طراحی و ساخت دروگر بوته برای برداشت دو مرحله ای لوبیا چیتی

امیر دالوند[1*]، امین اله معصومی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، کد پستی: ۸۹۳۱۱ - ۸۴۱۵۶

چکیده

با توجه به نوع لوبیای کشت شده در ایران که از نوع رونده هستند، ماشین دروکن آن بایستی مجهز به مکانیزمی باشد که بوته را همراه غلاف‌ها قبل از بریده شدن به سمت بالا هدایت کند. در طرح حاضر جهت برش بوته لوبیا از یک شانه برش و جهت بلند کردن بوته لوبیا از مکانیزمی شبیه به واحد بردارنده بسته بند کن علوفه استفاده شد. به جهت اینکه تراکتور روی محصول بریده نشده حرکت نکند از یک مکانیزم اتصال سه نقطه جلو تراکتوری جهت جلو سوار کردن دستگاه برداشت لوبیا چیتی استفاده شد. برای دستیابی به سرعت مناسب شانه برش به‌طوری‌که کمترین ارتعاش را ایجاد کند، از سامانه انتقال قدرت هیدرولیکی استفاده شد تا امکان تنظیم پیوسته سرعت مهیا شود. برای انتخاب پمپ و هیدروموتورهای مناسب، انرژی مورد نیاز برش و برداشت بوته لوبیا تعیین گردید. به این منظور میانگین انرژی برشی مورد نیاز ساقه لوبیا چیتی به روش آونگ اندازه‌گیری شد که مقدار آن جهت برش یک ساقه لوبیا چیتی ۲۰ ژول محاسبه گردید. با احتساب سرعت پیشروی دستگاه (۵ کیلومتر در ساعت) و تراکم بوته در واحد سطح (۶۰ بوته در واحد سطح) توان مورد نیاز شانه برش تعیین گردید. توان مورد نیاز شانه برش ۱۵ اسب بخار و توان مورد نیاز واحد بردارنده ۲/۳۰ اسب بخار تعیین گردید. پس از تکمیل مراحل طراحی و ساخت، دستگاه در کارگاه مورد آزمایش قرار گرفت. حداقل سرعت واحد بردارنده ۵۲ دور در دقیقه و سرعت واحد برش ۵۱۲ دور در دقیقه بود که با فرضیات اولیه تطابق داشت.

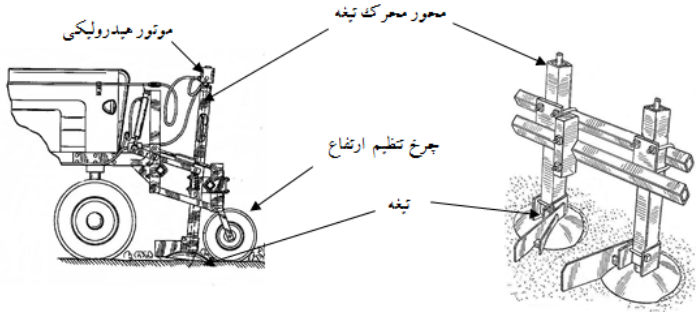
واژه‌های کلیدی: انرژی برشی، دستگاه دروگر لوبیا چیتی، سامانه هیدرولیک، واحد بردارنده

مقدمه

لوبیا با نام علمی (Phaseolus vulgaris l.) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده ی حبوبات است که با داشتن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم به ویژه افراد کم درآمد، از نقطه نظر تغذیه‌ای اهمیت بسیار دارد و تحت عنوان گوشت مردم فقیر نامیده می‌شود. سطح زیر کشت حبوبات در ایران ۷۷۰ هزار هکتار و میزان تولید آن ۵۰۵ هزار تن برآورد شده است. ازاین مقدار، سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۱۱۴ هزار هکتار و میزان تولید آن ۱۹۰ هزار تن می‌باشد و در استان‌های آذربایجان، مرکزی، لرستان،زنجان و فارس این محصول به صورت گسترده هر ساله کشت می‌شود. عملکرد متوسط لوبیا چیتی از ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است و بسته به ارقام مختلف و شرایط محیطی متغیر می‌باشد. البته ارقام اصلاح شده لوبیا در ایران معمولاً با عملکرد نسبتاً خوب و مقاومت به آفت و بیماری‌ها می‌توانند میزان محصول بالاتری تولید کنند.

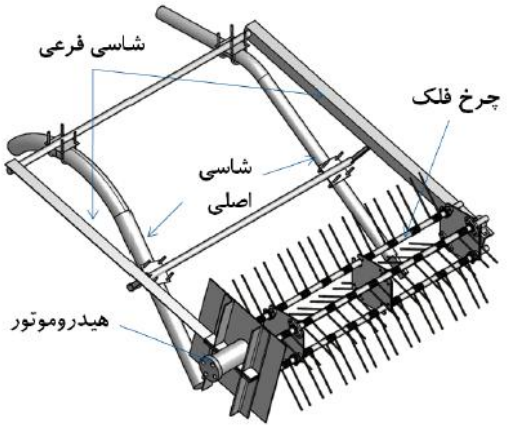
لوبیا به دو روش برداشت می‌شود. روش اول برداشت یک مرحله ای است. در ارقام پا بلند مانند محلی خمین غلاف ها همزمان نمی رسند و برداشت به صورت یک مرحله ای و زمانی صورت می گیرد که ۶۵ تا ۷۵ درصد غلاف ها رسیده باشند. از آنجا که غلاف ها و بوته های لوبیا، همزمان خشک نمی شوند، برداشت یک مرحله ای باعث تلفات زیاد در سطح مزرعه خواهد شد، زیرا کشاورز ناگزیر است تا خشک شدن تمام محصول، برداشت را به تعویض بیندازد. این کار باعث می شود مقدار زیادی از محصول در حین برداشت کاملاً خشک شده و شروع به ریزش نماید.روش دوم که برداشت دو مرحله ای انجام می گیرد و در ایران مرسوم است، محصول را کمی قبل از خشک شدن برش داده و به مدت چند روز در سطح مزرعه به صورت کپه ای یا نواری رها می کنند تا غلاف ها و بوته ها به تدریج خشک شوند. سپس بوته های خشک شده را برای خرمن کوبی از سطح مزرعه جمع آوری می کنند. ماشین‌هایی که تا کنون برای برداشت لوبیا اختراع شده‌اند، لوبیا را به صورت یک مرحله‌ای برداشت می‌کنند که این امر موجب افت شدید محصول می‌شود. برداشت به روش دستی، نیاز به نیروی کارگری زیاد و پرهزینه می باشد. مبلغ بر آورد شده در سطح استان مرکزی در سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۷۰۰۰۰۰۰ریال به ازاء هر هکتار گزارش شده است.به منظور کاهش هزینه کارگری و توسعه مکانیزاسیون کشاورزی وجود یک ماشین جهت برداشت لوبیا ضروری به نظر می‌رسد(لطیفی و نواب پور، ۱۳۷۹).

در سال ۱۹۸۳دستگاهی جلو سوار برای برش بوته لوبیا ساخته شد که با توان هیدرولیکی کار می‌کرد. مکانیزم طراحی شده از دیسک‌هایی تشکیل شده بود که به صورت جفتی و خلاف جهت یکدیگر چرخش می‌کردند. دیسک‌ها به صورت محدب بوده و با زمین زاویه مایل داشته و پس از بریدن بوته، آنرا به سمت بالا و عقب پرتاب می‌کردند و اطمینان حاصل می‌شد که بجز ساقه بوته جای دیگری با تیغه‌ها تماس پیدا نمی‌کند. به این ترتیب صدمات مکانیکی وارده به بذر نیز کاهش پیدا می‌کرد. این وسیله بوته‌ها را بریده و در زمین رها می‌کرد. سپس کمباین لوبیا برای برداشت و کوبیدن آن وارد مزرعه می‌شد. شکل ۱ دستگاه ساخته شده را نشان می‌دهد(Rossler, 1983).



شکل ۱-دستگاه برداشت بوته لوبیای راسلر

به منظور برداشت ماشینی محصول لوبیا از یک عدد دستگاه یونجه چین چهار چرخ موجود استفاده شد. به این منظور دماغه و چرخ و فلکی طراحی و ساخته شد و بر روی شانه برش دستگاه نصب گردید. مطابق شکل ۲ دماغه به نحوی طراحی شد که بوته‌های لوبیا قبل از برش تا حدی بلند می‌شد که غلاف‌ها توسط تیغه برش صدمه نبینند، همچنین چرخ و فلک باعث می‌شد که با حرکت دورانی خود، از تجمع محصول در جلوی دماغه‌ها و تیغه جلوگیری به عمل آورد (نانکلی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۲- دستگاه برداشت لوبیای ساخته شده توسط نانکلی

یکی از راه‌های اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، کاهش تلفات ناشی از برداشت مکانیزه و همچنین به منظور کسب نتایج مفید جهت استفاده در طراحی مهندسی، شناخت خواص و ویژگی‌های مقاومتی محصول تحت شرایط مختلف است. تعیین نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی ساقه تحت اثر نیروهای دینامیکی برایپیش‌گویی رفتار ماده در بارگذاری دینامیکی جهت طراحیسامانه برش و اطلاع از میزان توان مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب سامانه انتقال قدرت مفید هستند.

یکی از خواص مکانیکی که در برداشت محصولات خصوصاً لوبیا و همچنین تعیین پارامترهای مؤثر در برش وجود دارد انرژی برشی است. برای اندازه‌گیری انرژی برشی، علاوه بر وسایل برشی با دوران پیوسته، روش آونگ نیز یکی دیگر از روش‌های رایج می‌باشد که در بسیاری از آزمایش‌های برش ضربه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون علاوه بر اینکه تنها با یک حرکت و عبور

تیغه، عمل برش انجام می‌گیرد، نیاز به یک وسیله که ماده مورد برش را هماهنگ با دوران وسیله برشی به درون آن تغذیه نماید نیز وجود ندارد. همچنین روش آونگ از حساسیت لازم برای اندازه‌گیری حداقل انرژی مورد نیاز برای برش برخوردار می‌باشد.

در زمینه برش مواد گیاهی پژوهش‌های زیادی انجام شده است. در یک پژوهش برای اندازه‌گیری انرژی برشی ساقه ذرت از روش آونگ استفاده گردید که در آن از یک حسگر موقعیت سنج برای اندازه‌گیری ارتفاع قرارگیری آونگ استفاده نمود. با اتصال حسگر به یک دیتا لاگر و با داشتن جرم، شعاع نوسان و ممان اینرسی آونگ، انرژی برشی به دقت اندازه‌گیری می‌شود (Nieuvenhof, 2003).در پژوهشی دیگر تأثیر برخی فراسنجه‌های تیغه و محصول بر انرژی برشی ویژه ساقه نیشکر با استفاده از روش آونگ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا یک دستگاه آونگ طراحی، ساخته و واسنجی گردید. نتایج نشان داد که سرعت تیغه، محتوای رطوبتی و درجه رسیدگی (بلوغ) گیاه اثر معنی داری بر انرژی برشی ویژه داشتند به‌طوری که حد اقل انرژی برشی ویژه (حدود۰/۲۱ژول بر گرم سانتی متر) در کمترین سرعت (۱/۳۳ متر بر ثانیه)، کمترین محتوای رطوبتی (۴۸ درصد بر مبنای وزن تر) و در درجه بلوغ کمتر گیاه بدست آمد (کردانی، ۱۳۸۷).

مواد و روش‌ها

۱- بوته سبز لوبیا چیتی مورد آزمایش از شهرستان اقلید، منطقه سرحد در استان فارس تهیه شد. بوته‌ها به‌صورت تصادفی از مزرعه انتخاب و برداشت گردید. پس از انجام عمل برش توسط آونگ، جهت تعیین رطوبت ساقه‌های لوبیا از دستگاه آون استفاده شد. ساقه‌هایی به اندازه ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متری از بوته لوبیا جدا و جهت ایجاد سطح تماس بیشتر و در نتیجه یکنواختی بهتر در عمل خشک شدن، آنها را به اندازه‌های کوچک ۵ سانتی‌متری تبدیل و در آون قرار داده شدند. بر طبق استاندارد نمونه‌ها در دمای ۶۷ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت در آون گذاشته شدند (Mohsenin, 1970)

۲- نحوه تعیین انرژی برشی

آزمایشات صورت گرفته در آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی انجام شد. برایاندازه‌گیری میزان نوسان آونگ به درجه و همچنین میزان بالا آمدن تیغه در حالت آزاد و یا پس از برخورد با ساقه و برش آن، از یک زاویه سنج دیجیتالی (انکودر زاویه‌ای) با قابلیت اندازه‌گیری زوایای ۷۰ تا ۷۰- درجه استفاده شد. مطابق شکل ۳ محور دورانی این زاویه سنج، به انتهای لوله آهنی افقی متصل به بلبرینگ وصل می‌باشد.

شکل ۳- دستگاه آونگ جهت محاسبه انرژی برشی.

در این آزمایش که برای ۳۰ نمونه انجام گرفت،جهت برش ساقه‌های لوبیا چیتی آونگ به میزان ۷۰ درجه بالا آورده و از این ارتفاع رها می‌شد.

۲-۱- تئوری و محاسبات مربوط به آونگ

به منظور اندازه‌گیری سرعت خطی تیغه و انرژی برشی لازم برای بریدن یک ساقه لوبیا، از محاسبات فلر در طراحی آونگ استفاده گردید. به این ترتیب که برای تعیین سرعت خطی تیغه در پایین‌ترین موقعیت خود، از روش "کار- انرژی" استفاده شد به طوری که:

$$W_t h_o = \frac{I\,\omega^2}{2} \Rightarrow \omega^2 = \frac{2W_t h_o}{I} \qquad (۱)$$

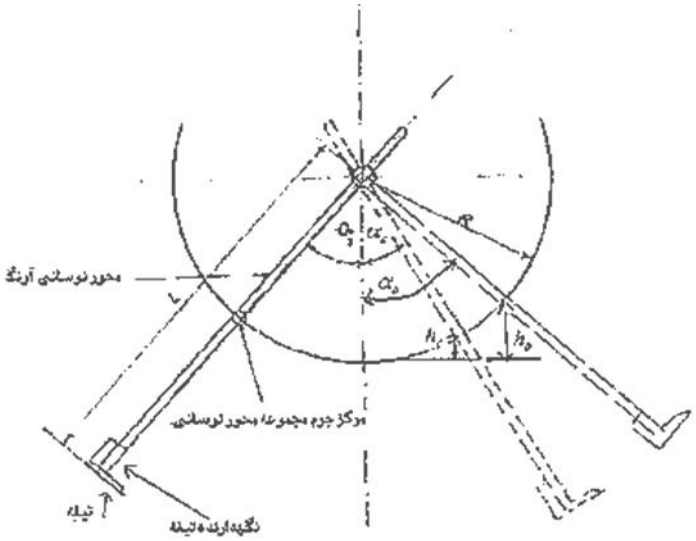
که در آن:

ω : سرعت زاویه‌ای محور نوسانی آونگ (رادیان بر ثانیه)

W_t : وزن کلی مجموعه محور نوسانی آونگ (نیوتن)

I : ممان اینرسی جرمی محور نوسانی آونگ نسبت به محور دوران (کیلوگرم- متر مربع)

h_o : ارتفاعی که مرکز جرم محور نوسانی آونگ در یک نوسان آزاد به هنگام صعود، نسبت به پایین‌ترین نقطه حرکت می‌گیرد (متر).



شکل ٤-نمای محاسباتی آونگ

همانطور که از نمای محاسباتی آونگ شکل۴پیداست:

$$h_o = R - R\cos\alpha_0 = R(1-\cos\alpha_0) \quad (۲)$$

که با جایگزینی معادله ۲ در معادله ۱ خواهیم داشت:

$$\omega^2 = \frac{2W_tR(1-\cos\alpha_0)}{I} \quad (۳)$$

در این تحقیق برای بدست آوردن مقدار I و محل R، مجموعه محور نوسانی آونگ در نرم افزار کتیا مدل گردید و مقادیر آن به-صورت دقیق محاسبه شده و در رابطه بالا گنجانده شدند(کردانی، ۱۳۸۷).

انرژی مورد نیاز برای برش از رابطه ۴ بدست می‌آید:

$$E = W_t(h_o - h_c) \quad (۴)$$

با جایگذاری معادله ۲ در معادله ۴ انرژی برشی برابر خواهد بود با:

$$E = W_tR(\cos\alpha_c - \cos\alpha_0) \quad (۵)$$

که در آن:

α_c : زاویه صعود آونگ نسبت به خط عمودی مبنا پس از اعمال ضربه و برش ساقه (درجه)

α_0 : زاویه صعود آونگ نسبت به خط عمودی مبنا در یک نوسان آزاد (درجه)

۳- طراحی دستگاه دروگر بوته لوبیا چیتی

طراحی دستگاه دروگر بوته لوبیا چیتی را می‌توان به چهار قسمت اصلی و عمده که شامل موارد زیر است تقسیم کرد:

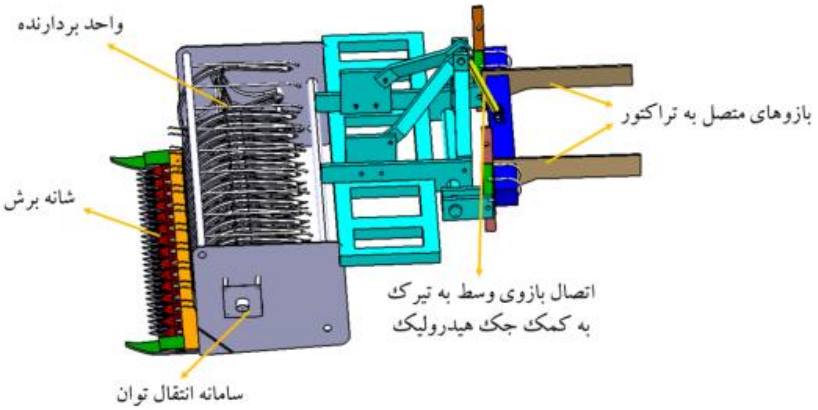
الف. مکانیزم شانه برش

ب. مکانیزم بردارنده

ج. طراحی مکانیزم اتصال سه نقطه

د. طراحی سامانه انتقال قدرت

که در ادامه به طور مختصر توضیح داده خواهند شد. در شکل ۵ نمایی از دستگاه دروگر لوبیا چیتی و اجزای آن که در محیط نرم افزار کتیا طراحی شده است مشاهده می‌شود.



شکل ۵- طرحواره کلی دستگاه برداشت لوبیا چیتی

۳-۲- اتصال سه نقطه

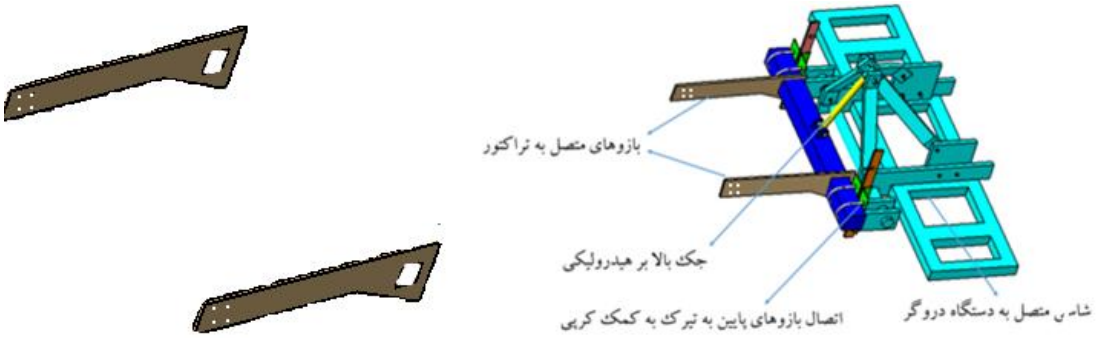
با توجه به شرایط کاری دستگاه برای اتصال آن به تراکتور، از اتصال سه نقطه در جلوی تراکتور استفاده شد. طرح و ایده کلی اتصال سه نقطه با توجه به دستگاه‌های موجود و متناسب با نیاز انتخاب گردید. در مورد اتصال سه نقطه موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف) ابعاد و اندازه‌های اتصال سه نقطه در محدوده استاندارد (S217.11ASAE) باشند.

ب) اتصال سه نقطه بر روی شاسی باید در ارتفاع مناسب در محدوده بالا بری بازوهای تراکتور قرار داشته باشد.

از آنجایی که دستگاه دروگر لوبیا در جلوی تراکتور نصب می‌شود، اتصال سه نقطه شکل ۶به کمک دوعدد کرپی که به دو بازوی پایین اتصال سه نقطه وصل می‌شوند و یک عدد جک که به اتصال وسط متصل می‌گردد، در جلوی تراکتور قرارمی‌گیرد. علت استفاده از کرپی به جای جوش کردن و ایجاد اتصالات دائمی این بود که با استفاده از کرپی این امکان وجود دارد که در صورت

استفاده از تراکتوری دیگر جهت آزمایش و برداشت، بتوان با جابجا کردن طولی کرپی بر روی شاسی و فقط با تغییر بازوهای متصل به تراکتور به راحتی بتوان دستگاه را به یک تراکتور دیگر متصل کرد.



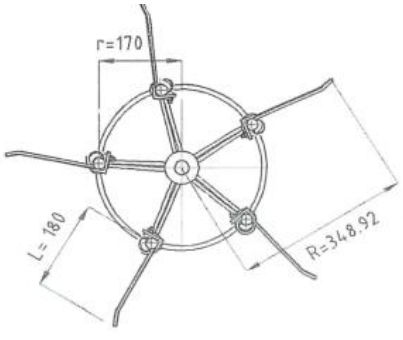
شکل ٦- اتصال سه نقطه متصل به دروگر لوبیا

۳-۳- سرعت دورانی واحد بردارنده

سرعت دورانی بردارنده با توجه به سرعت پیشروی تراکتور محاسبه می‌شود. با توجه به منابع سرعت پیشروی تراکتور ۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد. با استفاده از رابطه ۱ با توجه به اینکه مقدار l وrبه ترتیب ۱۷ و ۱۸ سانتی متر می‌باشند، مقدار سرعت دورانی برابر با۵۱/۱۶ دور بر دقیقه به دست آمد. lو r به ترتیب طول انگشتی‌ها و فاصله بین محور استوانه و شفت توخالی که در روی انگشتی‌ها نصب شده‌اند می‌باشند که در شکل ۷ قابل مشاهده است.

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} = \sqrt{\frac{r^2 + l^2 + 2rl\cos\gamma}{r^2 + \frac{l^2}{4} + rl\cos\gamma}} \qquad (۶)$$

در رابطه ۶، Z تعداد محورهای تو خالی که انگشتی‌ها را حمل می‌کنند، R فاصله مرکز محور محرک تا نوک انگشتی‌ها،L طول دندانه‌ها، r فاصله مرکز محور چرخ زنجیر تا ابتدای دندانه در پائین‌ترین موقعیت آن، γ زاویه بین امتداد شعاع محور محرک و راستای انگشتی‌ها و λ نسبت سینماتیکی بردارنده (مقدارشاخص جنبشی) می‌باشد. در محدوده سرعت ۵-۳/۹ کیلومتر در ساعت مقدار مطلوب λ در محدوده ۲/۵-۲ می‌باشد.



شکل ۷- به مقادیرR، r_gL بکار رفته در محاسبه سرعت دورانی

۳-۴- توان مصرفی و گشتاور مورد نیاز شانه برش

با تقسیم انرژی برشی بر واحد زمان، توان بدست می‌آید. با داشتن انرژی مورد نیاز جهت برش یک ساقه لوبیا می‌توان با ضرب این مقدار انرژی در تعداد برش شانه برش در واحد زمان، مقدار توان مصرفی مورد نیاز شانه برش را بدست آورد. فاصله روی ردیف و فاصله بین ردیف لوبیا چیتی در کاشت ردیفی به ترتیب برابر ۵ و ۵۰ سانتی‌متر است. با داشتن سرعت پیشروی که ۵ کیلومتر بر ساعت است و تبدیل این سرعت به واحد متریک، دستگاه دروگر لوبیا چیتی مسافت ۱۳۰ سانتی‌متر را در زمان یک ثانیه طی می-کند. از آنجایی که عرض کار دستگاه دروگر بوته لوبیا چتی ۱/۵ متر است، تعداد ۴ بوته به فواصل ۵۰ سانتی‌متر را همزمان برش می‌دهد. در نتیجه تعداد بوته‌های موجود در عرض کار ۱/۵ متر دستگاه و طول ۱۳۰ سانتی‌متر پیشروی در مدت یک ثانیه با توجه به سرعت پیشروی آن برابر ۱۰۴ بوته بدست آمد. بنابراین مقدار توان برشی مورد نیاز برای شانه برش برابر است با:

$$Power = 20\text{j} \times 104\left(\frac{cut}{sec}\right) = 2080watt = 3hp \quad (۷)$$

توان مصرفی مورد نیاز شانه برش جهت برش علوفه به ازاء عرض کار ۱/۵ متر، از سوی طراحان و سازندگان در محدوده ۳۰-۱۰اسب بخار توصیه شده‌است. علت پیشنهاد چنین توانی از سوی طراحان و سازندگان انجام عملیات و آزمایش‌های مزرعه‌ای و همچنین در نظر گرفتن اصطکاک بین اجزاء شانه برش و تلفات ناشی از قسمت‌های مختلف آن است. اصطکاک شانه برش نیز خود شامل اصطکاک بین تیغه‌ها، انگشتی‌ها و گیره‌های چاقو در شانه برش، اصطکاک سایر اجزای متحرک در شانه برش و همچنین اصطکاک بین تیغه‌ها با ساقه‌های لوبیا است. بنابراین به جهت گیر نکردن شانه برش در محصول در هم تنیده لوبیا چیتی و همچنین بیش باری‌های احتمالی همچون علف‌های هرز موجود در مزرعه، مقدار نهایی توان مورد نیاز شانه برش برابر ۱۵ اسب بخار در نظر گرفته شد. سرعت رفت و برگشتی مورد نیاز شانه برش با توجه به سرعت پیشروی ۵ کیلومتر بر ساعت، ۵۰۰ دور بر دقیقه انتخاب شد(Kepner, 1978)

مقدار گشتاور مورد نیاز جهت حرکت دادن شانه برش از معادله ۸ قابل محاسبه است:

$$\mathrm{P} = \frac{2\pi \mathrm{Tn}}{60 \times 1000} \quad (۸)$$

بنابراین مقدار گشتاور مورد نیاز برای شانه برش از معادله ۸ برابر ۲۱۳ نیوتن متر محاسبه شد.

۳-۵- توان مصرفی و گشتاور مورد نیاز واحد بردارنده

با توجه به اینکه در ایران محصول لوبیا به صورت دو مرحله‌ای برداشت می شود و همچنین نوع سیستم آبیاری که به‌صورت غرقابی است و فاصله کرت‌های محصول کم است، بنابراین نمی‌توان از کمباین غلات در برداشت لوبیا استفاده نمود. از طرفی با توجه به اینکه نوع لوبیای کشت شده در ایران از نوع رونده است، ماشین دروکن آن بایستی مجهز به مکانیزمی باشد که بوته را

همراه با غلاف‌ها قبل از بریده شدن به سمت بالا هدایت کند. به همین دلیل دستگاهی که قابلیت کار در این نوع مزارع را با ویژگی‌های ذکر شده داشته باشد، استفاده از مکانیزم ترکیبی شانه برش و بردارنده شبیه بردارنده دستگاه بسته بندکن علوفه تشخیص داده شد.

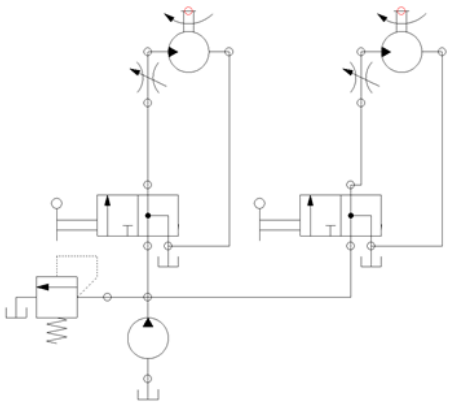
از طرفی در مراجع مختلف مقادیر توان مصرفی برای اجزای مختلف بیلر به صورت درصدی از مقدار توان مصرفی کل بیلر بیان شده است، که از این طریق مقدار توان لازم برای واحد بردارنده دروگر لوبیا چیتی محاسبه شد. این مقدار ۷/۶ درصد از کل توان مصرفی دستگاه بسته‌بندی علوفه بیان شده است. با توجه به محدوده توان ۱۵ الی ۳۰ اسب بخاری برای بسته بند مکعبی، مقدار توان مصرفی توسط قسمت بردارنده برابر ۲/۳۰ اسب بخار به‌دست آمد.بنابراین با توجه به سرعت دورانی ۵۱ دور بر دقیقه و همچنین توان ۲/۳۰ اسب بخار، با جایگذاری در معادله ۸ مقدار گشتاور مورد نیاز واحد بردارنده برابر ۳۲۲ نیوتن متر به‌دست آمد.

۳-۶- سامانه هیدرولیک

برای آگاهی و سپس تأمین نیاز کاری یک سامانه هیدرولیک و همچنین نحوه کار و اتصال قسمت‌های مختلف سامانه هیدرولیک با یکدیگر به کمک نرم افزار studioAutomationابتدا مدار هیدرولیک آن رسم می‌شود. مدار هیدرولیک ماشین دروگر لوبیا چیتی که دارای دو هیدرو موتور است همانند شکل ۸ خواهد بود. در ادامه اجزای مختلف سامانه هیدرولیک و نحوه محاسبه و انتخاب آنها به اختصار توضیح داده خواهد شد.

الف- موتور هیدرولیکی

با توجه به اینکه در بخش ۳-۳ سرعت دورانی واحد بردارنده در حین بلند کردن بوته لوبیای بریده شده برابر ۵۱ دور بر دقیقه محاسبه شد، لذا موتور هیدرولیکی انتخابی باید دارای سرعت ۵۱ دور بر دقیقه باشد. گشتاور لازم برای دوران محور استوانه واحد بردارنده با استفاده از رابطه۸ برابر ۳۲۲ نیوتن متر به دست آمد. بنابر این با توجه به مقادیر به‌دست آمده برای سرعت و گشتاور مورد نیاز واحد بردارنده موتور هیدرولیکی مدل MR125 از کاتالوگ‌های شرکت بلغاری M+S انتخاب شد.



شکل ۸- مدار هیدرولیک ماشین دروگر لوبیا چیتی.

با توجه به مقدار سرعت دورانی شانه برش که برابر ۵۰۰ دور بر دقیقه است و همچنین مقدار توان ۱۵ اسب بخار، مقدار گشتاور مورد نیاز برای شانه برش با استفاده از رابطه ۸ برابر ۲۱۳ نیوتن متر محاسبه شد. با در دست داشتن مقدار سرعت و گشتاور مورد نیاز از طریق کاتالوگ شرکت بلغاری M+Sهیدرو موتور مدل MR80 انتخاب شد.

ب- منبع توان و پمپ هیدرولیک

از آنجا که پمپ فشار تولید نکرده و فقط مولد جریان سیال است و فشار بواسطه مانع ایجاد شده بر سر راه سیال بوجود می‌آید، فشار کل مدار هیدرولیک نیز برابر بیشینه فشار وارده در سامانه هیدرولیک است که در اینجا بیشینه فشار سامانه هیدرولیک دروگر لوبیا چیتی با توجه به هیدروموتورهای انتخاب شده برابر ۱۷۵ بار بدست آمد. در نهایت پمپ پیستونی کج روسی با مشخصات دبی ۱۰۷ لیتر بر دقیقه و بیشینه فشار ۲۵۰ بار انتخاب شد.

توان مصرفی کل سیستم از طریق رابطه ۹ قابل محاسبه است:

$$P(kw) = 0.002 \times Q_{\mathrm{T}} \left({}^{lit}/_{min}\right) \times P(\mathrm{bar}) \qquad (۹)$$

با توجه به فشار بیشینه سامانه هیدرولیک که ۱۷۵ بار است و همچنین دبی کل مدار هیدرولیک که برابر ۵۰ لیتر بدست آمد، مقدار توان مصرفی کل سامانه با جایگذاری در رابطه ۹ برابر ۱۷/۵ کیلو وات (۲۳/۵ اسب بخار) محاسبه شد. از آنجایی که توان تراکتور فیات نیز ۴۵ اسب بخار است و در نتیجه تراکتور فیات توان لازم را برای راه اندازی سامانه هیدرولیک را دارد:

ه- جک هیدرولیک

قطر محور جک با استفاده از رابطه ۱۰ قابل محاسبه است:

$$A = (F \times n)/P \qquad (۱۰)$$

در معادله ۱۰:

F: نیروی وارده به جک بر حسب نیوتن،

n: ضریب اطمینان،

A: مساحت سطح مقطع بر حسب سانتی‌متر مربع و

d: قطر محور جک بر حسب سانتی‌متر است.

با توجه به فشار سامانه هیدرولیک تراکتور فیات که ۱۶۰ بار است و همچنین مقدار جرم دستگاه برداشت لوبیا که حدود ۸۰۰ کیلوگرم برآورد شد با احتساب ضریب اطمینان ۳، با استفاده از رابطه ۱۰ اندازه قطر محور جک برابر ۴۰ میلی‌متر محاسبه شد. قطر سیلندر جک‌ها دارای اندازه‌های استاندارد است که پس از محاسبه قطر محور جک و با توجه به اینکه جنس محور جک و سیلندر

متصل به آن هر دو از جنس فولاد است، جک با قطر استاندارد ۵۰ میلی‌متر و طول کورس ۳۰ سانتی‌متر انتخاب شد.دستگاه دروگر لوبیا چیتی در حین کار در مزرعه ممکن است با مانعی همچون یک سنگ بزرگ روبرو شود و یا بار و مقاومت زیادی در برابر حرکت دستگاه بوجود بیاید که اگر بر طرف نشود موجب خرابی، شکست و گاهی اوقات باعث از کار افتادگی دستگاه می‌شود. برای جلوگیری از این مشکل مکانیزم‌ها و روش‌هایی وجود دارد که مقداری لقی و آزادی حرکت برای دستگاه ایجاد می‌کند که باید برای دستگاه در نظر گرفته شود.این امکان با استفاده از شرایط خاصی که در جک ایجاد شده است، فراهم گردیده است. جک مورد استفاده در ماشین دروگر لوبیا چیتی دو طرفه بوده که با فرستادن روغن به قسمت بالایی جک و آزاد نگه داشتن قسمت پایین آن، جک را یک‌طرفه کرده که درصورت برخورد دستگاه با مانع امکان رد شدن و بالاآمدن دستگاه را فراهم می‌کند.

۳-۷- طراحی و انتخاب تسمه پولی:

از آنجا که دور خروجی تراکتور فیات و اکثر تراکتورهای موجود ۵۴۰ دور بر دقیقه است لذا این دور به کمک تبدیل دور با استفاده از مکانیزم تسمه و پولی فراهم شد.

الف- محاسبه طول تسمه

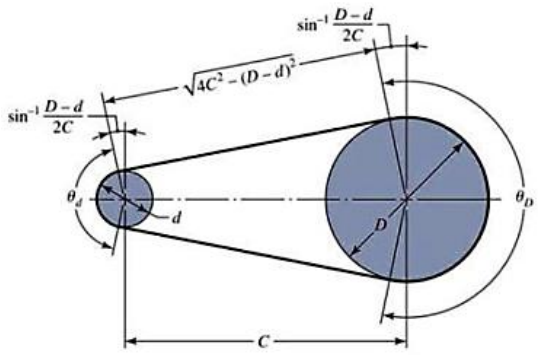
مطابق شکل ۲-۱۵ جهت محاسبه طول تسمه مورد نیاز، از فرمول ۱۱ استفاده می‌شود:

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + {}^1/_2\,(D+d)\theta \qquad (۱۱)$$

با کمی ساده سازی و تقریب مقدار رابطه طول تسمه به شکل معادله ۱۲ در می‌آید:

$$L = 2C + {}^\pi/_2 (D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \qquad (۱۲)$$

با توجه به معادله ۱۲مقدار طول تسمه مورد نیاز برای مکانیزم تبدیل دور پمپ برابر ۱/۵ متر بدست آمد.



شکل ۹- طول مورد نیاز تسمه

ب- محاسبه تعداد ردیف‌های تسمه

از تقسیم توان انتقالی مورد نیاز بر حداکثر توان انتقالی تسمه طبق رابطه ۱۳، تعداد ردیف‌های مورد نیاز تسمه و پولی برای سیستم انتقال قدرت محاسبه می‌شود.

$$N = {}^{P_T}/_{P_m} \qquad (۱۳)$$

در رابطه ۱۳:

N : تعداد تسمه،

P_T : توان انتقالی مورد نیاز بر حسب اسب بخار و

P_m : حداکثر توان انتقالی تسمه است.

توان انتقالی مورد نیاز بر اساس معادله ۹ برابر ۲۳/۵ اسب بخار محاسبه شد. مقدار حد اکثر توان انتقالی تسمه‌های V- شکل ۷۰-۶۵ اسب بخار است. با تقسیم این دو عدد هم مقداری کمتر از یک بدست خواهد آمد که با گرد کردن به سمت بالا عدد یک برای تعداد تسمه بدست خواهد آمد.

۳- مونتاژ دستگاه

پس از اتمام فرآیند ساخت، قطعات و اجزاء مختلف دستگاه روی شاسی و به هم متصل شد. به طوری که در این مرحله هیدرو موتورها با اتصال پیچ و مهره به شاسی‌های ساخته شده متصل شده و هیدرو موتور واحد بلند کن با استفاده از کوپلینگ به محور استوانه واحد بلند کن متصل گردید. همچنین هیدرو موتور شانه برش نیز به کمک پولی نصب شده بر روی شافت آن و تسمه به پولی شانه برش متصل شد. پس از آن شیرها، شیلنگ‌ها، اتصالات و مغزی‌های مناسب در جای خود بسته شدند. در شکل ۱۰ نمای کلی دستگاه نشان داده شده است.

شکل ۱۰- ماشین دروگر بوته سبز لوبیا چیتی

نتایج و بحث

۱. بررسی نتایج آزمایش‌های تعیین انرژی برشی ساقه لوبیا چیتی

میانگین محتوای رطوبتی ۵ نمونه تصادفی برابر ۴۱ درصد بدست آمد. میانگین انرژی برشی داده‌های حاصل از آزمایش محاسبه شد. میانگین داده‌ها برابر ۲۰ ژول برای ساقه لوبیا چیتی بدست آمد. بنابراین حداقل انرژی برشی لازم برای برش یک ساقه لوبیا ۲۰ ژول محاسبه شد.

۲. ساخت و مونتاژ دستگاه

پس از طراحی اجزاء مختلف دستگاه، کار ساخت و مونتاژ آن شامل اتصال سه نقطه جلو تراکتوری، محل اتصال هیدرو موتورها، تسمه و پولی، مکانیزم ردیف کن، شانه برش، بوش هم محور کن پمپ ،PTO و همچنین اتصال سامانه هیدرولیک آغاز شد که در ادامه به مراحل ساخت و نصب هر کدام پرداخته می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

مقدار حداقل انرژی برشی مورد نیاز برای یک ساقه لوبیا چیتی برابر ۲۰ ژول بدست آمد. مقدار توان مقدار توان مورد نیاز شانه برش ۱۵ اسب بخار در نظر گرفته شد. در ادامه پس از ساخت و مونتاژ کامل دستگاه دروگر لوبیا چیتی و همچنین مونتاژ کامل سامانه هیدرولیک آن، دستگاه برای انجام آزمایش اولیه در کارگاه به کار انداخته شد. ابتدا جک هیدرولیک به کمک سامانه هیدرولیک تراکتور راه اندازی شده و از کارکرد صحیح و عدم نشت مسیر شیلنگ‌ها اطمینان حاصل شد. سپس مدار هیدورلیک واحد بردارنده و شانه برش بررسی شده و از کارکرد صحیح و عدم نشت در مسیر شیلنگ‌ها و اتصالات اطمینان حاصل شد. در ادامه به کمک شیرهای نصب شده جریان روغن پشت هیدرو موتورها فرستاده شد. چند دقیقه دستگاه در شرایط و دورهای مختلف راه اندازی شد تا از کارکرد صحیح سامانه اطمینان حاصل شود. در طی این مدت مشکلی مشاهده نشد.

منابع

بهروزی لار، م. ۱۳۷۸. اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی (ترجمه). مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

دلایلی، ح. و ا.ر.، مدینه.۱۳۸۲. هیدرولیک صنعتی (طراحی سامانه‌های هیدرولیکی). جلد۲. چاپ دوم. انتشارات کانون پژوهش.

شادروان، ا. ۱۳۹۲. طراحی اجزاء ماشین (ترجمه). چاپ نهم. انتشارات علم و صنعت.

لطیفی،ن. و. س. نواب پور. ۱۳۷۹. واکنش شاخص‌های رشد و عملکرد دانه دو رقم لوبیا چیتی به فاصله ردیف و تراکم بوته، مجلهعلوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۲، ۳۶۱-۳۵۳.

نانکلی، ع. ۱۳۸۸. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه بردارنده بوته لوبیای نیمه رونده، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

کردانی،م. ۱۳۸۷. تاثیر برخی فراسنجه‌ی تیغه و محصول بر انرژی برشی ویژه ساقه نیشکر، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Bernaki. H., J. Haman and C. Kanafogski. 1972. Agricultural machines theory and construction. Vol 2.

Nieuvenhof, P. 2003. Modeling of the energy requirement of non row sensitive corn header for a pull type forage harvester. M.Sc. Thesis, Saskatchewan University.

Kepner. R. A. 1978. Principles of farm machinery. Avi Pub. Co. Westport, Conn.

Mohsenin, N. N. 1970. The properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach.

Rossler. F. W. 1983. Bean cutting device. United State Patent. 4, 384, 444.