

مقایسه فنی و اقتصادی علوفه خردکن های متداول در استان آذربایجان شرقی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۵/۲۵ ... تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۲/۱۴

● رضا عادلزاده

مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران، (پست الکترونیک نویسنده مسئول: radelzadeh@gmail.com)

● منصوره مظفری گنبری

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

● علی شهنوازی

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

چکیده

یونجه یکی از مهم ترین گیاهان علوفه ای به شمار می رود و استان آذربایجان شرقی عمده ترین تولیدکننده این محصول در کشور است. یونجه برای اینکه بتواند مناسب تغذیه دام شود، ابتدا باید در اندازه مناسب خرد شود. در این پژوهش، عملکرد سه نمونه علوفه خردکن برقی گیوتینی، چاقویی و دوآر و روش دستی (قیچی سنتی) در خرد کردن دو محصول یونجه و کلش گندم مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول، نوع علوفه شامل یونجه

و کلش گندم و فاکتور دوم، روش خرد کردن علوفه شامل علوفه خردکن های برقی گیوتینی، چاقویی، دوآر و قیچی سنتی بود. صفت های مورد بررسی شامل شاخص طول متوسط هندسی (*GML*) و انحراف معیار آن، ظرفیت ماشین، انرژی ویژه و بررسی اقتصادی بود. بر اساس نتایج، استفاده از قیچی سنتی به دلیل هزینه کارگری بالاتر، ظرفیت کار کمتر و خطرات احتمالی بیشتر، مناسب تشخیص داده نشد. چهار روش برش علوفه از نظر شاخص *GML* اختلاف معنی داری نداشتند. اما شاخص انحراف معیار در

سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار بود و بیشترین مقدار این شاخص مربوط به علوفه خردکن برقی دوآر بود. شاخص ظرفیت کاری در هر سه نوع علوفه خردکن برقی تقریباً برابر، اما کمترین میزان ظرفیت کار مربوط به روش قیچی سنتی بود. همچنین بهترین ماشین از نظر راندمان مصرف انرژی، علوفه خردکن گیوتینی بود و علوفه خردکن دوآر از این نظر کمترین بازده را داشت. در مجموع، علوفه خردکن برقی گیوتینی به دلیل انرژی ویژه کمتر و ظرفیت کاری نسبتاً بالاتر، مناسب ترین دستگاه تشخیص داده شد.



مقدمه

یونجه در بین گیاهان علوفه‌ای به دلیل برخورداری از کیفیت خوب، خوش‌خوراکی و انواع منابع غذایی (مانند کلسیم، مواد پروتئینی و ویتامین‌ها) اهمیت خاصی در تغذیه دام دارد. کاشت این گیاه باعث اصلاح ساختمان خاک‌های زراعی از طریق تهویه زمین، برقراری تناوب، زهکشی و افزایش مواد آلی و ازت خاک می‌شود (کریمی، ۱۳۶۹). استان آذربایجان شرقی یکی از مراکز مهم تولید این محصول در کشور است که بر اساس آمارنامه سال زراعی ۹۷-۹۶، با ۹۵۸۴۲ هکتار بیشترین سطح زیر کشت و با تولید ۶۶۱۵۳۳ تن یونجه رتبه اول را از نظر میزان تولید در کشور داشته است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

بخش عمده یونجه تولیدی، پس از برداشت به صورت سنتی بسته بندی شده و در واحدهای بهره برداری سنتی به عنوان خوراک دام استفاده می‌شود. اما برای اینکه این علوفه بتواند مناسب تغذیه دام شود، باید ابتدا در اندازه مناسب خرد شود. در روش سنتی، این کار، طاقت فرسا و زمان‌بر بوده و به دو

نفر نیروی کار نیاز دارد. همچنین، این روش برای فردی که علوفه را به زیر تیغه برش هدایت می‌نماید خطرناک است. به طور کلی، خرد کردن اصولی علوفه دارای مزیت‌هایی چون بهبود تخمیرات شکمبه‌ای در نتیجه مخلوط شدن کامل خوراک، افزایش بازده مصرف، افزایش خوش‌خوراکی غذا، کاهش اتلاف علوفه، کاهش حجم و فشردگی علوفه برای نگهداری در انبار، افزایش قابلیت هضم خوراک مصرفی، مخلوط شدن کامل خوراک و عدم توانایی دام برای تفکیک آن است (بیوجمین و همکاران ۱۹۹۴). در این راستا، استفاده از دستگاه‌های علوفه خردکن، علاوه بر افزایش بازده و سهولت کار، موجب ایمنی بیشتر برای کارور می‌شود.

از طرفی، یکی از شاخص‌های مهم در کیفیت کار دستگاه‌های علوفه خردکن، قابلیت تنظیم طول برش و یکنواختی آن و نیز عدم پودر شدن قسمت‌های ظریف و مغذی علوفه از جمله برگ‌ها و گل‌ها به-خصوص در مورد یونجه است که در علوفه خردکن‌های سنتی و رایج، معمولاً تنظیم طول برش به طور کامل دقیق نبوده و باعث بروز این مشکل

می‌شود. مهم‌ترین شاخص برای تعیین کیفیت کار خرد کردن علوفه، طول متوسط هندسی (GML) است (1992, ASAE Standard). واریانس طول برش نیز نشانگر میزان یکنواختی طول برش است. اخیراً تولیدکنندگان ادوات کشاورزی استان آذربایجان شرقی، با توجه به نیاز به تولید علوفه خردکن‌های مناسب برای واحدهای بهره‌برداری دامی کوچک، اقدام به ساخت علوفه خردکن‌های برقی کرده‌اند، که علاوه بر افزایش راندمان و سهولت کار، از نظر ایمنی نیز مناسب‌تر به نظر می‌رسند.

در خصوص فرآیند برش علوفه تحقیقات زیادی در سطح کشور و جهان صورت گرفته است. به طور مثال، محسنین (۱۹۷۰)، ال‌گریم (۱۹۷۴) پژوهش‌های زیادی در زمینه خواص فیزیکی مواد و گیاهان، مکانیک برش، خواص فیزیکی، مکانیکی و رئولوژیکی علوفه انجام داده‌اند. در پژوهش پوراآذری و همکاران (۱۳۸۳) به منظور مصرف یکنواخت جیره توسط دام، جلوگیری از ریخت‌وپاش و سلب قدرت انتخاب از گوساله‌ها، یونجه توسط دستگاه علوفه خردکن خرد و دانه جو و تفاله چغندر قند

ساقه‌های علوفه بر کیفیت کار و توان مورد نیاز مؤثر بوده و در سرعت‌های پایین ساقه‌ها له شده و مقادیر نیروهای مقاوم برش بیشتر بوده است. در حالی که افزایش سرعت باعث عدم له شدن ساقه‌ها و کاهش میزان نیروهای مقاوم شده است. هرگونه تغییر در پارامترهای مورد توصیه برای خردکن، به طور عمده خود را به صورت افزایش انرژی برش و انرژی کل مصرفی چاپر و همچنین کم و زیاد شدن متوسط طول ذرات خرد شده و انحراف معیار آنها نشان می‌دهد (کپنر و همکاران، ۱۹۸۷). همچنین افزایش علوفه ورودی به چاپر به خاطر زیاد شدن سرعت پیشروی یا پر پشت شدن محصول مزرعه، طول ذرات خروجی از چاپر را نسبت به طول تئوری افزایش می‌دهد. قربانی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که اندازه خرد شدن یونجه بر میزان مصرف انرژی ویژه به ویژه در عملیات فرآوری ثانویه مانند متراکم ساختن، مؤثر بوده و میانگین طول کمتر منجر به کاهش مصرف انرژی شده است. قریبه (۱۳۹۳) یک نوع علوفه خردکن مناسب واحد‌های دامی متوسط طراحی و ساخت نمود که مکانیسم برش از نوع گیوتینی و مشخصات آن به یکی از تیمارهای مورد بررسی شباهت داشت با این حال این دستگاه تولید انبوه نشده است. ایشان در نتایج آزمون این دستگاه مزایای آن را ایمنی سهولت استفاده و صرفه اقتصادی بیان داشت. همچنین جمشیدپویا (۲۰۱۸) اقدام به طراحی علوفه خردکن با قابلیت تغییر زاویه ماریچ تیغه‌های برش نمود و انرژی مورد استفاده دستگاه را بهینه نمود. با توجه به موارد یاد شده، لازم بود تا علوفه خردکن‌های متداول در منطقه از نظر فنی و اقتصادی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند تا مناسب‌ترین نوع آن به دامداران منطقه معرفی شود که این پژوهش با این هدف انجام شده است.

این امر نیز آن است که راستای طولی علوفه ورودی به چاپر همیشه با راستای حرکت آنها به سمت مکانیزم برش موازی و یا هم‌جهت نیست. البته خروج مقداری از علوفه که دارای طول کمتر از طول تئوری چاپر هستند ممکن است به دلیل پاره شدن، کوبیده شدن و یا له شدن باشد (ویلکس، ۱۹۸۵). غلتک‌های تغذیه نقش عمده‌ای روی تنظیم و تثبیت طول تئوری ذرات خرد شده ایفا می‌کند. در واقع به حداقل رساندن تأثیرپذیری طول ذرات خروجی، نسبت به تغییرات تراکم علوفه ناشی از طراحی صحیح غلتک‌های تغذیه است (کرن، ۱۹۸۵). بارینگتون و همکاران (۱۹۷۱) بیان کرده‌اند که طول تئوری برش علوفه، تابعی از سرعت تغذیه، تعداد تیغه و سرعت پیشروی است؛ اما تنها زمانی طول واقعی برش به طول تئوری نزدیک‌تر خواهد بود که ساقه‌ها به صورت صاف و مستقیم تغذیه شوند. حبیب و همکاران (۲۰۰۲) پارامترهای مختلف مؤثر بر عملکرد برش علوفه را به سه گروه عمده ابزار برش، گیاه و ماشین تقسیم‌بندی کرده‌اند و نشان دادند که مهم‌ترین عامل ابزار برش، زاویه لبه تیغه و برای گیاه، میزان رطوبت و شاخص اصلی عملکرد ماشین، سرعت دوران واحد برش بوده است. ماری و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی برای توسعه مکانیزم برش باگاس چغندرقد به این نتیجه رسیدند که کیفیت و میانگین طول برش متأثر از ترکیبی از پارامترهای میزان رطوبت، تعداد تیغه‌ها و سرعت تغذیه است. متوالی و همکاران (۱۹۹۵) بیان داشته‌اند که میزان رطوبت علوفه بر عملکرد روش‌های مختلف برش و خرد کردن ساقه پنبه مؤثر بوده است و نتیجه گرفتند که افزایش محتوی رطوبت باعث بهبود بازده برش و کاهش توان مورد نیاز شده است. کلنین و همکاران (۱۹۸۵) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که سرعت برش

را نیز آسیاب شد و سپس در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت که نتایج نشان داد که نوع جیره بر میزان خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی مؤثر بوده است. گارت (۲۰۰۱) اثر اندازه علوفه سیلویی را بر دامنه وسیعی از پارامترهای مؤثر در تغذیه گاوهای شیری بررسی کرد و نتیجه گرفت که کاهش بیش از حد طول قطعات علوفه باعث کاهش قابلیت هضم، کاهش میزان شیر و چربی شیر و بروز مشکلات سلامتی در دام می‌شود. این اثرات منفی به خصوص زمانی که میزان علوفه در جیره غذایی در کمترین حد ممکن خود بود، آشکارتر شد. با این حال، افزایش طول علوفه نیز باعث تغذیه انتخابی در دام‌ها خواهد شد. بنابراین، دامنه مناسبی از طول علوفه باید در نظر گرفته شود. طول نامناسب علوفه می‌تواند بر اثر تنظیمات نامناسب ماشین برداشت یا خردکن و نیز مکانیزم تغذیه علوفه باشد. گرانت و همکاران (۱۹۹۰) در پژوهشی نتیجه گرفتند که کاهش اندازه علوفه خرد شده باعث کاهش زمان نشخوار گاوهای شیری شده است، اما بر تعداد نشخوار کردن در طی ۲۴ ساعت و مدت زمان تغذیه تأثیری نداشته است. خرمدل و همکاران (۱۳۹۳) در یک بررسی اثرات کاهش اندازه قطعات علوفه یونجه بر روی ماده خشک مصرفی، فعالیت جویدن و عملکرد گاوهای شیری هلشتاین در اواسط شیردهی را بررسی و نتیجه گرفتند که به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که کاهش ذرات جیره سبب بهبود تولید و ترکیبات شیر گاوهای هلشتاین در اواسط شیردهی می‌شود. نتایج پژوهش ایوانی و همکاران (۱۳۸۳) بر روی عملکرد دو نوع چاپر نشان داد که از نظر شاخص طول متوسط هندسی، بین دو نوع چاپر اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است اما میزان انحراف معیار متفاوت بوده است. طول واقعی ذرات علوفه خرد شده توسط چاپر معمولاً بزرگ‌تر از طول تئوری آنها است. علت

مواد و روش ها

در این پژوهش، دو نوع علوفه و چهار روش خرد کردن مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش بر اساس آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار بود. فاکتور اول شامل چهار روش خرد کردن علوفه به وسیله علوفه خردکن های برقی گیوتینی، چاقویی، دوار و قیچی سنتی (شکل ۱) و فاکتور دوم شامل دو نوع علوفه یونجه و کلش گندم بود.

انتظار می رفت که یک علوفه خردکن در تنظیمات و زیر بارهای متفاوت، علوفه را به طور یکنواخت و با انحراف کمی از مقدار تنظیمی خرد نماید.

صفات مورد بررسی در این پژوهش شامل: شاخص طول متوسط هندسی (*GML*) و انحراف معیار آن، ظرفیت ماشین و انرژی ویژه و همچنین بررسی اقتصادی بود.

به منظور ارزیابی اقتصادی چهار دستگاه علوفه خردکن، هزینه تمام شده هر تن علوفه خرد شده محاسبه شد. از آنجائیکه در محاسبه هزینه تمام شده، ضروری است قیمت خرید دستگاه و هزینه های استهلاک سالانه را در نظر گرفت و با توجه به اهمیت هزینه های ثابت به ظرفیت کل، هزینه تمام شده در ظرفیت های مختلف محاسبه و توصیه های لازم بر اساس نیاز واحد انجام گرفت.

در این راستا با استفاده از اطلاعات جدول (۵)، هزینه تمام شده خرد کردن هر تن علوفه محاسبه شد.

ظرفیت کاری بر اساس تن در ساعت علوفه خرد شده به ازای یک نفر کارگر، ظرفیت روزانه به ازای ۸ ساعت کار مفید و هزینه برق مصرفی نیز به ریال و بر اساس کیلووات ساعت به ازای هر تن



شکل ۱- علوفه خردکن های مورد بررسی در پژوهش (الف: گیوتینی، ب: چاقویی، ج: دوار و د: دستی)



شکل ۳- علوفه جمع آوری شده بر روی الک ها (مربوط به تیمار کلش)



شکل ۲- دستگاه تفکیک علوفه جهت تعیین شاخص *GML* و انحراف معیار

وزن تقریبی ۱۰ کیلوگرم تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا نمونه ای جهت تعیین درصد رطوبت خشک پایه تهیه شده و سپس الک ها بر اساس اندازه از بزرگ به کوچک و از بالا به پایین چیده شده و مکانیزم تکان دهنده الک ها توسط کارور شروع به کار می کرد. محتوی علوفه خرد شده به آرامی از داخل کیسه بر روی الک بالایی ریخته شد. دو دقیقه پس از تخلیه کامل نمونه، دستگاه متوقف شده و وزن علوفه خردشده بر روی هر الک به طور جداگانه اندازه گیری شد (شکل ۳).

محاسبه شد. مبنای محاسبه ها بر اساس قیمت های سال ۱۳۹۳ به ریال بود.

روش اندازه گیری شاخص *GML* و انحراف معیار:

برای تعیین شاخص های *GML* و انحراف معیار از دستگاه تفکیک علوفه خردشده، استفاده شد. (*ASAE Standard, 1992*) که شامل پنج عدد الک به صورت سری بر اساس استاندارد بود (شکل ۲).

روش کار به این صورت بود که از هر تیمار سه نمونه علوفه خرد شده به

جدول ۱: مشخصات فنی علوفه خردکن‌های برقی مورد بررسی

دوآر	چاقویی	گیوتینی	نوع علوفه خردکن
تک فاز	تک فاز	تک فاز	نوع الکتروموتور
۲/۲	۱/۵	۱/۵	توان اسمی الکتروموتور (کیلووات)
۱۴۰۰	۱۴۳۰	۱۴۵۴	دور موتور اندازه گیری شده (دور در دقیقه)
۷۰۰۰	۱۲۶	۷۳	تعداد ضربه تیغه در دقیقه
۵	۱	۱	تعداد تیغه متحرک
۳۷۳۰۳	۶۸۴/۹	۳۷۹/۶	سرعت خطی تغذیه علوفه به سمت تیغه برش (سانتی متر در دقیقه)
۵/۳	۵/۱۵	۵/۲	طول تئوری برش علوفه بر اساس پارامترهای طراحی (سانتی متر)

اسمی الکتروموتور و برحسب کیلووات (۱)، مشخصات فنی دستگاه‌ها بر اساس ساعت در تن محاسبه شد. در جدول کاتالوگ شرکت سازنده ارائه شده است.

ظرفیت کار:

این شاخص در حین کار و بر اساس میزان علوفه خردشده بر حسب کیلوگرم بر ساعت برای طول برش در حدود ۸ الی ۱۲ سانتی متر (امکان تعیین دقیق اندازه برش در هیچ کدام از دستگاه‌ها ممکن نبود) و در رطوبت‌های ۳۰ و ۱۰ درصد خشک پایه تعیین شد. برای اندازه گیری درصد رطوبت نمونه‌ها نیز از روش نمونه گیری و خشک کردن در آون مطابق با استاندارد (AOAC, 1984) استفاده شد.

انرژی ویژه:

انرژی ویژه مورد نیاز ماشین بر اساس توان

جدول ۲: تجزیه واریانس شامفص‌ها

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
SD	GML		
۰/۱۶*	۰/۰۸ n.s	۳	علوفه خردکن
۰/۰۲۷ n.s	۴۴/۲۲**	۱	نوع علوفه
۰/۰۲۴ n.s	۰/۴۲ n.s	۳	اثر متقابل
۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۱۶	اشتباه
-	-	۲۳	کل
۷/۲۸	۵/۴۱	-	%Cv

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتایج و بحث:

شاخص GML و انحراف معیار:

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های میانگین طول متوسط هندسی و انحراف معیار برای تیمارها در جدول (۲) ارائه شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین مربعات شاخص انحراف معیار در چهار نوع علوفه خردکن در سطح احتمال ۹۵ درصد و میانگین مربعات شاخص طول متوسط هندسی برای دو نوع علوفه یونجه و کلش گندم در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی دار بود. اثرات متقابل دو فاکتور نیز معنی دار نبود.

همچنین، این نتایج نشان داد که معیار این شاخص طول متوسط هندسی در هر نوع علوفه مستقل از نوع علوفه خردکن است. اما میزان انحراف

معیار این شاخص که بیانگر میزان یکنواختی است، متفاوت بود. از این علوفه خردکن دوار بود. نظر بیشترین انحراف معیار مربوط به

جدول ۳: میانگین طول متوسط هندسی و انحراف معیار

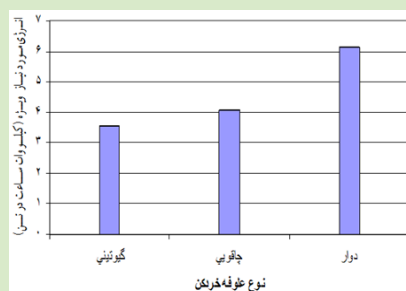
منابع تغییر	SD	GML
علوفه خردکن برقی گیوتینی	۹/۸۴ a	۲/۲۹ b
علوفه خردکن برقی چاقویی	۹/۶۹ a	۲/۲۸ b
علوفه خردکن برقی دوار	۹/۷۲ a	۲/۵۴ a
قیچی سنتی	۹/۹۴ a	۲/۱۵ b
-	-	-
یونجه	۸/۴۴ a	۲/۳۵ a
کلش گندم	۱۱/۱۵ b	۲/۲۸ a

باتوجه به جدول (۳)، علوفه خردکن برقی دوار با میانگین انحراف معیار ۲/۵۴ در وضعیت نامطلوبی نسبت به سایر دستگاه ها قرار داشت. بدین معنی که انحراف معیار بزرگ تر نشان دهنده پراکندگی بیشتر طول علوفه خرد شده نسبت به میانگین طول برش بوده است.

جدول ۴: ظرفیت کاری برای خرد کردن یونجه در علوفه خردکن های مختلف

ظرفیت کار (کیلوگرم در ساعت)	کارگر مورد نیاز	ظرفیت کار (کیلوگرم در ساعت)	
		رطوبت ۳۰ درصد	رطوبت ۱۰ درصد
گیوتینی	۱	۵۲۲	۴۲۱
چاقویی	۱	۴۸۶	۳۷۰
دوار	۱	۴۲۹	۳۵۸
قیچی دستی	۲	۸۳	۷۰

شکل ۴: انرژی ویژه مورد نیاز ماشین در علوفه خردکن های برقی مورد بررسی



شاخص ظرفیت کاری و انرژی ویژه مورد نیاز ماشین:

بر اساس اندازه گیری های صورت گرفته از نظر ظرفیت کاری، علوفه خردکن گیوتینی بیشترین ظرفیت کاری را نسبت به دیگر دستگاه ها داشت که دلیل این امر می تواند تغذیه پیوسته علوفه و میزان بیشتر علوفه هدایت شده به سمت تیغه برش در هر برش باشد. به دلیل عدم وجود سیستم تغذیه دائم در علوفه خردکن دوار و سرعت دورانی بسیار بالاتر در این مدل، برش علوفه به صورت منقطع صورت می گیرد و فقط در زمانی که کارور اقدام به تغذیه دستگاه می کند، علوفه خرد می شود.

اما در زمانی که کارور اقدام به برداشتن علوفه از زمین می نماید دستگاه به صورت خالی و بی بار کار می کند. در جدول (۴)، ظرفیت کاری علوفه خردکن ها ارائه شده است.

میزان انرژی ویژه مورد نیاز برای سه دستگاه علوفه خردکن برقی، در شکل (۴) ارائه شده است. علوفه خردکن دوار به دلیل عدم وجود سیستم چرخ لنگر، به الکتروموتور قوی تری نیاز داشته و همچنین به دلیل عدم امکان تغذیه ممتد علوفه دارای انرژی مصرفی بالاتری بود. در عمل نیز مشاهده شد که پس از قطع جریان برق در نوع گیوتینی و چاقویی به دلیل وجود چرخ لنگر چندین برش صورت گرفته و سپس دستگاه از حرکت باز می ایستد.

خواهد شد. علت اختلاف قابل توجه قیچی دستی با سه دستگاه دیگر، بازده کمتر کار و نیاز به یک نفر کارگر اضافه است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، روش دستی (قیچی سنتی) در خرد کردن علوفه به دلیل هزینه کارگری بالاتر، ظرفیت کار کمتر و خطرات احتمالی بیشتر، مناسب تشخیص داده نشد. علوفه خردکن برقی گیوتینی به دلیل انرژی ویژه کمتر و ظرفیت کاری نسبتاً بالاتر، مناسب‌ترین دستگاه تشخیص داده شد. علوفه خردکن برقی چاقویی دارای سیستم هوشمند تشخیص فاصله کاربر بوده و از نظر رعایت مسائل ایمنی امتیاز بالاتری داشت. همچنین در این نوع خردکن، مؤلفه‌های طراحی دستگاه به گونه‌ای است که قابلیت برش یونجه در طول‌های یک الی ۱/۵ سانتی‌متر و کمتر را که برای تغذیه شترمرغ به کار می‌رود را دارد و از این نظر دارای مزیت است.

در علوفه خردکن دوآر امکان تنظیم طول برش علوفه فقط با جابجا نمودن دو چرخ دنده بزرگ و کوچک در مسیر انتقال توان (برای تغییر سرعت دورانی تیغه‌ها) میسر بوده و همچنین به پارامترهای طراحی دستگاه و از جمله تعداد تیغه‌های متحرک بستگی داشت. از نظر انرژی ویژه نیز این نوع علوفه خردکن بالاترین میزان مصرف انرژی را داشت. همچنین میزان خردشدگی و پودر شدن علوفه در آن بیشتر بود.

توصیه ترویجی

استفاده از علوفه خردکن‌های برقی گیوتینی و چاقویی در مقایسه با علوفه خردکن‌های دستی، علاوه بر افزایش ظرفیت کاری و نیاز به نیروی کارگری کمتر، از نظر کیفیت علوفه خرد شده مناسب‌تر بوده و از ایمنی بالاتری برای کاربر برخوردار می‌باشند. همچنین از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می‌باشند.

جدول ۵: مقایسه هزینه‌های دستگاه‌های علوفه خردکن سنتی و برقی

نوع ماشین	عمر مفید (سال)	ظرفیت (تن در ساعت)	ظرفیت روزانه (تن در ساعت)	هزینه‌های ثابت		هزینه‌های متغیر	
				قیمت دستگاه (ریال)	هزینه استهلاک (ریال)	دستمزد کارگر (ریال)	هزینه برق (ریال)
گیوتینی	۱۰	۰/۴۲۱	۳/۳۶۸	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۳۵۶۲
چاقویی	۱۰	۰/۳۷	۲/۹۶	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۴۰۵۴
دوآر	۱۰	۰/۳۵۸	۲/۸۶۴	۶۰۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۶۱۴۵
سنتی	۱۰	۰/۰۳۵	۰/۲۸	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	-

بررسی اقتصادی:

گیوتینی و دستی است. به عبارت دیگر، نوع دستگاه مورد استفاده تأثیر فراوانی در هزینه خرد کردن علوفه و در نتیجه قیمت تمام‌شده فرآورده‌های دامپروری دارد که با مدیریت صحیح می‌تواند صرفه‌جویی قابل توجهی در فرآیند تولید صورت پذیرد. همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، هزینه خرد کردن هر تن علوفه در قیچی دستی در تمامی ظرفیت‌ها بسیار بیشتر از دیگر دستگاه‌ها است. این دستگاه که از لحاظ فنی و ایمنی نیز وضعیت مطلوبی نداشت از لحاظ اقتصادی نیز در وضعیت مناسبی قرار ندارد. همچنین، با توجه به هزینه تمام شده علوفه خردشده در روش قیچی دستی و علوفه خردکن گیوتینی چنانچه مصرف سالانه واحد تولیدی بیش از ۱۸/۴ تن باشد، هزینه خرید دستگاه و هزینه کارگری روش دستی به نقطه سر به سر می‌رسد.

به عبارت دیگر، چنانچه قرار باشد بیش از ۱۸/۴ تن علوفه در هر دوره زمانی خرد شود، خرید هر یک از علوفه خردکن‌ها به صرفه خواهد بود. بدین معنی که چنانچه مصرف علوفه خردشده واحد دامداری بیش از ۱۸/۴ تن در سال باشد، هزینه خرید یک دستگاه علوفه خردکن در سال اول استفاده مستهلاک

هزینه‌های ثابت و متغیر دستگاه‌ها در جدول (۵)، ارائه شده است. دستگاه‌های علوفه خردکن دوآر، گیوتینی، چاقویی و دستی به ترتیب روزانه ۲/۸۶۴، ۳/۳۶۸، ۲/۹۶ و ۰/۲۸ تن به ازای هر کارگر علوفه خرد می‌کنند. چنانچه قیمت خرید دستگاه‌ها به ترتیب ذکر شده ۶، ۱۲، ۱۲ و ۱ میلیون ریال و عمر مفید آنها ۱۰ سال در نظر گرفته شود؛ در این صورت، هزینه سالانه استهلاک دستگاه‌ها ۰/۶، ۱/۲، ۱/۲ و ۰/۱ میلیون ریال محاسبه خواهد شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هزینه استهلاک سالانه علوفه خردکن دستی کمتر از بقیه است؛ با این وجود، در میزان هزینه‌های متغیر (مجموع هزینه‌های کارگری و برق مصرفی) بین دستگاه‌ها اختلاف اساسی وجود دارد. با اینکه علوفه خردکن دستی نیازی به برق ندارد ولی ظرفیت اندک و نیاز به نیروی کار فراوان، این وسیله را در مقایسه با دیگر دستگاه‌ها در وضعیت مطلوبی قرار نمی‌دهد. به طوری که در ستون آخر جدول مشاهده می‌گردد، هزینه تمام شده خرد کردن هر تن علوفه در حدود ۶۳ الی ۷۱۴ هزار ریال است که کمترین و بیشترین هزینه به ترتیب متعلق به علوفه خردکن

فهرست منابع

- Habib, R.A., Azzam, B.S., Nasr, G.M. and Khattab, A.A. 2002. The parameter affecting the cutting process performance of agricultural plants *Misr Journal of Agricultural Engineering*. 19(2): 361-372.
- Jamshidpouya, M., G. Najafi, G. and Tavakoli Hashjin, T. 2018. Design, fabrication and evaluation of electric forage. *J. Agr. Sci. Tech.* 19: 923-938
- Chopper with Adjustable Helix Angle
- Kepner, R., Bainer, A., and Barger, E. L. 1978. *Principles of Farm Machinery*. 3rd edition. AVI, Westport. CT. 527 pp.
- Klenin, N.I., Popov, I F. and Sakun, V.A. 1985. *Agricultural Machines. Machines and technology for cleaning and grading agricultural produce*. Amerind Pub. CO. PVT. Ltd. New Delhi: 433-443.
- Marey, S.A., Drees, A.M., Sayed-Ahmed, I.F. and El-Keway, A.A. 2007. Development a feeding mechanism of chopper for chopping sugarcane bagasse. *Misr Journal of Agricultural Engineering*. 24(2): 299-317.
- Metwalli, M.M., Helmy, M.A., Gomoa, S.M. and Khatteeb, H.A. 1995. Evolution of different mechanical methods of cutting and chopping cotton stalks. *Misr Journal of Agricultural Engineering*. 12(2): 205-217.
- Mohsenin, N.N. 1970. *Physical properties of plant and materials*. Vol. I: Structure Physical characteristics and mechanical properties. New York: Gordon-Breach, 734.
- Wilkes, R.S. 1985. Review of reference book on cutting fibrous material. Personal communication to S. Person. Authors' affiliation: John Deere Ottumwa works, Ottumwa IO.
- احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، ا. و رفیعی، م. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۵-۹۶، جلد اول (محصولات زراعی). وزارت جهاد کشاورزی. ایوانی، ا.، حقایقی، س.ا.، نجفی، ا.، زمانیان، م.، اسدی، ه. و ایرانی، پ. ۱۳۸۳. بررسی زراعی، فنی و اقتصادی ذرت سیلویی و چاپر جدید با فاصله ردیف های ۵۰ سانتی متر نسبت به چاپر مرسوم در تراکمها و فاصله ردیفهای مختلف کاشت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۱۰۱ صفحه.
- کریمی، ه. ۱۳۶۹. یونجه. مرکز نشر دانشگاهی تهران. چاپ اول.
- پور آذری، ع.م.، محمودزاده، ه.، امینی، ج. و رزاق زاده، س. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف پروتئین و انرژی خوراک بر عملکرد پرواری گوساله‌های نر گاو میش در منطقه آذربایجان غربی. پژوهش و سازندگی. ۱۷(۲): ۵۹-۵۵.
- خرمدلی، ی.، پیرمحمدی، ر.، فرهومند، پ. و صحرایی بلوردی، م. ۱۳۹۳. تأثیر اندازه ذرات یونجه بر مصرف خوراک، رفتار جویدن و عملکرد گاوهای هلشتاین در اواسط شیردهی. علوم دامی (پژوهش و سازندگی). ۱۰۲: ۱۲-۱۲۱.
- قریبی، ق.ب.، سیدلو، س.، ص. و نوید، ح. ۱۳۹۳. طراحی و روش ساخت ماشین علوفه خردکن مناسب برای دامپروری‌های با ظرفیت متوسط. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تبریز. دوره ۲ شماره ۲.
- AOAC. 1984. *Official methods of analysis of association of official analytical chemists*, 14Ed. USA: William Byrd Press, Richmond.
- ASAE standards (S424.1 MAR98). 1992. *Method of Determining and Expressing Particle Size of Chopped Forage Materials by Screening*.
- Ahlgrimm, H.J. 1974. Evaluating Forage chopper length - of-cut samples, *ASAE paper 74 1005*, Stillwater, June 23-26.
- Barrington, G.P., Berge, O.I. and Finnor, M.F. 1971. Effect of using a re cutter in a cylinder type forage harvester for chopping low moisture grass silage. *Trans. ASAE*. 14(2): 232-233.
- Beauchemin, K.A., Schaalje, G.B., Farr, B.I. and Rode, L.M. 1994. Effects of alfalfa silage chop length and supplementary long hay on chewing and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77(5): 1326-1339.
- Crane, J.W. 1985. Review of mechanics of cutting plant material by person and chancellor. Personal communication to S. Person 1985. Authors' affiliation: Sperry new Holland res. Dev. Dept.
- Garrett R.O. 2001. Application of forage particle length determination in dairy practice. *Food Animal*. 23(3): 30-37.
- Ghorbani, Z., Masoumi, A.A. and Hemmat, A. 2010. Specific energy consumption for reducing the size of alfalfa chops using a hammer mill. *Biosystems Engineering*. 105(1): 34-40.
- Grant, R.J., Colenbrander, V.F. and Albright, J.L. 1990. Effect of particle size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows. *Journal of dairy science*. 73(11): 3158-3164.