در رفتار مکانیکی مواد کشاورزی ۲. تطبیق و استفاده از شیوه هایی که اساساً برای مواد غیر بیولوژیکی (غیر زنده) توسعه یافته، برای توصیف رفتار مواد کشاورزی [۵].

بیشتر مطالعات روی خواص مکانیکی گیاهان در طول رشدشان و با استفاده از معیارهای گسیختگی آنها (نیرو، تنش و انرژی) و یا مدول الاستیسیته انجام شده است. تحقیقات بیشتر روی آناتومی گیاه، پروسه های انبارداری، بهینه سازی برداشت، تغذیه حیوانات، کاربردهای صنعتی و تجزیه کاه باقی مانده از محصول در داخل خاک متمرکز شده است[۱۱]. خواص فیزیکی مهم مواد سلولی در برش عبارتند از : فشردگی، کشش، خمش، چگالی و اصطکاک. این خواص به گونه، واریته، قطر ساقه، رسیدگی، مقدار رطوبت و ساختار سلولی گیاه بستگی دارند[۴]. این خواص فیزیکی همچنین در ارتفاعات مختلف ساقه ی گیاه از سطح زمین متفاوت است. بنابراین تعیین خواص فیزیکی – مکانیکی نظیر تنش برشی و خمشی و انرژی لازم برای برش، برای طراحی تیغه مناسب و برای تعیین پارامترهای عملیاتی ضروری است[۹]. هال و همکاران[1] (۱۹۶۷) خواص ویسکوالاستیک ساقه یونجه را مطالعه کردند. آنها دریافتند که ساقه یونجه بیشتر مثل مواد ویسکوالاستیک رفتار می کند تا مواد ویسکو پلاستیک. هالیک[2] (۱۹۶۲) استحکام برشی وکششی ساقه یونجه را تعیین کرد ومعادلات رگرسیون استحکام کششی را نسبت به رطوبت و چگالی توسعه داد. استحکام کششی نهایی توسط برخی محققان [۸ و ۱۵] اندازه گیری شده است. برای یونجه، رنجی بین ۹ تا ۳۶ مگا پاسکال با یک رابطه خطی نزولی با مقدار رطوبت پیدا شده است[۸]. آلگریم[3] (۱۹۷۰) نتایجی را برای چمن ارائه داد که برطبق آن استحکام کششی با افزایش مقدار رطوبت کاهش می یافت. مقادیری که او به دست آورد در رنج ۱۰۸ تا ۲۹۴ مگا پاسکال، بر اساس سطح تحمل خشک متغیر بود که این نتایج ۵ تا ۱۰ برابر بزرگتر می شد اگر تنش گسیختگی روی کل سطح یونجه محاسبه شده بود. روی تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و ارتفاع نواحی بروی استحکام کششی ساقه یونجه مطالعاتی صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه، اندازه گیری استحکام کششی ساقه یونجه و تعیین رابطه ای بین آن با مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و ارتفاع نواحی ساقه است.

مواد و روش ها

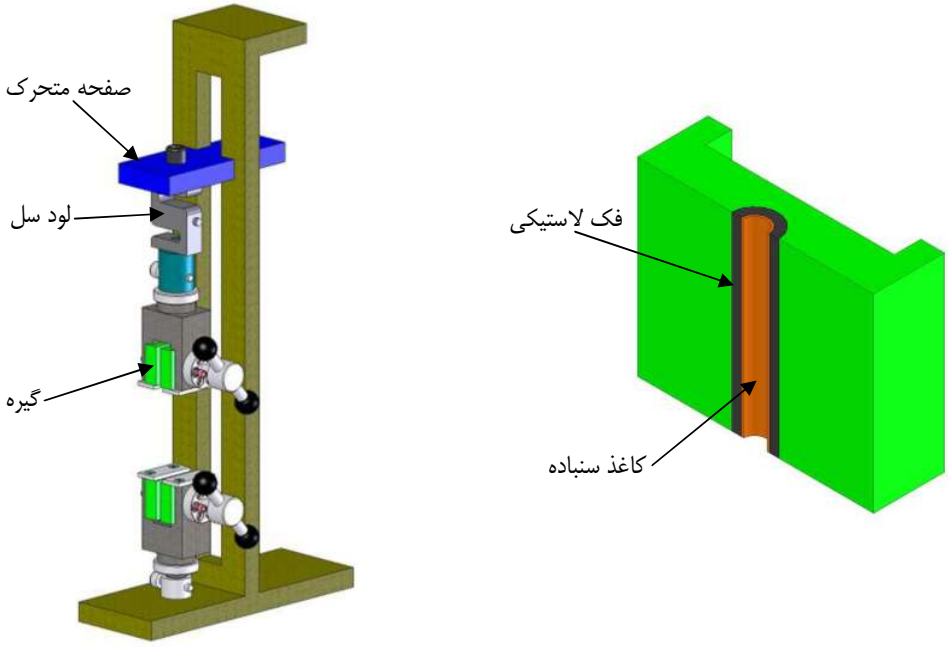
نمونه های آزمایشی به صورت تصادفی از بین نمونه هایی که از قطعه زمین آزمایشی یونجه وحشی واقع در مزرعه کشاورزی دانشگاه تهران چیده شده بود، انتخاب شد. برگ ها قبل از هر تیمار یا اندازه گیری جدا شدند. نمونه های آزمایشی بر اساس پارامترهای فیزیکی قابل اندازه گیری ای نظیر مقدار رطوبت و ارتفاع نواحی انتخاب شدند. قطر ساقه های یونجه به طرف نقاط ارتفاعی بالاتر گیاه کاهش می یافت. بنابراین ساقه ها به سه ناحیه ی ارتفاعی مساوی با نام های ناحیه فوقانی، میانی و تحتانی تقسیم شدند. نمونه های تازه چیده شده به چهار گروه تقسیم شدند. یکی از گروه ها برای آزمایش های فوری استفاده شد و گروه های دیگر کنار گذاشته شدند تا بعد از اینکه به درصد رطوبت های مختلف رسانده شدند، آ ایش شوند. آزمایشات در رطوبت های ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ درصد بر مبنای وزن تر انجام شد. برای تعیین مقدار رطوبت متوسط ساقه یونجه در تاریخ آزمایش، نمونه ها از مزرعه جمع آوری و وزن شدند و در دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت [۱] در داخل آون خشک شده و دوباره وزن شدند. متوسط قطر بزرگتر ساقه ها در نواحی فوقانی، میانی و تحتانی به ترتیب بین ۲/۶۰–۱/۹۷، ۳/۷۲–۳/۴۹ و ۴/۰۴، ۳/۴۱ میلی متر متغیر بود. متوسط قطر کوچکتر ساقه ها در نواحی فوقانی، میانی و تحتانی به ترتیب بین ۲/۲۵–۱/۶۱، ۳/۳۶–۲/۷۷ و ۳/۸۹–۳/۱۱ میلی متر متغیر بود.

[1] Hall et al (1967)
[2] Halyk (1962)
[3] Ahlgrimm (1970)

شیوه آزمایش

اینگونه مرسوم است که بیشتر مواد کشاورزی نظیر یونجه تحت بار پایدار رفتار ویسکو الاستیک از خود نشان می دهند[۱۳]. در این مطالعه پارامتر مدول در فاز الاستیک بلافاصله بعد از بارگذاری، اندازه گیری شد و اندازه گیری استحکام کششی در یک ماشین تست مواد در رنج کرنشی نسبتاً پایینی صورت گرفت. روش های بکار رفته در این تحقیق مشابه روش هایی می باشد که در مطالعات قبلی استفاده شده است[۱۲ و ۱۳]. به دلیل طبیعت شکننده ساقه های علوفه، اندازه گیری استحکام کششی آنها کار مشکلی می باشد زیرا این امر باعث گسیختگی دو انتهای نمونه در داخل گیره ها هنگام اعمال نیرو می شود.

یک دستگاه مکانیکی شامل دو گیره طراحی و ساخته شد. گیره ها توانایی ثابت نگهداشتن ساقه را دارند و شامل فک لاستیکی و کاغذ سمباده هستند که کاغذ سمباده بین ساقه و فک لاستیکی قرار می گیرد (شکل۱). نمونه بعد از قرار داده شدن بین گیره ها با استفاده از یک دستگاه تست فشار-کشش اختصاصی تحت کشش قرار می گیرد.



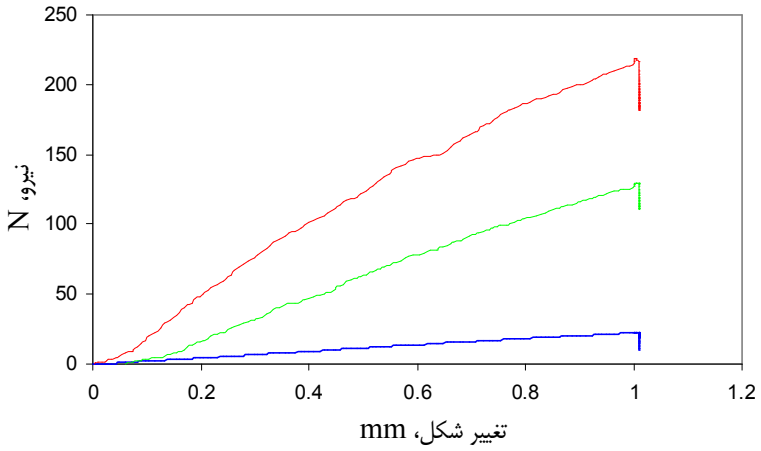
الف) شکل شماتیک دستگاه **ب) گیره**

شکل ۱) دستگاه اندازه گیری استحکام کششی

سه سرعت بارگذاری برای هر آزمایش استفاده شد. این سرعت ها ۵ ، ۱۰ و ۲۰ میلی متر بر دقیقه بودند. نیروی کششی توسط یک لودسل استرین گیجی اندازه گیری شد و یک رکوردی از نیرو- زمان تا گسیختگی نمونه ها ثبت شد. حدود ۵۰ درصد نمونه ها نزدیک مرکز ساقه شکسته شدند که برای ارزیابی استحکام کششی قابل قبول بود. یک نمونه از نمودارهای نیرو- تغییر شکل در شکل ۲ نشان داده شده است. تنش گسیختگی کششی یا استحکام کششی نهایی، σ_t، نمونه ها از معادله زیر محاسبه می شود :

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A}$$

که در آن F_t نیروی کششی در هنگام گسیختگی و A سطح مقطع نمونه ها در مقطع گسیختگی است.



شکل ۲) نمونه ای از نمودار های نیرو- تغییر شکل که در اثر کشش نمونه حاصل شده است. (●) ناحیه ی فوقانی، (●) ناحیه ی میانی و (●) ناحیه ی تحتانی

طرح آزمایشی

برای انجام آزمایشات از یک طرح آزمایش کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل استفاده شد. متغیرهای مستقل مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بودند. متغیر وابسته استحکام کششی بود. سطوح مقدار رطوبت ۸۰ ، ۴۰ ، ۲۰ و ۱۰ درصد بر مبنای وزن تر بودند. سطوح نواحی ارتفاعی، ناحیه فوقانی، میانی و تحتانی بودند. تعداد تکرارهای بکار رفته بین ۱۰ تا ۱۵ تکرار به ازای هر ترکیب از پارامتر های آزمایشی بود. اطلاعات بدست آمده بصورت آماری و با استفاده از نرم افزار Spss 13 تجزیه و تحلیل شد و نمودارها در نرم افزار Excel کشیده شد.

نتایج و بحث

۱. تأثیر مقدار رطوبت:

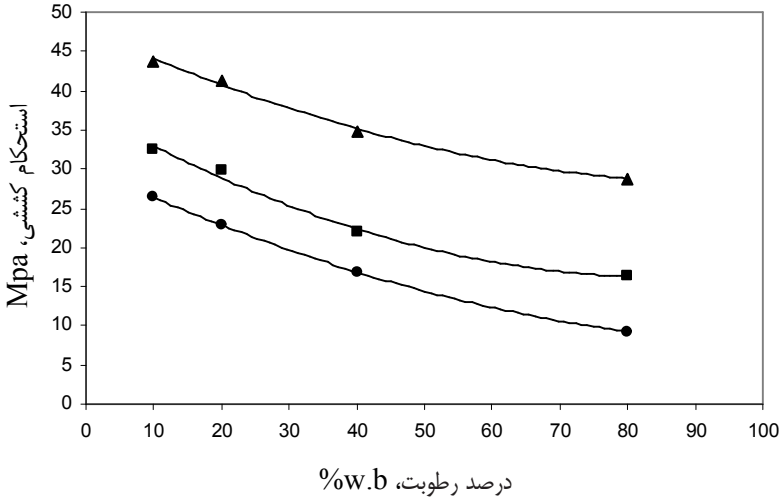
استحکام کششی بصورت نمایی با کاهش مقدار رطوبت و به طرف نواحی پایین تر، افزایش یافت (شکل ۳). مقدار استحکام کششی بین ۲۶/۳۵-۹/۲۴، ۳۲/۷۴-۱۶/۳۱ و ۴۳/۸۲-۲۸/۸۸ مگا پاسکال به ترتیب در نواحی فوقانی، میانی و تحتانی و در درصد رطوبت های مختلف مورد مطالعه، متغیر بود. این موضوع می تواند با افزایش تفاوت های ماده خشک بین نواحی در رطوبت های کم توجیه شود. تأثیر مقدار رطوبت و نواحی ارتفاعی همچنین توسط اودقرتی وهمکاران[1] (۱۹۹۵) برای کاه گندم و توسط هالیک و همکاران[2] (۱۹۶۸) برای ساقه یونجه گزارش شده است. هالیک وهمکاران (۱۹۶۸) رنج ۳۶-۹ مگا پاسکال را برای استحکام کششی یونجه گزارش کردند که رابطه ی خطی ترولی با مقدار رطوبت داشت. بعلاوه بر اساس آزمون های چند دامنه ای دانکن، مقادیر استحکام کششی درناحیه تحتانی متفاوت با مقدار آن برای نواحی میانی و فوقانی تشخیص داده شد. رابطه بین مقدار رطوبت و استحکام کششی می تواند با معادلات زیر بیان شود:

ناحیه فوقانی: $Y=0.002x^2-0.3999x+47.922$ $(R^2=0.9365)$

ناحیه میانی: $Y=0.0029x^2-0.4971x+37.640$ $(R^2=0.9218)$

ناحیه تحتانی: $Y=0.0018x^2-0.4068x+30.255$ $(R^2=0.9752)$

[1] O'Dogherty et al (1995)
[2] Halyk et al (1968)



شکل ۳) تغییرات استحکام کششی با مقدار رطوبت بر اساس نواحی ارتفاعی؛ (▲)ناحیه تحتانی، (■)ناحیه میانی و (●) ناحیه فوقانی

۲. تأثیر سرعت بارگذاری:

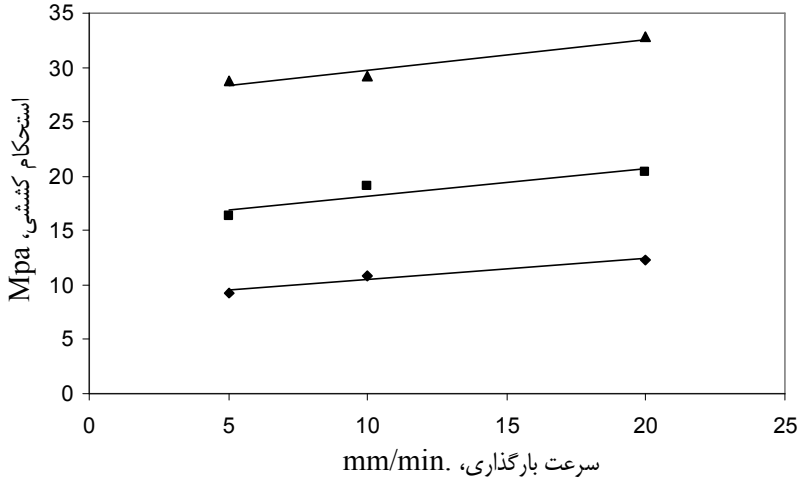
استحکام کششی با افزایش سرعت بارگذاری در تمام نواحی بطور خطی افزایش یافت (شکل۴). این تأثیر سرعت بارگذاری همچنین توسط الهاگ و همکاران[1] (۱۹۷۱) برای ساقه پنبه گزارش شد. مقادیر استحکام کششی از ۹/۲۴ تا ۳۲/۷۹ مگا پاسکال متغیر بود. که بیشترین مقدار آن در ناحیه تحتانی تحت بزرگترین سرعت بارگذاری و کمترین مقدار آن در ناحیه فوقانی تحت کمترین سرعت بارگذاری اتفاق افتاد. استحکام کششی همچنین به طرف نواحی فوقانی کاهش یافت. مقادیر آن برای نواحی فوقانی، میانی و تحتانی و با افزایش سرعت بارگذاری از ۵ تا ۲۰ میلی متر بر دقیقه و در درصد رطوبت ۸۰ درصد به ترتیب ۱۲/۲۷-۹/۲۴، ۲۰/۴۶-۱۶/۳۱ و ۳۲/۷۵-۲۸/۸۰ مگا پاسکال متغیر بود. استحکام کششی در نواحی تحتانی بدلیل تجمع بیشتر فیبرهای رسیده در این قسمت ساقه بزرگتر بود. تأثیر سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی روی مقادیر استحکام کششی در سطح احتمال ۰/۵۰ معنی دار بود. بر اساس نتایج آزمون چند دامنه ای دانکن، این مقادیر برای نواحی مختلف ساقه، با هم متفاوت بودند. رابطه ی بین سرعت بارگذاری و استحکام کششی می تواند توسط معادلات زیر بیان شود:

ناحیه تحتانی: $Y=0.2797x +26.99$ $(R^2=0.9391)$

ناحیه میانی: $Y=0.2797x +26.99$ $(R^2=0.9391)$

ناحیه فوقانی: $Y=0.1936x +8.53$ $(R^2=0.9532)$

[1] El hag et al (1971)



شکل ٤) تغییرات استحکام کششی با سرعت بارگذاری بر اساس نواحی ارتفاعی؛ (▲)ناحیه تحتانی، (■)ناحیه میانی و (●) ناحیه فوقانی

نتیجه گیری

هدف از این تحقیق تعیین تأثیر مقدار رطوبت، سرعت بارگذاری و نواحی ارتفاعی بروی استحکام کششی ساقه یونجه بود. استحکام کششی بصورت نمایی با کاهش در مقدار رطوبت و به طرف نواحی تحتانی افزایش یافت. مقادیر استحکام کششی در نواحی فوقانی، میانی و تحتانی در درصد رطوبت های مختلف مورد مطالعه و سرعت بارگذاری ۱۰ میلی متر بر دقیقه به ترتیب بین ۹/۲۴–۲۶/۳۵، ۱۶/۳۱–۳۲/۷۴ و ۲۸/۸۸–۴۳/۸۲ مگا پاسکال متغیر بود. مقادیر استحکام کششی از ۹/۲۴ تا ۳۲/۷۹ به ترتیب در نواحی فوقانی تحت سرعت بارگذاری ۵ میلی متر بر دقیقه و در ناحیه تحتانی تحت سرعت بارگذاری ۲۰ میلی متر بر دقیقه و در درصد رطوبت ۸۰ درصد متغیر بود.

سپاسگزاری

در پایان از دانشگاه تهران برای مهیا کردن وسایل آزمایشگاهی و حمایت های مالی این پروژه تشکر می کنیم.

منابع

[۱]. ASAE Standards, 52nd Ed., 2006. S358.2: 1:1 measurement - forages. St. Joseph, MI: ASAE.

[۲]. Ahlgrimm H. J., 1970. Der einfluss der feuchte auf das biegerverhalten von halmgut bei zug-, scher- und beigebeanspruchung (The influence of moisture content on the strength of grass stalks subjected to tensile, shear and bending force). LandbForseh-Völkenrode., 8, 8–31.

[۳]. Annoussamy M., Richard G., Recous S., and Guerif J., 2000. Change in mechanical properties of wheat straw due to decomposition and moisture. Applied Engineering in Agriculture., 16(6), 657–664.

[۴]. Bright R. E., and Kleis R. W., 1964. Mass shear strength of haylage. Transactions of the ASAE., 7(2), 100–101.

[۵]. El Hag H. E., Kunze O. R., and Wilkes L. H., 1971. Influence of moisture, dry-matter density and rate of loading on ultimate strength of cotton stalks. Transaction of the ASAE., 4(2), 713–716.

[۶]. Hall G. E., Brazee R. D., and Hall C. W., 1967. Relaxation characteristics of alfalfa stem sections. ASAE Paper No. 670–671, ASAE, St. Joseph. Michigan 49085.

[۷]. Halyk R. M., 1962. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. Unpublished Master of Science thesis. University of Nebraska. Lincoln.
[۸]. Halyk R. M., and Splinter W. E., 1968. Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems. Transaction of the ASAE., 11(2), 256–257.
[۹]. İnce, A., S. Uğurluay, E. Güzel and M.T. Özcan. 2005. Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue. *Biosystems Engineering* 92: 2, 175–181
[۱۰]. McClelland J. H., and Spielrein R. E., 1958. A study of some design factors affecting the performance of mower knives. J. Agric. Eng. Res., 3(2), 137–146.
[۱۱]. McNulty P. B., and Moshenin N. N., 1979. Compaction of bulk corn carnal to failure. Transaction of the ASAE, 22(2), 264–269.
[۱۲]. O'Dogherty M. J., 1981. A review of research on forage chopping. J. Agric. Eng. Res., 27, 267–289.
[۱۳]. O'Dogherty M. J., Hubert J. A., Dyson J., and Marshall C. J., 1995. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. J. Agric. Eng. Res., 62, 133–142.
[۱۴]. Persson S., 1987. Mechanics of Cutting Plant Material. ASAE Publications, Michigan.
[۱۵]. Prince R. P., 1961. Measurement of ultimate strength of forage stalks. Transaction of the ASAE., 4(2), 208–209.
[۱۶]. Prince R. P., Bartok T. W., and Bradway D. M., 1969. Shear stress and modulus of elasticity of selected forages. Transactions of the ASAE., 12(3), 426–429.
[۱۷]. Skubisz G., Kravtsova T.I., and Velikanov L.P., 2007. Analysis of the strength properties of pea stems. Int. Agrophysics., 21, 189–197.