مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۹/ شماره ۱/ بهار ۱۳۸۷/ص ۱۵٤-۱٤۱

عمل‌آوری مکانیزهٔ کاه با اوره و مقایسهٔ آن با شیوه رایج عمل‌آوری کاه در کشور

محمد یونسی‌الموتی، محمدهادی خوش‌تقاضا و مجتبی زاهدی‌فر*

* دانشجوی سابق دکتری دانشگاه تربیت مدرس و استادیار آموزشکده کشاورزی کرج، نشانی: کرج، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰ (۰۲۶۱)، پیام نگار: mohamadyounesi@yahoo.com؛ دانشیار دانشگاه تربیت مدرس؛ و استادیار موسسه تحقیقات علوم دامی کشور

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۹/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۲۶

چکیده

ارزش غذایی کاه غلات می‌تواند با عمل‌آوری و با استفاده از اوره به عنوان منبع آمونیاک افزایش یابد. عمل‌آوری مرسوم کاه غلات با اوره در کشور روشی پرهزینه، مشکل، و زمان‌بر است. کاربرد ماشین برای تسهیل یا حذف برخی از این عملیات ضروری است. هدف این تحقیق عمل‌آوری کاه گندم به روش مکانیزه و مقایسهٔ ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم آن با روش غیر مکانیزه (دستی) بود. برای عمل‌آوری مکانیزهٔ کاه از دستگاه بسته‌بند مکعبی مجهز به سیستم پاشش محلول اوره استفاده شد. همزمان با اجرای آزمایش‌ها به روش مکانیزه، عمل‌آوری کاه به شیوهٔ رایج نیز اجرا شد. ارزش غذایی نمونه‌های غنی‌شده به روش مکانیزه و نمونه‌های روش رایج در آزمایشگاه تعیین و مقایسه شدند. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که که اثر روش عمل‌آوری بر مقادیر برخی از ترکیبات شیمیایی کاه (DM، Ash، CP، CF، و ADL) معنی‌دار نیست. اما اثر این عامل بر قابلیت هضم کاه (DMD، OMD، و DOMD) و سایر ترکیبات شیمیایی از قبیل NDF و ADF معنی‌دار است (P< ۰/۰۵). میانگین مقادیر DMD، OMD، و DOMD در کاه عمل‌آوری‌نشده به ترتیب برابر ۳۰/۰۰، ۲۷/٦٤، و ۲۵/۹۲ درصد بود که پس از عمل‌آوری در روش رایج به ٤٤/۳۵، ٤٤/٤۳، و ٤۱/٤٦ و در روش مکانیزه به ٤۰/۳۵، ۳۷/۸۷، و ۳۵/۵۱ درصد رسید. ظرفیت مزرعه‌ای و ماده‌ای موثر دستگاه برای عمل‌آوری مکانیزه کاه به ترتیب برابر با ٤۱ /۰ هکتار در ساعت و ۲/۰۵ تن در ساعت بود. با استفاده از دستگاه بسته‌بند مجهز به سیستم پاشش محلول اوره، می‌توان هزینه‌های عمل‌آوری هر تن کاه را به میزان ۳٦۰۰۰۰ ریال کاهش داد. این روش همچنین توانایی پاشش محلول و رساندن رطوبت به میزان مورد نیاز را برای عمل‌آوری کاه در شرایط مزرعه دارد.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بند، ظرفیت ماده‌ای موثر غنی‌سازی مکانیزه، ظرفیت مزرعه‌ای موثر غنی‌سازی مکانیزه، غنی‌سازی مکانیزه کاه با اوره، کاه گندم

مقدمه

حدود ۶۰ درصد از غلات کشور به صورت مکانیزه و با کمباین‌های رایج برداشت می‌شود (Anon, 2002). در این کمباین‌ها کاه پس از کوبش و جداشدن دانه، از انتهای کمباین خارج و به صورت ردیف‌هایی روی زمین ریخته می‌شود. با توجه به کمبود علوفه در کشور، کاه ریخته‌شده بر زمین را معمولاً بسته‌بندی و از آن در واحدهای دامپروری به عنوان غذای دام استفاده می‌کنند. کاه غلات دارای مقادیر بالایی لیگنین و سیلیس است که هر دو نقشی موثر در پایین‌آوردن قابلیت هضم و ارزش غذای آن دارند. در ایران، استفاده از کاه معمولی در تغذیهٔ دام مرسوم است و در حقیقت دامداران به دلیل کمبود و گرانی مواد غذایی مناسب‌تر به استفاده از کاه تمایل نشان می‌دهند، هر چند به کم‌ثمری آن در تولید محصولات دامی واقفاند. در کشورهای در حال توسعه، از مواد شیمیایی مختلفی برای افزایش ارزش غذایی کاه استفاده می‌شود. استفاده از اوره به

© 2011,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

عنوان منبع آمونیاک و نیتروژن غیر پروتئینی به دلایلی مانند قیمت کم، قابل دسترس‌بودن، حمل و نقل ایمن (بی‌خطر)، و آشنایی کشاورزان با نحوهٔ استفاده از آن، می‌تواند یکی از بهترین گزینه‌ها برای عمل‌آوری کاه در کشورهای آسیایی باشد (Jackson, 1978). تحقیقات بسیار زیادی در خصوص بررسی آثار عمل‌آوری کاه با اوره بر قابلیت هضم، میزان مواد آلی، مقدار مصرف، میزان شیر تولیدی، و رشد نشخوارکنندگان انجام شده است. عمل‌آوری با اوره ضمن افزایش پروتئین خام، مصرف اختیاری و قابلیت هضم مواد خشبی را نیز افزایش می‌دهد (Jayasuriya, 1985). آمونیاکی‌کردن با اوره از روش‌های افزایش ارزش غذایی کاه برنج در تغذیهٔ نشخوارکنندگان است (Chenost & Kayouli, 1997). عمل‌آوری کاه گندم با اوره، قابلیت هضم مواد آلی[1] و میزان مصرف آن را نسبت به کاه عمل‌آوری‌نشده به طور معنی‌دار افزایش می‌دهد (Dias *et al.*, 1986).

در حالت کلی، روش‌های کاربردی عمل‌آوری کاه با اوره را می‌توان به دو دسته غیرمکانیزه (دستی)، و مکانیزه تقسیم‌بندی کرد. در روش غیر مکانیزه، کاه از مزرعه خارج و در محل خاصی جمع‌آوری و سپس با پاشش محلول اوره عمل‌آوری می‌شود. برای عمل‌آوری کاه بسته‌بندی‌شده، محلول اوره روی لایه‌هایی از کاه بسته‌بندی‌شده[2] پاشیده می‌شود که به روش نروژی مشهور است (Sundstol *et al.*, 1978). برای عمل‌آوری کاه خردشده، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم کاه ۴ تا ۶ کیلوگرم اوره در ۵۰ لیتر آب حل و با آب‌پاش روی کاه پاشیده می‌شود. کاه غنی‌شده به مدت معین در محیط بسته یا درزبندی شده قرار می‌گیرد. میزان اوره، مقدار رطوبت، دمای محیط، و مدت نگهداری از عوامل موثر در عمل‌آوری کاه با اوره هستند (Chenost & Kayouli, 1997).

زمان قرارگیری کاه غنی‌شده در شرایط محیط بسته، به دمای محیط بستگی دارد. هنگامی که دمای محیط بین ۳۰ تا ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد باشد، عمل‌آوری در مدت یک هفته کامل می‌شود. کاه برنج با ۵ کیلوگرم اوره و ۵۰ لیتر آب به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم کاه، در مدت ۴ تا ۸ روز عمل‌آوری می‌شود (Chenost & Kayouli, 1997). در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد، هیدرولیز اوره پس از سه هفته کامل می‌شود، در صورتی که برای هیدرولیز صحیح اوره در دمای ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد حداقل دو ماه وقت لازم است (Mao & Feng, 1991). حد مطلوب رطوبت برای عمل‌آوری کاه ۳۰ تا ۵۰ درصد است. در فصل خشک، افزودن ۵۰ لیتر آب برای عمل‌آوری هر ۱۰۰ کیلوگرم کاه توصیه شده است (Chenost & Kayouli, 1997).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمل‌آوری غیر مکانیزه کاه با اوره، روش رایج در کشور است. این روش را در سال‌های قبل وزارت کشاورزی سابق و وزارت جهاد سازندگی سابق در مناطق مختلف کشور ترویج داده‌اند اما به دلیل برخی مشکلات از جمله هزینهٔ زیاد، سختی کار، نیاز به زمان طولانی و مکان قابل توجه، ناکافی‌بودن دانش کاربران، و نیاز به نیروی انسانی ماهر جهت فراوری، استقبال چندانی از آن نشد (Raisianzadeh, 2004).

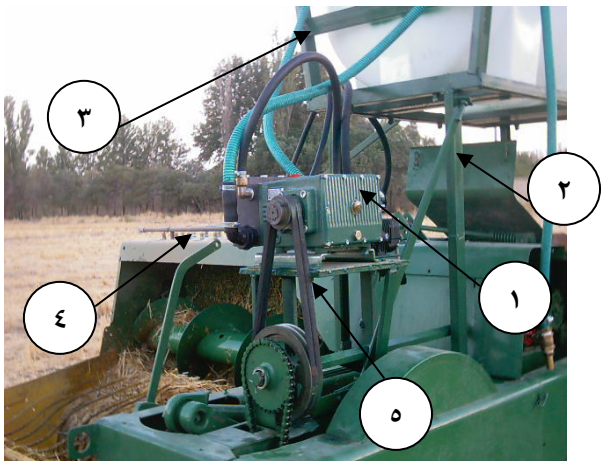
هزینهٔ شیوهٔ غیر مکانیزه، در برخی از نقاط به دلیل نیاز به نیروی انسانی بالاست (Ibrahim & Olaloku, 2000). عمل‌آوری کاه در مزرعه و در مقیاس بزرگ، هزینهٔ حمل و نقل کاه را به حداقل می‌رساند (Tingshuang *et al.*, 2002). برای عمل‌آوری هر تن کاه در هندوستان، سه نفر کارگر با ۶ تا ۸ ساعت کار روزانه مورد نیاز است. همچنین، هزینهٔ عمل‌آوری برای یک تن کاه ۴۶۰ روپیه برآورد شده است (Roy & Rangnekar, 2006). نیروی انسانی مورد نیاز برای عمل‌آوری ۱۵۰۰ کیلوگرم کاه در تایلند سه نفر گزارش

شده است (Bhasayavan *et al.,* 1986). کمبود نیروی کار، تلفات مواد در اثر حمل و نقل، انتقال حجم زیادی از مواد، هزینهٔ بالای عمل‌آوری، و هزینهٔ فرصت از دست رفته از موانع موجود در پذیرش و توسعهٔ عمل‌آوری کاه و مواد خشبی است (Renard, 1997). آب، اوره، و پلاستیک از مواد اصلی عمل‌آوری کاه و قابل دسترس هستند اما عامل محدودکننده در توسعه و ترویج عمل‌آوری کاه در برخی از مناطق نیروی انسانی است. در صورت کاهش هزینهٔ کارگر، عمل‌آوری کاه در مناطقی بیشتر استقبال می‌شود که کمبود نیروی کار وجود دارد (Nguyen, 2002).

شکل ۱، یک روش مکانیزه را نشان می‌دهد که برای عمل‌آوری کاه در مزرعه استفاده شده است. این روش در فرانسه و برای عمل‌آوری ساقه‌های ذرت، گریبانه[1] و نیز عمل‌آوری مکانیزهٔ بسته‌های کاه استوانه‌ای[2]، مورد استفاده است. این دستگاه در هنگام تشکیل بسته‌های استوانه‌ای، آب و اوره را جداگانه وارد بسته‌های کاه می‌کند (Chenost & Kayouli, 1997). با بهینه‌سازی و نصب سامانه پاشش محلول اوره روی بسته‌بند مدل T-۳۴۹، ساخت کارخانهٔ کمباین سازی ایران (شکل ۲)، می‌توان هنگام جمع‌آوری کاه از مزرعه، فرایندهای غنی‌سازی، متراکم‌سازی، و بسته‌بندی کاه را به طور همزمان انجام داد (Younesi Alamouti, 2002). ماشین می‌تواند عمل‌آوری کاه را با ظرفیت بیشتر و در مدت زمان کمتر انجام دهد. عملکرد بیشتر ماشین‌های مزرعه، به مساحت در زمان اعلام می‌شود. برای ماشین‌های برداشت از تن بر ساعت و در مورد بسته‌بندها، از تعداد بسته در ساعت استفاده می‌شود. عملکرد ماشین معمولاً به صورت ظرفیت تئوری[3] (نظری)، مزرعه‌ای موثر[4] (واقعی)، و ماده‌ای موثر[5] بیان می‌شود (Behroozi Lar, 2001). ظرفیت مزرعه‌ای معمول بسته‌بندها حدود ۱۷۰ بسته در ساعت است. میزان محصول بسته‌بندی‌شده برای یونجه بین ۸ تا ۱۰ و برای کاه گندم بین ۲ تا ۴ تن در ساعت است (Mansourirad, 1996).

شکل ۱- عمل آوری مکانیزه بسته‌های کاه غلتکی با اوره در مزرعه (Chenost & Kayouli, 1997)

1- Spaths
2- Round Bales
3- Theoretical Field Capacity
4- Effective Field Capacity
5- Effective Material Capacity



شکل ۲- نمای دستگاه غنی‌ساز کاه غلات: ۱- پمپ پاشش محلول، ۲- پایه (شاسی)، ۳- محفظه نگهدارنده مخزن، ٤- نازل‌های پاشش محلول، ٥- سیستم انتقال نیرو، و ٦- مخزن محلول اوره (Younesi Alamouti, 2006)

در این تحقیق از دستگاه بهینه‌سازی شده (شکل۲) برای عمل‌آوری مکانیزه کاه استفاده شد. اهداف این تحقیق عبارت بودند از: ۱) عمل‌آوری مکانیزه کاه گندم، ۲) بررسی عملکرد دستگاه از طریق مقایسهٔ مادهٔ خشک و ارزش غذایی کاه عمل‌آوری‌شده با دستگاه (روش مکانیزه) با کاه عمل‌آوری‌شده به روش رایج.

مواد و روش‌ها

برای عمل‌آوری مکانیزهٔ کاه، بسته‌بند مکعبی[1] مدل T- ۳۴۹ ساخت کارخانهٔ کمباین‌سازی ایران، با نصب سامانه پاشش محلول اوره تجهیز و بهینه‌سازی شد. سامانه پاشش محلول مورد استفاده شامل مخزن محلول اوره، پمپ پیستونی، شیرهای کنترل فشار و مسیر، شیر کنترل حجم و ۲۰ نازل بادبزنی بود. نازل‌ها در دو ردیف و روی واحد جمع‌آوری و تغذیه بسته‌بند نصب شد که محل عبور کاه فشرده نشده است (شکل ۲). این تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (کاه غنی‌نشده، کاه غنی‌شده به شیوهٔ رایج، و کاه غنی‌شده به شیوه مکانیزه)، با سه تکرار در منطقهٔ کرج (مزارع مؤسسهٔ تحقیقات علوم دامی کشور) اجرا شد. آزمایش‌ها در پایان تیر و اوایل مردادماه ۱۳۸۴ و پس از برداشت محصول روی کاه گندم خارج شده از انتهای کمباین انجام گرفت. بدین منظور، دستگاه بهینه‌سازی‌شده به تراکتور متصل شد و برای پاشش محلول اوره، افزایش رطوبت کاه به میزان مورد نیاز (در حدود ۵۰ درصد)، و عمل‌آوری نوار کاه خارج‌شده از انتهای کمباین مورد استفاده قرار گرفت. عرض نوار کاه ۱ متر، ارتفاع کاه حدود ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر، تراکم کاه در حدود ۵ کیلوگرم بر متر مکعب و رطوبت آن در حدود ۵ درصد بود.

محلول اوره با غلظت ۵ درصد تهیه و دستگاه برای پاشش محلول اوره به میزان مورد نیاز تنظیم شد. برای تنظیم دبی پاشش نازل‌ها، میزان تغذیه (ورودی) کاه به دستگاه بر حسب کیلوگرم در واحد زمان اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا میانگین زمان لازم برای تشکیل هر بسته کاه، و نیز متوسط وزن هر بسته در نقاطی از مزرعه و در چند مسیر اندازه‌گیری و بر اساس اطلاعات به‌دست آمده در

1- Small Rectangular Baler

خصوص میانگین میزان کاه ورودی به داخل دستگاه، میزان پاشش مورد نیاز محاسبه شد. میزان پاشش نازل‌ها به گونه‌ای تنظیم شد که رطوبت بسته‌های کاه به حدود ۵۰ درصد برسد که حد نهایی رطوبت مورد نیاز در عمل‌آوری کاه است. میزان پاشش با استفاده از شیر کنترل حجم تغییر داده می‌شد. در هر آزمایش پس از تهیه بسته‌ها و عبور ۵ بستهٔ اول، سه بسته کاه غنی‌شده، انتخاب و از مزرعه خارج شد. بسته‌ها در کنار مزرعه و در شرایط طبیعی به مدت یک ماه زیر پوششی از پلاستیک قرار گرفت.

برای عمل‌آوری کاه در روش رایج نیز ابتدا کلش یا کاه خردنشدهٔ گندم (رقم پیشتاز)، با رطوبت ۶ درصد در آسیاب به قطعات ۵ سانتی‌متری خرد شد. با استفاده از پنجاه لیتر آب به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم مادهٔ خشک کاه، محلول اوره با غلظت ۵ درصد تهیه‌شد (شکل ۳). محلول اوره روی کاه پاشیده و برای جذب یکنواخت در تمام نقاط کاه به خوبی هم زده شد. نمونه‌های کاه سپس در داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و در کنار بسته‌های کاه تهیه‌شده با دستگاه در زیر پوشش پلاستیک قرار داده شد (شکل ۴). پس از یک ماه، از هر تیمار بسته‌های کاه عمل‌آوری‌شده از زیر پلاستیک نمونه‌هایی از وسط و کنار کاه انتخاب و پس از خشک و آسیاب‌شدن، از هر یک نیم کیلوگرم (در مجموع یک و نیم کیلوگرم برای سه تکرار)، برای تعیین میزان ماده خشک[1] (رطوبت)، ترکیبات شیمیایی، و ارزش غذایی به آزمایشگاه فرستاده شد. میزان مادهٔ خشک و ترکیبات شیمیایی نمونه‌های کاه عمل‌آوری‌شده (شیوه رایج و مکانیزه)، شامل خاکستر خام[2]، پروتئین خام[3]، فیبر خام[4]، الیاف انحلال‌ناپذیر در شوینده اسیدی[5]، الیاف انحلال‌ناپذیر در شوینده خنثی[6] و لیگنین انحلال‌ناپذیر در شوینده اسیدی[7] به روش AOAC (Anon, 1990)، اندازه‌گیری شد. همچنین قابلیت هضم نمونه‌ها شامل قابلیت هضم مادهٔ خشک[8]، قابلیت هضم مادهٔ آلی[9] و قابلیت هضم مادهٔ آلی در مادهٔ خشک[10] به روش تیلی و تری (Tilly & Terry, 1965)، اندازه‌گیری شد.

شکل ۳- عمل‌آوری و تهیهٔ نمونه‌های کاه به شیوه رایج (در آزمایشگاه)

1- Dry Matter (DM)
2- Ash
3- Crude Proteins (CP)
4- Crude Fiber (CF)
5- Acid Detergent Fiber (ADF)
6- Neutral Detergent Fiber (NDF)
7- Acid Detergent Lignin (ADL)
8- Dry Matter Digestiblity (DMD)
9- Organic Matter Digestiblity (ODM)
10- Digestible Organic Matter in Dry Matter (DOMD)

شکل ٤- قراردادن بسته‌های کاه غنی‌شده زیر پوشش پلاستیک

به منظور بررسی عملکرد دستگاه در عمل‌آوری مکانیزه کاه، ظرفیت مزرعه‌ای تعیین و برای این کار از روابط زیر استفاده شد (Behroozi Lar, 2001).

$$C_e = S.w.e/10 \quad (۱)$$

$$M = S.w.e.y/10 \quad (۲)$$

که در آن، C_e= ظرفیت مزرعه‌ای موثر ماشین (بر حسب هکتار در ساعت)؛ S= سرعت پیشروی دستگاه (بر حسب کیلومتر بر ساعت)؛ w= عرض کار دستگاه (بر حسب متر)؛ e= بازده مزرعه‌ای (اعشاری)؛ M= ظرفیت ماده‌ای موثر ماشین (بر حسب تن در هکتار)؛ y= عملکرد محصول (بر حسب تن در هکتار) است.

برای تعیین و محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای، علاوه بر عرض کار (w) و سرعت پیشروی دستگاه (S)، بازده ماشین نیز مورد نیاز است. بازده ماشین‌های کشاورزی در کل کشور اندازه‌گیری یا ارائه نشده است. لذا ظرفیت مزرعه‌ای بر اساس عملکرد واقعی دستگاه، از طریق اندازه‌گیری زمان لازم برای تشکیل بسته‌های کاه غنی‌شده، بر حسب هکتار در ساعت، تعیین شد. از آنجا که بسته‌بندی کاه ردیف شده از انتهای کمباین بدون استفاده از ریک[1] انجام می‌گیرد، لذا عرض کار (w)، برابر با عرض کار کمباین (۴ متر) در نظر گرفته شد. با اتصال بسته‌بند به تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵، میانگین تعداد بسته‌ها و وزن هر بسته کاه قابل جمع‌آوری در مسیری به طول ۱۰۰ متر (به عبارت دیگر در مساحت ۴۰۰ متر مربع (۴ ×۱۰۰ متر))، در سه تکرار اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از بسته‌بند بهینه‌شده و با تراکتور مذکور، زمان لازم برای تشکیل ۱۰۰ بسته کاه غنی‌شده (شامل زمان دورزدن، توقف، تنظیمات، و...)، در سه تکرار اندازه‌گیری شد. با استفاده از زمان صرف‌شده برای غنی‌سازی کاه در مساحت مورد آزمایش، سرعت پیشروی (سرعت واقعی) و در نهایت ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه محاسبه شد. همچنین ظرفیت ماده‌ای موثر بر اساس میزان عملکرد مزرعه (کاه قابل بسته‌بندی در هر هکتار)، محاسبه شد. میانگین داده‌های به دست آمده از این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و به روش S.N.K. تجزیه و مقایسه شد.

نتایج و بحث

ارزش غذایی کاه عمل‌آوری‌شده

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر روش عمل‌آوری بر میزان مادهٔ خشک (DM)، و ترکیبات شیمیایی شامل خاکستر خام (Ash)، پروتئین خام (CP)، فیبر خام (CF)، الیاف

1- Rake

انحلال‌ناپذیر در شوینده اسیدی (ADF)، الیاف انحلال‌ناپذیر در شویندهٔ خنثی (NDF)، و لیگنین انحلال‌ناپذیر در شویندهٔ اسیدی (ADL)، و نیز قابلیت هضم کاه شامل قابلیت هضم مادهٔ خشک (DMD)، قابلیت هضم مادهٔ آلی (OMD)، و قابلیت هضم مادهٔ آلی در ماده خشک (DOMD)، در جدول‌های ۱ و ۳ آمده است. میانگین مقادیر مربوط به ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم نمونه‌های کاه شامل کاه معمولی (شاهد)، کاه عمل‌آوری‌شده به روش مکانیزه، و کاه عمل‌آوری‌شده به روش رایج و مقایسهٔ آنها به روش S.N.K.، در جدول‌های ۲ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس اثر روش عمل‌آوری بر میزان مادهٔ خشک و ترکیبات شیمیایی کاه گندم غنی شده به شیوه‌های رایج و مکانیزه

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات (ارزش غذایی)						
		DM	Ash	CP	CF	NDF	ADF	ADL
روش عمل‌آوری	۲	۲۷/۱۶ ns	۰/۲۲ ns	۰/۴۰ ns	۲/۷۲ ns	۹/۵۰*	۷/۴۸*	۰/۳۵ ns
خطا	۲	۵۲/۶۹	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۸۹	۱/۰۰	۱/۲۲	۰/۱۷

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین مقادیر ترکیبات شیمیایی کاه گندم (شاهد) و کاه غنی‌شده به شیوه‌های رایج و مکانیزه

شیوهٔ غنی‌سازی	DM	Ash	CP	CF	NDF	ADF	ADL
کاه غنی‌نشده (شاهد)	۹۲/۰۳ a	۷/۰۳ a	۱/۵۲ b	۴۳/۵۳ a	۸۰/۹۳ a	۴۷/۹۳ b	۶/۰۷ b
کاه غنی‌شده به شیوه رایج	۴۹/۵۷ b	۶/۲۳ b	۴/۵۱ a	۴۷/۱۷ b	۷۹/۳۳ b	۵۱/۲۷ a	۷/۵۳ a
کاه غنی‌شده به شیوه مکانیزه	۵۰/۸۱ b	۶/۶۰ b	۳/۸۹ a	۴۶/۸ b	۸۲/۱۰ a	۵۱/۵۳ a	۷/۱۷ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون S. N. K. در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بر اساس داده‌های جدول ۲، میانگین میزان مادهٔ خشک کاه معمولی، در اثر عمل‌آوری کاهش یافته است. با وجود اختلاف در میانگین مقادیر ماده خشک و بیشتربودن آن در روش مکانیزه، هر دو روش عمل‌آوری در یک گروه قرار دارند. میزان رطوبت مورد نیاز و توصیه‌شده برای عمل‌آوری کاه، در محدوده ۳۰ الی ۵۰ درصد است. در عمل‌آوری کاه به روش رایج (در آزمایشگاه)، رطوبت کاه با پاشش آب به اندازهٔ مادهٔ خشک موجود در کاه به ۵۰ درصد رسانده شد. در روش مکانیزه نیز بر اساس حجم کاه موجود در مزرعه و سرعت پیشروی بسته‌بند، با تنظیم دبی پاشش نازل‌ها سعی شد میزان رطوبت کاه به حد بالای رطوبت مورد نیاز برای عمل‌آوری (حدود ۵۰ درصد) رسانده شود. لذا با توجه به پاشش رطوبت بر کاه، کاهش مادهٔ خشک در کاه عمل‌آوری‌شده قابل انتظار بود ولی رسیدن رطوبت به مقدار مطلوب و معنی‌دارنشدن مقادیر مادهٔ خشک (رطوبت) در دو روش عمل‌آوری، نشان از توانایی و دقت دستگاه در امکان اعمال تنظیم‌ها و پاشش مطلوب و مورد نیاز محلول اوره بر کاه دارد.

میانگین میزان خاکستر خام کاه معمولی، در اثر عمل‌آوری کاهش یافت. با این حال تفاوت معنی‌داری در دو

روش مشاهده نشد و هر دو روش در یک گروه قرار گرفتند. کاهش مقادیر خاکستر خام در کاه عمل‌آوری‌شده ممکن است به دلیل شسته‌شدن سطح کاه در اثر پاشش محلول اوره ایجاد شده باشد. میانگین میزان پروتئین خام کاه در اثر عمل‌آوری در هر دو روش افزایش یافت. با وجود بیشتربودن میانگین مقادیر این صفت در روش رایج، تفاوت‌ها در بین دو روش عمل‌آوری معنی‌دار نبود و هر دو روش در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۲). با توجه به اضافه‌شدن محلول اوره به کاه، افزایش میزان پروتئین خام کاه عمل‌آوری‌شده نسبت به کاه معمولی، امری طبیعی و قابل انتظار بود. میانگین مقادیر فیبر خام، الیاف انحلال‌ناپذیر در شوینده اسیدی، لیگنین انحلال‌ناپذیر در شوینده اسیدی، و الیاف خام کاه در اثر عمل‌آوری تغییر کرد. با این حال تفاوت میانگین مقادیر صفات مذکور در دو روش رایج و مکانیزه معنی‌دار نبود و هر دو روش در یک گروه قرار گرفتند.

تاثیر شیوهٔ غنی‌سازی بر میانگین الیاف انحلال‌ناپذیر در شویندهٔ خنثی معنی‌داری بود به گونه‌ای که کاه غنی‌شده به شیوهٔ مکانیزه بیشترین و روش رایج کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند ($P< ۰/۰۵$). این موضوع با نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققان مبنی بر افزایش ارزش غذایی کاه در اثر عمل‌آوری با اوره مطابقت داشت (Chenost & Kayouli, 1997; Ibrahim & Olaloku, 2000).

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس اثر روش عمل‌آوری بر میزان قابلیت هضم کاه گندم غنی شده به شیوه‌های رایج و مکانیزه

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات (قابلیت هضم)		
		مادهٔ خشک (DMD)	مادهٔ آلی (OMD)	مادهٔ آلی در مادهٔ خشک (DOMD)
روش عمل‌آوری	۲	۲۳/۶۱ *	۵۴/۰۷ *	۴۷/۹۰*
خطا	۲	۵/۳۷	۸/۵۰	۷/۶۵

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین مقادیر قابلیت هضم کاه گندم (شاهد) و کاه غنی‌شده به شیوه‌های رایج و مکانیزه

شیوهٔ غنی‌سازی	مادهٔ خشک (DMD)	مادهٔ آلی (OMD)	مادهٔ آلی در مادهٔ خشک (DOMD)
کاه غنی نشده (شاهد)	۳۰/۰۰ c	۲۷/۶۴ c	۲۵/۹۲ c
کاه غنی شده به شیوهٔ رایج	۴۵/۲۰ a	۴۴/۴۳ a	۴۱/۶۶ a
کاه غنی شده به شیوهٔ مکانیزه	۴۰/۳۵ b	۳۷/۸۷ b	۳۵/۵۱ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون S. N. K. در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

اثر روش عمل‌آوری بر قابلیت هضم کاه شامل قابلیت هضم مادهٔ خشک، قابلیت هضم مادهٔ آلی، و قابلیت هضم مادهٔ آلی در مادهٔ خشک معنی‌دار بود ($P< ۰/۰۵$). با وجود افزایش قابلیت هضم در کاه عمل‌آوری‌شده، میانگین این مقادیر در روش رایج بیشتر از روش مکانیزه بود (جدول ۴). تفاوت در میانگین مقادیر مربوط به قابلیت هضم کاه و سایر صفات در دو روش مکانیزه و رایج می‌تواند در اثر یکسان‌نبودن شرایط آزمایش (شرایط غیر قابل کنترل)، ایجاد شده باشد. در شیوهٔ مکانیزه، مواد خارجی شامل کلوخه‌های خاک و گرد و غبار موجود در مزرعه نیز ممکن است همراه با کاه به دستگاه و در نهایت به بسته‌های کاه عمل‌آوری‌شده وارد شده باشد، که این موضوع می‌تواند سبب کاهش قابلیت هضم کاه گردد. از سویی دیگر، شرایط عمل‌آوری در آزمایشگاه کنترل‌شده‌تر از شرایط عمل‌آوری در مزرعه و کاه انتخاب شده هم عاری از مواد خارجی و از جمله کلوخه‌های خاک است. همچنین در عمل‌آوری رایج کاه به دلیل کوچک‌بودن حجم کار و استفاده از دست (شکل ۳)، اختلاط محلول اوره با کاه یکنواخت‌تر است و زهاب نیز در این حالت وجود ندارد. در حالی که احتمال وجود زهاب در عمل‌آوری کاه با دستگاه وجود دارد که این موضوع می‌تواند بر غلظت اوره و میزان رطوبت اثر گذاشته باشد. در شیوهٔ رایج و در مقیاس کاربردی نیز احتمال وجود زهاب، اختلاط گرد و غبار و اجسام خارجی با کاه، و یکنواخت نبودن توزیع رطوبت در تودهٔ کاه غنی‌شده وجود دارد که در این تحقیق به دلیل اجرای روش رایج غنی‌سازی کاه در مقیاس آزمایشگاهی، موضوع زهاب بررسی نشد.

ظرفیت دستگاه برای عمل‌آوری مکانیزه کاه

میانگین تعداد بسته‌های کاه در هر ۱۰۰ متر از مسیر پیشروی، ۱۶ و میانگین وزن هر یک ۱۲/۵ کیلوگرم بود. لذا میانگین کاه موجود در مسیری به طول ۱۰۰ متر و به عبارت دیگر ۴۰۰ متر مربع از سطح مزرعه، ۲۰۰ کیلوگرم محاسبه شد. همچنین، اندازه‌گیری مزرعه‌ای نشان داد که میانگین زمان لازم برای تشکیل ۱۰۰ بسته کاه غنی‌شده ۲۱۹۵ ثانیه است. با توجه به زمان مورد نیاز برای تشکیل هر بسته کاه غنی‌شده، زمان لازم برای تشکیل ۱۶ بسته (مقدار کاه موجود در ۱۰۰ متر پیشروی)، برابر ۳۵۱/۲ ثانیه و میانگین سرعت واقعی انجام کار ۱/۰۲۵ کیلومتر بر ساعت محاسبه شد. بر اساس داده‌های به دست آمده و با توجه به میزان کاه قابل جمع‌آوری در هر هکتار، از روابط (۱ و ۲)، ظرفیت مزرعه‌ای موثر برابر با ۰/۴۱ هکتار در ساعت و ظرفیت ماده‌ای موثر دستگاه برابر ۲/۰۵ تن در ساعت محاسبه شد. نتایج این بخش، با مطالب ارائه‌شده توسط دیگران در خصوص ظرفیت کار بسته‌بندها مطابقت داشت (Behroozi Lar, 2001; Mansourirad, 1996).

در روش سنتی، کاه در مزرعه بسته‌بندی و جمع‌آوری می‌شود و در واحدهای پرورش دام، پس از بازکردن بسته‌ها و خردکردن آن با خردکن، عمل‌آوری می‌گردد. با توجه به سختی کار و بالابودن هزینه‌های کارگری، معمولاً از مزایای عمل‌آوری کاه از جمله افزایش قابلیت هضم، پروتئین خام و ... صرف‌نظر می‌شود. هزینه‌های مربوط به استفاده از بسته-بند، بسته‌بندی کاه، خرید پلاستیک، و ایجاد فضای عمل-آوری کاه برای هر دو روش یکسان است. از این‌رو کاهش

هزینه‌های عمل‌آوری از طریق صرفه‌جویی در نیروی کار می‌تواند مهمترین ویژگی روش مکانیزه به حساب آید. در شیوهٔ رایج برای عمل‌آوری هر تن کاه، ۳ تا ۴ نفر- روز کارگر مورد نیاز است. با فرض ۶۰/۰۰۰ ریال دستمزد (پایه حقوق سال ۱۳۸۵)، برای هر نفر - روز، هزینه عمل‌آوری یک تن کاه بین ۱۸۰۰۰۰ الی ۳۲۰۰۰۰ ریال براورد می‌شود. با توجه به ظرفیت دستگاه، می‌توان در هر ساعت دو تن کاه را عمل‌آوری کرد که با محاسبهٔ فوق، در هر ساعت حداقل ۳۶۰۰۰۰ ریال در هزینه‌های عمل‌آوری هر تن کاه صرفه‌جویی خواهد شد. لذا بهینه‌سازی بسته‌بند و تجهیز آن به سیستم پاشش محلول اوره می‌تواند به دلیل کاهش هزینه و سهولت و سرعت کار، سبب ترغیب دامداران به عمل‌آوری کاه و نهایتا استفاده از خوراک دام با کیفت بالاتر و ترویج عمل‌آوری کاه با اوره شود. در خصوص بهینه‌سازی بسته‌بند ضرورت دارد سایر هزینه‌ها، از جمله هزینهٔ اولیه برای خرید و نصب سیستم پاشش محلول، کاهش ظرفیت ناشی از نصب سیستم پاشش، میزان توان، سوخت اضافی مورد نیاز، و غیره مدنظر قرار گیرد. از سویی دیگر، در روش رایج نیز هزینهٔ جابه‌جایی کاه، هزینه و تلفات ناشی از خردکردن کاه، ضایعات و آلودگی‌های احتمالی در کار با محلول اوره و غیره می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از این رو مقایسهٔ همه‌جانبه دو روش عمل‌آوری نیاز به بررسی جامع و دقیق‌تری دارد که می‌تواند موضوع تحقیقی دیگر باشد.

نتیجه‌گیری

- با استفاده از دستگاه می‌توان عمل‌آوری مکانیزه را همزمان با برداشت کاه از مزارع، انجام داد.
- دستگاه، توانایی پاشش محلول و رساندن رطوبت به میزان مورد نیاز را در شرایط مزرعه دارد.
- تاثیر روش رایج عمل‌آوری، در افزایش قابلیت هضم و مقدار پروتئین خام کاه بیشتر از روش مکانیزه است.
- عمل‌آوری مکانیزه، با ۲۵۶ درصد افزایش، میزان پروتئین خام کاه را از ۱/۵۲ درصد به ۳/۸۹ درصد می‌رساند، در حالی که در عمل‌آوری به روش رایج میانگین این صفت با ۲۹۷ درصد افزایش حدود ۴/۵۱ درصد است.
- عمل‌آوری مکانیزه، با ۱۳۵ درصد افزایش، قابلیت هضم مادهٔ خشک کاه را از ۳۰ درصد به ۴۰/۳۵ درصد می‌رساند، در حالی که با روش رایج، میانگین این صفت با ۱۴۸ درصد افزایش ۴۵/۲۰ درصد است.
- با استفاده از دستگاه بسته‌بند مجهز به سیستم پاشش محلول اوره می‌توان در هر ساعت دو تن کاه را عمل‌آوری و حداقل ۳۶۰۰۰۰، ریال در هزینه‌های عمل‌آوری هر تن کاه صرفه‌جویی کرد.

قدردانی

از مؤسسهٔ تحقیقات علوم دامی کشور به‌دلیل حمایت‌های مالی و فنی، از آموزشکدهٔ کشاورزی کـرج بـرای در اختیـار گذاشـتن امکانـات اجرایی، و نیز از آقای مهندس عبدالرسول غفاری برای همکاری صمیمانه ایشان قدردانی می‌شود.

مراجع

Anon. 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Assos. Off. Anal. Chem. Washington, D. C.

Anon. 2002. Agricultral statistic bulletin. Statistics and Information Department. Ministry of Jihad-e Agriculture. (in Farsi)

Behroozi Lar, M. 2001. Tractor and Farm Machinery Management. 3rd Ed. University of Tehran Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)

Bhasayavan, N., Prommani, B., Thaipanich, N., Boonpakdee, W., Meemak, N., Sudto, P. and Saisoong, C. 1986. Crop-livestock integrated farming systems research: In Proceedings of the Crop-Livestock Systems Research Workshop. Department of Agriculture. Thailand and International Rice Research Institute. Khon Kaen. Thailand.

Chenost, M. and Kayouli, C. 1997. Roughage Utilization in Warm Climates. FAO. Animal Production and Health Paper 135. Rome.

Dias, D. A., Silva, A. A. and Sundstol, F. 1986. Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. Animal Feed Sci. Technol. 14, 67-79.

Ibrahim, H. and Olaloku, E. 2000. Improving cattle for milk, meat and traction. ILRI Manual 4. ILRI (International Livestock Research Institute). Nairobi. Kenya.

Jackson, M. G. 1978. Treating Straw for Animal feeding. FAO. Animal Production and Health Paper 10. Rome.

Jayasuriya, M. C. N. 1985. Potential for the Better Utilization Crop Residues Agro - Industrial by Products in Animal Feeding in Indian Subcontinent. FAO. Animal Production and Health Paper 50.

Mansoorirad, D. 1996. Tractor and Farm Machinery. 2nd Ed. Hamedan University Pub. (in Farsi)

Mao, H. M. and Feng, Y. L. 1991. Study of the improvement of nutritive value of straw with urea and calcium hydroxide. Chinese J. Animal Sci. 27, 5, 3-6.

Mc Donald, P., Edvards, E. A., Greenhalgh, J. F. D. and Morgan, C. A. 1995. Animal Nutrition. 5th Ed. Longman. Singapore.

Nguyen X. T., Mo, M. and Dan, C. X. 2002. Treatment and supplementation of rice straw for ruminant feeding. Proceedings of the Workshop on Improved Utilization of Byproducts for Animal Feeding in Vietnam. Mar. 28-30. Hanoi.

Raisianzadeh, M., Faizi, R., Abbasi, A. and Monaazami, H. 2004. Acceptability of urea treating straw project by sheep breeders in khorasn province. Proceedings 2nd Conferences of Sheep and Goat. Animal Science Research Institute. Ministry of jihad-e-Agriculture. Karaj. Iran. (in Farsi)

Renard, C. (Ed.). 1997. Crop Residues in Sustainable Mixed Crop/Livestock Farming Systems. N. Y. CAB International.

Roy, S. and Rangnekar, D. V. 2006. Farmer adoption of urea treatment of cereal straws for feeding of dairy animals: A success in Mithila milkshed, India. Livestock Research for Rural Development. Vol. 18, Article #118. Retrieved Dec. 29. Available on the: http://www.cipav.org.co/ lrrd/lrrd18/8/roy18118.htm

Sundstol, F., Coxworth, E. M., Mowat, D. M. 1978. Improving the nutritive value of straws and other low quality roughages by treatment with ammonia. World Animal Review. 26, 3-21.

Tilly, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 18, 104-111.

Tingshuang, G., Sanchez, M. D. and Peiyu, G. 2002. Animal Production Based on Crop Residues - Chinese Experiences. FAO. Animal Production and Health Paper 149. Rome.

Younesi, A. M. 2006. Design, development and evaluation of urea treatment of cereal straw machine. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. (in Farsi)

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.9/No.1/Spring 2008/P: 141-154*

Mechanized Urea Treatment of Wheat Straw Versus the Conventional Urea Treatment Method

M. Younesi Alamouti*, M. H. Khoshtaghaza and M. Zahedifar

*Corresponding Author: Ph.D. Graduate, Tarbiat Modares University; Assistant Professor, Ministry of Jihad-e-Agriculture, P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran, E-mail: mohamadyounesi@yahoo.com

The nutritional value of cereal straw can be increased using urea treatments as a source of ammonia. The conventional urea treatment process for cereal straw is a laborious and time-consuming task. It is essential to facilitate or eliminate part of the procedure with the use of machinery. This study examines the mechanical urea treatment of wheat straw and compares chemical components and digestibility of the treated straw with that treated conventionally. For mechanized urea treatment, a rectangular baler fitted with a urea solution sprayer was used to treat the straw. The machine was connected to a tractor and used to prepare mechanized urea treated bales. At the same time, the conventional method was used to treat chopped straw. The samples were then compared with the mechanized treated straw. Results showed that treatment methods had no significant effect on the chemical compositions of DM, ash, ADL, DM, and CP. The effect of treatment method on other chemical compositions (NDF, ADF) and straw digestibility parameters (DMD, OMD and DOMD) was significant ($P<0.05$). The mean values of DMD, OMD and DOMD for untreated straw were 30.00%, 27.64%, and 25.92%. These values were 44.35%, 44.43%, and 41.46% for the conventional treatment method and 40.35%, 37.87%, and 35.51% for the mechanized method. The effective field capacity and effective material capacity of the mechanical urea treatment were 0.41 ha/h and 2.05 t/h, respectively. Results of this research also showed that mechanical urea treatments can be done under field conditions along with baling operations. This method of urea treatment can also increase the moisture content of the straw to the recommended range for urea treatment of wheat straw.

Key Words: Baler, Effective Field Capacity of Mechanized Urea Treatment, Effective Material Capacity of Mechanized Urea Treatment, Mechanized Urea Treatment of Wheat Straw, Wheat Straw