



طراحی، ساخت و ارزیابی هد برداشت کننده برگ و سرشاخه‌های نیشکر

محسن حاج حیدری^۱ و سید جلیل رضوی^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی

دانشگاه صنعتی اصفهان

jrazavi@cc.iut.ac.ir

چکیده

در استان خوزستان بیش از ۶۰۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت نیشکر اختصاص دارد. با احتساب ۲۰٪ کل محصول به عنوان برگ و سرشاخه‌ها میزان این بقایا در سال ۲۰۰۶ برابر تقریباً یک میلیون تن بود. در اکثر کشورهای جهان مثل برزیل و هندوستان و ایران این بقایا آتش زده می‌شوند که علاوه بر آلوده کردن محیط زیست باعث از دست رفتن ماده آلی زیادی می‌شود. با توجه به حجم انبوه و خواص فیزیکی این بقایا ماشین‌های به کار رفته در برداشت این بقایا کارایی مناسبی از خود نشان نداده‌اند. به همین منظور یک هد متفاوت طراحی و ساخته شد تا بتواند بقایا را به صورت فعال از روی زمین برداشت کند. این هد از یک جفت غلتک فلزی تشکیل شده است. پس از ساخت دستگاه فراسنجه‌های مورد نظر شامل سرعت پیشروی، نسبت سرعت غلتک‌ها به سرعت پیشروی و نسبت سرعت بین دو غلتک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: بقایای نیشکر، برگ و سرشاخه‌های نیشکر، برداشت بقایا، سوزاندن بقایا.

مقدمه

بر اساس آخرین اطلاعات سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی در سال ۲۰۰۷ سطح زیر کشت نیشکر (*Saccharum officinarum*) در جهان ۲۲/۷ میلیون هکتار بوده است (بی نام، ۲۰۰۹). صنعت قندسازی و تولید شکر دارای این امتیاز است که هم محصول شکرش و هم ملاس باقیمانده از استحصال شکرش و به خصوص بقایای نیشکر آن قابل تبدیل به انرژی می‌باشند چنانچه کشور برزیل همه ساله مقادیر قابل توجهی از شکر و ملاس حاصل از شکرش را به الکل تبدیل کرده و به مصرف سوخت اتومبیل می‌رساند و یا کشور کوبا که در صنایع تولید شکر از نیشکر با استفاده از باگاس (تفاله نیشکر) علاوه بر تأمین سوخت و انرژی صنایع قند، مقادیر قابل ملاحظه‌ای برق تولید و به مصرف روشنایی و یا مصارف صنعتی دیگر می‌رساند (گریگ و همکاران، ۲۰۰۵).

محصول نیشکر می‌تواند در کنار تولید ساقه‌های صنعتی مقداری بقایای محصول از ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن منطقه هوایی بسته به شرایط مزرعه تولید کند (ریپولی و همکاران، ۲۰۰۵). پس از برداشت نیشکر، برگ‌ها و سرنی‌ها به

صورت پوششی متراکم تمام سطح مزرعه را می‌پوشاند که در این حالت در مزارع آیشی و ترمیمی مانع از انجام عملیات تهیه و آماده کردن و بازرویی زمین می‌شود. جمع‌آوری یا سوزاندن برگ‌ها و سرنی‌ها دارای مزیت‌های زیر می‌باشد (بی نام، ۱۳۷۸):

- پاک کردن مزرعه برای امکان فرم دادن به پشته‌ها
- راحتی در استفاده از سم‌پاش‌های علف‌کش
- راحتی در آبیاری
- جلوگیری از خروج کود پخش شده همراه با پوشال در زمان آبیاری
- جلوگیری از گسترش آفات

سوزاندن نیشکر موجب از بین رفتن مقدار زیادی زیست‌توده می‌شود که می‌تواند در کنار تولید انرژی الکتریکی در آسیاب‌های شکر به کار رود و یا انرژی را به صورت نیروی بخار فراهم کند مخصوصاً در مناطقی که سوخت‌های فسیلی کمتری وجود دارد (جک وی، ۲۰۰۳، ریپولی و همکاران، ۲۰۰۴). بسیاری از محققان به اثرهای زیست‌محیطی سوزاندن بقایای نیشکر و منع‌های قانونی برای جلوگیری از این عمل اشاره کرده‌اند (گریک و همکاران، ۲۰۰۵، ریپولی و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵). از برگ و سرشاخه‌های نیشکر، علوفه مناسبی برای خوراک دام به صورت تازه و یا به شکل سیلو در اختیار دام قرار می‌گیرد (بی نام، ۱۳۷۸). برگ خشک نیشکر می‌تواند به عنوان سوخت استفاده شود و یا در کارخانجات تهیه کمپوست به کار رود (خدابنده، ۱۳۷۳).

ریپولی و همکاران در سال ۲۰۰۴ تحقیقاتی در زمینه نوار کردن و بسته بندی مکعبی و استوانه ای برگ و سرشاخه های نیشکر با یک بیلر ظرفیت بالا از لحاظ بازده انرژی و چند پارامتر دیگر انجام دادند و نتایج تحقیقات آنها بازده انرژی بالای ۹۵ درصد را برای ردیف کردن و بسته بندی برگ و سرشاخه های نیشکر نشان داد. به منظور برداشت بقایای نیشکر ماشین های موجود مانند بردارنده بیلر شرکت Claas همراه با دستگاه خردکن تیغه ای در مزارع نیشکر در خوزستان مورد استفاده قرار گرفت (بی نام، ۱۳۷۸). اما با توجه به خصوصیات فیزیکی برگ و سر شاخه های نیشکر و عدم هم کلاف شدن آنها به دلیل تفاوت هایی که با یونجه دارد برداشت با مشکل مواجه می شد. از جمله این مشکلات گیر کردن بقایا به دورانگشتی ها و محور گردنده دستگاه بود (شکل ۱). گت و همکاران (۲۰۰۷) هد بردارنده ای را برای ماشین های کشاورزی طراحی کردند. این هد از یک غلتک اصلی تشکیل شده بود که بر روی آن انگشتی هایی قرار داشت و در نزدیکی سطح زمین با چرخش خود مواد را از روی زمین بلند می کرد. یک مکانیزم پیش فشرده کن در جلو و در بالای این غلتک قرار دارد که مواد در نزدیکی سطح زمین را فشرده کرده و یکنواخت و به صورت فشرده تحویل غلتک می دهد. در این مکانیزم از دو غلتک و یک صفحه فشار در حدفاصل این دو غلتک برای فشرده کردن محصول استفاده شده بود. میزان فشار این غلتک توسط یک سیلندر هیدرولیکی و یک سنسور توسط اپراتور قابل تنظیم بود. مواد پس از گذشتن از غلتک ها توسط نقاله منتقل می شدند. سرعت محیطی غلتک های فشرده کن متفاوت بود تا بتواند مواد را به سمت نقاله حرکت دهد.

هدف از تحقیق حاضر طراحی و ساخت یک هد متفاوت می باشد تا بتواند بقایا را به صورت فعال و اجباری برداشت کند و مانعی برای گیر کردن بقایا به دور آن وجود نداشته باشد. این هد از یک جفت غلتک فلزی تشکیل شده است.



شکل ۱- گیر کردن بقایا به دور محور گردنده و انگشتی های بردارنده بیلر Class.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ابتدا یک نمونه آزمایشگاهی دستگاه غلتک طراحی و سپس نسبت به ساخت آن اقدام گردید که از آن برای انجام آزمایشات بر روی نوار لاستیکی تست ریگ استفاده شد. مطابق شکل ۲ دستگاه طراحی شده شامل قسمت‌های اصلی زیر می‌باشد:

(۱) شاسی دستگاه: تمام اجزای دستگاه روی شاسی سوار می‌شود و تکیه‌گاهی برای غلتک‌ها نیز محسوب می‌شود.

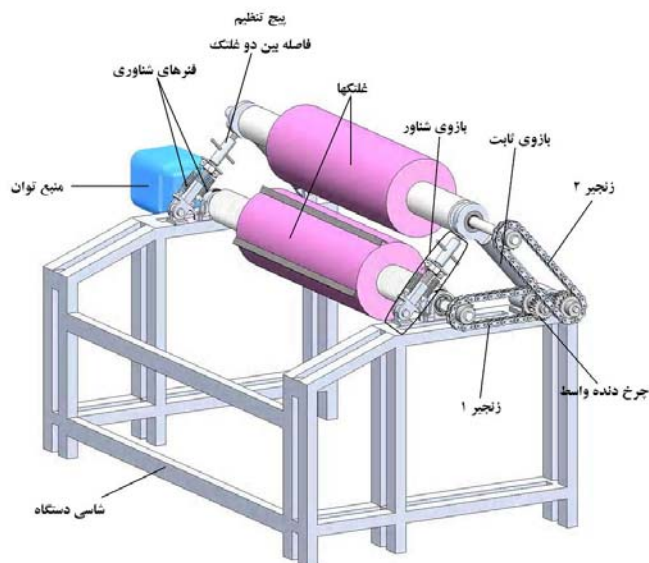
(۲) غلتک‌ها: این دستگاه دو عدد غلتک دارد؛ غلتک بالایی و غلتک پایینی. غلتک پایینی مستقیماً توسط دو عدد یاتاقان UCP روی شاسی سوار شده است. موقعیت غلتک بالایی در بالای غلتک پایینی و کمی جلوتر از آن می‌باشد که توسط دو بازو روی شاسی سوار شده است.

(۳) بازوی ثابت: یکی از تکیه‌گاه‌های غلتک بالایی بازوی ثابت می‌باشد که یک سر دیگر آن روی شاسی قرار دارد. طول این بازو ثابت می‌باشد.

(۴) بازوی شناور: تکیه‌گاه دیگر غلتک بالایی می‌باشد که یک سر دیگر آن روی شاسی قرار دارد. طول این بازو قابل تنظیم می‌باشد و در ضمن تحت فشار فنر نیز قرار دارد و متناسب با میزان بقایای عبوری از فضای بین دو غلتک طول آن تغییر پیدا می‌کند و حالت شناوری دارد.

(۵) منبع توان: منبع توان یک موتور الکتریکی می‌باشد که غلتک‌ها را به حرکت در می‌آورد و توان لازم را برای برداشت برگ و سرشاخه‌های نیشکر فراهم می‌کند.

طراحی دستگاه شامل طراحی محور غلتک، طراحی سیستم انتقال توان، طراحی یاتاقان و طراحی و تحلیل شاسی به کمک نرم افزار می‌باشد.



شکل ۲- قسمت های مختلف هد برداشت کننده بقایای نیشکر.

طراحی محور غلتک

به طور کلی استحکام دینامیکی بحرانی تر از استحکام استاتیکی است. بار دینامیکی در دو حالت به محور اعمال می شود. حالت اول بارهای متناوبی است که به محور اعمال می شود و دیگری بار ثابت روی یک محور گردان که به یک بار متناوب تبدیل می گردد. همانند حالت استاتیکی، چندین معیار برای حالت دینامیکی (معیار شکست خستگی) وجود دارد که چهار معیار عمده عبارتند از: معیار سودربرگ، معیار گودمن، معیار پاره بیضی ASME و معیار گریبر. معیارهای شکست خستگی گریبر و پاره بیضی ASME دقیق ترین روش پیش بینی شکست هستند. معیار گودمن و سودربرگ در طراحی میل محور محتاط تر از بقیه می باشد. رابطه (۱) بر اساس خط گودمن و رابطه (۲) بر اساس برش سودربرگ می باشد.

$$d^3 = \left[\frac{16n}{\pi} \left(2 \frac{K_f M_a}{S_e} + \sqrt{9 \frac{K_{fs} T_m}{S_{un}}} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$d^3 = \left\{ \frac{32m}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M}{S_e} \right)^2 + \left(K_{fs} \frac{T}{S_p} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

که در آن:

n = ضریب ایمنی خستگی

K_f = ضریب تمرکز تنش خستگی در خمش

M_a = دامنه گشتاور خمشی (N.m)

S_e = حد دوام خستگی (MPa)

K_{fs} = ضریب تمرکز تنش خستگی در پیچش

$T_m =$ دامنه گشتاور پیچشی (N.m)

$S_y =$ مقاومت تسلیم (MPa)

$S_{ut} =$ مقاومت نهایی (MPa)

که ضریب تمرکز تنش خستگی از رابطه زیر بدست می آید.

$$K_f = \frac{K_t}{1 + \frac{2(K_t - 1)\sqrt{a}}{k_t \sqrt{r}}} \quad (3)$$

که در آن:

$K_t =$ ضریب تمرکز تنش نظری

$\sqrt{a} =$ ثابت Neuber ($\sqrt{\text{mm}}$)

$r =$ شعاع گوشه (mm)

اکنون با توجه به مطالب ذکر شده اندازه محور غلتک محاسبه می شود. برای طراحی محور ابتدا نیروهای وارده بر محور را مشخص نموده، سپس ممان های خمشی و پیچشی هر مقطع بدست آورده می شود. چون محور گردان است باید استحکام دینامیکی در نظر گرفته شود. در این جا خستگی وارد معادلات می شود و لازم است دامنه نوسانی خمش (M_a) و حد میانی پیچش (T_m) محاسبه گردد.

نیروهایی که به محور اعمال می شوند شامل وزن غلتک، فشار وارده به غلتک از طرف بقایا در حین برداشت، نیروی زنجیر انتقال توان و نیروهای تکیه گاهی در محل نصب یاتاقان می باشند.

وزن غلتک: برای ساخت دستگاه از دو لوله به قطر ۲۵ سانتی متر به عنوان غلتک استفاده شد. از آنجا که این غلتک ها بقایای درون جوی را جمع آوری می کنند، طول غلتک متناسب با عرض جوی ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فلنج هایی به دو انتهای غلتک ها جوش داده شد. وزن غلتک ها با استفاده از نرم افزار SolidWorks و با انتخاب جنس غلتک توسط نرم افزار محاسبه شد که عبارتند از.

وزن غلتک پایینی همراه با شافت و فلنج ها $95/853 \text{ kg}$

وزن غلتک بالایی همراه با شافت و فلنج ها $93/384 \text{ kg}$

برای تخمین میزان توان چرخشی مورد نیاز دستگاه و انتخاب موتور الکتریکی مورد نیاز از استاندارد ASAE

EP496.3 FEB2006 استفاده شد. مطابق این استاندارد داریم:

$$P_{pto} = a + bw + cf \quad (4)$$

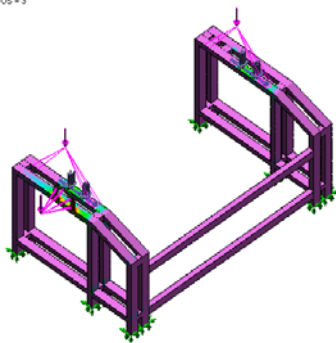
a ، b و c ضرایب ثابت می باشند که از استاندارد ASAE D497.5 FEB2006 بدست می آید. w عرض کار دستگاه مطابق با عرض جوی و طول ۸۰ سانتی متر می باشد. طول غلتک نیز ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. نرخ تغذیه دستگاه با در نظر گرفتن عملکرد متوسط محصول در هکتار و درصد بقایای آن و با در نظر گرفتن سرعت پیشروی دستگاه بدست می آید. پس از انجام محاسبات از یک موتور الکتریکی ۲ اسب بخار برای تأمین توان مورد نیاز دستگاه استفاده شد. موتور توسط گیربکس گشتاوری را روی غلتک پایینی اعمال می کند که نیمی از

آن توسط سیستم انتقال توان به غلتک بالایی انتقال داده می شود. برای تماس بهتر سطح غلتک پایینی با بقایا از نبشی های ۲×۲ سانتی متر بر روی آن استفاده شد.

سیستم انتقال توان به این گونه است که یک سر غلتک پایینی به طور مستقیم به موتور و گیربکس کوپله شده است و مستقیماً گشتاور لازم را از موتور دریافت می کند. جهت کاهش دور موتور از یک گیربکس با نسبت ۱:۲۰ استفاده شده است. در انتهای دیگر غلتک، یک چرخ زنجیر وجود دارد که توان را توسط زنجیر شماره یک به محور یک چرخ دنده منتقل می کند. جهت چرخش توسط یک جفت چرخ دنده با قطر مساوی تغییر کرده و باعث دوران محور دو چرخ دنده می شود. در انتها توان توسط زنجیر دو به غلتک بالایی منتقل می شود. لازم به تذکر است به این دلیل توان مستقیماً توسط چرخ دنده به غلتک بالایی منتقل نشد که فاصله بین محور دو غلتک با توجه به حجم بقایا برداشت شده دائماً در حال تغییر است و در انتقال نیرو توسط زنجیر اختلال ایجاد می کند. انتقال نیرو به غلتک بالایی در راستای بازوی ثابت صورت می گیرد که طول آن ثابت می باشد. از آنجا که قرار است دستگاه به صورت آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گیرد و نسبت سرعت غلتک ها نیز یکی از فراسنجه های مورد ارزیابی می باشد نباید لغزش در سیستم انتقال نیرو وجود داشته باشد. به همین دلیل از زنجیر و چرخ زنجیر برای انتقال توان استفاده شد. با توجه به موقعیت شاسی که بر روی تست ریگ قرار می گیرد باید یک سمت شاسی برای حرکت مواد و نوار تست ریگ باز گذاشته شود. در این حالت برای افزایش مقاومت خمشی و پیچشی شاسی از دو ردیف پایه در هر طرف استفاده شده است. برای تحلیل استاتیکی نیروهای وارده بر شاسی از نرم افزار المان محدود Cosmos 2007 استفاده شد. این نرم افزار دارای تحلیل های مختلف می باشد که در اینجا از تحلیل استاتیکی با المان بندی حجمی استفاده شد. پس از قید گذاری، بارگذاری مدل صورت می گیرد. نیروهایی که در این نرم افزار بر شاسی وارد شده است در شکل ۳ نشان داده شده است.

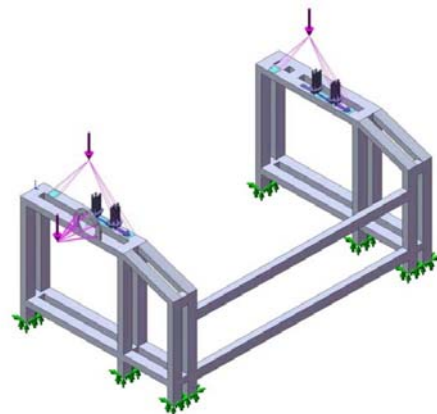
Model name: new frame
Study name: static
Plot type: Design Check Design Check
Criterion: Max von Mises Stress
Factor of safety distribution: Min FOS = 3

FOS
100
75.8
51.5
27.3
3.04



شکل ۴- دیاگرام ضریب اطمینان شاسی در

قسمت های مختلف.



شکل ۳- تحلیل نیرو های وارده بر شاسی

توسط نرم افزار Cosmos.

نیروهایی که بر شاسی اعمال می شوند عبارتند از: نیروی وزن غلتک پایینی که در محل یاتاقان ها بر روی شاسی اعمال می شود، نیروی وزن غلتک بالایی که توسط بازوهای ثابت و شناور بر روی شاسی اعمال می شود و نیروی وارده از طرف موتور و گیربکس که بر پایه موتور و گیربکس وارد می شود. پس از قیدگذاری و بارگذاری،

المان بندی مدل صورت می گیرد. در المان بندی مدل از المان های مرتبه دو (المان های هرمی ده گره ای) استفاده شد. ضریب اطمینان شاسی در قسمت های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است که حداقل ضریب اطمینان برای آن ۳ بدست آمد.

بازوی شناور باید این قابلیت را دارا باشد که علاوه بر ایجاد تغییر فاصله متناسب با حجم و تراکم بقایای عبوری از فاصله بین دو غلتک بتواند با حفظ حداقل فاصله مورد نیاز بقایا را از بین فاصله دو غلتک عبور دهد. دو عدد فنر پیچشی می تواند این قابلیت را فراهم کند. با وارد شدن حجم زیادتری از بقایا غلتک بالایی به سمت بیرون حرکت کرده و بر این فنرها نیروی کششی وارد می شود. پس از عبور بقایا و کم شدن حجم بقایا، فنر باعث برگرداندن غلتک بالایی به موقعیت اولیه می شود. فنرها در دو سمت غلتک مستقل از یکدیگر عمل می کنند تا در صورت عدم یکنواختی حجم بقایای وارد شده در طول غلتک، حداقل فاصله در دو طرف غلتک حفظ شود. بر روی بازوی شناور علاوه بر فنر شناوری از یک عدد پیچ تنظیم فاصله استفاده شده است که می تواند حداقل فاصله بین دو غلتک را متناسب با بقایای موجود تنظیم نماید یا در صورت ایجاد تغییرات احتمالی بر روی سطح غلتک بتوان حداقل فاصله دو غلتک را افزایش داد. یک پیچ نیز برای تنظیم فشار فنر به کار رفته است که می تواند فشار فنر را کم یا زیاد کند (شکل ۵).



شکل ۵- طرح بازوی شناور هد بردارنده غلتکی.

برای انجام آزمایشات به صورت آزمایشگاهی کانالی روی تست ریگ تعبیه شد تا بقایا درون آن ریخته شود. در انتهای کانال هد بردارنده غلتکی قرار گرفته بود. با حرکت نوار لاستیکی تست ریگ، مواد درون کانال به سمت غلتک ها حرکت کرده و توسط غلتک ها جمع آوری می شدند (شکل ۶). طول کانال تقریباً برابر ۹ متر می باشد. توان موتورهای الکتریکی تست ریگ و هد بردارنده غلتکی از اینورترور دریافت می شد. وظیفه اینورترور این بود که با تغییر فرکانس جریان الکتریکی متناوب ورودی، سرعت مورد نظر برای حرکت تست ریگ و غلتک ها را فراهم کند.

تهیه برگ و سرشاخه های مورد نیاز

برگ و سرشاخه های مورد نیاز برای انجام آزمایشات از مزارع کشت و صنعت امام خمینی استان خوزستان تهیه شد. برداشت از زمین راتون سوم صورت گرفت که به صورت ماشینی و با هاروستر نیشکر برداشت شده بود و قبل از برداشت مزرعه را آتش زده بودند. واریته غالب در این مزارع CP69 می باشد. پس از عبور هاروستر و برداشت نی ها توسط آن، بقایا از روی زمین جمع آوری شد و درون کیسه های پلاستیکی ریخته شد.



شکل ۶- کانال ایجاد شده بر روی تست ریگ برای جلوگیری از حرکت جانبی بقایا.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس فراسنجه های ارزیابی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. هر سه فاکتور اختلاف سرعت بین دو غلتک، سرعت تست ریگ (یا همان سرعت پیشروی) و نسبت سرعت بین غلتک و تست ریگ به ترتیب در سطح احتمال ۵، ۰/۱ و ۵ درصد، در میزان برداشت بقایا توسط غلتک معنی دار بودند. در میان اثرهای متقابل عوامل آزمایشی، اثر متقابل نسبت سرعت بین دو غلتک و نسبت سرعت غلتک و تست ریگ در سطح احتمال ۱ و اثر متقابل سه فاکتور در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بودند. با توجه به داده های بدست آمده به طور میانگین هد غلتکی قادر به جمع آوری ۸۶/۷ درصد از بقایا می باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس فراسنجه های مؤثر بر میزان برداشت بقایا توسط غلتک ها.

$P_r > F$	مقدار F	میانگین مربعات (MS)	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰۳	۳/۰۶***	۰/۲۲۳	۵/۸۰۲	۲۶	تیمار
۰/۰۲۵۷	۳/۹۲*	۰/۲۸۶	۰/۵۷۱	۲	اختلاف سرعت بین دو غلتک (A)
<۰/۰۰۰۱	۱۱/۹۸***	۰/۸۷۳	۱/۷۴۵	۲	سرعت تست ریگ (B)
۰/۰۱۷۷	۴/۳۵*	۰/۳۱۷	۰/۶۳۴	۲	نسبت سرعت غلتک و تست ریگ (C)
۰/۸۱۳۱	۰/۳۹ ^{NS}	۰/۰۲۹	۰/۱۱۴	۴	A×B
۰/۰۰۷۹	۳/۸۶**	۰/۲۸۱	۱/۱۲۵	۴	A×C
۰/۳۱۵۶	۱/۲۱ ^{NS}	۰/۰۸۸	۰/۳۵۴	۴	B×C
۰/۰۴۵۴	۲/۱۶*	۰/۱۵۷	۱/۲۵۸	۸	A×B×C
		۰/۰۷۳	۳/۹۳۲	۵۴	خطا
			۹/۷۳۴	۸۰	کل

*** به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن اثر عامل آزمایش در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می باشند.

NS به معنی آن است که اثر عامل آزمایشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نمی باشد.

مقایسه میانگین مربوط به اختلاف سرعت بین دو غلتک در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به مقایسه میانگین انجام شده اگر سرعت غلتک پایینی بیشتر باشد میزان برداشت بقایا به طور معنی داری کمتر می باشد. می توان این نتیجه را به این صورت توجیه کرد که غلتک پایینی بقایا را از روی زمین برداشت کرده و به سمت فضای بین دو غلتک حرکت می دهد، بقایا با سرعتی معادل سرعت محیطی غلتک پایینی به سمت فضای بین دو غلتک حرکت می کنند. غلتک بالایی با سرعت کمتر توانایی انتقال تمام بقایا را ندارد و حتی می تواند حرکت بقایا را کندتر کند.

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان برداشت بقایا تحت تأثیر اختلاف سرعت بین دو غلتک.

اختلاف سرعت بین دو غلتک	میانگین برداشت بقایا (درصد)
سرعت غلتک بالایی بیشتر باشد (تقریباً ۱/۲۵ برابر)	۸۷/۳ ^a
سرعت دو غلتک برابر باشد	۸۷/۰ ^a
سرعت غلتک پایینی بیشتر باشد (تقریباً ۱/۲۵ برابر)	۸۵/۷ ^b

با توجه به مقایسه میانگین انجام شده برای سرعت تست ریگ با افزایش سرعت، میزان برداشت بقایا کاهش پیدا می کند به طوری که بیشترین مقدار جمع آوری در سرعت ۲/۵ کیلومتر بر ساعت و کمترین آن در سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت بدست آمد (جدول ۳). می توان نتیجه را این گونه توجیه کرد که با افزایش سرعت عبور، زمان تماس بقایا با سطح غلتک ها کاهش پیدا می کند و بقایا به خوبی با سطح غلتک تماس پیدا نمی کنند و در نتیجه نیروی کمتری به آن ها وارد می شود. اما با توجه به اختلاف کم میزان برداشت بقایا بین سرعت های ۲/۵ تا ۵ کیلومتر بر ساعت اقتصادی تر است که از سرعت های بالاتر استفاده شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین میزان برداشت بقایا تحت تأثیر سرعت تست ریگ.

سرعت تست ریگ (km/h)	میانگین برداشت بقایا
۲/۵	۸۸/۲ ^a
۳/۵	۸۶/۶ ^b
۵	۸۵/۲ ^c

با توجه به مقایسه میانگین نسبت سرعت غلتک ها به تست ریگ کمترین میزان برداشت بقایا در حالتی رخ می دهد که نسبت بین سرعت غلتک و تست ریگ برابر ۱/۵ باشد (جدول ۴). اختلاف معنی داری در میزان برداشت بقایا بین نسبت سرعت ۱ و ۱/۲۵ در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد. اما اختلاف میزان برداشت بقایا در نسبت سرعت ۱/۵ با دو حالت دیگر ۱/۲۵ و ۱ در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان برداشت بقایا تحت تأثیر نسبت بین سرعت محیطی غلتک‌ها و سرعت خطی تست ریگ

نسبت میان سرعت غلتک و سرعت تست ریگ	میانگین برداشت بقایا
۱	۸۷/۴ ^a
۱/۲۵	۸۷/۰ ^a
۱/۵	۸۵/۷ ^b

در جدول ۵ بیشترین میزان برداشت بقایا در دو حالت سرعت ۲/۵ و ۳/۵ کیلومتر بر ساعت تست ریگ بدست آمد که سرعت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت از لحاظ اقتصادی ارزش بیشتری دارد. در نتیجه می توان بیشترین میزان برداشت بقایا را در سرعت تست ریگ ۳/۵ کیلومتر بر ساعت با نسبت سرعت غلتک و تست ریگ ۱ و سرعت دو غلتک برابر بدست آورد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت تست ریگ در اختلاف سرعت بین دو غلتک در نسبت بین غلتک‌ها و تست ریگ بر روی میزان برداشت بقایا.

سرعت تست ریگ (km/h)	سرعت دو غلتک برابر			سرعت غلتک بالایی بیشتر			سرعت غلتک پایینی بیشتر		
تست ریگ	نسبت سرعت غلتک و تست ریگ			نسبت سرعت غلتک و تست ریگ			نسبت سرعت غلتک و تست ریگ		
	۱	۱/۲۵	۱/۵	۱	۱/۲۵	۱/۵	۱	۱/۲۵	۱/۵
۲/۵	۸۷/۳ ^{efg}	۸۸/۴ ^{cde}	۸۹/۵ ^{abc}	۸۷/۸ ^{def}	۹۰/۳ ^a	۸۹/۶ ^{ab}	۸۷/۵ ^{efg}	۸۷/۸ ^{def}	۸۶/۰ ^{hijk}
۳/۵	۹۰/۰ ^a	۸۵/۱ ^{klm}	۸۴/۴ ^m	۸۷/۱ ^{fgh}	۸۹/۳ ^{abc}	۸۵/۶ ^{jkl}	۸۵/۰ ^{jkl}	۸۵/۹ ^{ijk}	۸۶/۶ ^{ghij}
۵	۸۶/۷ ^{fghij}	۸۶/۹ ^{fghi}	۸۴/۷ ^{lm}	۸۸/۸ ^{bcd}	۸۶/۶ ^{ghij}	۸۰/۸ ^o	۸۲/۵ ⁿ	۸۴/۴ ^m	۸۵/۸ ^{ijkl}

نتیجه گیری

هد بردارنده غلتکی بقایا قادر به جمع آوری برگ و سر شاخه های نیشکر بدون ایجاد اختلال در کار دستگاه می باشد. در صورت بیشتر بودن سرعت غلتک پایینی، میزان برداشت بقایا کمتر می باشد. اختلاف میزان برداشت بقایا بین حالتی که سرعت غلتک بالایی بیشتر است با حالتی که سرعت غلتک پایینی بیشتر است تنها ۱/۶ درصد می باشد. با توجه به مشاهده اثر متقابل سه فاکتور بیشترین میزان برداشت در دو حالت ۲/۵ و ۳/۵ کیلومتر بر ساعت بدست آمد که سرعت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت از لحاظ ظرفیت مزرعه ای بیشتر حائز اهمیت می باشد. کمترین میزان برداشت بقایا در سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت بدست آمد. با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتورها، بهترین حالت برای برداشت بقایای نیشکر در هد غلتکی سرعت دو غلتک برابر، نسبت سرعت غلتک و سرعت پیشروی برابر و سرعت پیشروی ۳/۵ کیلومتر بر ساعت می باشد.

منابع و مأخذ

۱. اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی، ۱۳۷۸. چهار محصول زراعی/صنعتی (چغندر، رقند-پنبه-آفتابگردان-نیشکر)، وزارت کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات.
۲. خداینده، ن.، ۱۳۷۳. زراعت گیاهان صنعتی، مرکز نشر سپهر، تهران.
۳. رستگار، م.ع.، ۱۳۸۴. زراعت گیاهان صنعتی، انتشارات برهمند، تهران.
۴. شرکت فن آوران کشاورزی آریا. ۱۳۸۷. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه جمع آوری برگ و سر شاخه های نیشکر. شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان.
5. Gette, C. and H. Lionel. 2007. Pick-up Device for Agricultural Harvesting Machines. *US Patent*. NO. 0,119,140.
6. Grigg, B. C., J. L. Fouss and L. M. Southwick. 2005. Impact of Post-Harvest Residue Management on Runoff, Soil Erosion, and Nitrate Loss. *ASAE Meeting presentation*. Paper No. 052136.
7. <http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx>. Available at 2009/10/15.
8. Jakeway, L. A. 2003. Application of Cane and Forage Harvesters for Biomass Fuel Recovery. *ASAE Paper*. NO.701P1103e.
9. Ripoli, M. L. C., H. F. Torrezan, T. C Ripoli and C. A. Gamerco. 2004. Windrowing and Prismatic Baling of Sugar Cane Vegetal Residues: Some Operational Parameters and Energetic Efficiency. *ASAE Meeting presentaton*. Paper No. 046171.
10. Ripoli, M. L. C., S. F. G Bizuti, T. C. C. Ripoli and C.A. Gamerco. 2004. Windrowing and Cylindrical Baling of Sugar Cane Vegetal Residues: Some Operational Parameters and Energetic Efficiency. *ASAE Meeting presentaton*. Paper No. 046172.
11. Ripoli, M. L. C., T. C. C. Ripoli and C. A. Gamerco. 2005. Comparative Field Test Between Two Sugar Cane (*Saccharum spp.*) Harvesters Under Two Different Operational Conditions In Brazil. *ASAE Meeting presentation*. Paper No. 051029.
12. Ripoli, M. L. C., T. C. C. Ripoli and C. A. Gamerco. 2005. Sugar Cane (*Saccarum spp.*) Crop Residue Bailing For Energy Purposes In Brazil. *ASAE Meeting presentation*. Paper No. 051030.

Design, Development and Evaluation of a Sugarcane Residue Picking Mechanism

Abstract:

In Khuzestan Province over 60,000 ha of land are under sugarcane plantations. Considering 20% of the total product as leaves and tops, the weight of these residues was estimated one million metric tons in 2006. In most countries of the world suitable for sugarcane production such as Brazil, India and even Iran, these residues are burned that contribute to environmental pollution and cause organic material loss. These regarding to high mass and physical properties of these residues machines used for harvesting these residues has not shown suitable performance. Therefore, a different pick-up head was designed and developed to harvest residues from the soil surface in an active mode. This head consists of two metal rollers. After developing Parameters of the study consisted of traveling speed, ratio of linear speed of rollers and forward speed and rotational speed ratio between two rollers were evaluated.

Keywords: Sugarcane residues; sugarcane leaves and tops; residues harvesting; residues burning.