نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۱۲، پاییز ۱۳۹۵
ص‌ص: ۱۱۷~۱۲۸

سنجش فعالیت مصرف خوراک در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌هایی با اندازه ذرات متفاوت با استفاده از دستگاه ثبت خودکار فعالیت جوشی

- **سید مهدی کریم‌زاده** (نویسنده مسئول)
  دانشجوی دکتری تغذیه دام
- **منصور رضایی**
  استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات
- **اسدالله تیموری**
  دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات

تاریخ دریافت : آذر ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۳۹۴

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۱۵۴۳۵۷۱
Email: karimzadeh.s.mehdi@gmail.com

چکیده

در این آزمایش برای اولین بار در ایران با طراحی، ساخت و استفاده از دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن، رفتار تغذیه‌ای دام مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت. ۸ راس گاو هلشتاین مشابه با توجه به مرحله تولید، وزن، سن، نژاد و سلامت، در قالب طرح چرخشی ۲×۲[1] و در دو دوره آزمایش ۲۱ روزه استفاده شدند. شیوه به‌دست آوردن فعالیت جویدن به روش چشمی و دستگاه ثبت خودکار جویدن معنی‌دار نبود و بالا بودن سطوح معنی‌داری آن نشان دهنده صحت کارکرد دستگاه بود. میزان جابه‌جایی حرکات فک در زمان مصرف خوراک، با افزایش اندازه ذرات علوفه یونجه خشک، کاهش پیدا کرد. تعداد حرکات فک در یک دقیقه مصرف خوراک در بین دو تیمار تغذیه‌ای از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۱۳۰۲). میزان جابجایی فک حیوان در یک ثانیه در زمان مصرف خوراک با افزایش اندازه ذرات یونجه خوراک کاهش پیدا کرد. میزان جابه‌جایی فک در هر بار باز و بسته شدن فک در زمان مصرف خوراک با افزایش اندازه ذرات علوفه جیره، کاهش پیدا کرد. تعداد جوش در هر ثانیه برای جیره حاوی ذرات کوتاه‌تر یونجه خشک ۱/۳٦ و برای ذرات درشت‌تر یونجه خشک ۱/۳۳ بار بود که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (P=۰/۱٤۹۱).

واژه‌های کلیدی: اندازه ذرات، رفتار تغذیه‌ای، علوفه یونجه، هلشتاین

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 112 pp: 117-128

Assessment of feed intake activity lactating dairy cattle fed diets with different particle sizes using new automatic chewing activity recorder

By: Seyyed Mehdi Karimzadeh1*, Mansour Rezaei[1], Assadollah Teimori[1]
1-University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sari, Department of Animal Science and Fisheries

Received: December 2015 **Accepted: February 2016**

In this experiment for the first time in Iran, designing, manufactureing and use of a new automated chewing activity recorder was evaluated to assay feed intake activity in lactating dairy cattle fed diets with different particle size. 8 Holstein cows are similar production, weight, age, breed and health, were used in a changover design 2×2 with two 21-day periods. The chewing activity that record visually and automatic recorder was not significant different that indicates the accuracy and performance of the new device. During of intake, jaw movements decreased when particle size of alfalfa hay increased. The number of jaw movements per minute when feed intake was not significant between the two treatment (P=0.1302). The jaw movement per a second was reduced when particle size of alfalfa hay increased. The jaw in each opening and closing movement were reduced when dietary forage particle size increased. The number of chewing per second was 1.36 time for ration containing shorter particles alfalfa hay and 1.33 time for larger particles alfalfa hay that were not statistically significant difference (P=0.1491).

Key words: particle size, feeding behavior, alfalfa hay, Holstein

مقدمه

برای درک کامل عوامل تغذیه‌ای که بر عملکرد طبیعی شکمبه تاثیر گذار است، نیاز است تا درک درستی از فعالیت جویدن و نشخوار دام وجود داشته باشد (Kononoff و همکاران، 2002). از این‌رو متخصصان علاقه‌مند بودند تا با استفاده از یک روش غیر تهاجمی[1]، فعالیت مصرف خوراک را برای بلندمدت به‌صورت خودکار اندازه‌گیری کنند. به این منظور، حسگرهای مختلفی برای نظارت بر حرکات فک نشخوارکنندگان همانند سوئیچ‌های فکی و جیوه‌ای[2] (Stobbs and Cowper، 1972)، شتاب سنج‌ها و مبدل‌های جابه‌جایی[3] (Chambers و همکاران، 1981)، بالن‌های فکی و مبدل‌های فشاری (Derrick و همکاران، 1993) و سامانه‌های توسعه یافته برای آخور حیوانات (Beauchemin و همکاران، 1989) توسعه یافته‌اند. لذا امروزه با روش‌های گوناگون می‌توان فعالیت جویدن را در گاوهای شیرده سنجید (Matsui and Okubo، 1991).

سنجش دقیق بلند مدت رفتار جویدن، مصرف خوراک و نشخوار باید با استفاده ضبط الکترونیکی یا با مشاهدات چشمی اندازه‌گیری شود (Penning، 1983).

Ungar and Rutter (2006) گزارش کردند که چگونه می‌توان از دستگاه الکترونیکی برای ضبط خودکار حرکات فک استفاده کرد. همراه با دستگاه‌ها، نرم افزارهای رایانه‌ای هم توسعه یافته‌اند که حرکات و حوادث را تفسیر می‌کنند. این نوع از سامانه در درجه اول برای شمارش حرکات فک، تمایز بین برآورد زمان سپری شده برای مصرف خوراک، نشخوار و استراحت طراحی شده‌اند. از سوی دیگر Beauchemin and Buchanan-Smith (1989)گزارش کردند توصیف چگونگی ضبط و تجزیه و تحلیل داده‌های رایانه‌ای، ممکن است سبب شود که زمان سپری شده برای مصرف خوراک بیشتر برآورد شود. علت برآورد بیشتر در زمان مصرف خوراک می‌تواند به دلیل مشکل در تشخیص واقعی فعالیت مصرف خوراک از دیگر فعالیت‌ها، مانند

[1] Non-invasive
[2] Jaw and mercury switches
[3] Displacement transducers

لیس زدن و نظافت خود باشد. این برآورد بیشتر با مشاهدات چشمی مقایسه شده بود. به هر حال، همه تکنیک‌ها برای همه جانوران و گونه‌ها مناسب نیست. به‌عنوان مثال دهن بندها[4] و یا نگه دارنده‌ها[5] ممکن است برای حیوانات بزرگ‌تر مناسب باشد.

پژوهش‌های انجام شده در یک ایستگاه پژوهشی ART[6] در سوئیس، با هدف توسعه یک سامانه قابل اعتماد برای شناسایی زود هنگام ناهنجاری‌های متابولیک، معرفی یک روش اندازه‌گیری خودکار نشخوار، مصرف غذا، مصرف آب و نقل و انتقال و به منظور کمک به بهبود مدیریت سلامت و تضمین رفاه دام و سودآوری مزارع گاو شیرده انجام شدند. به هر حال، در ایران هنوز برای سنجش فعالیت جویدن حتی در پروژه‌های تحقیقاتی از روش سنتی و قدیمی چشمی استفاده می‌شود. لذا در این آزمایش، برای اولین بار در ایران با طراحی، ساخت و استفاده از دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن، رفتار تغذیه‌ای دام مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، ۸ رأس گاو هلشتاین در اواسط شیردهی با میانگین روزهای شیردهی ۷±۲۱۵ روز و میانگین تولید روزانه ۳±۳۹ کیلوگرم و با وزن بدن ۳۸±۶۶۲ کیلوگرم با تعداد دفعات زایش ۲ تا ۵، در قالب طرح چرخشی۲×۲ مورد استفاده قرار گرفتند. این تحقیق از اسفند سال ۹۳ تا خرداد سال ۹۴ در مزرعه آموزشی و پژوهشی لورک، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. یک هفته قبل از شروع طرح، گاوها از لحاظ سلامت مورد ارزیابی قرار گرفتند. گاوها در آغاز آزمایش به‌طور تصادفی به هر یک از دو تیمار تغذیه‌ای اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۲ جیره با اندازه ذرات علوفه‌ای متفاوت وترکیبات شیمیایی یکسان بودند.

احتیاجات خوراکی و جیره خوراکی با استفاده از نرم افزار جیره نویسی CNCPS(5.0) تنظیم شدند. اجزای تشکیل دهنده جیره شامل یونجه خشک، ذرت سیلویی، دانه جوی آسیاب شده، دانه ذرت آسیاب شده، کنجاله سویا، یاسمینو، پودر ماهی، پودر صابونی اسید چرب، جوش شیرین، دی فسفات کلسیم، نمک، پیش مخلوط ویتامینی[7] به ترتیب به مقدار ۲۵/۰۱، ۱۵/۰۰، ۱۶/۰۱، ۲۲/۰۰، ۱۵/۰۰، ۱/۰۰، ۱/۰۰، ۳/۲۰، ۰/۱۸، ۰/۵۰، ۰/۲۰ و ۰/۹۰ درصد ماده خشک بودند. دام‌ها در مدت ۱۴ روز عادت‌دهی به آبشخورها و آخورهای انفرادی دسترسی آزاد داشتند، جیره‌ها در حد اشتها در اختیار گاوها قرار گرفتند به‌گونه‌ای که حدود ۵ تا ۱۰ درصد از خوراک روز قبل در آخور باقی ماند. گاوها در طول شبانه روز دسترسی آزاد[8] به آب خنک و تمیز داشتند و با جیره آزمایشی ۲ وعده در روز به نسبت ۵۰ و ۵۰ درصد در ساعات ۰۹:۰۰ و ۱۵:۰۰ تغذیه شدند.

میانگین هندسی اندازه قطعات یونجه، خوراک و پس‌آخور بر اساس روش توصیه شده دانشگاه پنسیلوانیا اندازه‌گیری شد. ضریب مؤثر بودن براساس نسبت مواد خشک باقی‌مانده در الک-های ۲ و ۳ به کل مواد الک شده خشک بر اساس توصیه قدیمی الک‌های دانشگاه پنسیلوانیا (Lammers و همکاران، 1996) و توصیه جدید الک‌های پنسیلوانیا (Mertens، 1997 ؛ Kononoff و همکاران، 2003) به‌دست آمد. میانگین هندسی و انحراف معیار ذرات مواد خوراکی بر اساس جامعه مهندسی کشاورزی آمریکا با استفاده از روابط زیر محاسبه شد. (ASAE، ۲۰۰۲):

$$d_{gw} = \log^{-1}\left|\frac{\Sigma\,(W_i \log \bar{d}_i)}{\Sigma\, W_i}\right|$$

$$S_{gw} = \log^{-1}\left|\frac{\Sigma\, W_i\,(\log \bar{d}_i - \log d_{gw})}{\Sigma\, W_i}\right|^{1/2}$$

که در این رابطه d_{gw} میانگین هندسی، S_{gw} انحراف معیار ذرات مواد خوراکی، d_i قطر منفذ الک (میلی‌متر) و w_i درصد تجمعی ماده در روی هر الک می‌باشند. عامل مؤثر فیزیکی علوفه‌ها و جیره‌های کاملاً مخلوط از ۳ طریق مختلف که شامل pef_m (عامل مؤثر فیزیکی بر اساس نسبت ماده خشک باقی‌مانده روی الک با

[4] Harness
[5] Holders
[6] Agroscope Reckenholz-Tänikon

[7] مکمل در هر کیلوگرم شامل ۱۹۶ گرم کلسیم، ۵۰۰۰۰۰IU ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰IUویتامین D3، ۱۰۰ میلی گرم ویتامین E، ۹۶ گرم فسفر، ۱۹ گرم منیزیم، ٤٦ گرم سدیم، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۳۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۱ میلی‌گرم سلنیوم، ۴۰۰ میلی گرم آنتی‌اکسیدان

[8] Ad Libitum

قطر ۱/۱۸ میلی‌متری) (Mertens ، 1997)، عامل مؤثر فیزیکی بر اساس مجموع نسبت ماده خشک روی دو الک ۱۹ و ۸ میلی-متری، $pef_{>8}$ (Lammers و همکاران، 1996)، و عامل مؤثر فیزیکی بر اساس مجموع نسبت ماده خشک بر روی سه الک ۱۹، ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متری؛ $pef_{>1/18}$ محاسبه شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی علوفه یونجه و جیره کاملاً مخلوط یونجه ریز (بر اساس ماده خشک)

مواد غذایی	سیلوی ذرت	یونجه ریز	یونجه درشت	(جیره ۱)[1]	(جیره ۲)[2]	SEM	*P*-value
ماده خشک (درصد)	۲۹/۶۵	۹۳/۲۴	۹۲/۸۳	۷۱/۰۷	۷۰/۳۹	۱/۱۷۸	۰/۸۴۷۰
پروتئین خام (درصد)	۸/۳۰	۱۳/۸۰	۱۳/۸۰	۱۶/۹۳	۱۶/۸۶	۰/۳۸۱	۰/۹۴۵۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۴۸/۸۷	۵۸/۱۲	۵۸/۳۶	۲۹/۵۱	۲۹/۴۴	۰/۲۳۴	۰/۸۱۳۳
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۲۴/۳۱	۳۶/۳۴	۳۶/۳۱	۱۶/۲۶	۱۶/۲۵	۰/۰۱۳	۰/۸۹۶۰
کربوهیدرات غیر الیافی (درصد)	۴۳/۶۱	۲۴/۵۴	۲۴/۵۲	۴۴/۱۰	۴۴/۲۱	۱/۱۵۶	۰/۸۹۱۸
نشاسته (درصد)	۳۵/۰۰	۱/۴۳	۱/۳۹	۲۸/۷۱	۲۸/۷۳	۰/۸۲۵	۰/۸۶۱۷
لیگنین (ماده خشک) (درصد)	۲/۹۱	۷/۵۴	۷/۵۴	۲/۹۳	۲/۹۱	۰/۰۳۱	۰/۶۹۳۲
طول هندسی (میلی‌متر)	۷/۹۵	۳/۰۹	۴/۶۵	۲/۹۱[a]	۳/۶۰[b]	۰/۵۳۹	۰/۰۰۰۱
$peNDF_{>8}$[3] (درصد)	۳۱/۷۹	۱۵/۹۰	۲۲/۱۹	۶/۹۳[a]	۸/۶۳[b]	۱/۲۰۲	۰/۰۰۰۱
peNDF>1.18[4] (درصد)	۴۴/۷۳	۳۶/۷۶	۴۱/۹۸	۱۸/۶۷[a]	۲۰/۷۲[b]	۱/۷۸۶	۰/۰۰۰۷
DCAD[5] (میلی اکی‌والان بر کیلوگرم)		۳۴۰/۰۰	۳۴۰/۰۰	۱۶۳/۰۰	۱۶۲/۰۰	۱/۱۰۸	۰/۹۲۶۴
خاکستر (درصد)	۴/۲۱	۱۰/۱۲	۱۰/۰۹	۶/۹۴	۶/۹۱	۰/۱۸۷	۰/۸۷۹۰
NEL[6] (مگا کالری بر کیلوگرم)	۱/۴۰	۱/۱۴	۱/۱۵	۱/۶۸	۱/۶۸	۰/۰۰۱	۰/۹۷۶۳

[1] جیره کاملاً مخلوط حاوی یونجه خشک شده با طول میانگین هندسی ۳/۰۹ میلی‌متر، [2] جیره کاملاً مخلوط حاوی جیره یونجه خشک با میانگین هندسی ۴/۶۵ میلی‌متر، [3] بخش ذرات باقی-مانده در الک‌هایی با منافذ ۱۹ و ۸ میلی‌متر، از الک PSPS (Lammers و همکاران، 1996)

$peNDF_{>1.18}(\%) = (DM\%>19mm \times NDF\%>19mm) + (DM\%>8mm \times NDF\%>8mm) + (DM\%>1.18mm \times NDF\%>1.18mm)$

[4] بخش ذرات باقی‌مانده در الک با منفذ ۱/۱۸ میلی‌متر از الک PSPS (Mertens ، 1997 ؛ Kononoff و همکاران، 2003)

$peNDF_{>8}(\%) = (DM\%>19mm \times NDF\%>19mm) + (DM\%>8mm \times NDF\%>8mm$

[5] تفاوت آنیون و کاتیونی، [6] براساس تخمین NRC، 2001.

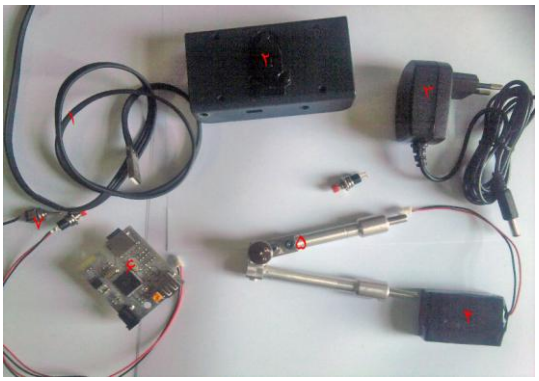
برای اندازه‌گیری فعالیت جویدن که شامل فعالیت نشخوار و مصرف خوراک است، در روز اول هر دوره نمونه‌گیری به دو صورت: مشاهدات چشمی(توسط فردی که هر ۵ دقیقه یک‌بار وارد اصطبل دام‌ها می‌شد ثبت گردید و فرض بر این بود که این فعالیت در بین یک دوره ۵ دقیقه بدون تغییر باقی می‌ماند) و همچنین با استفاده از دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن، اقدام به ثبت فعالیت جویدن شد (Krause و همکاران، 2002 ؛ Teimouri و همکاران، 2004).

ساخت دستگاه ثبت خودکار جویدن

این سامانه با هدف ثبت خودکار حرکت فک گاو به سمت بالا و پایین و به سمت چپ به راست با نرخ ۱۶عدد برای هر حسگر در ثانیه طراحی و ساخته شد. بدین منظور، از پتانسیومتر به عنوان حسگر تبدیل تغییرات زاویه به تغییرات ولتاژ به‌صورت خطی استفاده شد. در این روش که با نام روش تقسیم ولتاژ شناخته می‌شود با اعمال یک ولتاژ ثابت به دو سر پتانسومتر و اندازه‌گیری ولتاژ سر وسط پتانسومتر می‌توان موقعیت مکانی سر وسط را نسبت به دو سر دیگر با دقت بالا تعیین نمود. برای ذخیره‌سازی اطلاعات حسگرها از یک حافظه[9] با حجم حافظه ۴ گیگا بایت استفاده شده و اطلاعات حسگرها با نرخ شانزده هرتز (شانزده نمونه در ثانیه) با حجم دو بایت برای هر حسگر ذخیره می‌گردد. در صورت هرگونه اتفاق ناخواسته که سبب آغاز دوباره و یا خاموش شدن دیتالاگر شود، فقط اطلاعات چند ثانیه آخر از دست خواهد رفت.

[9] Micro SD

از فرمت فت (FAT) به‌منظور پیکربندی حافظه استفاده شده است و اطلاعات دریافتی در یک فایل با فرمت متنی (TEXT) ذخیره شدند که قابل باز شدن توسط نرم افزارهای استاندارد ویرایش متن و یا نرم افزار اکسل است. برای تأمین انرژی دیتا لاگر و اجزاء متصل به آن مانند حسگرها، ماژول ساعت و تاریخ، حافظه جانبی و فرستنده بیسیم از باطری داخلی با یک سلول ۳/۷ ولت قابل شارژ[10] با ظرفیت ۱۰۵۰ میلی آمپر و ولتاژ اسمی ۳/۷ استفاده شد. بخش‌های اصلی این سامانه و همچنین نمای کامل از دستگاه ثبت خودکار جویدن در گاو بر روی سر حیوان در شکل‌های زیر آمده است.



شکل ۱- اجزاء تشکیل دهنده دستگاه ثبت خودکار فعالیت جویدن(قسمت سخت افزاری دستگاه فعالیت سنج جویدن در گاو توسط شرکت آرتمن[11] در تهران ساخته شد)، ۱- کابل رابط بین حسگر و سخت افزار جهت ارسال اطلاعات، ۲- محافظ سخت افزار به همراه گیره نگه دارنده، ۳- شارژر باطری، ۴- باطری لیتیومی برای ذخیره انرژی برای دستگاه طی ۲۴ ساعت، ۵- حسگرهای حرکتی طراحی شده توسط شرکت آرتمن، ۶- سخت افزار طراحی شده توسط شرکت آرتمن، ۷- کلیدهای روشن خاموش و آغاز و پایان جمع-آوری داده‌ها

شکل ۲- نحوه قرار گرفتن دستگاه ثبت خودکار جویدن بر روی سر حیوان

داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم افزار آماری (2000) SAS و با رویه (Mixed) با استفاده از مدل آماری زیر آنالیز می‌شود.

$$Y_{ijk}= \mu+T_i + P_j + Cow_k(T)_i+ e_{ijk(i)}$$

که در این رابطه، μ: میانگین جامعه، T_i:اثر ثابت تیمار، P_j: اثر ثابت دوره، $Cow_k(T)_i$:اثر تصادفی گاو در تیمار، $e_{ijk(i)}$: اثر تصادفی باقی‌مانده‌ها هستند. مقایسه‌ها با روش چند دامنه‌ای دانکن و در این آزمایش تفاوت بین میانگین‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و تمایل به معنی‌داری ۰/۱۰ تا ۰/۰۵ منظور گردید.

نتایج و بحث

مصرف خوراک

مقدار ماده خشک مصرفی گاوها تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰۵۹۷). گاوهایی که با جیره حاوی علوفه با اندازه ذرات ریزتری تغذیه شده بودند، مقدار خوراک مصرفی بیشتری داشته‌اند (۲۵ در مقابل ۲۲/۵ کیلوگرم در روز). کربوهیدرات‌های غیر الیافی مصرفی نیز با افزایش اندازه ذرات یونجه خشک کاهش یافت (P=۰/۰۵۶۹). نتایج آزمایش برخی از محققین نشان دادند که با کوتاه‌تر شدن اندازه ذرات خوراک، ماده خشک مصرفی و از طرف دیگر، انرژی و تأمین مواد مغذی در گاوهای شیرده با تولید بالا، افزایش پیدا می‌کند (Teimouri و همکاران، 2004؛ Zebeli و همکاران، 2008). اگرچه Yang21 and Beauchemin (2006 ؛ 2007)، تأثیر معنی‌داری را با تغییر اندازه ذرات جیره غذایی بر روی ماده خشک مصرفی مشاهده نکردند و نتایج آن‌ها خلاف نتایج به‌دست آمده بود.

Yang and Beauchemin (2007) دریافتند، در جیره‌هایی که بیش از ۴۰ درصد کنسانتره استفاده شده است، کاهش اندازه ذرات علوفه تأثیری بر مصرف خوراک نداشته است. زیرا عنوان شده در این‌گونه جیره‌ها اثر پرکنندگی علوفه به اندازه تأثیرات شیمیایی حاصل از آزاد شدن واسطه‌های سوخت و ساز، بر کاهش مصرف خوراک تأثیر گذار نیست (Allen ، 2000). با این حال، در این آزمایش علی‌رغم استفاده از ۶۰ درصد کنسانتره و ۴۰

[10] *Lithium-ion*
[11] http://www.ahc.ir

درصد منابع علوفه‌ای (یونجه خشک و مواد سیلویی ذرت)، کاهش اندازه ذرات یونجه خشک از ۴/۶۵ به ۳/۰۹، مصرف خوراک را افزایش داد. به نظر می‌رسد افزایش ۱۲ و ۲۸ درصدی مقدار الیاف مؤثر فیزیکی ۱/۱۸ و ۸ میلی‌متری یونجه خشک جیره، بر روی پرکنندگی علوفه در شکمبه اثر گذاشته که در نتیجه آن، مصرف خوراک کاهش یافته است.

رفتار مصرف خوراک

گاوهای تغذیه شده با اندازه ذرات ریزتر علوفه خشک در مقایسه با گاوهایی که با اندازه ذرات بزرگ‌تر علوفه خشک تغذیه شده بودند، در طول روز به طور معنی داری زمان کمتری را برای مصرف خوراک صرف کردند (۲۷۳ دقیقه در برابر ۲۸۱ دقیقه؛ P=۰/۰۲۱۸). زمان مصرف خوراک بر اساس وزن بدن در بین دو تیمار تغذیه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت (P=۰/۳۸۸۵). زمان مصرف خوراک به کل زمان جویدن، در بین دو تیمار تغذیه‌ای اندازه ذرات ریز و بزرگ یونجه خشک، تفاوت معنی‌داری نداشت (P=۰/۷۴۸۳). زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلوگرم خوراک مصرفی برای جیره با اندازه ذرات کوچک‌تر ۱۱/۰۴ و برای جیره با اندازه ذرات بزرگ‌تر ۱۲/۵۵ دقیقه بر کیلوگرم بود که از لحاظ آماری این تفاوت معنی‌دار بود (P=۰/۰۲۸۱). زمان مصرف خوراک به ازای هر کیلوگرم خوراک بزرگ‌تر از ۱/۱۸ میلی‌متر مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت (P=۰/۶۴۸۳). زمان خوردن برای هر کیلوگرم از ذرات بزرگ‌تر از ۸ میلی‌متر با افزایش اندازه ذرات یونجه خشک جیره تمایل به کاهش نشان داد (P=۰/۱۰۰۹).

جدول ۲- فعالیت مصرف خوراک در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های با اندازه ذرات علوفه متفاوت

موارد	ریز	درشت	SEM	*P*-value
مصرف خوراک (دقیقه)	۲۷۳/۱۳[a]	۲۸۱/۸۸[b]	۵/۹۸۳	۰/۰۲۱۸
مصرف خوراک به ازای کیلوگرم وزن بدن	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۰۴۵	۰/۳۸۸۵
زمان خوردن به ازای کل زمان جویدن	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۰۱۴	۰/۷۴۸۳
زمان خوردن به ازای کیلوگرم خوراک مصرفی (دقیقه بر کیلوگرم)	۱۱/۰۴[a]	۱۲/۵۵[b]	۱/۰۹۸	۰/۰۲۸۱
زمان خوردن به ازای $peNDF_{>1.18}$[۱] مصرفی (دقیقه بر کیلوگرم)	۵۹/۰۹	۶۰/۵۳	۵/۴۵۰	۰/۶۴۸۳
زمان خوردن به ازای $peNDF_{>8}$[۲] مصرفی (دقیقه بر کیلوگرم)	۱۵۹/۰۶	۱۴۵/۴۱	۱۳/۷۱۵	۰/۱۰۰۹

[۱] الیاف مؤثر فیزیکی بزرگ‌تر از ۸ میلی‌متر، [۲] الیاف مؤثر فیزیکی بزرگ‌تر از ۸ میلی‌متر

Yang and Beauchemin (2006) نشان دادند که ذرات بزرگ‌تر از ۸ میلی‌متر، مهم‌ترین نقش را در تحریک فعالیت جویدن به عهده دارند و نیز در مطالعه دیگر ثابت کردند که همبستگی میان زمان جویدن و مصرف ذرات بزرگ‌تر از ۸ میلی-متر بهتر از همبستگی زمان جویدن و مصرف ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر است. اما Krause و همکاران (2002) نشان دادند که فعالیت جویدن و نشخوار بیشترین همبستگی (R=۰/۶۱) را با ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر داشت، همچنین در مطالعه دیگری، گاوهای اوایل شیردهی در جیره‌های حاوی مقدار کمتری از ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر، زمان کمتری برای جویدن هر کیلوگرم از ماده خشک با الیاف نامحلول در شوینده خنثی نسبت به جیره‌های حاوی مقدار بیشتری از ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر صرف کردند (Kononoff و همکاران، 2003). به همین علت پیشنهاد شد که ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ میلی‌متر بیشترین نقش را در فعالیت جویدن به عهده دارند.

مشاهدات رفتار گاوها در طی ۲۴ ساعت به روش مشاهدات مستقیم و ثبت خودکار فعالیت جویدن در جدول ۲ آورده شد. مدت زمان خوردن در این آزمایش به‌طور متوسط ۲۷۵ دقیقه یا ۴/۶ ساعت

بود. گاوهای شیرده با تولید بالا که به‌صورت صنعتی نگه‌داری می‌شوند به‌طور معمول در حدود ۴ تا ۶ ساعت در روز را خوراک مصرف می‌کنند، و کل این زمان سپری شده برای خوردن به ۹ تا ۱۴ وعده غذایی در کل دوره از روز تقسیم می‌شود (DeVries و همکاران، 2003).

مدت زمان خوردن به کیلوگرم ماده خشک مصرفی در این پژوهش برای جیره با ذرات ریزتر، ۱۱ دقیقه بر کیلوگرم و برای جیره با ذرات بزرگ‌تر ۱۲/۵ دقیقه بر کیلوگرم بود. مطالعه Robinson and Mcqueen(1992) نشان دهنده آن‌است که با کاهش اندازه ذرات و یا افزایش میزان کنسانتره، مدت زمان خوردن برای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی کاهش می‌یابد. از آن‌جایی‌که در جیره مورد استفاده در این پژوهش از علوفه یونجه خشک به میزان ۲۵ درصد و سیلاژ ذرت به میزان ۱۵ درصد به عنوان منابع علوفه‌ای استفاده شد، سبب افزایش مدت زمان خوردن به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرفی گردیده است. هر چند که عوامل دیگری همچون نژاد، سن و وضعیت تولید مثلی و شرایط محیطی هم می‌تواند بر مدت زمان خوردن تأثیر گذار باشد.

مقایسه داده‌های به دست آمده فعالیت جویدن توسط روش چشمی و دستگاه ثبت خودکار جویدن

همان‌طور که در جدول ۳ آمده است، شیوه ثبت داده‌ها چه به‌صورت چشمی و چه با استفاده از دستگاه ثبت خودکار جویدن برای به‌دست آوردن زمان مصرف خوراک، نشخوار، جویدن، زمان خوردن به مقدار خوراک مصرفی، زمان نشخوار به خوراک مصرفی، زمان جویدن به خوراک مصرفی و زمان نشخوار به زمان خوردن هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری نداشتند که نشان‌دهنده مناسب بودن این وسیله برای ثبت داده‌های جویدن می‌باشد. استفاده از دستگاه ثبت خودکار فعالیت جویدن علاوه بر کاهش زمان مورد نیاز برای ثبت رکورد فعالیت جویدن، داده‌های قابل قبول‌تری که هرگز توسط مشاهدات بصری قابل ثبت و ضبط نیست را به پژوهشگر می‌دهد و اجازه تفسیر بهتر نتایج و داده‌ها را به محقق می‌دهد.

جدول ۳- ثبت فعالیت جویدن با استفاده از دستگاه ثبت خودکار جویدن و مشاهدات چشمی

عنوان	۵ دقیقه	دستگاه	SEM	*P*-value
مصرف خوراک (دقیقه)	۲۷۸/۷۵	۲۷۹/۵۵	۱/۰۴۱	۰/۹۵۹۲
نشخوار (دقیقه)	۴۳۸/۴۳	۴۳۵/۲۵	۱/۳۳۴	۰/۸۶۴۳
جویدن (دقیقه)	۷۱۷/۱۸	۷۱۴/۷۰	۲/۳۶۶	۰/۹۰۳۶
زمان مصرف خوراک به مقدار خوراک مصرفی (m/kg)[1]	۱۲/۴۵	۱۲/۶۵	۰/۱۴۷	۰/۸۳۹۰
زمان نشخوار به مقدار خوراک مصرفی (m/kg)	۱۸/۲۳	۱۸/۵۴	۰/۲۴۲	۰/۹۵۱۷
زمان جویدن به خوراک مصرفی (m/kg)	۳۰/۶۵	۳۱/۰۹	۰/۴۹۴	۰/۹۳۴۶
زمان نشخوار به زمان خوردن (m/kg)	۱/۵۸	۱/۵۸	۰/۰۱۲	۰/۹۹۱۴

۱- دقیقه بر کیلوگرم

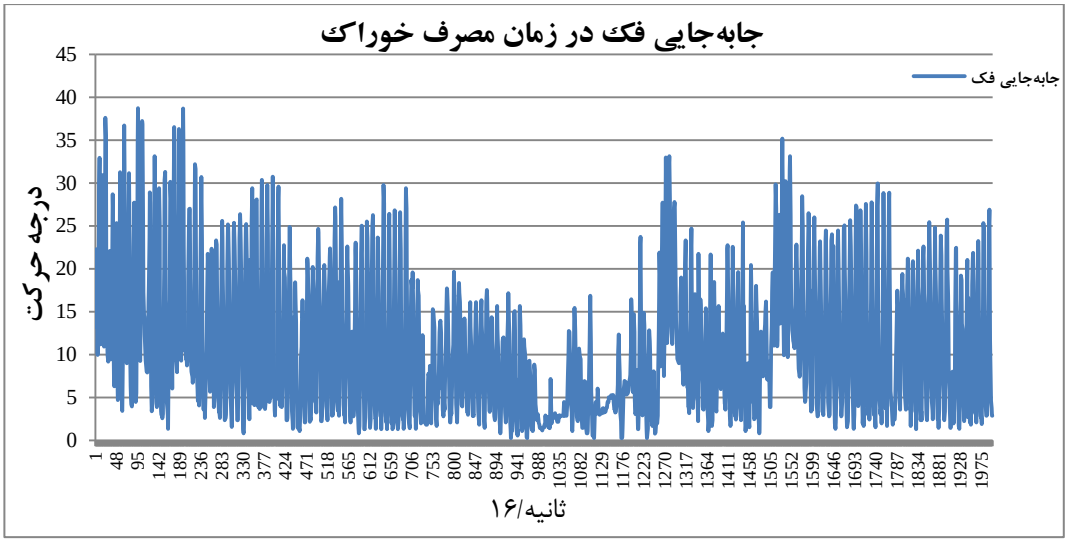
داده‌های مصرف خوراک به‌دست آمده توسط دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های با اندازه ذرات علوفه متفاوت

میزان جابه‌جایی حرکات فک در زمان مصرف خوراک، با تغییر اندازه ذرات علوفه یونجه خشک جیره تغییر کرد که برای جیره با اندازه ذرات کوچک‌تر یونجه خشک ۳۶۷/۸۶ سانتی‌متر و جیره با اندازه ذرات بزرگ‌تر یونجه خشک ۳۱۸/۲۴ سانتی‌متر بود که این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰۱). تعداد حرکات فک در یک دقیقه مصرف خوراک در بین دو تیمار تغذیه‌ای از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۱۳۰۲). میزان جابجایی فک حیوان در یک ثانیه در زمان مصرف خوراک با افزایش اندازه ذرات یونجه خوراک کاهش پیدا کرد (P=۰/۰۰۰۱). برای جیره حاوی ذرات درشت یونجه ۵/۳ و برای جیره با ذرات کوتاه‌تر یونجه ۶/۱۳ سانتی‌متر بود. میزان جابه‌جایی فک در هر بار باز و بسته شدن فک در زمان مصرف خوراک در بین دو تیمار از لحاظ آماری متفاوت بود (P=۰/۰۰۰۱). جیره‌های حاوی ذرات درشت و ریز یونجه خشک به ترتیب ۳/۹۸ و ۴/۵۱ سانتی‌متر فک گاوها را در هر بار باز و بسته شدن فک در زمان مصرف خوراک حرکت دادند. تعداد جوش در هر ثانیه برای دو تیمار تغذیه‌ای متفاوت نبود (P=۰/۱۴۹۱).

داده‌های به‌دست آمده از دستگاه ثبت خودکار فعالیت جویدن نشان دهنده آن‌است که با کاهش اندازه ذرات یونجه خشک جیره، گاوها فک خود را در زمان مصرف خوراک سریع‌تر باز و بسته کرده‌اند و میزان جابه‌جایی فک در دامنه بیشتری قرار داشت. به احتمال زیاد می‌توان گفت، چون با کاهش اندازه ذرات خوراک، جیره بافت نرم‌تر و یک‌دست‌تری به خود می‌گیرد و از حالت خشبی بودن خارج می‌شود، در این زمان دام با آسایش بیشتری اقدام به مصرف خوراک می‌کند، در مقابل در زمانی که اندازه ذرات یونجه خوراک بزرگ‌تر است بافت خوراک زبرتر و خشبی‌تر است که در نتیجه آن، دام، خوراک را با سرعت کمتری مصرف می‌کندتا آسیب کمتری به حفره‌های دهانی آن وارد شود.

جدول ۳- داده‌های مصرف خوراک به‌دست آمده توسط دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های با اندازه ذرات علوفه متفاوت

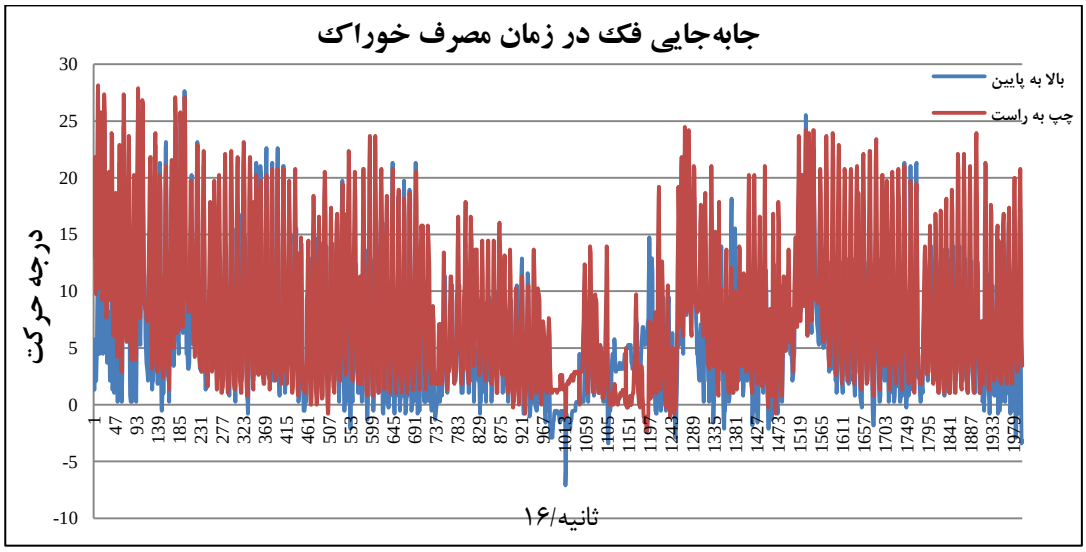
موارد	جیره ریز	جیره درشت	SEM	*P*-value
میزان جابه‌جایی در زمان یک دقیقه (سانتی‌متر)	۳۶۷/۸۶	۳۱۸/۲۴	۱۲/۷۶۶	۰/۰۰۰۱
تعداد جویدن در یک دقیقه (بار)	۸۱/۶۶	۸۰/۰۷	۱/۷۷۱	۰/۱۳۰۲
جابه‌جایی در یک ثانیه (سانتی‌متر)	۶/۱۳	۵/۳۰	۰/۲۱۴	۰/۰۰۰۱
جابه‌جایی در هر بار (سانتی‌متر)	۴/۵۱	۳/۹۸	۰/۱۸۷	۰/۰۰۰۱
تعداد جویدن در هر ثانیه (بار)	۱/۳۶	۱/۳۳	۰/۰۳۵	۰/۱۴۹۱



شکل ۳- داده‌های مصرف خوراک مربوط به جابه‌جایی حرکات فک، به‌دست آمده توسط دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن در گاوهای شیرده

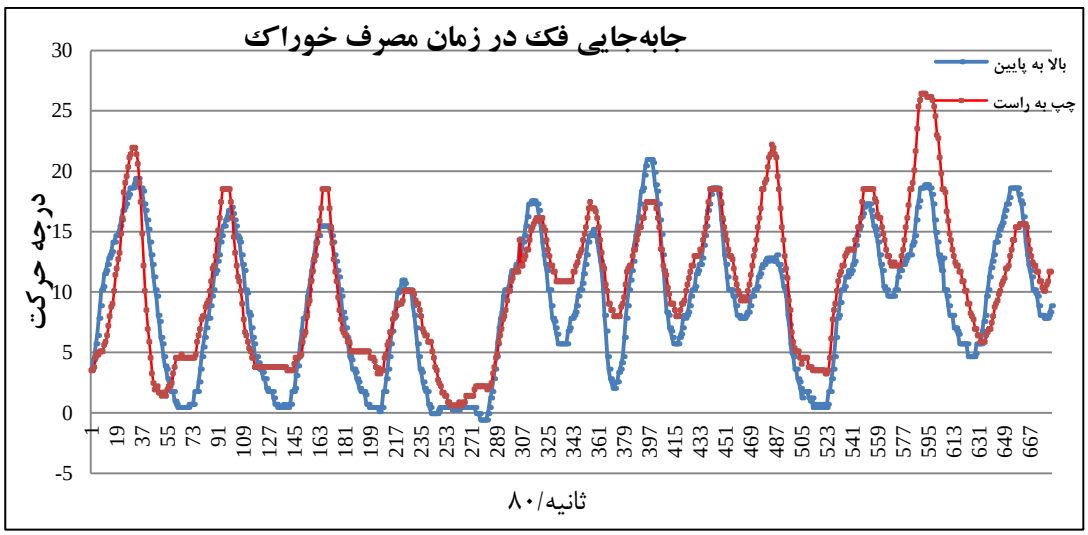
تصویر بالا مربوط به حرکات فک گاو در زمان مصرف خوراک می‌باشد که توسط داده‌های ثبت شده دستگاه فعالیت سنج خودکار جویدن ترسیم شده است.

فعالیت خوردن در گاو بدون وقفه صورت می‌گیرد و در بین خوردن وقفه‌های کوتاه که در نشخوار کردن رخ می‌دهد دیده نمی‌شود، برخی از محققین دلیل این بی‌نظمی در خوردن را مربوط به وضعیت خوردن قلمداد می‌کنند. آن‌ها بر این عقیده هستند که چون زمان خوردن در حالت ایستاده انجام می‌شود، دام با بی‌نظمی خوراک مصرف می‌کند در حالی که نشخوار در حالت نشسته و در حالت آرامش صورت می‌گیرد (Baumont و همکاران، ۲۰۰۶)، با توجه به داده‌های به‌دست آمده از این دستگاه به‌وضوح قابل رؤیت می‌باشد که دام چه در حالت ایستاده و چه در حالت نشسته، خواه زمان مصرف خوراک صبح باشد و خواه شب باشد گراف مربوط به خوردن از بی‌نظمی خاصی پیروی می‌کند، حال با داشتن چنین اطلاعاتی می‌توان نظر داد که دلیل بی‌نظمی در هنگام مصرف خوراک مربوط به ولع بسیار زیاد گاو برای خوردن می‌باشد. با توجه به بحث سازگاری دام به مصرف خوراک و سپس نشخوار خوراک در زمان دیگر، دام در هنگام مصرف خوراک درصدد این است تا در کوتاه‌ترین زمان بیشترین غذا را مصرف کند، از آن‌جایی که هر لقمه‌ای که دام از خوراک بر می‌دارد میزان جیره و همچنین حجم جیره متغیر است میزان باز و بسته شدن فک دام متغیر می‌شود در صورتی که همواره نشخوار از چند دقیقه تا چند ساعت پس از صرف خوراک شروع می‌شود که در طی این زمان خوراک در داخل شکمبه به میزان کافی با همدیگر مخلوط شده و از رطوبت یکسانی برخوردار می‌شوند، در زمان نشخوار با توجه به تحریکات صورت گرفته مقدار معینی از خوراک به دهان بازگردانده می‌شود و دام شروع به نشخوار می‌کند در این هنگام دام ترسی از زمان نشخوار ندارد و با راحتی بیشتری شروع به نشخوار می‌کند. همان‌طور که در مقالات مختلف مشخص شده همواره مدت زمان مصرف خوراک کمتر از مدت زمان نشخوار می‌باشد، یعنی دام همواره در زمان نشخوار هیچ‌گونی ترسی از مصرف خوراک ندارد. لقمه‌های برگشت داده شده به دهان همواره از مقدار رطوبت یکسان و اندازه یکسانی برخوردار است، که همین عامل باعث ایجاد نظمی بیشتر در زمان نشخوار می‌شود.



شکل ۴- جابه‌جایی فک گاو در زمان مصرف خوراک با استفاده از داده‌های دستگاه ثبت خودکار جویدن

تصویر بالا مربوط به حرکات فک گاو در زمان مصرف خوراک در دو جهت حرکتی چپ به راست و بالا به پایین می‌باشد. همان‌طور که مشخص است حرکات فک حیوان در دو جهت تقریباً از همدیگر تبعیت می‌کنند و میزان جابجایی فک در دامنه ۲۵ تا صفر درجه متغیر است. داده‌های ثبت شده در این دستگاه ۱۶ عدد در هر ثانیه برای هر یک از سنسورها بود که در نهایت می‌توان کل داده‌ها را تبدیل به نمودار نمود.



شکل ۵- حرکات فک گاو در زمان مصرف خوراک در دو جهت بالا به پایین و چپ به راست با استفاده از داده‌های دستگاه با جزئیات بیشتر و ثبت رکورد بیشتر

همان‌طور که مشخص است، این دستگاه داده‌ها قادر است با سرعت ۸۰ عدد در ثانیه حرکات فک دام را ثبت کند. برای فهم بیشتر و دقیق‌تر حرکات فک، دستگاه ثبت خودکار فعالیت جویدن این قابلیت را دارد که با سرعت بیشتری اقدام به ثبت حرکات فک نماید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید فک دام در زمان مصرف خوراک بدون الگوی خاصی باز و بسته می‌شود.

عمده دلیل بی‌نظمی در زمان مصرف خوراک را می‌توان به میزان و حجم خوراک وارد شده به حفره دهانی دام، تفاوت در اجزاء تشکیل دهنده خوراک مصرف شده و همچنین ولع دام در زمان مصرف خوراک مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

برای شناسایی بهتر رفتار جویدن دام‌ها، دستگاه خودکار فعالیت جویدن طراحی و ساخته شد و در نهایت با اعمال دو تیمار تغذیه-ای با اندازه ذرات مختلف یونجه خشک، فعالیت دام‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در ابتدا توصیف قطعات دستگاه ثبت خودکار فعالیت جویدن ارائه شد و سپس مقایسه حرکات فک گاو در زمان‌های خوردن، طبقه‌بندی حرکات فک گاو با توجه به نمودارهای رسم شده توسط داده‌های دستگاه، مقایسه داده‌های ثبت خودکار فعالیت جویدن با داده‌های به‌دست آمده از مشاهدات عینی و اعتبار سنجی داده‌های به‌دست آمده از دستگاه ثبت خودکار جویدن مورد مطالعه قرار گرفت. با آزمایش صورت گرفته دستگاه ثبت خودکار جویدن از لحاظ علمی مورد بررسی قرار گرفت و صحت عملکرد آن تائید گردید. امید است که در آینده متخصصان تغذیه دام به راحتی و به سهولت بتوانند از این-گونه وسایل در طرح‌های پژوهشی و علمی خود استفاده کنند، و نتایج قابل قبول‌تری را استخراج کنند.

منابع

Allen, M.S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83:1598–1624.

Armentano, L. and Pereira, M. (1997) Measuring the effectiveness of fiber by animal response trial. *Journal of Dairy Science*. 80:1416-1425.

Baumont, R., Doreau, M., Ingrand, S. and Veissier, I. (2006). Feeding and mastication behaviour in ruminants. In: Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour (ed: Bels, V.), 84- 107. Cabi International. Wallingford, UK.

Beauchemin, K.A., and Buchanan-Smith, J.G. (1989). Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72:2288.

Beauchemin, K.A., Zelin, S., Genner, D., Buchanan-Smith, J.G. (1989). An automatic system for quantification of eating and ruminating activities of dairy cattle housed in stalls. *Journal of Dairy Science*. 72:2746-2759.

Chambers, A.R.M., Hodgson, J., Milne, J.A. (1981). The development and use of equipment for the automatic recording of ingestive behaviour in sheep and cattle. *Grass Forage Science*. 36, 97–105.

Derrick, R.W., Moseley, G., Wilman, D. (1993). Intake, by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge 120, 51-61.

DeVries, T.J., Keyserlingk, M.A.G.von., Weary, D.M., Beauchemin, K.A. (2003). Technical Note: Validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:3571-3574.

Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J., and Buckmaster, D.R. (2003). Modification of Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *Journal of Dairy Science*. 86:1858–1863.

Kononoff, P.J., Heinrichs, J., and Varga, G. (2002). Using manure evaluation to enhance dairy cattle nutrition. Department of Dairy and Animal Science.www.das.psu.edu/teamdairy/

Krause, K.M., Combs, D.K., and Beauchemin, K.A. (2002). Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation

cows. I. Milk production and diet digestibility. *Journal of Dairy Science*. 85:1936–1946.

Lammers, B.P., Buckmaster, D.R., and Heinrichs, A.J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 79:922–928.

Matsui, K., and Okubo, T. (1991). A method for quantification of jaw movements suitable for use on free ranging cattle. *Applied Animal Behaviour Science*. 32:107–116.

Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80:1463–1481.

NRC. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Penning, P.D. (1983). A technique to record automatically some aspects of grazing and ruminating behavior in sheep. *Grass and Forage Science*. 38:89-96.

Robinson P.H., Mcqueen R.E. (1992). Influence of rumen fermentable neutral detergent fiber levels on feed intake and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 75: 520-532.

SAS Institute Incorporated. (2000). SAS Software, release 8.1. SAS Institute Incorporated, Cary, NC, USA.

Stobbs, T.H., Cowper, L.J. (1972). Automatic measurement of the jaw movements of dairy cows during grazing and rumination. Tropical Grasslands 6, 107–112.

Teimouri, Y.A.T., Valizadeh, R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P., and Shahroodi, F.E. (2004). Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87:3912–3924.

Ungar, E.D., Rutter, S.M. (2006). Classifying cattle jaw movements: Comparing IGER Behaviour Recorder and acoustic techniques. *Applied Animal Behaviour Science*. 98, 11–27.

Yang, W.Z., and Beauchemin, K.A. (2006). Physically Effective Fiber: Method of Determination and Effects on Chewing, Ruminal Acidosis, and Digestion by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 2618–2633.

Yang, W.Z., and Beauchemin, K.A. (2007). Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science*. 90:2826–2838.

Zebeli, Q., Tafaj, M., Junck, B., Mansmann, D., Steingass, H., and Drochner, W. (2008). Evaluation of the effects of dietary particle fractions on fermentation profile and concentration of microbiota in the rumen of dairy cows fed grass silage-based diets. *Archives of animal nutrition.* 62:230–240.