بهینه سازی دستگاه‌های یونجه چین موجود جهت برداشت دو مرحله‌ای بوته لوبیا چیتی

ناصر نانکلی و امین اله معصومی
به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
اصفهان، گروه ماشینهای کشاورزی
n.nankali@ag.iut.ac.ir

چکیده

اهمیت برداشت ماشینی لوبیا جهت کاستن هزینه تولید ضروری می باشد. بنابراین مورد توجه محققین قرارگرفته است. ماشینی که با هدف حل مشکلی خاص در ارتباط با کشاورزی در یک منطقه برای اولین بار طراحی، ساخته و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، می‌بایست به گونه‌ای طراحی شود که دارای مکانیزمی ساده،کاملاً انعطاف‌پذیر، با قابلیت اطمینان بالا و در نهایت هزینه تمام شده در مقایسه با موارد مشابه کمتر باشد. با توجه به برداشت ۲ مرحله‌ای محصول لوبیا در ایران، نمی‌توان از کمباین در برداشت این محصول استفاده نمود. به همین دلیل بهترین دستگاهی که قابلیت کار در این نوع مزارع را داشته باشد دستگاه یونجه چین ٤ چرخ تشخیص داده شد. از طرفی به علت خوابیدگی بوته لوبیا، استفاده از دستگاه‌های یونجه‌چین موجود نمی‌تواند در برداشت این محصول موثر باشد. این تحقیق روی تغییر کاربردی یک دستگاه یونجه‌چین ٤ چرخ انجام گرفت به نحوی که بتوان به وسیله آن محصول لوبیا را به صورت ۲ مرحله‌ای برداشت نمود.

واژه‌های کلیدی: لوبیا، یونجه چین، هیدرولیک، چرخ‌وفلک

مقدمه

به‌طورکل اهمیت حبوبات بعد از غلات است و در ایران پس از گندم و برنج قرار دارند. اراضی تحت کشت حبوبات برای تولید دانه خوراکی حدود ۱۰ درصد مساحت زیر کشت غلات است و میزان تولید کل آن ها حدود ۳/۵ درصد می باشد. در بین حبوبات، سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیر کشت به ترتیب مقام اول تا سوم را حائز می باشد (مجنون حسینی و همکاران، ۱۳۸۲). در ایران نیز بر اساس اطلاعات آمار نامه کشاورزی (۱۳۸۳) سطح زیر کشت حبوبات بالغ بر ۱/۰۱٤ میلیون هکتار می باشد (بی‌نام، ۱۳۸۳). میزان پروتئین موجود در دانه های حبوبات ۲ تا ۳ برابر میزان پروتئین غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از پروتئین گیاهان غده ای (مانند سیب زمینی) است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). اهمیت برداشت ماشینی لوبیا جهت کاستن هزینه تولید ضروری می باشد. بنابراین مورد توجه محققین قرارگرفته است. ریدر در سال ۱۹۳۲ دستگاهی را برای درو انواع لوبیا سبز اختراع کرد به

نحوی که لوبیا ها به وسیله غلطک های تغذیه چنگ زده شده و لوبیا به وسیله غلطک دیگر از داخل غلاف بیرون کشیده می شد (Ryder, 1932) . در سال ۱۹٤۰ ابزاری برای برداشت لوبیا ساخته شد. به این ترتیب شانه برش ماشین بردارنده لوبیا به وسیله ابزاری برای بلند کردن غلاف ها در جلوی شانه برش مجهز شد و به همین دلیل شانه برش می توانست با راندمان بیشتری بوته های لوبیا را بریده و به این ترتیب از فرار کردن بوته ها از زیر شانه برش جلوگیری به عمل آورد (Wilcox, 1940). در سال ۱۹٦۸ دستگاهی اختراع شد که هدف از آن طراحی یک مکانیزم تکان دهنده دندانه‌دار برای درگیری با ساقه لوبیا هنگام برداشت یا برش بود که از آن برای تکان دادن ساقه و بوجاری چندباره محصول در یک ردیف و به صورت ممتد استفاده بشود (Lemanski, 1968).

اهدافی که در این تحقیق دنبال می شود عبارتند از تغییر کاربردی یک عدد دستگاه یونجه چین چهارچرخ موجود، به نحوی که به وسیله آن بتوان محصول لوبیا را چید و به صورت ردیفی برای خشک شدن در سطح مزرعه رها کرد. به این منظور لازم گردید یک دماغه و چرخ‌فلک بردارنده طراحی و ساخته شود و دستگاه ساخته شده در مزرعه مورد ارزیابی قرارگیرد.

مواد و روش‌ها

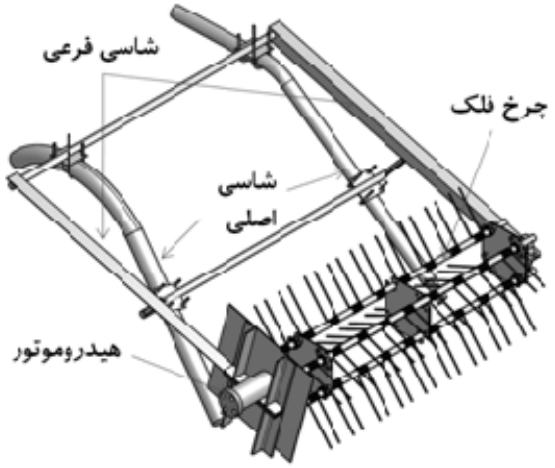
در این طرح، ابتدا دماغه هایی ساخته و بر روی شانه برش دستگاه نصب شد تا به موجب حرکت محصول لوبیا بر روی این دماغه ها، مانع از بریدن غلاف ها به وسیله شانه برش شویم. به منظور جلوگیری از تجمع محصول لوبیا در جلوی دماغه ها و در نتیجه جلوگیری از ایجاد اختلال در کار دستگاه، نیاز به وجود چرخ فلکی در بالای دماغه ها می باشد تا با حرکت دورانی خود مانع از تجمع محصول در جلوی دماغه شود. با انجام تحقیقاتی متوجه شدیم، از سیستم بردارنده بیلر مدل کلاس می توان به عنوان چرخ فلک جهت نصب بر روی دستگاه یونجه چین استفاده کرد (Anonymous, class Company).

طراحی مکانیکی قسمت‌های مختلف دستگاه به وسیله نرم‌افزار ANSYS و INVENTOR انجام گرفت. برای نصب چرخ وفلک بر روی دستگاه، نیاز به طراحی شاسی بود که بتواند بر روی شاسی اصلی قرار گرفته و همچنین قابلیت تنظیم ارتفاع و حرکت عقب و جلوی چرخ وفلک را برای حصول بهترین تنظیم در حین آزمایش فراهم آورد.

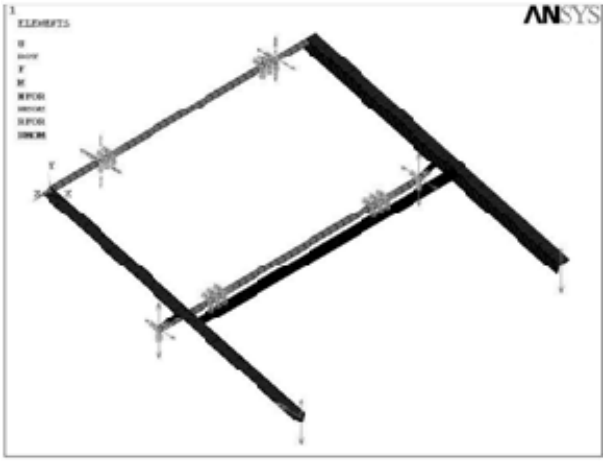
شاسی باید طوری طراحی شود که هم در مقابل خمش و هم در مقابل پیچش به خوبی مقاومت کند. برای بالا بردن مقاومت خمشی، باید تا آنجا که ممکن است ممان اینرسی سطح مقطع را در جهت خمش بالا برد، طول شاسی را کاهش داد و یا بارها را در نزدیکی تکیه‌گاه متمرکز کرد. برای جلوگیری از پیچش شاسی باید در صورت امکان از مقاطع بسته استفاده کرد و تا جایی که امکان دارد از مهاربندهای قطری یا عرضی استفاده کرد. لازم به ذکر است که پیچش در شاسی‌هایی صورت می‌گیرد که معمولاً یک منبع توان مانند موتور بر روی شاسی سوار می‌شود و یا توزیع بار بر روی شاسی در جهت عرضی متقارن نباشد (قاسم‌زاده، ۱۳۷۹).

به دلیل راحتی در نصب اجزای مختلف بر روی شاسی و همچنین امکان تنظیمات ثانویه در حین ارزیابی، از مقاطع نبشی و لوله استفاده شد. در طراحی شاسی فرعی برای جلوگیری از خمش سعی شد تا آنجا که امکان دارد طول شاسی کاهش داده شود و از مهاربند عرضی در عرض شاسی استفاده شود تا پیچش شاسی در راستای طولی به حداقل برسد.

قبل از ساخت شاسی فرعی ابتدا ابعاد آن متناسب با شاسی اصلی در نرم‌افزار Autodesk inventor طراحی شد، سپس به منظور تحلیل نیرویی از نرم‌افزار Ansys استفاده گردید (شکل ۱و۲)



شکل ۱- شاسی فرعی طراحی شده بر روی شاسی اصلی دستگاه یونجه چین، برای حمایت از چرخ فلک



شکل ۲- ایجاد مدل مش بندی و اعمال بار روی مدل در نرم افزار Ansys .

ساخت شاسی

برای ساخت شاسی دستگاه از نبشی ٦×٦٠×٦٠ میلی‌متر و لوله ۳×۳۰ میلی‌متر استفاده گردید. ابتدا ابعاد قطعات از درون نقشه استخراج شد. برشکاری با استفاده از دستگاه هوابرش و فرز به روش دستی صورت گرفت. با استفاده از فرز دستی زوائد برش‌کاری‌ها صاف شد. کلیه سوراخ کاری‌ها قبل از مونتاژ به وسیله دریل ستونی صورت گرفت. ابتدا قطعات شاسی دستگاه به روش تک خال بر روی هم مونتاژ شد و کنترل ابعادی صورت گرفت و در نهایت با استفاده از دستگاه جوش الکتریکی، جوشکاری نهایی صورت گرفت. به منظور مونتاژ شاسی فرعی بر روی اصلی از کرپی استفاده گردید. به این ترتیب فرم شاسی اصلی حفظ شده و نیاز به جوشکاری بر روی آن مرتفع شد (شکل ۳)

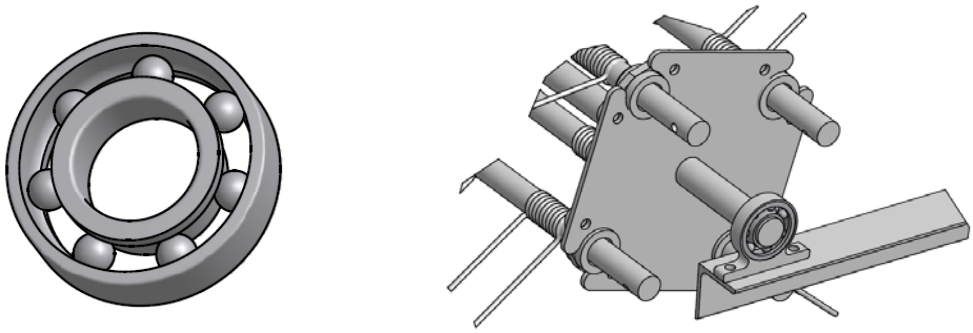
شکل ۳- ساخت و مونتاژ شاسی چرخ وفلک.

انتخاب یاتاقان چرخ وفلک

به طور کلی مراحل انتخاب یاتاقان‌های شافت چرخ وفلک در دو مرحله، مرحله انتخاب نوع یاتاقان و انتخاب اندازه یاتاقان انجام می‌گیرد.

الف–انتخاب نوع یاتاقان

مطابق (شکل ٤) یاتاقان‌های شافت چرخ وفلک، با در نظر گرفتن نوع سیستم از نوع یاتاقان ***(UCP)*** انتخاب گردید.



شکل ٤- یاتاقان شافت چرخ وفلک (*UCP*).

ب- انتخاب اندازه یاتاقان

وقتی که بارهای شعاعی و جانبی تواماً بر یاتاقان وارد می‌شوند، بار معادل، یک بار ثابت شعاعی است که همان عمر ارزیابی شده مشابه با بار توام را برای یاتاقان حاصل می‌کند.

$$p_e = VXR + YT \qquad (۱)$$

$$p_e = 264.87 \times 1 \times 1 + 0 = 264.87$$

Pe : بار معادل (N)

V : ضریب دوران که مقدار آن بین (۱- ۱/۲) ، ۱ برای حالتی که قسمت داخلی یاتاقان در حال چرخش است

R : بار شعاعی اعمال شده (N)

T : بار محوری اعمال شده (N)

X : ضریب بار شعاعی

Y : ضریب بار جانبی

$$N = \left(\frac{10^2\, C}{p_e}\right)^3 = 60nL \qquad (۲)$$

N : عمر یاتاقان بر حسب دور

C : حد بار پایه (N)

n : سرعت دورانی محور $\left({}^{rev}/_{min}\right)$

L : عمر یاتاقان بر حسب ساعت (h)

بر اساس عمر مفید ۱۰۰۰۰ ساعت کاری مقدار حد بار پایه بلبرینگ محاسبه می‌شود. در نتیجه:

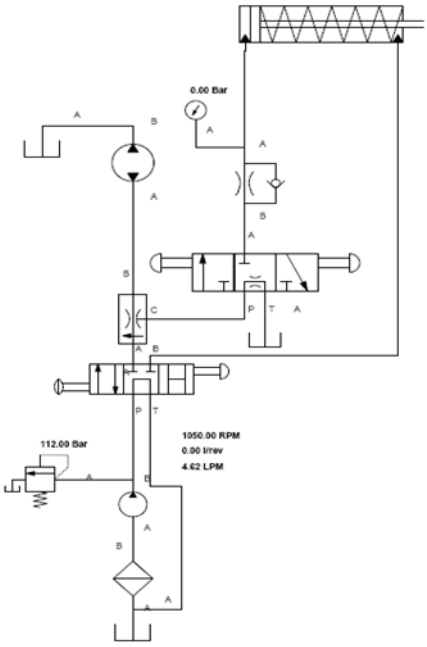
$$N = 60 \times 50 \times 10000 = 3 \times 10^6 \quad (۳)$$

$$C = \frac{p_e}{100}\left(\sqrt[3]{N}\right) = \frac{264.87}{100} \times \sqrt[3]{3 \times 10^7} = 823\ N \quad (٤)$$

با توجه به جداول استاندارد مربوطه و با در نظر گرفتن قطر ۳۰ میلی‌متر برای شافت چرخ وفلک، یاتاقان انتخابی با توجه به استاندارد DIN 628 SKF از نوع SKF 7206 انتخاب گردید. بلبرینگ، از نوع ساچمه‌ای تماس زاویه‌ای انتخاب شد.

طراحی مدار هیدرولیک چرخ وفلک

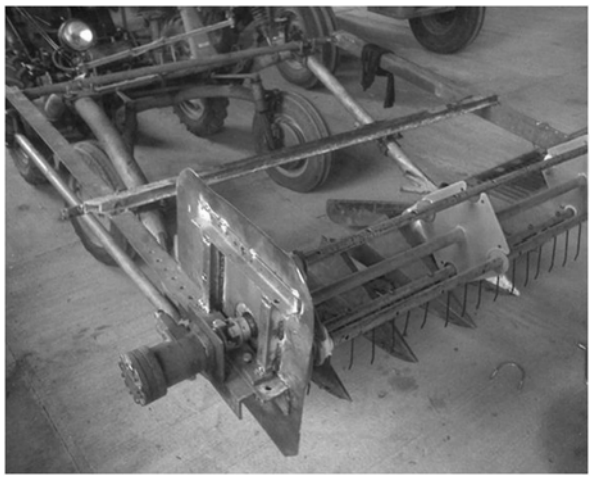
برای به حرکت درآوردن چرخ‌فلک با سرعت‌های مختلف، مورد دلخواه و با کمترین ارتعاش، از سیستم انتقال قدرت هیدرولیکی استفاده شد. مدار هیدرولیکی برای حرکت چرخ‌فلک به صورت شکل ۵ زیر طراحی گردید. پس از انجام محاسبات مربوط به افت ها و اطمینان از توانایی پمپ دستگاه برای تامین فشار مورد نیاز برای حرکت هیدروموتور، تصمیم بر این گرفته شد که از پمپ و مخزن خود دستگاه برای انتقال توان هم به جک بالا بر دماغه و هم به هیدروموتور استفاده شود. سپس با استفاده از معادلات حاکم بر سیستم های هیدرولیکی نظیر معادله دارسی و معادله انرژی، افت های توان محاسبه گردید و هیدروموتور مورد نیاز انتخاب شد.



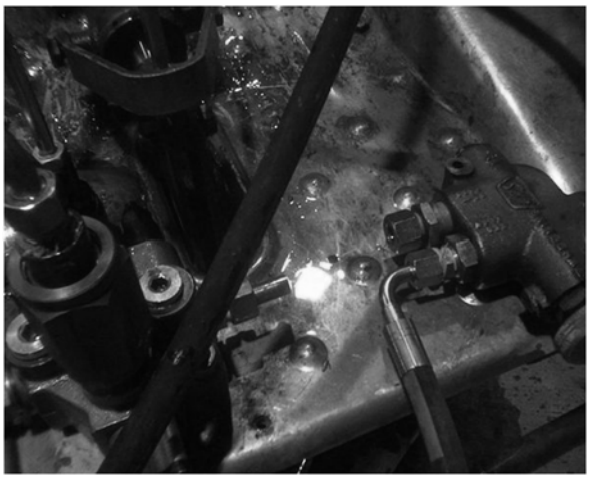
شکل ۵- مدار هیدرولیکی طراحی شده اولیه برای حرکت هیدروموتور.

ساخت سیستم انتقال قدرت

در مرحله مونتاژ سیستم هیدرولیک، شیر کنترل دبی با جریان کنارگذر و همچنین هیدروموتور، از کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردیده و مابقی وسایل مورد نیاز نظیر شیلنگ‌ها، اتصالات، شیر کنترل دبی یک طرفه و شیر کنترل جهت از بازار تهیه شد. سپس اقدام به مونتاژ سیستم گردید. ابتدا هیدروموتور به وسیله کوپلینگ در محل تعیین شده متصل شد (شکل ٦). سپس شیر کنترل دبی با جریان کنارگذر و شیر کنترل جهت در محلی بر روی دستگاه یونجه‌چین و به‌وسیله پیچ‌ومهره نصب شد به نحوی که اپراتور به راحتی بتواند به آن دسترسی داشته باشد. همچنین شیر کنترل دبی یکطرفه برای کنترل سرعت جک، بر روی شیر کنترل جهت نصب شد به نحوی که اپراتور بتواند با چرخاندن پیچ تنظیم آن سرعت حرکت جک را تنظیم کند (شکل ٧).



شکل ٦- نصب هیدروموتور به محور چرخ وفلک به وسیله کوپلینگ.



شکل ٧- مونتاژ شیر کنترل دبی کنارگذر، شیر کنترل جهت و شیر کنترل دبی یک‌طرفه بر روی دستگاه.

نتایج وبحث

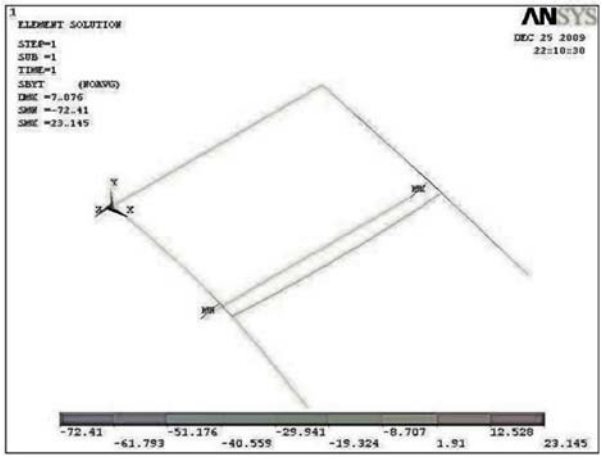
نتایج تحلیل شاسی:

بیشترین میزان تنش ایجاد شده در شاسی ٧٢/٤ مگاپاسکال به دست آمد (شکل ٨) با توجه به جنس ماده به کار رفته که از فولاد ساختمانی غیر آلیاژی S235J0 است و دارای تنش تسلیم ٢٣٠ مگاپاسکال می‌باشد، ضریب اطمینان به صورت زیر به‌دست آمد.

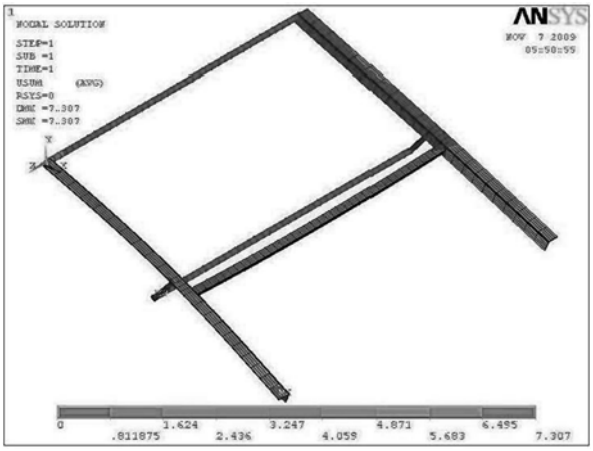
$$F.S = \frac{230}{72.4} = 3.1 \qquad (٥)$$

بنابراین شاسی از لحاظ ایمنی پایدار است.

نتایج حاصل از تحلیل جابجایی در شکل ٤-٢ نشان داده شده است. در شکل دیده می‌شود بیشینه جابجایی در قسمت جلو نبشی‌ها اتفاق می‌افتد که مقدار آن ٧/٣ میلی‌متر می‌باشد (شکل ٩).



شکل ۸- تنش‌های ایجاد شده در شاسی فرعی در اثر اعمال بار نهایی بر روی آن.



شکل ۹- جابجایی نقاط مختلف شاسی فرعی.

ارزیابی دستگاه

برای آزمایش ایستگاهی دماغه ها، از تعدادی نبشی سوراخ دار به صورت قفسه که روی یک تسمه نقاله قرار داشت استفاده شد تا محصول لوبیا بر روی آن به وسیله پیچ محکم شود. با استقرار دستگاه بالای تسمه نقاله و روشن کردن دستگاه برش و چرخ وفلک آزمایشات انجام گرفت. در آزمایش سرعت سرعت خطی تسمه نقاله توسط یکدستگاه اینورتور با سرعت خطی دستگاه یونجه‌چین شبیه سازی شد. سرعت خطی تسمه نقاله بر روی $2\left(km/h\right)$ تنظیم گردید. بوته های لوبیا مورد آزمایشاز مزرعه ای در شهرستان اقلید تهیه شد. فاصله بوته ها از هم شبیه وضعیت مزرعه در نظر گرفته شد به نحوی که ردیف ها از یکدیگر ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ها از یکدیگر ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کل عرض کار ۸۰ سانتی‌متر و طول آن ۲/۵ متر در بود. دستگاه یونجه چین را روی چهارپایه ای که روی تسمه نقاله قرار داشت قرار گرفت. به این ترتیب شرایط مزرعه را در آزمایشگاه شبیه-سازی شد(شکل ۱۰). زاویه اولیه دماغه با خط عمود بر جهت حرکت در حدود ٤٥ درجه بود. با راه‌اندازی شانه برش دستگاه و حرکت تسمه نقاله، مشاهده شد شاخ و برگ لوبیا در لابه‌لای دماغه‌ها گیر کرده و مانع حرکت نبشی-ها رو به جلو می‌شود. به این ترتیب زاویه قرار گیری دماغه‌ها را کم کرده و به حدود ۳۰ درجه رساندیم. این بار میزان گیر کردن محصول بین دماغه‌ها کمتر شد، اما همچنان مشکل اصلی کار باقی ماند. به این دلیل نیاز به چرخ-فلکی در بالای دماغه‌ها که بتواند از گیر کردن محصول بین دماغه‌ها جلوگیری کند احساس شد.

پس از آزمایش اولیه در کارگاه و اطمینان از کارکرد صحیح ماشین، دستگاه در فصل برداشت لوبیا به مزرعه ای در شهرستان اقلید برای ارزیابی نهایی انتقال داده شد. تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش به صورت زیر تعریف شدند و هر کدام دارای ۳ تکرار بود: ۱- برداشت محصول بدون دماغه. ۲- برداشت با دماغه و بدون چرخ‌فلک. ۳- برداشت با دماغه و با چرخ‌فلک. در آزمایشات زاویه دماغه ها نسبت به صفحه افق تغییر داده شد تا مناسبترین زاویه بدست آید.

شکل ۱۰- نمایی از دستگاه یونجه چین چهار چرخ که بر روی تسمه نقاله قرار گرفته است

در آزمایش انجام گرفته برای تیمار برداشت بدون دماغه، دیده شد که به دلیل خوابیدن محصول لوبیا، بسیاری از غلاف ها به همراه ساقه توسط شانه برش بریده شدند. اما شانه برش به خوبی از عهده بریدن ساقه لوبیا برآمد (شکل ۱۱). گیر کردن محصول در جلوی دماغه، در دیگر تیمارها باعث کنده شدن غلاف‌ها و همچنین تجمع محصول در جلوی آن و در نتیجه خفه کردن دستگاه شد. در نهایت بهترین نتیجه با زاویه دماغه ۲۰ درجه و وجود چرخ‌فلک در بالای دماغه ها حاصل شد.

شکل ۱۱- برداشت مزرعه ای محصول لوبیا در حالی که دماغه ها برداشته شده بود.

شکل ۱۲- برداشت مزرعه ای محصول لوبیا در حالی که دماغه ها متصل شده و چرخ‌فلک بر روی آن قرار داشت.

منابع و مآخذ:

۱. بی نام. ۱۳۸۳. اداره کل آمار و اطلاعات، انتشارات وزارت کشاورزی.

۲. قاسم‌زاده، ح، ر.، ۱۳۷۹. طراحی مکانیکی اجزاء ماشین (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.

۳. مجنون حسینی، ن.، محمدی، ه.، پوستینی، ک. و زینالی، ح. ۱۳۸۲. تاثیر تراکم بوته بر صفات زراعی، میزان کلروفیل، و درصد انتقال مجدد ساقه در ارقام نخود سفید. مجله علوم کشاورزی ایران، ٤ ، ۱۰۲۰-۱۰۱۱.

٤. مجنون حسینی، ن.، ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. چاپ چهارم. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

5. Class Company Information Catalogue, the claas spare parts service.

6. Ryder, F.P. 1932. Stripping roller string bean harvesters. United state patent. 1,848,273.
7. Wilcox, J.H. 1940. Soy bean harvester attachment. United state patent. 2,187,438.
8. Lemanski, B. 1968. Agitating mechanism for bean harvesters. *United state patent*. 3,412,810.

Abstract

In Iran, due to growing habit of the edible bean plant and reducing harvest losses, the soybean beans are not harvested by a combine but a two-stage harvesting method is used. It was proposed that a four-wheel alfalfa mower with front-mounted cutter bar can be modified to cut and windrow the semi-runner bean plant. To uplift the plant gently from the ground, a series of sweep lifter heads were attached to the cutter bar of the mower. Each heads was designed such that its angle of approach was adjustable. The preliminary tests on the modified mower using a test rig showed that the heads could not lift and direct the plants rearward properly during cutting due to chocking. Then, a real and a frame was designed and installed above the cutter bar, and tested. The frame was designed such that the distance between the frame and the heads was adjustable. The hydraulic power system of the mower was modified such that the real was driven by a hydraulic motor. After completing the design process and the necessary changes, the machine was finally evaluated in the field. Treatments were plant cutting with/without heads and with/without reel. Tests were performed under different approach angles of the heads. The results showed that the best cutting condition was obtained with 20° approach heads while the reel was installed above the cutter bar

Key words: Edible bean, bean harvesting, reel, cutter bar, header