

مدلسازی رفتار تنش و تغییر شکل دو نوع تیغه برش دروگر استوانه‌ای در برداشت یونجه

یاسر کریمی^۱، جلال خدائی^۲، سمیرا زارعی^{۳*}

۱ و ۲. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

چکیده

دروگر استوانه‌ای که به آن دروگر دوار با محور عمودی و یا دستگاه یونجه چین نیز می‌گویند، متداول‌ترین وسیله برای برداشت یونجه در ایران است. یکی از عوامل موثر در عملکرد دروگر و میزان افت برداشت یونجه، طراحی تیغه برش است. در پژوهش حاضر دو نوع تیغه جدید شامل تیغه خمیده با لبه انحنا دار و تیغه راست با لبه انحنا دار برای دروگر استوانه‌ای با هدف بهینه‌سازی عملکرد دروگر استوانه‌ای در برداشت یونجه طراحی و مدل‌سازی شدند و رفتار تغییر شکل و تنش در آن‌ها تحت تأثیر میزان رطوبت‌های مختلف محصول بررسی شد. بررسی نتایج نشان داد که اولاً میزان تغییر مکان و تنش بیشینه در تیغه راست با لبه انحنا دار بیشتر از تیغه خمیده است. ثانیاً تیغه خمیده با لبه انحنا دار وابستگی کمتری به میزان رطوبت محصول دارد و این موضوع دامنه کاربرد تیغه خمیده را بیشتر می‌کند. لذا نتایج این مطالعه، نشان‌دهنده برتری و اولویت تیغه خمیده بر تیغه راست در برداشت یونجه در رطوبت‌های مختلف است.

کلمات کلیدی: برداشت علوفه، خواص فیزیکی مکانیکی، رطوبت محصول، مقاومت برشی ساقه.

*نویسنده مسئول Email: s.zareei@uok.ac.ir

مدلسازی رفتار تنش و تغییر شکل دو نوع تیغه برش دروگر استوانه‌ای در برداشت یونجه

مقدمه

یونجه محبوب‌ترین و مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای مورد کشت در بسیاری از نقاط دنیاست و به خاطر اهمیتش در بین سایر گیاهان علوفه‌ای، آن را ملکه گیاهان علوفه‌ای نامیده‌اند. عملکرد، کیفیت و بقای بالای یونجه، آن را به مهم‌ترین محصول علوفه‌ای دنیا بدل کرده است. همچنین یونجه پس از غلات مهم‌ترین محصول اقتصادی دنیاست [۱].

مدیریت برداشت اولین راهی است که تولیدکننده می‌تواند توسط آن عملکرد، کیفیت تغذیه‌ای و بقای محصول را تحت تأثیر قرار دهد. عملکرد و کیفیت بالا به همراه بقای طولانی بوته، اهداف اصلی تولید یونجه هستند. روش برداشت یونجه تا حد زیادی عملکرد و کیفیت یونجه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دروگر استوانه‌ای که به آن دروگر دوار با محور عمودی و یا دستگاه یونجه چین نیز می‌گویند، متداول‌ترین وسیله برای برداشت یونجه در ایران است. این دروگرها معمولاً شامل ۲، ۳ و یا ۴ استوانه عمودی با قطرهای یکسان هستند که با سرعتی حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دور در دقیقه می‌چرخند [۲].

یکی از عوامل موثر در عملکرد دروگر و میزان افت برداشت یونجه، طراحی تیغه برش است. در پژوهشی تأثیر سه نوع تیغه شامل تیغه راست و بدون زاویه، تیغه راست با زاویه تیزی ۳۰ درجه و تیغه انحنا دار مضرس بر عملکرد دروگر مورد بررسی قرار گرفت [۳]. تأثیر سه نوع تیغه شامل تیغه راست و بدون زاویه، تیغه راست با زاویه تیزی ۳۰ درجه و تیغه انحنا دار مضرس را بر عملکرد دروگر بررسی کردند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها نشان داد که تیغه انحنا دار مضرس، تیغه زاویه دار و سپس تیغه راست به ترتیب بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای را داشتند.

طباطبایی کلور و همکاران [۴] با انتخاب سه سطح ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه برای زاویه تیزی تیغه دریافتند که اثر تیزی تیغه روی نیروی مقاومت برشی ساقه برنج در سطح ۱٪ معنی دار بوده است. خزائی و همکاران [۵] اثرات زاویه تیزی تیغه را در چهار سطح ۱۵، ۱۹، ۲۳ و ۲۷ درجه بر مقاومت برشی ساقه گل پیرتروم بررسی نمودند و بیان کردند که اثر زاویه تیزی تیغه بر مقاومت برشی ساقه در سطح ۱٪ معنی دار بوده و با افزایش زاویه تیزی تیغه مقاومت برشی افزایش پیدا می‌کند. شعاع کم لبه تیغه و یا ضخامت کوچک لبه، به طور معمول، هر دو نیروی برشی و انرژی برشی را کاهش می‌دهد.

محمدی الستی و همکاران [۶] به طراحی و ارزیابی تیغه دروگر بشقابی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقدار نیرویی که تیغه با سرعت دورانی ۳۰۰۰ دور دقیقه می‌تواند تحمل کند تقریباً ۲ تا ۲/۵ برابر مقدار نیروی مقاومت برشی لایه علوفه (یونجه پریش) می‌باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر، طراحی دو نمونه تیغه جدید دروگر استوانه‌ای برای برداشت یونجه و سپس بررسی رفتار تنش و تغییر شکل آن‌ها در رطوبت‌های مختلف می‌باشد.

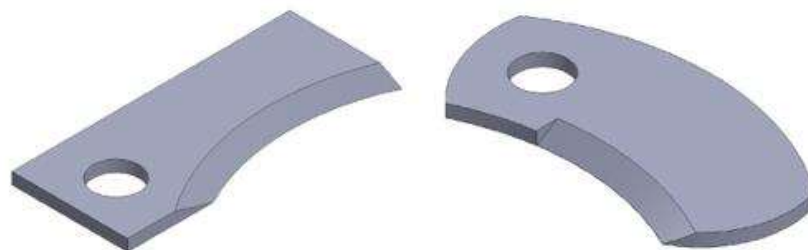
مواد و روش‌ها

مدل‌سازی اولیه تیغه‌ها

دنیای امروز دنیای گسترده‌ای از کاربرد نرم‌افزارهایی است که بر اساس افزایش سرعت در انجام محاسبات عمل می‌کنند؛ به طوری که در چند سال اخیر تحولات بسیاری در زمینه‌های مختلف مهندسی به وجود آورده‌اند. این نرم‌افزارها در سه دسته طراحی به کمک رایانه (CAD^۱)، مهندسی به کمک رایانه (CAE^۲) و ساخت به کمک رایانه (CAM^۳) دسته‌بندی می‌شوند. واژه CAD یعنی طراحی به کمک

^۱ Computer Aided Design

رایانه، ابتدایی‌ترین مرحله برای ساخت یک قطعه و معرفی آن به یک رایانه است. این کار توسط یک اپراتور (کاربر) صورت می‌گیرد که با طراحی سه‌بعدی توسط نرم‌افزارهای خاص خود انجام می‌شود و یا حتی توسط اسکن سه‌بعدی اجسام صورت می‌گیرد. اگر قطعه پیچیده باشد هر قسمت آن جداگانه طراحی و سپس مونتاژ می‌شود. SolidWorks یکی از محصولات شناخته شده و قدرتمند شرکت فرانسوی Dassault Systèmes است که در دسته‌ی نرم‌افزارهای CAD قرار می‌گیرد. کاربری SolidWorks نسبت به نرم‌افزارهای مشابه در زمینه CAD، ساده‌تر و سریع‌تر است و می‌تواند برای شروع یادگیری طراحی به کمک رایانه، بهترین گزینه باشد. در تحقیق حاضر برای مدل‌سازی اولیه تیغه‌های دروگر از نرم‌افزار SolidWorks 2016 استفاده شد. مدل ایزومتریک تیغه‌های طراحی شده در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- مدل ایزومتریک تیغه‌های طراحی شده دروگر

مقاومت برشی ساقه

شاخص‌هایی که رفتار برشی مواد گیاهی را تعیین می‌کنند، عبارتند از: حداکثر مقاومت برشی و انرژی برشی مخصوص. حداکثر مقاومت برشی ساقه از رابطه (۱) قابل محاسبه است [۷].

$$\tau_s = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

که در آن τ_s حداکثر مقاومت برشی (Mpa)، F_{max} حداکثر نیروی برشی (F) و A سطح مقطع ساقه در صفحه برش (m^2) است. انرژی برشی مخصوص ساقه نیز با تعیین مساحت زیر منحنی نیروی برش - جابجایی و توسط رابطه (۲) تعیین می‌شود [۷].

$$E_s = \frac{1}{A} \int_0^f F dx = n' \frac{f}{A} \quad (2)$$

که در آن E_s انرژی برشی مخصوص (J)، F نیروی برش (N)، x جابجایی تیغه (m)، n تعداد واحدهای تقسیم شده زیر منحنی نیرو - جابجایی و f فاکتور مقیاس سطح زیر منحنی است [۷].

مدل‌سازی المان محدود تیغه‌های دروگر

تئوری شکست

تئوری شکست^۲، شرایط شکست جامدات بر اثر اعمال بارهای خارجی را پیش‌بینی می‌کند. به‌طور کلی مواد در هنگام شکست (با توجه به شرایط موجود مانند شرایط دمایی، نرخ بارگذاری و حالت تنش) یا به‌صورت شکل‌پذیر و یا به‌صورت ترد و شکننده رفتار می‌کنند. در علوم مهندسی تئوری شکست در قالب معیارهای مختلفی بیان می‌شود که هر یک از آن‌ها برای مواد مشخصی اعتبار دارند.

² Computer Aided Engineering

³ Computer Aided Manufacturing

⁴ Failure Theory

معیارهای شکست، توابعی در فضای تنش و کرنش هستند که حالت‌های شکست و عدم شکست را از یکدیگر متمایز می‌کنند. بیان یک تعریف فیزیکی دقیق برای تعیین دقیق حالت شکست به صورت فیزیکی و با استفاده از اعداد و ارقام به راحتی ممکن نیست. بنابراین معیارهای شکست به صورت توابع ریاضی در فضای تنش و کرنش برای مواد مختلف تعریف می‌شوند. برای پیش‌بینی شکست مواد شکل‌پذیر و شکننده در بسیاری از موارد از معیارهای تجربی استفاده می‌شود [۸].

معیارهای پیش‌بینی شکست مواد شکل‌پذیر معمولاً با عنوان معیارهای تسلیم^۵ شناخته می‌شوند که متداول‌ترین انواع این معیارها به شرح زیر هستند [۸]:

۱- معیار ترسکا^۶ یا تنش برشی ماکزیمم

۲- معیار تسلیم ون میسز^۷ یا معیار چگالی انرژی کرنش اعوجاج

۳- معیار تسلیم گورسون^۸ برای فلزات حساس به فشار

۴- معیار تسلیم هاسفورد^۹ برای فلزات

۵- معیار تسلیم هیل^{۱۰}

معیار تسلیم ون میسز

این معیار در مورد ارزیابی نقطه تسلیم در المان‌هایی که تحت تنش‌های ترکیبی نرمال و برشی قرار دارند، به کار می‌رود. این معیار تنش‌های اصلی را بر اساس دایره موهر^{۱۱} محاسبه می‌کند. به این صورت که تنش‌های اصلی در رابطه ون میسز (رابطه ۳) قرار داده می‌شوند و چنانچه معیار تنش ون میسز از مقدار تنش تسلیم ماده کمتر باشد به این معنی است که شکست رخ نمی‌دهد؛ ولی اگر مقدار این معیار از تنش تسلیم ماده بیشتر باشد، به معنی رسیدن المان به نقطه تسلیم است [۸].

$$\sigma_v = \left(\frac{1}{2} [(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2] + 3(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2) \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

که در آن $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}$ به ترتیب تنش نرمال در راستای x, y, z و $\sigma_{12}, \sigma_{23}, \sigma_{31}$ به ترتیب تنش برشی در صفحات xy, yz, zx هستند.

تعریف مسئله المان محدود

مهندسی به کمک رایانه به این معنی است که تمامی تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی روی قطعات شبیه‌سازی شده در رایانه انجام می‌گیرد. در این مرحله توزیع تنش، تغییر مکان و در مواردی دما در حین عملکرد قطعه و مجموعه به دست می‌آید. Ansys یک نرم‌افزار قدرتمند و شبیه‌ساز می‌باشد که قدرت انجام یک طراحی معتبر و استاندارد را به مهندسان می‌دهد تا ایده‌هایشان را راحت‌تر و بهتر در رایانه پیاده کنند. این نرم‌افزار یک نرم‌افزار چندگانه است و قابلیت تحلیل مسائل گوناگون و متنوع مهندسی از قبیل حرارت، سیالات، مغناطیس،

⁵ Yield Criteria

⁶ Tresca

⁷ Von Mises

⁸ Gurson Yield Criterion

⁹ Hosford Yield Criterion

¹⁰ Hill

¹¹ Moher Circle

الکترواستاتیک، الکتریسیته، سازه، ارتعاشات و استاتیک را دارد [۹]. در مطالعه حاضر برای تحلیل تنش وارد بر تیغه‌های دروگر از نرم‌افزار Ansys2014 استفاده شد. برای این منظور در نرم‌افزار مذکور از قسمت Static Structural استفاده شد. مدل طراحی شده در SolidWorks از طریق دستور Import به برنامه Ansys وارد شد.

تعریف خواص فیزیکی و مکانیکی مدل

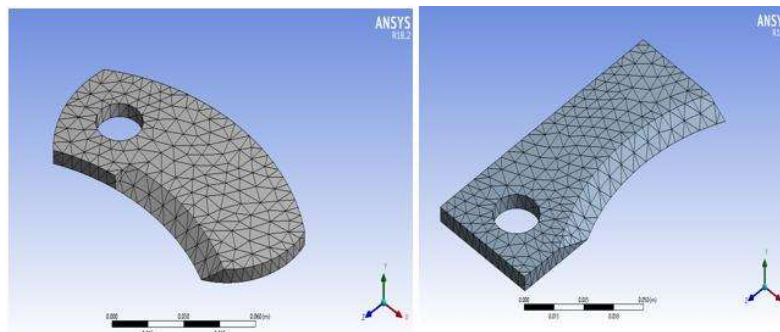
بعد از ورود مدل تیغه به نرم‌افزار، باید خواص فیزیکی و مکانیکی مدل در نرم‌افزار تعریف شود. برخی خواص مکانیکی و فیزیکی تیغه‌های مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است. از این خواص برای مدل‌سازی المان محدود تیغه‌های دروگر استفاده شد.

جدول ۱- خواص مکانیکی و فیزیکی تیغه‌های مورد بررسی

چگالی (kg/m ³)	مدول الاستیسیته (GPa)	ضریب پواسون	مدول برشی (GPa)	تنش نهایی (MPa)	تنش تسلیم (MPa)
۷۸۵۰	۲۰۰	۰/۳	۷۶/۲	۴۶۰	۲۵۰

مش بندی مدل تیغه‌ها

در ادامه، تیغه‌های مدل‌سازی شده در محیط Ansys مش بندی شدند (شکل ۲). مش بندی یا شبکه‌بندی، به تبدیل جسم یا مدل به تقسیمات کوچک‌تر، محدود و منظم گفته می‌شود. شبکه‌بندی از مهم‌ترین مراحل برای حل مسائل است. برای ایجاد یک شبکه مناسب از سلول‌ها باید نسبت به روش‌های موجود در شبکه‌بندی دانش کافی داشت. انواع مش بندی در Ansys، روش‌های Cartesian، C-O-grid، grid، Y-grid، Hybrid، Octree، Delaunay هستند که در این تحقیق از مش بندی Hybrid استفاده شد. کل گره‌ها و المان‌های مورد استفاده برای تیغه نوع اول به ترتیب ۲۶۲۶ و ۱۱۷۷ و برای تیغه نوع دوم به ترتیب ۲۵۲۹ و ۱۱۶۷ می‌باشد.



شکل ۲- مدل مش بندی شده تیغه‌های دروگر (راست: تیغه مدل اول و چپ: تیغه مدل دوم)

اعمال تنش به تیغه‌ها

با توجه به اینکه تیغه‌های مورد نظر برای برش ساقه یونجه طراحی شدند و میزان نیرو و تنش اعمالی به تیغه، حداکثر نیرو و تنش برای برش ساقه یونجه است، لذا برای مدل‌سازی رفتار تیغه‌ها در طی فرآیند برش ساقه، بیشینه تنش برشی لازم برای بریدن ساقه بر تیغه‌ها اعمال شد. به منظور اعمال تنش برشی به تیغه‌ها از نتایج تحقیق Galedar *et al.* (2008) استفاده شد. ابعاد ساقه، ضریب کشسانی ساقه و تنش برشی ساقه به ازای درصد‌های مختلف رطوبت ساقه در جدول (۲) ارائه شده است. در مطالعه حاضر حداکثر تنش برشی اعمالی به تیغه‌ها در چهار سطح رطوبتی ۱۰٪، ۲۰٪، ۴۰٪ و ۸۰٪ بررسی شد و مقدار تنش مورد نظر به لبه تیز تیغه‌ها و در راستای عمود بر تیغه‌ها اعمال گردید. قسمت متصل به تکیه‌گاه نیز توسط قید fix support در تمامی جهات محدود شد. پس از اعمال قیود و نیروهای وارد شده از طرف ساقه، در نهایت تحلیل تنش بر اساس معیار ون میسز و میزان تغییر شکل حاصل از نیروها به دست آمد.

جدول ۱- خواص مکانیکی ساقه یونجه در سطوح مختلف رطوبتی (Galedar et al. (2008)

رطوبت (%)				پارامتر مورد بررسی
۸۰	۴۰	۲۰	۱۰	
۴/۰۴	۳/۶۶	۳/۴۶	۳/۴۱	قطر بزرگ ساقه یونجه (mm)
۳/۸۹	۳/۳۹	۳/۱۱	۳/۱۱	قطر کوچک ساقه یونجه (mm)
۱/۰۲	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۷	ضخامت دیواره ساقه (mm)
۰/۶۳	۱/۵۵	۳/۰۴	۳/۵۱	مدول الاستیسیته (Gpa)
۲۸/۱۶	۱۶/۳۱	۱۴/۵۸	۱۰/۸۴	تنش برشی (Mpa)

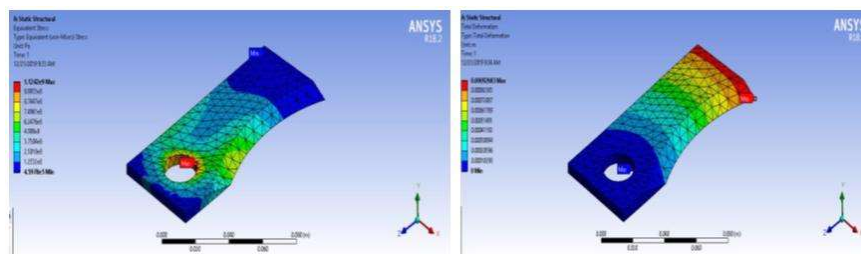
نتایج و بحث

تحلیل المان محدود تیغه‌ها

در این بخش نتایج تحلیل تنش و تغییر شکل تیغه‌ها به ازای مقادیر مختلف رطوبت در محصول به تفکیک انواع مختلف تیغه‌های مورد بررسی ارائه شده است.

تیغه نوع اول

در فرآیند مدل‌سازی پس از اعمال قید و نیرو به تیغه‌ها، تغییر شکل حاصل از نیرو محاسبه و همچنین تحلیل تنش بر اساس معیار ون میسر به دست آمد. در شکل (۱-۳) نتایج تحلیل تنش و تغییر مکان تیغه توسط نرم‌افزار Ansys برای تیغه نوع اول نشان داده شده است. بررسی نتایج برای تیغه نوع اول نشان داد که بیشترین تنش ایجاد شده در لبه تیغه و در محل نزدیک به تکیه‌گاه مشاهده شد. چون در محل سوراخ روی تیغه، تیغه مقید شده و در عمل (شرایط واقعی) نیز تیغه در محل تکیه‌گاه با جسم فولادی (پین) در ارتباط است لذا طبیعی است که بیشینه تنش در این ناحیه ایجاد گردد. با بررسی نتایج تغییر شکل تیغه مشاهده شد که بیشینه تغییر مکان در نوک تیغه ایجاد شد. با توجه به اینکه تیغه همانند یک تیر طره‌ای است که بار جانبی گسترده به آن وارد شده است لذا کاملاً منطقی و طبیعی است که بیشترین تغییر شکل در ناحیه نوک تیغه (نوک تیر) ایجاد گردد. بیشینه تنش و تغییر مکان مشاهده شده در تیغه‌ها به ازای مقادیر مختلف رطوبت محصول رفتار یکسانی از محل وقوع بیشینه تنش و تغییر شکل نشان داد که در شکل (۳) فقط تغییر شکل و تنش بیشینه به ازای رطوبت ۱۰٪ محصول نشان داده شده است.



شکل ۳- تحلیل المان محدود تیغه نوع اول (راست: تغییر شکل. چپ: تحلیل تنش) به ازای رطوبت ۱۰٪ محصول

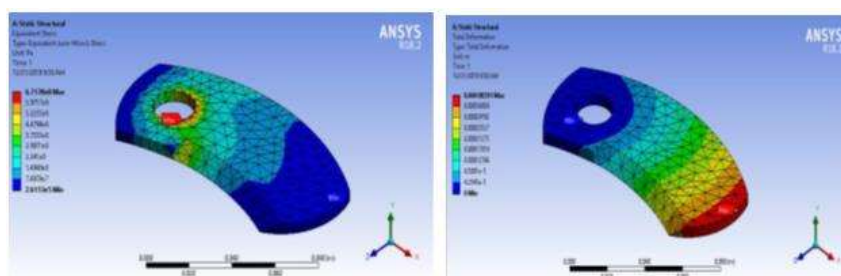
تحلیل تنش و تغییر شکل برای تیغه‌های نوع اول به ازای چهار رطوبت ۱۰٪، ۲۰٪، ۴۰٪ و ۸۰٪ محصول بررسی شد. تغییر شکل و بیشینه تنش ون میسر به ازای مقادیر مختلف رطوبت برای تیغه‌های نوع اول در جدول (۳) نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش رطوبت محصول، میزان تنش بیشینه و تغییر شکل تیغه افزایش یافت.

جدول ۳- بیشینه تنش ون میسر و تغییر شکل در تیغه نوع اول به ازای مقادیر مختلف رطوبت محصول

رطوبت (%)	تنش ماکزیمم (MPa)	تغییر شکل (mm)
۱۰	۴۳/۲۷۵	۰/۳۵۶۷۸
۲۰	۵۸/۲۰۶	۰/۴۷۹۸۷
۴۰	۶۵/۱۱۲	۰/۵۳۶۸۱
۸۰	۱۱۲/۴۲	۰/۹۲۶۸۳

تیغه نوع دوم

نتایج تحلیل تنش و تغییر شکل برای تیغه نوع دوم در رطوبت ۱۰٪ محصول در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده برای تیغه نوع دوم از لحاظ محل رخداد بیشترین تغییر شکل و بیشینه تنش ون میسر مشابه تیغه نوع اول بود. بیشینه تغییر شکل در تیغه نوع دوم در نوک تیغه و بیشینه تنش ون میسر در لبه تکیه گاه مشاهده شد. نتایج بیشینه تغییر شکل و تنش بیشینه ون میسر برای رطوبت‌های مختلف تیغه نوع دوم در جدول (۴) آورده شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش رطوبت محصول میزان تغییر شکل تیغه و میزان تنش بیشینه ون میسر افزایش یافت.



شکل ۴- تحلیل المان محدود تیغه نوع دوم (راست: تغییر شکل. چپ: تحلیل تنش) به ازای رطوبت ۱۰٪ محصول

جدول ۴- بیشینه تنش ون میسر و تغییر شکل در تیغه نوع دوم به ازای مقادیر مختلف رطوبت محصول

رطوبت (%)	تنش ماکزیمم (MPa)	تغییر شکل (mm)
۱۰	۲۵/۸۶	۰/۱۴۷۴
۲۰	۳۴/۷۸۳	۰/۱۹۸۲۵
۴۰	۳۸/۹۰۹	۰/۲۲۱۷۸
۸۰	۶۷/۱۷۸	۰/۳۸۲۹۱

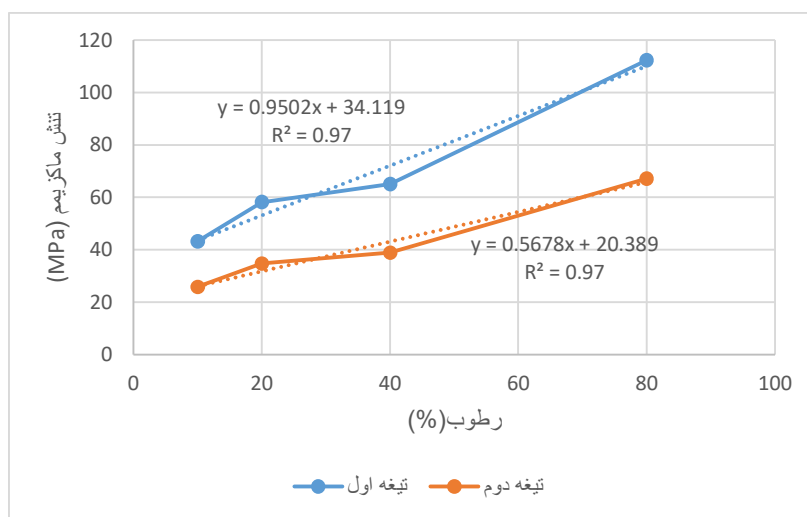
در تحقیقی گزارش کرده‌اند که مقدار رطوبت محصول اثر مهمی روی انرژی برش و حداکثر نیروی برشی دارد، به طوری که با افزایش رطوبت محصول انرژی برش افزایش خواهد یافت [۱۰]. در تحقیق دیگری [۱۱] گزارش کردند که رطوبت محصول سبب افزایش انرژی

مورد نیاز برای برش ساقه محصولات علوفه‌ای خواهد شد. در تحقیقی که برای برش محصول نخود انجام دادند گزارش کردند که با افزایش رطوبت ساقه نخود انرژی لازم جهت برش محصول افزایش یافت [۱۲]. در تحقیق مشابهی که بر روی برنج انجام شد، گزارش کردند که با افزایش رطوبت محصول میزان انرژی برشی افزایش و تنش ایجاد شده در تیغه افزایش خواهد یافت [۱۳]. بر این اساس هر چه رطوبت محصول بیشتر باشد، نیروی بیشتری برای برش ساقه محصول نیاز است؛ لذا تنش و تغییر شکل ایجاد شده در تیغه‌ها بیشتر خواهد بود که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر مطابق می‌باشد.

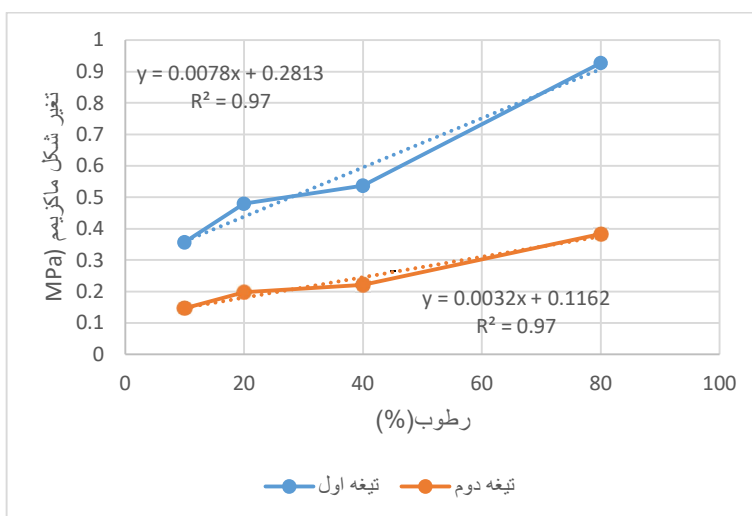
مقایسه بیشینه تنش و تغییر مکان در تیغه‌ها

تأثیر رطوبت بر میزان ماکزیمم تنش وارد شده به تیغه‌های نوع اول و دوم در شکل (۵) مقایسه شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که برای هر دو تیغه با افزایش رطوبت، میزان تنش ماکزیمم افزایش می‌یابد. همچنین در مقادیر رطوبت یکسان، میزان ماکزیمم تنش وارد شده به تیغه اول نسبت به تیغه نوع دوم بیشتر است. تیغه نوع اول وابستگی بیشتری به مقدار رطوبت محصول دارد، به طوری که با افزایش رطوبت شیب تغییرات آن با شدت بیشتری افزایش یافت.

مقادیر جابجایی تیغه به ازای رطوبت‌های مختلف محصول برای هر دو نوع تیغه در شکل (۶) نشان داده شده است. با افزایش رطوبت محصول میزان تغییر مکان بیشینه تیغه‌ها نیز افزایش یافت. میزان تغییر مکان تیغه نوع اول به شدت به تغییرات رطوبت محصول وابسته است، اما برای تیغه نوع دوم مقدار تغییر مکان تیغه با افزایش رطوبت تغییر زیادی نکرد و شیب نمودار برای تیغه نوع دوم نسبت به تیغه نوع اول خیلی کمتر است.



شکل ۵- تأثیر رطوبت بر ماکزیمم تنش برای تیغه‌های نوع اول و دوم



شکل ۶- تأثیر رطوبت بر ماکزیمم تغییر شکل برای تیغه‌های نوع اول و دوم

در مجموع، بررسی نتایج نشان داد که اولاً میزان تغییر مکان و تنش بیشینه در تیغه نوع اول بیشتر از تیغه نوع دوم است. ثانیاً تیغه نوع دوم وابستگی کمتری به میزان رطوبت محصول دارد و این موضوع دامنه کاربرد تیغه نوع دوم را بیشتر می‌کند. لذا نتایج استنباط شده از این بخش نشان‌دهنده برتری و اولویت تیغه نوع دوم بر تیغه نوع اول در برداشت محصول یونجه در رطوبت‌های مختلف است.

نتیجه‌گیری

مدیریت برداشت اولین راهی است که تولیدکننده می‌تواند توسط آن عملکرد، کیفیت تغذیه‌ای و بقای محصول را تحت تأثیر قرار دهد. دروگر استوانه‌ای که به آن دروگر دوار با محور عمودی و یا دستگاه یونجه چین نیز می‌گویند، متداول‌ترین وسیله برای برداشت یونجه در ایران است. یکی از عوامل موثر در عملکرد دروگر و میزان افت برداشت یونجه، طراحی تیغه برش است. در پژوهش حاضر دو نوع تیغه جدید برای دروگر استوانه‌ای با هدف بهینه‌سازی عملکرد دروگر استوانه‌ای در برداشت یونجه طراحی و مدل‌سازی شدند و رفتار تغییر شکل و تنش در آن‌ها تحت تأثیر میزان رطوبت‌های مختلف محصول بررسی شد. بررسی نتایج نشان داد که اولاً میزان تغییر مکان و تنش بیشینه در تیغه نوع اول بیشتر از تیغه نوع دوم است. ثانیاً تیغه نوع دوم وابستگی کمتری به میزان رطوبت محصول دارد و این موضوع دامنه کاربرد تیغه نوع دوم را بیشتر می‌کند. لذا نتایج استنباط شده از این بخش نشان‌دهنده برتری و اولویت تیغه نوع دوم بر تیغه نوع اول در برداشت محصول یونجه در رطوبت‌های مختلف است.

منابع مورد استفاده

- ۱- مقصودی، م. ۱۳۸۵. اثر توده و مرحله برداشت بر عملکرد، کیفیت و گره بندی یونجه در شرایط اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۲- آریان پور، ع، ابدالی مشهدی، ع. ر.، رشنو، م. ح.، روزبهانی، آ.، شکاری، ش. و غفاری پرورش، م. ۱۳۹۷. تولید گیاهان علوفه‌ای. انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، چاپ اول، تعداد صفحات ۲۲۴.

- 3- Gan, H., Mathanker, S., Momin, M.A, Kuhns, B., Stoffel, N., Hansen, A. and Grift, T. 2018. Effects of three cutting blade designs on energy consumption during mowing-conditioning of *Miscanthus Giganteus*. *Biomass and Bioenergy*, 109: 166-171.
- ۴- طباطبایی کلور، ر.، برقی، ع.، علیمردانی، ر.، مبلی، ح.، و رجیبی پور، ع. ۱۳۸۴. بررسی عوامل مؤثر بر نیرو و مقاومت برشی ساقه برنج. مجله علوم کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۲، صفحات ۲۷۷-۲۶۱.
- ۵- خزائی، ج.، ربانی، ح.، و گلبابایی، ف. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت برشی و نیروی کندن گل پیرتروم. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۳، شماره ۳، صفحات ۴۴۴-۴۳۳.
- ۶- محمدی السستی، ب.، شیخی، ع. و کماریزاده، م. ح. ۱۳۸۶. ارزیابی دروگر بشقابی و تحلیل تیغه‌های آن. سومین کنفرانس دانشجویی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
- ۷- طباطبایی کلور، ر. و هادی پور، ر. ۱۳۹۴. خصوصیات برشی، خمشی و فشاری ساقه نیشکر در قسمت‌های مختلف ساقه. مهندسی زراعی، جلد ۳۹، شماره ۱، صفحات ۸۰-۶۷.
- ۸- پوستی، ب. ۱۳۹۰. طراحی اجزای مکانیکی شگلی، مولفین: ریچارد جی. بودیناس. و جی. کی. نیسبت. ویرایش دهم، چاپ اول، تعداد صفحات ۹۹۶.
- ۹- صدرنژاد، ا.ا. ۱۳۹۵. مقدمه ای بر روش اجزاء محدود. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چاپ پنجم، تعداد صفحات ۶۶۶.
- 10- Prasad, J. and Gupta, C.P. 1975. Mechanical properties of maize stalk as related to harvesting. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 20(1): 79-87.
- 11- Luo, S., Zhou, Y., Yi, C., Luo, Y. and Fu, J. 2014. Influence of the feed moisture, rotor speed, and blades gap on the performances of a biomass pulverization technology. *The Scientific World Journal*, Volume 2014, Article ID 435816, 5 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/435816>
- 12- Dange, A.R., Thakare, S.K. and Rao, I.B., 2011. Cutting energy and force as required for Pigeon pea stems. *International Journal of Agricultural Technology*, 7(6):1485-1493.
- 13- Zhang, C., Chen, L., Xia, J. and Zhang, J. 2019. Effects of blade sliding cutting angle and stem level on cutting energy of rice stems. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(6): 75-81.

Stress and deformation modeling of two types of cutting blades for cylindrical mower in alfalfa harvest

Yaser Karimi¹, Jalal Khodaei², Samira Zareei^{3,*}

1,2,3. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Abstract

A cylindrical mower, also known as a rotary harvester with a vertical axis or a hay harvester, is the most common means of harvesting alfalfa in Iran. One of the effective factors in harvester performance and alfalfa harvest loss is the design of the cutting blade. In the present study, two new types of blades including curved blade with curved edge and straight blade with curved edge were designed and modeled for cylindrical harvesters with the aim of optimizing the performance of cylindrical harvesters in alfalfa harvesting and deformation and stress behavior in them under the effect of different moisture levels of the product was investigated. The results showed that firstly, the amount of displacement and maximum stress in the right blade with a curved edge is more than the curved blade. Second, the curved blade with a curved edge is less dependent on the moisture content of the product, and this increases the scope of application of the curved blade. Therefore, the results of this study indicate the superiority and priority of the curved blade over the right blade in harvesting alfalfa at different humidity.

Key words: Crop moisture, forage harvest, physical-mechanical properties, stem shear strength.

*Corresponding author

E-mail: s.zareei@uok.ac.ir