نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

طراحی و روش ساخت ماشین برداشت گیاه استبرق

جلیل تقی‌زاده طامه[۱]، علی جعفری[۲*]، حسین موسی‌زاده[۳]، نازیلا طربی[۱]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

۲-استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

۳-استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: علی جعفری

پست الکترونیک: Jafarya@ut.ac.ir

چکیده

استبرق گیاهی درختچه‌ای است که در مناطق گرمسیر ایران به وفور رشد می‌کند. در حال حاضر برداشت این گیاه برای استفاده از شیره ساقه آن در صنعت لاستیک‌سازی، تهیه چوب پنبه و زغال فعال و دیگر فرآورده‌های آن به صورت دستی انجام می‌گیرد که کاری مشکل و هزینه‌بر است. به همین منظور در این تحقیق طراحی و روش ساخت ماشینی ارائه می‌شود که قادر به برداشت کامل این گیاه و قطع شاخه و برگ اضافی آن است. برخی اجزای این ماشین شامل تیغه برش مدور، بازوهای کنترل، هیدروموتور و سیلندر هیدرولیکی دوطرفه است. این ماشین در قسمت جلوی تراکتور و در محل وزنه‌های تعادل آن نصب می‌شود و توان آن به وسیله سیستم هیدرولیک تراکتور تامین می‌شود ومجهز به سیستم تنظیم ارتفاع و سیستم چرخش محوری با قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه است. سیلندر هیدرولیکی کنترل‌کننده ارتفاع به صورت تلسکوپی بوده و طول کورس پیستون اول و دوم آن به ترتیب برابر ۱۵۰ و ۱۴۲ میلیمتر محاسبه شد. با استفاده از این سیستم، تیغه برش قابلیت تغییر ارتفاع تا حدود ۲ متر را دارد. سرعت دوران تیغه برش مدور در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه محاسبه شد. دبی مورد نیاز روغن برای سیستم هیدرولیک ماشین در بازه ۱۸ تا ۴۱ گالن بر دقیقه بدست آمد که در محدوده دبی روغن تراکتورهای موجود در کشور بوده و با استفاده از آن‌ها می‌توان دبی مورد نظر را تامین کرد.

واژه‌های کلیدی: استبرق، ماشین برداشت درخت، تیغه برش مدور، سیستم تنظیم ارتفاع

مقدمه

استبرق با نام علمی کالوتروپیس[1]از دسته گیاهان گل‌دار می‌باشد (Brown, 2010) و دو گونه از این گیاه با نام‌های پروسرا[2] و گیگانتنا[3]به وفور در مناطق جنوبی ایران رشد می‌کند که گونه گیگانتنا نسبت به پروسرا به مراتب باردهی و رشد بهتری را دارد .استبرق گیاهی است دائمی، درختچه‌ای و همیشه سبز، که پوست آن کرکدار و شیاردار به رنگ خاکستری روشن است(Little *et al.*, 1974). مکانیزم رویش این گیاه به گونه‌ای است که پس از قطع کردن یک شاخه از آن، چند شاخه از همان محل بریده شده شروع به رویش می‌کند. مکان عمده رشد این گیاه کشورهای گرم و خشک نظیر افغانستان، پاکستان، مناطق حاره‌ای آفریقا، شبه جزایر عربی، استرالیا و آمریکای جنوبی است و در داخل کشور در مناطق حاشیه جنوبی خلیج فارس، استان‌های خوزستان و کرمان رشد می‌کند. این گیاه از مزایای زیادی برخوردار است از جمله برخوردار بودن از خواص دارویی (Ferreira *et al.*, 2008; Magalhes*et al.*, 2010; Vadlapudi*et al.*, 2012). تهیه زغال فعال و خودسوز از چوب درخت آن، ساخت چوب پنبه از پوسته درخت، استفاده از روغن دانه میوه آن برای تولید سوخت بیودیزل (Holser & Loger, 2006)، استفاده از شیره گیاه در صنایع مختلف خصوصا تولید رزین‌ها و لاستیک‌ها (Sheelaa *et al.*, 2010; Dewan *et al.*, 2000) و استفاده از الیاف تار کوتاه و تار بلند آن در صنعت (Varshney *et al.*, 1987). نکته حائز اهمیت این است که با وجود مزایای فراوان این گیاه، هنوز ایده و طرحی برای برداشت مکانیزه آن مطرح نشده و کماکان برداشت این گیاه سنتی بوده و به صورت دستی انجام می‌شود. از آنجا که مکان رشد این گیاه مناطق گرمسیری است و نیروی انسانی به سختی می‌تواند کار برداشت را در هوای بسیار گرم انجام دهد و همچنین سطح زیر کشت این گیاه بسیار زیاد است و به تبع آن هزینه کارگری زیادی را می‌طلبد، تمامی این عوامل می‌تواند مانعی برای عدم رغبت استفاده از این گیاه، رشد صنعت و ایجاد شغل و درآمد برای ساکنین مناطق باشد.

ماشین‌های متفاوتی برای برداشت گیاهان وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به ماشین‌آلات قطع، ماشین‌های قطع و دسته‌بندی، فلربانچرها[4]، پروسسورها[5]، هاروسترها[6]، ماشین‌های پیش‌حمل، اسلشرها[7] و اسکیدرها[8] اشاره کرد (Bettinger & Kellogg, 1993). ماشین‌های قطع دارای بازوهایی هستند که پس از قطع درختان، آنها را در مکان مورد نظر قرار می‌دهند اما این ماشین ها به هیچ وجه قابلیت جدا نمودن شاخه را از درخت ندارند. عموما بازوی قطع از یک تیغه قطع هیدرولیک تشکیل شده است. تیغه‌های قطع می‌توانند از نوع اره‌های مدور، اره موتوری، مته‌ها و اره‌های مخروطی‌شکل باشند (شکل ۱). هاروسترها تلفیقی از ماشین‌آلات قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل هستند که درختان بریده شده را آماده می‌کنند تا توسط

[1]Calotropis
[2]Procera
[3]Gigantena
[4]Feller buncher
[5]Processor
[6]Harvester
[7]Slasher
[8]Skidder

ماشین‌های حمل‌ونقل جابجا شوند. بنابراین هاروسترها فاقد قابلیت حمل‌ونقل درختان بریده‌شده هستند. اسلشرها کار تبدیل تنه درختان به چوب‌های کوتاه را انجام می‌دهند و ممکن است به صورت تکی و یا چندتایی این کار انجام گیرد. ماشین‌های سرشاخه‌زنی کار جدا نمودن شاخه‌ها از تنه درختان قطع شده را به وسیله مکانیزم‌هایی مانند سر خوردن اره، چاقو یا چنگگ بر روی تنه انجام می‌دهند. برخی از ماشین‌های سرشاخه‌زنی می‌توانند دو یا چند درخت را به طور همزمان سرشاخه‌زنی نمایند. برای سرشاخه‌زنی ماشین‌های متفاوتی وجود دارد مانند سرشاخه‌زن‌های زنجیری خرمنکوبی، سرشاخه‌زن‌های شانه‌ای، سرشاخه‌زن‌های شبکه‌ای یا دروازه‌ای و سرشاخه‌زن‌های تلسکوپی. برخی از این ماشین‌ها همراه با عمل سرشاخه‌زنی عمل پوست‌کنی را نیز انجام می‌دهند. اسکیدرهای چنگک‌دار که نوعی از سرشاخه‌زن‌های شبکه‌ای یا دروازه‌ای هستند، یک بار کامل از چوب‌های تمام درخت را به دپو آورده و نسبت به دروازه یا شبکه در حالت عمود قرار می‌دهند و درختان را از داخل شبکه عبور می‌دهند و اینکار باعث می‌شود تا شاخه‌ها به عقب خم شده و باعث جداشدن آن‌ها از تنه گردد. این ماشین‌ها خصوصا برای کاج‌ها موثر هستند. این نوع سرشاخه‌زن‌ها عموما با ماشین‌هایی مانند فلربانچرها مورد استفاده قرار می‌گیرند(Bettinger & Kellogg, 1993).

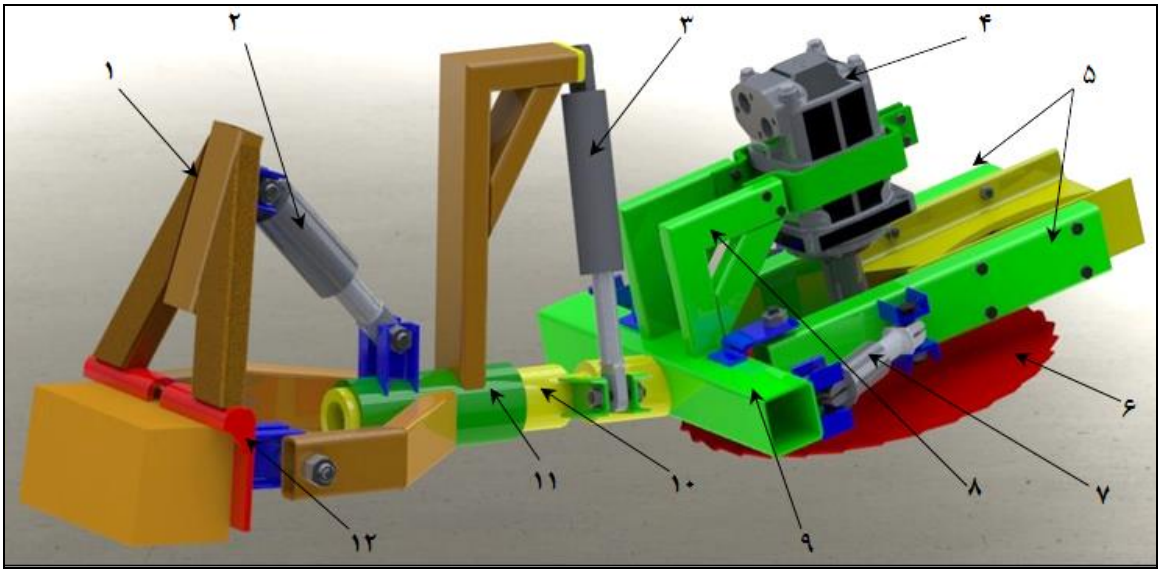
شرکت‌های مختلف و معتبری نیز در سراسر جهان وجود دارند که در زمینه طراحی و تولید ماشین‌آلات قطع درختان فعالیت می‌کنند که از جمله آن‌ها می‌توان به شرکت دایمکس[9] اشاره کرد که با بیش از ۱۳۵ سال سابقه در انجام امور صنعتی یکی از شرکت‌های مشهور در زمینه ساخت اره‌های صنعتی به شمار می‌رود (Anonymous, 2014). شرکت امریکایی مارشال نیز یک از شرکت‌های پیشگام در ساخت اره‌های صنعتی بوده که برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ اقدام به ساخت اره‌های صنعتی نمود (Anonymous, 2014). اکثر ماشین‌های موجود برای برداشت درختان بزرگ طراحی شده‌اند و قادر به برداشت گیاهان کوچک نیستند و گیاه استبرق نیز در گروه گیاهان درختچه‌ای و کوچک قرار دارد. همچنین قیمت اولیه این ماشین‌ها بسیار بالا بوده و استفاده از آن‌ها توجیه اقتصادی ندارد. بنابراین وجود ماشینی که بتواند کار برداشت استبرق را به صورت مکانیزه، با سرعت بیشتر و مصرف انرژی کمتر انجام دهد تا بتوان از فراورده های آن استفاده نمود، به شدت مورد نیاز است.

شکل ۱- دو نوع فلربانچر برای برش و حمل درختان در جنگل

[9]Dymax

مواد و روش‌ها

به منظور طراحی ماشین مورد نظر ابتدا مکانیزم‌هایی متعددی انتخاب و بررسی شدند و سپس بهترین مکانیزم از بین آن‌ها انتخاب شد. در مکانیزم اول فقط عمل برش بر روی ساقه‌ی گیاه انجام می‌شد و پس از آن کنترل گیاه بریده شده از دست اپراتور خارج شده که این امر نامطلوب است. در مکانیزم دوم عمل برش بر اساس اصل قیچی صورت می‌گرفت. در این مکانیزم برش گیاه فقط در راستای موازی سطح زمین انجام می‌شد و سیستم برش قابلیت چرخش حول محور ماشین را نداشت و نمی‌توانست شاخ و برگ اضافی گیاه را از بین ببرد. مکانیزم سوم به گونه‌ای بود که قابلیت برش گیاه از سطح زمین را نداشته و عمل برش در فاصله زیادی از سطح زمین انجام می‌شد که این نیز امری نامطلوب بود. پس از بررسی مکانیزم‌ها و مشخص شدن مزایا و معایب هر کدام از آن‌ها بهترین مکانیزم انتخاب شد. این مکانیزم علاوه بر اینکه هیچ کدام از عیوب مکانیزم‌های قبلی را ندارد، توجیه اقتصادی داشته و هزینه تولید نمونه اولیه آن کمتر است. ماشین در قسمت جلوی تراکتور و در محل وزنه‌های تعادل آن نصب می‌شود و توان آن به وسیله سیستم هیدرولیک تراکتور تامین می‌شود. مکانیزم ماشین مورد نظر به گونه‌ای است که ابتدا گیاهتوسط دو عدد فک متحرک نگه داشته شده و یا به اصطلاح مهار می‌شود. این دو فک به وسیله دو سیلندر هیدرولیکی کنترل می‌شود. پس از درگیر شدن گیاه با فک‌های متحرک ماشین، تیغه برش مدور با گیاه تماس پیدا کرده و عمل برش را روی آن انجام می‌دهد. هنگامی که گیاه بریده شد، کنترل آن به طور کامل در دست اپراتور ماشین می‌باشد. اپراتور با استفاده از سیلندر هیدرولیکی کنترل کننده، گیاه را از سطح زمین برداشته و آن را به محل مورد نظر انتقال می‌دهد. این ماشین با استفاده از نرم افزار سالیدورک ۲۰۱۲ طراحی و مدل‌سازی شد و از قسمت‌های متفاوتی از جمله سیستم تنظیم‌کننده ارتفاع، سیستم چرخش محوری ، بازوهای کنترل‌کننده و واحد برش تشکیل شده است (شکل۲).



شکل ۲- قطعات اصلی ماشین، ۱) شاسی سیلندر هیدرولیکی تنظیم کننده ارتفاع، ۲) سیلندر تنظیم ارتفاع (تلسکوپی)، ۳) سیلندر هیدرولیکی چرخش به طرفین، ۴) هیدروموتور، ۵) بازوهای کنترل کننده، ۶) تیغه برش، ۷) سیلندر هیدرولیکی بازوهای کنترل، ۸) شاسی هیدروموتور، ۹) شاسی سیستم برش، ۱۰) شفت درونی ماشین، ۱۱) لوله محور مرکزی ماشین، ۱۲) صفحات اتصال به تراکتور

سیستم تنظیم‌کننده ارتفاع

طراحی سیستم تنظیم‌کننده ارتفاع ماشین بر اساس متوسط ارتفاع گیاه و محل قرارگیری وزنه‌های تعادل در تراکتور بود. ارتفاع گیاه استبرق به طور میانگین حدود ۱/۸ تا ۲/۴ متر می‌باشد (Tour & Talele, 2012). همچنین محل قرارگیری وزنه‌های تعادل سه تراکتور با نام‌های جاندیر ۳۱۴۰، مسی فرگوسن ۱۶۵ و مسی فرگوسن ۲۸۵ که جزو تراکتورهای مرسوم و رایج در کشور می‌باشند اندازه گیری شد که ارتفاع محل وزنه‌های تعادل آن‌ها از سطح زمین به ترتیب برابر ۹۳، ۹۰ و ۷۲ سانتیمتر بود. به دلیل ارتفاع نسبتا زیاد محل وزنه های تعادل از سطح زمین و همچنین ارتفاع متغیر گیاه استبرق، از سیلندر هیدرولیکی تلسکوپی دوطرفه برای تنظیم ارتفاع ماشین از سطح زمین استفاده شد (شکل ۳). دلیل دیگر در انتخاب این نوع سیلندر هیدرولیکی، جلوگیری از بوجود آمدن کمانش هنگام باز شدن آن بود. زیرا هنگام باز شدن زیاد سیلندر هیدرولیکی وجود نیروی عمود بر راستای حرکت آن باعث به جود آمدن فشار و خم شدن دسته پیستون می‌گردد که این مساله در سیلندرهای هیدرولیکی تلسکوپی به مراتب کمتر است.نیرویی که این سیلندر باید بتواند تحمل کند معادل وزن ماشین و وزن گیاه بریده شده به وسیله آن می‌باشد. بنابراین وزنماشین با استفاده از نرم‌افزار سالیدورک محاسبه شد و وزن گیاه استبرق نیز در بیشترین حالت ممکن در نظر گرفته شد. به منظور اطمینان از طراحی ماشین و جلوگیری از به وجود آمدن حوادث پیش‌بینی نشده در انتخاب سیلندر هیدرولیکی ضریب اطمینانی برابر ۱/۵ در نظر گرفته شد. برای محاسبه مقدار نیروی قابل تحمل سیلندر هیدرولیکی از رابطه (۱) استفاده شد (Goering, 1992).

$$F = \frac{PA}{10} \qquad (۱)$$

که در آن، F نیروی وارد به پیستون (KN)، P فشار درون سیلندر (MPa) و A مساحت پیستون (cm^2) می‌باشد.

همچنین برای محاسبه سرعت باز شدن سیلندر هیدرولیکی از رابطه (۲) استفاده شد.

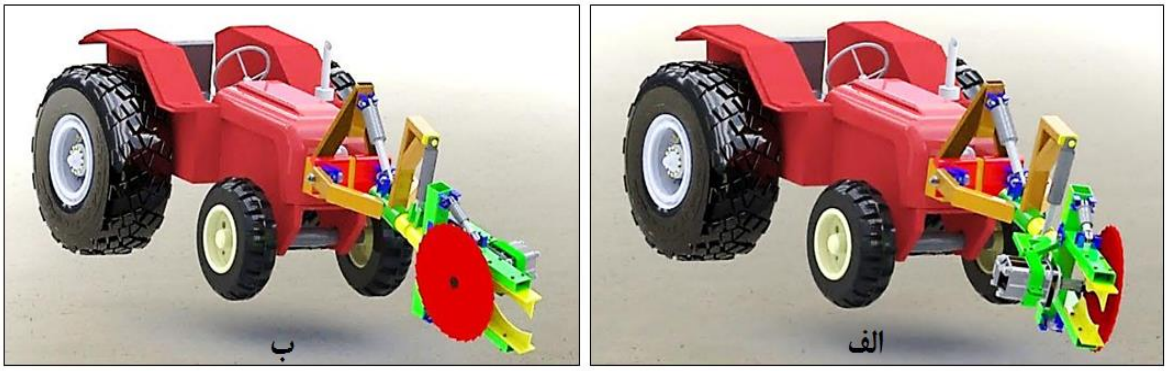
$$V = \frac{Q}{6A} \qquad (۲)$$

که در آن، Q آهنگ جریان روغن (l/min)، V سرعت پیستون (m/s) و A مساحت پیستون (cm^2) است.

طراحی سیستم چرخش محوری ماشین

قبل از برش ساقه اصلی گیاه استبرق باید شاخه و برگ‌های اضافی آن را جدا کرد. بدین منظور واحد برش باید قابلیت چرخش حول محور اصلی موازی با راستای حرکت تراکتور را داشته باشد. این وظیفه را سیلندر هیدرولیکی سیستم چرخش محوری ماشین انجام می‌دهد. در حالتی که این سیلندر کاملا بسته است، سیستم برش و بازوهای کنترل‌کننده به سمت راست می‌چرخند، به طوری که بتوانند شاخه و برگ اضافی گیاه را از بدنه اصلی آن جدا کنند. در حالتی که سیلندر هیدرولیکی نیمه‌باز است واحد برش موازی با سطح زمین بوده و هنگامی که سیلندر هیدرولیکی کاملا باز است، سیستم برش و بازوهای

کنترل کننده ۹۰ درجه به سمت چپ می‌چرخد (شکل۴). کنترل این سیلندر هیدرولیکی توسط شیر هیدرولیکی دو طرفه که در اختیار اپراتور ماشین قرار دارد انجام می‌شود.



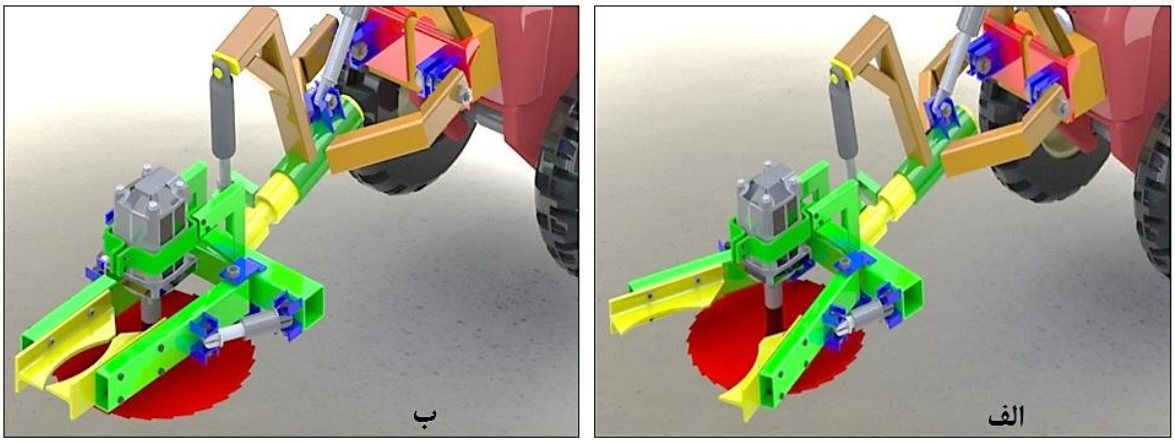
شکل ۴: سیستم چرخش محوری ماشین، الف) سیلندر هیدرولیکی کاملا باز (۹۰ درجه چرخش به چپ)، ب) سیلندر هیدرولیکی کاملا بسته (۹۰ درجه چرخش به راست)

طراحی بازوهای کنترل کننده

در مکانیزم‌های رایج برداشت گیاه یک مشکل اصلی وجود داشت و آن افتادن گیاه پس از برش بود. به عبارت دیگر پس از انجام عملیات برش، کنترل گیاه از دست اپراتور خارج می‌شد و این امر نامطلوب بود. چرا که افراد دیگری بایستی شروع به جمع‌آوری گیاهان بریده شده می‌کردند تا مسیر حرکت ماشین مسدود نشود و این امر هزینه برداشت گیاه را بیشتر می‌کرد. برای حل این مشکل، از دو عدد بازوی کنترل‌کننده که به وسیله اپراتور کنترل می‌شود استفاده گردید. این بازوها قبل از اینکه تیغه برش با ساقه گیاه درگیر شود گیاه را بین دوحلقه بیضوی شکل محاصره کرده و از افتادن آن روی زمین جلوگیری می‌کنند. این بازوها از یک عدد پروفیل با مقطع مستطیل شکل و یک عدد پروفیل T شکل تشکیل شده است که با استفاده از پیچ و مهره به یکدیگر متصل شده‌اند (شکل ۵). سیلندرهای هیدرولیکی بازوهای کنترل‌کننده نسبت به سیستم چرخش محوری ماشین قابلیت جابجایی دارد و کورس آن‌ها بر اساس تعداد و فاصله ساقه‌های گیاه تعیین می‌شود. همچنین فشار روغن این سیلندرها بر اساس وزن ساقه‌ها و ضریب اصطکاک بین ساقه و فک بازوهای کنترل‌کننده طراحی می‌شود. به منظور کاهش نیروی سیلندر هیدرولیکی برای نگهداری گیاه پس از برش، انحنای پروفیل‌های T شکل به صورت مضرس طراحی شد. با انجام این کار ضریب اصطکاک بین بازوهای ماشین و بدنه گیاه افزایش پیدا کرده و طبق رابطه (۳) نیروی وارده از طرف سیلندر هیدرولیکی کاهش پیدا می‌کند.

$$F = \mu N \qquad (۳)$$

که در آن F نیروی اصطکاک (N)، μ ضریب اصطکاک و N نیروی عمودی وارده (N) می‌باشد.



شکل ۵: بازوهای کنترل گیاه، الف) در حالت باز، ب) در حالت بسته

واحد برش

واحد برش ماشین شامل یک تیغه مدور می‌باشد که به وسیله شفت به هیدروموتور متصل شده و توان آن توسط هیدروموتور تامین می‌شود. قطر این تیغه ۵۰ سانتیمتر بوده و لبه‌های آن از هر دو طرف (بالا و پایین) تیز شده‌اند و به شکل مثلث هستند. مزیت اصلی این تیغه، قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور اصلی ماشین است. استفاده از هیدروموتور سبب می‌شود که تیغه بتواند هنگام چرخش حول محور اصلی ماشین عملیات برش را به خوبی انجام دهد و شاخه و برگ‌های اضافی گیاه را از روی ساقه اصلی آن حذف کند. نکته مهمی که در هنگام ساخت تیغه وجود دارد انجام عملیات سخت‌کاری روی لبه‌های مثلث شکل آن است، زیرا هنگام برش گیاه استبرق شیره‌ای سفید رنگ از آن خارج می‌شود که این شیره به مرور زمان باعث کند شدن لبه‌های مثلثی شده و به تدریج از عمر تیغه کاسته می‌شود که در نتیجه آن عملیات برش به خوبی انجام نمی‌شود. مکانیزم برش ماشین به گونه‌ای است که در ابتدا بازوهای کنترل‌کننده ماشین باز شده و تراکتور به سمت گیاه حرکت می‌کند. با نزدیک شدن تراکتور به گیاه سیلندرهای هیدرولیکی کنترل‌کننده بازوهای ماشین که تحت کنترل اپراتور است به تدریج باز شده و همزمان با آن تیغه مدور عملیات برش بر روی ساقه گیاه را انجام می‌دهد. پس از اتمام برش، گیاه به طور کامل درون بازوهای کنترل قرار گرفته و اپراتور می‌تواند آن را به مکان مورد نظر انتقال دهد.توان هیدروموتور استفاده شده در واحد برش شامل دو قسمت توان لازم برای چرخش آزاد تیغه برش و توان برشی ماشین می‌باشد. توان چرخش آزاد تیغه برش در مدت زمان شروع به کار ماشین تا رسیدن به سرعت دورانی مورد نظر صرف شده و به اینرسی تیغه برش و سرعت دورانی آن بستگی دارد (رابطه۴).

$$P_i = \frac{I\omega^2}{2t} \qquad (۴)$$

$$\omega = 2\pi f \qquad (۵)$$

که در آن P_i توان چرخش آزاد ماشین (N)، ω سرعت زاویه‌ای تیغه برش (rad/s) و f فرکانس تیغه برش می‌باشد. پارامتر I ممان اینرسی تیغه برش ($kg.m^2$) بوده و با استفاده از نرم‌افزار سالیدورک تعیین می‌شود.

توان لازم برای برش گیاه به عواملی از قبیل سرعت دورانی تیغه برش، ضریب اصطکاک بین تیغه برش و سطح مقطع گیاه و انرژی ویژه برش بستگی دارد و با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (Srivastava *et al.*, 2006).

$$P_{mt} = \left(P_{Ls} + E_{sc} V_f\right) W_c \qquad (۶)$$

که در آن P_{mt} توان محوری لازم (kw)، P_{ls} توان تلف شده ویژه به سبب اصطکاک با گیاه (kw/m)، E_{sc} انرژی ویژه برش (kj/m^2) و W_c عرض تیغه برش (m) می‌باشد.

نتایج و بحث

ماشین مورد این پژوهش به صورت سوار بوده و در محل وزنه‌های تعادل جلوی تراکتور نصب می‌شود. پس از انجام محاسبات مربوط به سیلندر های هیدرولیکی و همچنین وزن ماشین و گیاه استبرق نتایج زیر حاصل شد.

سیلندر هیدرولیکی کنترل‌کننده ارتفاع به صورت تلسکوپی طراحی شد. طول کورس پیستون اول این سیلندر هیدرولیکی ۱۵۰ میلیمتر بدست آمد. همچنین طول کورس پیستون دوم آن ۱۴۲ میلیمتر محاسبه شد. با استفاده از این سیلندر هیدرولیکی تیغه برش ماشین قابلیت تغییر ارتفاع حدود ۲ متر را دارد.

سیلندر هیدورلیکی چرخش سیستم برش حول محور مرکزی ماشین از نوع دوطرفه طراحی شد. طول پروفیل متصل به انتهای این سیلندر ۹۰ میلیمتر و کورس پیستون آن ۲۲۵ میلیمتر محاسبه شد. با استفاده از ابعاد و اندازه‌های ذکر شده، سیستم برش قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه‌ای (۹۰ درجه به سمت راست و ۹۰ درجه به سمت چپ ماشین) را داراست و تیغه‌ی برش ماشین به راحتی می‌تواند شاخ و برگ اضافی گیاه را از ساقه‌اصلی آن جدا کند.

سیلندر های هیدرولیکی کنترل‌کننده بازوهای ماشین از نوع دو طرفه طراحی شد. کورس این سیلندر برابر ۹۰ میلیمتر محاسبه شد. با انتخاب این سیلندر بازوهای ماشین قابلیت چرخش ۲۵ درجه ای حول پین متصل به پروفیل اصلی سیستم برش را دارد. فاصله دهانه بازوهای کنترل ماشین نیز قابلیت جابجایی ۳۵۰ میلیمتر را داراست و می‌تواند پس از برش گیاه را به طور کامل کنترل کند.

سرعت دوران تیغه برش مدور در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و توان لازم برای چرخش آن برابر ۳/۶ اسب بخار محاسبه شد. دبی مورد نیاز روغن برای سیستم هیدرولیک ماشین در بازه۱۸ تا ۴۱ گالن بر دقیقه بدست آمد که این مقدار دبی در محدوده دبی روغن تراکتورهای موجود در کشور بوده و با استفاده از آن‌ها می‌توان توان هیدرولیکی مورد نیاز ماشین را تامین کرد.

پس از بررسی سینماتیکی سه بعدی حرکت قطعات مختلف ماشین در نرم‌افزار سالیدورک و همچنین محاسبه وزن ماشین و درختچه استبرق، ابعاد قسمت‌های مختلف شاسی ماشین محاسبه شد. ضخامت صفحات اتصال به تراکتور برابر ۱۰ میلیمتر انتخاب شد. طول شفت مرکزی ماشین برابر ۲۵۰ میلیمتر و سطح مقطع آن به شکل لوله و با ضخامت ۱۰ میلیمتر محاسبه گردید. طول شفت داخلی ماشین که سیستم برش به آن متصل شده است برابر ۵۰۰ میلیمتر و سطح مقطع آن به شکل لوله و با ضخامت ۱۵ میلیمتر محاسبه شد. انتهای این شفت که محل اتصال پروفیل اصلی سیستم برش است، زاویه‌دار بوده و مقدار زاویه آن برابر ۱۵ درجه می‌باشد. ضخامت پروفیل اصلی سیستم برش که شاسی هیدروموتور و همچنین بازوهای کنترل به آن متصل است برابر ۴ میلمتر و طول آن ۶۰۰ میلیمتر می‌باشد. ارتباط بین شفت مرکزی ماشین و صفحات اتصال به تراکتور به وسیله دو عدد پروفیل انجام شد که با زاویه ۱۳۵ درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند.

نتیجه گیری

در این پژوهش به طراحی و مدلسازی ماشین برداشت گیاه استبرق پرداخته شد. این ماشین در محل وزنه‌های تعادل جلوی تراکتور نصب می‌شود و توان آن به وسیله سیستم هیدرولیک تراکتور تامین می‌شود.قسمت‌های اصلی ماشین شامل سیستم تنظیم ارتفاع، سیستم چرخش محوری ، بازوهای کنترل گیاه و واحد برش می‌باشد. سیلندر هیدرولیکی سیستم تنظیم ارتفاع از نوع تلسکوپی بوده که با استفاده از آن، تیغه برش قابلیت تغییر ارتفاع تا حدود ۲ متر را دارد. بازوهای کنترل قابلیت چرخش ۲۵ درجه را دارند و در حین عملیات برش و پس از آن گیاه را به طور کامل کنترل می‌کنند. سیستم چرخش محوری ماشین به وسیله یک سیلندر هیدرولیکی دوطرفه کنترل می‌شود و قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه حول محور ماشین را دارد. تیغه برش ماشین از نوع مدور بوده و قطر آن برابر ۵۰ میلیمتر می‌باشد. این تیغه همراه با سیستم چرخش محوری ماشین چرخیده و شاخ و برگ اضافی گیاه را از تنه اصلی آن جدا می‌کند. سرعت دوران تیغه برش در بازه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و توان آن برابر ۳/۶ اسب بخار محاسبه شد. دبی مورد نیاز روغن برای سیستم هیدرولیک ماشین در بازه ۱۸ تا ۴۱ گالن بر دقیقه بدست آمد که با استفاده از تراکتورهای موجود تامین می‌شود.

تقدیر و تشکر

این پژوهش به سفارش سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی نیروی دریایی سپاه (مرکز رشد فناوری دریا) و همکاری معاونت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد که بدین وسیله از آن‌ها تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

1. Bettinger, P. & Kellogg, L. D. 1993. Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. Forest Products Journal. Vol 43(11), 59-64.

2. Brown, S.H. Horticulture Agent Tropical Flowering Tree Specialty Lee County Extension, Fort Myers, Florida. 2010. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS).

3. Dewan, S. O. N. E. E. R. A. Kumar, S. U. R. E. S. H. & Kumar, V. L. 2000. Antipyretic effect of latex of Calotropisprocera. Indian Journal of Pharmacology. Vol 32(3), 252-252.

4. Dymax Tree Saw, Available from "www.dymaxinc.com", accessed March 2014.

5. Ferreira, P. M. P. Farias, D. F. Oliveira, J. T. A. & Carvalho, A. F. F. U. 2008. Moringaoleifera: Bioactive compounds and nutritional potential. Rev Nutr. Vol 21, 431–437.

6. Goering, C. E. 1992. Engine and tractor power (3rd ed.). American Society of Agricultural Engineers (ASAE).

7. Holser, R. A. & Harry-O'Kuru, R. 2006. Transesterified milkweed (Asclepias) seed oil as a biodiesel fuel. Fuel. Vol 85(14), 2106-2110.

8. Little, E. L. Woodbury, R. O. & Wadsworth, F. H. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands, Vol 2, Agriculture Handbook 449, U.S. Department of Agriculture, Washingtion, DC.

9. Magalhes, H. I. F. Ferreira, P. M. P. Moura, E. S. Torres, M. R. Alves, A. P. N. N. Pessoa, O. D. L. Costa-Lotufo, L.V. Moaes, M. O. & Pessoa, C. In Vitro and in Vivo Antiproliferative Activity of CalotropisProcera Stem Extracts. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Vol 82(2), 407-416.

10. Marshall Tree Saw, Available from "www.marshalltreesaw.com", accessed July 2014.

11. Sheelaa, B. Mohamed Hussain, S. Sampath Kumar, P. Kalaichelvam, V. K. & Venkatachalam, V. K. 2010. Vasodilatation Effect of Latex from Calotropis gigantean in Green Frog Rana hexadactyla. Asian Journal of Medical Sciences. Vol 2(1), 22-24.

12. Srivastava, A. K., Goering, C. E., and Rohrbach, R. P. 2006. Engineering principles of agricultural machines. (2nd ed.). American society of agricultural engineers.

13. Tour, N. S. & Talele, G. S. 2012. Phytochemical studies of Calotropisprocera stem bark. Chemistry of Natural Compounds. Vol 48(4), 708-709.

14. Vadlapudi, V. Behara, M. Kaladhar, D. S. V. G. K. Suresh kumar, S.V.N. Seshagiri, B. & Paul, M. J. 2012. Antimicrobial profile of crude extracts Calotropis procera and Centella asiatica against some important pathogens. Indian Journal of Science and Technology. Vol 5(8), 3132-3136.

15. Varshney, A. C. & Bhoi, K. L. 1987. Some Possible Industrial Properties of Calotropis procera (Aak) Floss Fibre. Biological Wastes. Vol 22(2), 157-161.

Design and Construction Method of Calotropis Harvester Machine

Abstract

Calotropis is a shrub plant that grows in tropical region of Iran. Today this plant is harvested by traditional method for utilizing from stem latex, construction of cork and active coal from Calotropis wood. So in this study design and Construction Method of Calotropis Harvester Machine was presented. The machine consisted of cutting disk, controller arms, hydro motor and double acting hydraulic cylinder. This machine was mounted in front of tractor, on ballast weights and powered by hydraulic system of tractor. The machine was equipped by height adjustment system and axial rotational system that capable rotates 180 degree. The telescopic hydraulic cylinder was used for controlling of height and length of course for first and second piston was 150 and 142 mm, respectively. Cutting disk was capable to change of height to 2m by this system. Rotational speed of the cutting disk was calculated between 1500-2000 rpm. Flow rate of oil in the hydraulic system was 18-41 gal/min that was supplied by common tractor in Iran.

Key Words: Calotropis, Tree Harvester Machine, Cutting Disk, Height Adjustment System