

ارزیابی نهاده و انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت

داود زحمتکش^{۱*}، محمد زینالی^۲، حمیدرضا میرزایی الموتی^۳، احسان محجوبی^۱ و پریا سفیدپری^۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۲

^۱ استادیار گروه علوم دامی دانشگاه زنجان

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه زنجان

^۳ دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه زنجان

^۴ دانشجوی دکتری گروه مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران

*مسئول مکاتبه: Email: zahmatkesh@znu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: ارزیابی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری. هدف: این پژوهش به منظور مقایسه نهاده و انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت انجام شد. روش کار: برای انجام این تحقیق اطلاعات مورد نیاز از ۴۲ واحد پرورش گاو شیری در غرب استان تهران از طریق پرسشنامه از دامداری‌ها براساس روش نمونه‌گیری تصادفی در سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری گردید. اطلاعات شامل نهاده‌های مصرفی واحدهای پرورش گاو شیری در یک دوره یک ساله بود. اطلاعات انرژی مصرفی شامل انرژی تجدید ناپذیر مانند سوخت و الکتریسیته و انرژی تجدید پذیر مانند علوفه، کنسانتره، ماشین‌ها، نیروی انسانی و آب محاسبه گردید. نتایج: میانگین مصرف انرژی تجدید ناپذیر در واحدهایی با جایگاه نگهداری فری استال و اصطبل باز به ازای هر کیلوگرم شیر تصحیح شده بر اساس چربی و پروتئین (FPCM) به ترتیب برابر ۳/۳۴ و ۵/۰۱ مگاژول بود ($P=0/08$). بیشترین میزان سهم انرژی مصرفی در همه واحدها مربوط به انرژی خوراک بود که در واحدهای نگهداری فری استال و اصطبل باز به ترتیب دارای سهمی برابر با ۸۶/۶۹٪ و ۸۱/۹۱٪ بود. میزان بهره‌وری انرژی در واحدهای نگهداری فری استال و اصطبل باز برابر با ۰/۰۴۶ و ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مگاژول بود. نتیجه‌گیری کلی: با توجه به میزان مصرف انرژی تجدید ناپذیر به ازای هر کیلوگرم FPCM، واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت (فری استال در مقابل اصطبل باز) تفاوت متمایل به معنی‌داری با هم داشتند. همچنین، با توجه به میزان انرژی خوراک مصرفی به عنوان منبع اصلی مصرف انرژی، توجه ویژه به جلوگیری از هدر رفت منابع خوراکی از طریق مدیریت صحیح خوراکدهی و گروه‌بندی مناسب حیوانات باید مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: انرژی تجدید ناپذیر، انرژی مصرفی، بهره‌وری انرژی، جایگاه نگهداری، گاو شیری

مقدمه

به منظور تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد، بخش کشاورزی به شدت به منابع انرژی وابسته است. استفاده بی‌رویه از منابع انرژی تجدید ناپذیر می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی را به دنبال داشته باشد. انرژی می‌تواند از منابع مختلف نهاده مانند خوراک دام، نیروی انسانی، سوخت فسیلی، الکتریسیته و ماشین‌ها برای انجام عملیات در تولید محصولات دامی در واحدهای پرورش گاو شیری مورد بهره‌برداری قرار بگیرد. استفاده از تجهیزات خودکار و انجام عملیات مکانیزه باعث افزایش مصرف منابع انرژی تجدید ناپذیر شده است، علاوه بر این، از آنجا که منابع انرژی تجدید ناپذیر محدود و رو به اتمام هستند، چشم انداز بهینه‌سازی مصرف انرژی نیازمند تصمیم‌گیری جدی می‌باشد. بهبود مصرف انرژی برای مبارزه با افزایش هزینه‌های انرژی، استفاده از منابع طبیعی و زوال زیست محیطی ضروری است (دووی و همکاران ۲۰۰۹). استفاده کارآمد از انرژی یک شرط مهم برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است، که باعث صرفه‌جویی مالی، حفظ منابع سوخت فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد (اسینگان و همکاران ۲۰۰۷). در تولید محصولات کشاورزی افزایش بهره‌وری و سودآوری یک نگرانی عمده است. در حال حاضر بهره‌وری و سودآوری کشاورزی به مصرف انرژی بستگی دارد (آلیم و همکاران ۲۰۰۵). مقدار انرژی مورد استفاده برای تولید شیر به میزان کنسانتره، علوفه، سوخت فسیلی، الکتریسیته و نیروی انسانی مورد نیاز و همچنین سطح مکانیزاسیون مزرعه بستگی دارد (یوزال ۲۰۱۳). از طرف دیگر، تولیدات دامی مبدل ضعیف انرژی هستند که در آن ابتدا انرژی خورشید و مواد مغذی خاک به صورت زیست توده در گیاه ذخیره می‌شود و هنگامی که خوراک به دام داده می‌شود، بخشی از انرژی صرف احتیاجات نگهداری دام می‌شود و بخشی از آن تبدیل به گوشت و شیر می‌گردد (فروریپ و همکاران ۲۰۱۲).

دلایل مالی و زیست‌محیطی زیادی برای بهبود بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی وجود دارد. از دیدگاه مالی، انرژی معمولاً هزینه‌بر است. توجه به اثرات زیست محیطی در تولیدات دامی طی سال‌های اخیر افزایش یافته است که به دلیل اثرات عمده تولید این محصولات بر محیط زیست است. بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی به‌عنوان مثال، بخش دام در جهان مسئول ۱۸ درصد از گازهای گلخانه‌ای منتشر شده است (استینفیلد و همکاران ۲۰۰۶). برای کاهش گازهای گلخانه‌ای باید استفاده از سوخت‌های فسیلی کاهش پیدا کند. این هدف تا حدودی با استفاده از منابع پایدارتر انرژی مانند باد، زیست‌توده و انرژی خورشیدی و یا رسیدن به یک بهره‌وری قابل توجه در مصرف انرژی می‌تواند به دست آید (کورری و همکاران ۲۰۰۳). به عبارتی همان مقدار ستانده با کاهش مصرف انرژی نهاده تولید شود. توسعه سامانه‌های کشاورزی با کارایی انرژی بالاتر، با مصرف انرژی نهاده کمتر در مقایسه با تولید همان محصول، به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کنند (دالگارد و همکاران ۲۰۰۱). یوزال و اوگورلو (۲۰۱۰) گزارش کردند که گاوهای شیرده در سیستم نگهداری معمولی در مقایسه با فری استال رفاه بیشتر و بازده تولید بالاتری دارند. همچنین، یوزال (۲۰۰۸) گزارش نمود سیستم‌های معمولی که به خوبی طراحی شده‌اند برای رفاه و آسایش حیوانات، تولید شیر و همچنین مدیریت کود مناسب‌تر بودند.

تا کنون پژوهش‌هایی در مورد مصرف انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری در ایران انجام شده است. در پژوهشی میزان کل انرژی مصرفی را ۱۴۷۶۵۹/۴۴ مگاژول به ازای هر رأس گاو شیری و مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی را ۹۴۰۵/۲۳ مگاژول به ازای هر رأس گاو شیری گزارش گردید که دومین نهاده پرمصرف پس از خوراک در این پژوهش بود (حسین زاده بن‌دبافها و همکاران ۲۰۱۶). همچنین، در پژوهشی در استان تهران میزان کل انرژی مصرفی را ۴۹۳۶۸

که در آن N اندازه جامعه آماری یا تعداد واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری در منطقه مورد مطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t -استیودنت به دست می آید. S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است.

انرژی مصرفی شامل انرژی تجدید ناپذیر مانند سوخت فسیلی و الکتریسیته و انرژی تجدید پذیر شامل علوفه، کنسانتره، ماشین‌ها، نیروی انسانی و آب بود. انرژی ستانده شامل شیر، گوشت و کود دامی بود.

برای محاسبه هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها و در نهایت محاسبه انرژی مصرفی و تولیدی در عملیات‌های مختلف از ضرایب و هم‌ارزهایی که در جداول ۱ و ۲ ذکر شده‌اند استفاده گردید.

به منظور محاسبه انرژی مورد استفاده توسط ماشین‌ها از جمله تراکتور و ادوات ثابت برای فعالیت‌های مختلف از رابطه (۲) برای کل سال استفاده شد (کیتانی ۱۹۹۹):

$$ME = \frac{G \times M_p \times t}{T} \quad [2]$$

که در آن:

ME: انرژی ماشین‌ها یا تراکتور، G: وزن ماشین‌ها و تجهیزات، M_p : محتوای انرژی کار ماشینی، t: ساعت کار، T: عمر مفید.

از آنجا که در واحدهای مختلف شیر تولیدی دارای درصد چربی و پروتئین متفاوتی هستند، در ابتدا شیر تولیدی کل محاسبه شده از واحدها به وسیله پرسشنامه بر اساس این دو ماده مغذی تصحیح شدند که این امر به وسیله رابطه (۳) صورت گرفت (آی دی اف ۲۰۱۰):

$$FPCM \text{ (kg per year)} = \text{milk (kg per year)} \times [0.2534 + (0.1226 \times \% \text{ fat} + 0.0776 \times \% \text{ protein})] \quad [3]$$

مگاژول به ازای هر رأس و میزان مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی را ۷۸۲۴ مگاژول به ازای هر رأس گاو شیری گزارش شد (سفیدپری و همکاران ۲۰۱۲). در پژوهشی دیگر، مقدار مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی به ازای هر رأس گاو ۶۷۹۹/۶ مگاژول محاسبه گردید (سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵). تا کنون در ایران پژوهشی در رابطه با بررسی انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت صورت نگرفته است. در این راستا، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی نهاده و انرژی مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

در حال حاضر سیستم‌های جایگاه پرورش مختلفی در پرورش گاو شیری در سراسر دنیا دیده می‌شود، در این پژوهش مصرف نهاده‌ها و انرژی در دو سیستم فری استال و اصطبل باز (معمولی) در غرب استان تهران که یکی از مناطق تجمع واحدهای پرورش گاو شیری می باشد و از لحاظ آب و هوایی شرایط یکسانی وجود دارد، مقایسه گردید. اطلاعات از طریق پرسشنامه از دامداری‌ها در سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری گردید. برای تخمین انحراف معیار جامعه یک نمونه اولیه از ۱۰ واحد به طور تصادفی انتخاب شد. سپس نسبت انرژی به عنوان یکی از پارامترهای مهم مورد بررسی در این تحقیق انتخاب شده و انحراف معیار آن به دست آمد؛ بنابراین اندازه نمونه مورد نیاز برای تعداد ۱۳۷ واحد پرورش گاو شیری با استفاده از فرمول کوکران (کزیراسلان ۲۰۰۹) تعداد ۳۷ واحد به دست آمد که برای اطمینان بیشتر ۴۵ پرسشنامه تکمیل گردید و به دلیل نامعتبر بودن اطلاعات چند پرسشنامه در نهایت اطلاعات ۴۲ واحد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (رابطه ۱).

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t^2S^2} \quad [1]$$

مصرف دام و همچنین شستشوی دستگاه‌های شیردوشی و نظافت گاو‌داری استفاده می‌شود و انرژی ستانده شامل انرژی شیر، گوشت و کود دامی می‌باشد که با استفاده از هم‌ارز انرژی آن‌ها که در جدول ۱ آورده شده محاسبه شد.

که در آن FPCM: شیر تصحیح شده بر اساس چربی و پروتئین بود. در طول دوره یکساله پرورش و تولید شیر در واحدهای مورد مطالعه اطلاعات مربوط به مصرف خوراکی‌های مختلف (ذرت سیلو شده، یونجه، کاه، ذرت و ...) جمع‌آوری شد. در واحدهای پرورش گاو شیری آب برای

جدول ۱- هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در واحدهای پرورش گاو شیری

Table 1- Inputs and outputs equivalent energy in dairy farms

متغیر Variable	واحد Unit	انرژی هر واحد (مگاژول) Energy of unit (MJ)	مرجع Reference
نهاده‌ها:			
Inputs:			
۱- ماشین‌ها			
1-Machines			
تراکتور	کیلوگرم	9	(کیتانی ۱۹۹۹)
Tractor	kg		
ادوات ثابت	کیلوگرم	8-10	(کیتانی ۱۹۹۹)
Stationary machinery	kg		
۲- نیروی انسانی			
2-Human labor			
	ساعت	1.96	(کیتانی ۱۹۹۹)
	h		
۳- سوخت‌های فسیلی			
3-Fossil fuel			
گازوئیل	لیتر	47.8	(کیتانی ۱۹۹۹)
Gasoline	L		
بنزین	لیتر	46.3	(کیتانی ۱۹۹۹)
Petrol	L		
نفت	لیتر	36.7	(کیتانی ۱۹۹۹)
Oil	L		
گاز طبیعی	مترمکعب	49.5	(کیتانی ۱۹۹۹)
Natural gas	m ³		
۴- الکتریسیته			
4-Electricity			
	کیلووات ساعت	11.93	(ازکان و همکاران ۲۰۰۴)
	kWh		
۵- آب			
5-Water			
	مترمکعب	1.03	(محمدی و همکاران ۲۰۱۰)
	m ³		
۶- خوراک دام*			
6-Animal feeds			
ستانده‌ها:			
Outputs:			
۱- شیر			
1-Milk			
	کیلوگرم ماده خشک	24.07	(کلارک و همکاران ۲۰۰۱)
	kg DM		
۲- کود			
2-Manure			
	کیلوگرم	0.3	(سینگ و میتال ۱۹۹۲)
	kg		
۳- گوشت گاو			
3-Cow meat			
	کیلوگرم	9.22	(فروریپ و همکاران ۲۰۱۲)
	kg		
۴- گوشت گوساله و تلیسه			
4- Calf and heifer meat			
	کیلوگرم	6.5	(فروریپ و همکاران ۲۰۱۲)
	kg		

*در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- هم ارز انرژی نهاده‌های خوراک در واحدهای پرورش گاو شیری

خوراک دام	واحد	انرژی هر واحد (مگاژول)
Animal feed	Unit	Energy of unit (MJ)
ذرت سیلو شده	کیلوگرم ماده خشک	16.4
Corn silage	kg DM	
یونجه	کیلوگرم ماده خشک	17.58
Alfalfa	kg DM	
کاه گندم	کیلوگرم ماده خشک	16.64
Wheat straw	kg DM	
جو	کیلوگرم ماده خشک	17.53
Barley	kg DM	
دانه ذرت	کیلوگرم ماده خشک	18.2
Corn seed	kg DM	
تخم پنبه	کیلوگرم ماده خشک	18.02
Cottonseed	kg DM	
کنجاله پنبه دانه	کیلوگرم ماده خشک	19.11
Cottonseed meal	kg DM	
کنجاله سویا	کیلوگرم ماده خشک	18.6
Soybean meal	kg DM	
گلوتن ذرت	کیلوگرم ماده خشک	18.8
Corn gluten	kg DM	
کنجاله کلزا	کیلوگرم ماده خشک	16.88
Canola meal	kg DM	
سیوس گندم	کیلوگرم ماده خشک	17.64
Wheat bran	kg DM	
پودر ماهی	کیلوگرم ماده خشک	18.86
Fish meal	kg DM	
تقاله چغندر	کیلوگرم ماده خشک	17.33
Beet pulp	kg DM	
پودر چربی	کیلوگرم ماده خشک	31.39
Fat powder	kg DM	
کتان	کیلوگرم ماده خشک	22.1
Linseed	kg DM	

مرجع: عباسی و همکاران ۲۰۱۵

$$ER = E_{out} / E_{in} \quad [4]$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad [5]$$

$$EP = Y / E_{in} \quad [6]$$

$$SE = E_{in} / Y \quad [7]$$

آمار و اطلاعات به دست آمده با استفاده از رویه GLM در نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مدل آماری استفاده شده $Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$ بود که در آن Y_{ij} : مشاهدات مربوط به هر گاوداری، μ : میانگین کل، A_i : اثر i امین سطح عامل A (نوع تأسیسات)، e_{ij} : اشتباه تصادفی می‌باشد. مقایسه

به منظور مقایسه کارایی انرژی بین واحدهای پرورش گاو شیری از شاخص‌های انرژی [نسبت انرژی (ER)، انرژی خالص (NEG)، بازدهی محصول (EP) و انرژی مخصوص (SE)] استفاده شد که بر اساس روابط (۴ تا ۷) محاسبه شد.

که در آن:

ER: نسبت انرژی، EP: بهره‌وری انرژی، E_{out} : مقدار انرژی ستانده، Y: عملکرد محصول، E_{in} : مقدار انرژی نهاده، SE: انرژی مخصوص، NEG: افزوده خالص انرژی برحسب مگا ژول انرژی خام (مندل و همکاران ۲۰۰۲).

به ازای هر رأس و میانگین روزهای شیردهی $10/18 \pm 195/42$ روز بودند (جدول ۳). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نهاده و ستانده و انرژی نهاده و ستانده به ترتیب در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. در محاسبات انرژی یک دوره یک‌ساله در نظر گرفته شده است.

میانگین‌ها از روش LSD محافظت شده در سطح خطای ۵ درصد انجام گرفت. همچنین، معنی‌داری ضرایب تا سطح خطای ۱۰ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه به‌طور میانگین دارای تولید شیر $2/2 \pm 31/94$ کیلوگرم در روز

جدول ۳- مشخصات دام‌های موجود در واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه

Table 3- Specifications of livestock in the studied dairy farms

متغیر Variable	واحد Unit	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	دامنه Range
کل دام Total livestock	رأس Head	742.98	1776.76	90-11728
گاو شیرده Milking Cow	رأس Head	363	774	40-5000
گاو خشک Dry Cow	رأس Head	59.49	131.21	12-880
گوساله زیر یک‌سال Calves under one year	رأس Head	170.65	528.87	25-3528
تلیسه Heifer	رأس Head	149.84	353.16	10-2320
روزهای شیردهی Days in milk	روز Day	195.42	10.18	176-220
تولید هر رأس Production per head	کیلوگرم در روز kg day ⁻¹	31.94	3.2	25-40
تولید مزرعه Farm production	کیلوگرم در روز kg day ⁻¹	11910	29900	810-195000

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود میزان مجموع انرژی مصرفی در واحدهای فری استال و اصطبل باز تفاوت معنی‌داری نداشت ($P=0/22$). در واحدهای پرورش گاو شیری در استان قزوین، خوراک مصرفی برای هر رأس گاو شیری به میزان $34/58$ کیلوگرم در روز و 12623 کیلوگرم در کل سال برآورد شده است که حاوی $135079/31$ مگاژول انرژی بوده و $91/5$ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است (حسین زاده بندبافها و همکاران ۲۰۱۶). همچنین، سفیدپری و همکاران (سفیدپری و همکاران ۲۰۱۲) میزان انرژی خوراک مصرفی را 38704 مگاژول به ازای هر رأس گاو شیری گزارش نمودند. در

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، میزان مصرف نهاده‌ها در واحدهای با جایگاه نگهداری فری استال در مقایسه با اصطبل باز کمتر بود و مصرف نهاده آب در واحدهای فری استال به صورت معنی‌داری کمتر از واحدهای اصطبل باز بود ($P=0/04$). در واحدهای فری استال به دلیل تراکم بالا در واحد سطح مصرف نهاده‌ها به ازای هر رأس و هر کیلوگرم شیر کمتر بود و در نتیجه بازده بالاتر است. مصرف کمتر نهاده‌ها به ازای هر کیلوگرم FPCM در واحدهای فری استال می‌تواند به دلیل مدیریت بهتر مصرف نهاده‌ها در واحدهای فری استال باشد.

دامداری‌های گیلان مقدار انرژی خوراک مصرفی ۴۲۹۳۱/۳ مگاژول به ازای هر رأس گاو و ۸۲ درصد کل انرژی مصرفی گزارش شده است (سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵).

جدول ۴- مصرف نهاده‌ها و تولید ستانده‌ها به ازای یک کیلوگرم شیر FPCM در واحدهای پرورش گاو شیری (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 4- Inputs and outputs consumption per kg FPCM in dairy farms (mean±SE)

متغیر Variable	واحد Unit	اصطبل باز Open shed	فری استال Freestall	P-value
نهاده‌ها:				
Inputs:				
نیروی انسانی Human labor	ساعت h	0.016±0.0017	0.014±0.0010	0.27
آب Water	مترمکعب m ³	0.011 ^a ±0.0005	0.008 ^b ±0.0009	0.04
الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWh	0.13±0.01	0.09±0.02	0.11
سوخت:				
Fuel:				
گازوئیل Gasoline	لیتر L	0.04±0.005	0.03±0.008	0.23
گاز Natural gas	مترمکعب m ³	0.024±0.005	0.017±0.008	0.37
نفت Oil	لیتر L	0.002±0.0015	0.001±0.0025	0.44
بنزین Petrol	لیتر L	0.00199±0.00010	0.00001±0.0017	0.31
ماشین‌ها Machines	ساعت h	0.03±0.002	0.02±0.004	0.12
خوراک:				
Feed:	کیلوگرم ماده خشک kg DM	1.31±0.09	1.16±0.15	0.39
علوفه Forage	کیلوگرم ماده خشک kg DM	0.70±0.05	0.63±0.09	0.48
کنسانتره Concentrate	کیلوگرم ماده خشک kg DM	0.61±0.05	0.53±0.08	0.37
ستانده‌ها:				
Outputs:				
شیر Milk	کیلوگرم kg	1	1	1
گوشت Meat	کیلوگرم kg	0.018±0.001	0.019±0.002	0.68
کود دامی Manure	کیلوگرم kg	0.58±0.01	0.56±0.02	0.37

برابر ۶۸۱۸۵۵ و ۵۰۶۷۰۰۵/۸۶ مگاژول در هکتار محاسبه شد (یوزال ۲۰۱۳) که مطابق با نتایج این پژوهش در واحدهای فری استال مصرف انرژی خوراک نسبت به واحدهای اصطبل باز کمتر بود. در فنلاند

در مطالعه‌ای دیگر در ترکیه کل انرژی مصرفی در واحدهای فری استال و معمولی ۴۸۸۰۷۵۴ و ۵۵۸۱۲۶۱ مگاژول در هکتار و کل انرژی مصرفی مربوط به خوراک در واحدهای فری استال و معمولی به ترتیب

۷۱-۶۷ درصد از کل انرژی ورودی به خوراک مصرفی اختصاص داده شده است (فروریپ و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۵- انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها به ازای کیلوگرم شیر FPCM در واحدهای پرورش گاو شیری (میانگین±خطای استاندارد)

Table 5- Inputs and outputs energy per kg FPCM in dairy farms (mean±SE)				
متغیر Variable	واحد Unit	اصطبل باز Open shed	فری استال Freestall	P-value
نهاده‌ها:				
Inputs:				
نیروی انسانی Human labor	مگاژول MJ	0.031±0.002	0.027±0.003	0.27
آب Water	مگاژول MJ	0.011 ^a ±0.0005	0.009 ^b ±0.0009	0.04
الکتریسیته Electricity	مگاژول MJ	1.52±0.16	1.02±0.26	0.11
سوخت Fuel	مگاژول MJ	3.49±0.37	2.32±0.63	0.11
ماشین‌ها Machines	مگاژول MJ	0.0022±0.00021	0.0016±0.00036	0.19
خوراک Feed	مگاژول MJ	22.91±1.56	20.24±2.62	0.38
علوفه Forage	مگاژول MJ	11.85±0.87	10.64±1.49	0.49
کسانتره Concentrate	مگاژول MJ	11.06±0.81	9.60±1.36	0.36
مجموع انرژی مصرفی Total consumption energy	مگاژول MJ	27.97±1.78	23.62±0.99	0.22
ستانده‌ها:				
Outputs:				
شیر Milk	مگاژول MJ	3	3	1
گوشت Meat	مگاژول MJ	0.15±0.12	0.15±0.18	0.98
کود دامی Manure	مگاژول MJ	0.175±0.004	0.168±0.006	0.36
مجموع انرژی خروجی Total output energy	مگاژول MJ	3.34±0.012	3.33±0.019	0.78

فسیلی بیشترین سهم را در مصرف انرژی واحدها به خود اختصاص داد که در تفاوت معنی‌داری بین واحدهای فری استال و اصطبل باز مشاهده نشد ($P=0/11$) نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که تعداد رأس دام تأثیر مستقیمی بر مصرف نهاده‌ها از جمله سوخت دارد، در استان قزوین سوخت‌های فسیلی با میانگین انرژی ۹۴۰۵/۲۳ مگاژول برای هر رأس دام، پس از انرژی خوراک، بیشترین سهم را به

همچنین از لحاظ تولید انرژی نیز واحدهای متفاوت هیچ‌کدام از دو سیستم برتری نسبت به دیگری نداشت و تفاوت معنی‌داری بین نوع تأسیسات از لحاظ تولید انرژی وجود نداشت ($P=0/78$). با این وجود بیشترین میزان انرژی مصرفی در هر دو سیستم جایگاه نگهداری مربوط به انرژی خوراک بود که نشان دهنده اهمیت توجه به مدیریت خوراک‌دهی در واحدهای پرورش گاو شیری می‌باشد. پس از انرژی خوراک، انرژی سوخت

طرفی در سیستم جایگاه نگهداری فری استال که تراکم دام در واحد سطح بالاتر است میزان مصرف این نهاده‌ها و انرژی مصرف شده این نهاده‌ها کمتر از جایگاه‌های اصطبل باز می‌باشد (جدول ۴ و ۵).
 با توجه به نتایج جدول ۶، شاخص‌های انرژی (نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی)، در واحدهای فری استال وضعیت بهتری را داشتند و نسبت انرژی در واحدهای فری استال ۰/۱۵ و بهره‌وری انرژی در واحدهای فری استال ۰/۰۴۶ کیلوگرم FPCM به ازای مصرف هر مگاژول انرژی بود، در مطالعه‌ای در ترکیه نسبت انرژی در واحدهای فری استال و معمولی به ترتیب برابر ۰/۱۶ و ۰/۱۲ و بهره‌وری انرژی در واحدهای فری استال و معمولی به ترتیب برابر با ۰/۰۵۴ و ۰/۰۳۹ لیتر بر مگاژول گزارش شده است (یوزال ۲۰۱۳). همچنین، در پژوهشی دیگر در استان گیلان نسبت انرژی ۰/۴۷ و بهره‌وری انرژی ۰/۰۲۵ لیتر شیر به ازای هر مگاژول انرژی گزارش کردند (سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵). مدیریت بهینه مصرف نهاده‌ها در بهبود بهره‌وری انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری نقش دارد و با کاهش اتلاف نهاده‌های مصرفی می‌توان بهره‌وری انرژی در تولید شیر را افزایش داد.

خود اختصاص دادند (حسین زاده بندبافها و همکاران ۲۰۱۶). در گیلان این مقدار برای هر رأس گاو ۶۷۹۹/۶ مگاژول (سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵) و در تهران ۸۶۵۶ مگاژول برای هر رأس گاو برآورد شده است (سفیدپری ۲۰۱۲). همچنین در ترکیه میزان مصرف انرژی سوخت-های فسیلی مصرفی در واحدهای فری استال و معمولی ۶۴۹۵۳/۵۰ و ۹۶۱۶۳ مگاژول در هکتار گزارش شد (یوزال ۲۰۱۳).

استفاده از نیروی انسانی در واحدهای پرورش گاو شیری امری اجتناب‌ناپذیر است حتی در واحدهای کاملاً مکانیزه نیز نیروی انسانی از ارکان اصلی عملیات پرورش می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در این پژوهش ساعت کارکرد نیروی انسانی به ازای هر کیلوگرم FPCM در واحدهای فری استال نسبت به واحدهای اصطبل تفاوت معنی‌داری نداشت. در مطالعه‌ای در ترکیه میزان مصرف انرژی نیروی انسانی در واحدهای فری استال و معمولی ۳۸۵۴/۴۰ و ۳۱۲۲/۷۸ مگاژول در هکتار گزارش شد (یوزال ۲۰۱۳). در واحدهای پرورش گاو شیری مصرف نهاده‌هایی که با واحد سطح نگهداری مرتبط هستند از جمله سوخت و الکتریسیته و نیروی انسانی با افزایش تعداد دام میزان مصرف به‌صورت صعودی نیست و پلکانی می‌باشد. از

جدول ۶- شاخص‌های انرژی به ازای کیلوگرم شیر FPCM در واحدهای پرورش گاو شیری (میانگین±خطای استاندارد)

Table 6- Energy indexes per kg FPCM in dairy farms (mean±SE)				
عنوان Title	واحد Unit	اصطبل باز Open shed	فری استال Freestall	P-value
نسبت انرژی Energy ratio	-	0.14±0.009	0.15±0.016	0.36
بهره‌وری انرژی Energy productivity	کیلوگرم بر مگاژول Kg MJ ⁻¹	0.041±0.002	0.046±0.005	0.34
انرژی ویژه Specific energy	مگاژول بر کیلوگرم MJ Kg ⁻¹	27.97±1.78	23.62±2.98	0.22
افزوده خالص انرژی Net energy gain	مگاژول MJ	-24.64±1.78	-20.28±2.98	0.22

جدول ۷- انواع انرژی به ازای کیلوگرم شیر FPCM در واحدهای پرورش گاو شیری (میانگین±خطای استاندارد)

Table 7- Types of energy per kg FPCM in dairy farms (mean±SE)				
نوع انرژی	واحد	اصطبل باز	فری استال	P-value
Type of energy	Unit	Open shed	Freestall	
انرژی تجدید پذیر	مگاژول	25.55±1.77	22.14±2.97	0.96
Renewable energy	MJ			
انرژی تجدید ناپذیر	مگاژول	5.01±0.48	3.34±0.81	0.08
Non-renewable energy	MJ			
انرژی مستقیم	مگاژول	5.06±0.49	3.37±0.82	0.08
Direct energy	MJ			
انرژی غیرمستقیم	مگاژول	25.51±1.77	22.10±2.97	0.33
Indirect energy	MJ			

مصرف کمتر انرژی تجدید ناپذیر در واحدهای فری استال نسبت به واحدهای اصطبل باز به میزان مصرف کمتر سوخت برای گرمایش سالن‌ها و حرکت ماشین‌ها مانند تراکتور، و همچنین میزان مصرف الکتریسیته برای تهویه محل نگهداری دام‌ها و سالن شیردوشی، کارکرد دستگاه شیردوشی و سیستم خنک کننده شیر به ازای هر کیلوگرم شیر مرتبط بود. با به‌کارگیری ماشین‌هایی که بازده بالاتری در مصرف سوخت و الکتریسیته دارند (استفاده از تراکتورها و ماشین‌هایی با بازده بالاتر، تعویض سیستم‌های شیردوشی و سیستم‌های تهویه مستهلک)، می‌توان مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته را کاهش داد.

همچنین، مصرف انرژی مستقیم که شامل سوخت فسیلی، الکتریسیته و نیروی انسانی می‌باشد در واحدهای فری استال نسبت به واحدهای اصطبل باز کمتر بود ($P=0/08$). در ترکیه میزان مصرف انرژی مستقیم در واحدهای فری استال $190494/00$ مگاژول و در واحدهای معمولی $482594/78$ مگاژول بود (یوزال ۲۰۱۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که مصرف انرژی به ازای هر کیلوگرم شیر FPCM در واحدهای پرورش گاو شیری با جایگاه نگهداری متفاوت، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. از بین انرژی‌های

سهم انواع انرژی در واحدهای مورد مطالعه در جدول ۷ نشان داده شده است. مصرف انرژی تجدید پذیر در واحدهای فری استال تفاوتی با واحدهای اصطبل باز نداشت. در پژوهشی در واحدهای پرورش گاو شیری استان گیلان انرژی تجدید پذیر $43416/28$ مگاژول بود (سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵). انرژی تجدید پذیر سهم زیادی از انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده بود. دلیل بالا بودن انرژی تجدید پذیر، میزان خوراک مصرفی در واحدهای پرورش گاو شیری است که بخشی از انرژی تجدید پذیر می‌باشد. ضروری است تا میزان هدر رفت این نهاده با به‌کارگیری متخصصین تغذیه و گروه بندی صحیح گاوهای شیری براساس احتیاجات تغذیه‌ای و همچنین بهبود شرایط نگهداری خوراک کاهش یابد.

مصرف انرژی تجدید ناپذیر که شامل سوخت فسیلی و برق می‌باشد در واحدهای فری استال نسبت به واحدهای اصطبل باز کمتر بود ($P=0/08$). مصرف انرژی تجدید ناپذیر به‌طور مستقیم بر آلاینده‌گی محیط زیست تأثیر می‌گذارد، در مطالعه‌ای در قزوین سهم انرژی تجدید ناپذیر $8/18$ درصد (حسین زاده بندبافها و همکاران ۲۰۱۶) و در پژوهشی دیگر در استان تهران این میزان $44/89$ درصد گزارش شد (سفیدپری و همکاران ۲۰۱۲). همچنین در مطالعه‌ای در ترکیه $3/83$ درصد از کل انرژی مصرفی در واحدهای فری استال و $8/62$ درصد از کل انرژی مصرفی در واحدهای معمولی مربوط به انرژی تجدید ناپذیر بود (یوزال ۲۰۱۳).

استفاده از چند شاخص (تولید، فاصله از زایش، امتیاز وضعیت بدنی و ...) و برنامه‌های اصلاح نژادی (توجه به صفت بازده تولید و میزان تولید) می‌توان مصرف انرژی خوراک را بهبود بخشید. میزان مصرف انرژی تجدید ناپذیر در واحدهای فری استال کم‌تر بود، که تأثیر جایگاه نگهداری را بر مصرف انرژی تجدید ناپذیر نشان می‌دهد.

مصرفی، انرژی کنسانتره و علوفه (خوراک) مصرفی بیشترین سهم انرژی مصرفی را در بین واحدهای پرورش گاو شیری به خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از واحدهای پرورش گاو شیری مورد مطالعه در رابطه با انرژی خوراک مصرفی، توجه ویژه به جلوگیری از هدر رفت منابع خوراکی را گوشزد می‌کند. از طریق مدیریت صحیح خوراکدهی، گروه‌بندی حیوانات با

منابع مورد استفاده

- Abasi A, Fazaeli H, Zahedifar M, Mirhadi A, Gerami A, Teymournejhad N and Alavi M, 2015. Iran's chemical composition tables of livestock and poultry. Tehran, Iran. (In Persian).
- Alam M, Alam M and Islam K, 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Sciences* 1(3): 213-220.
- Clark J, Beede D, Erdman R, Goff J, Grummer R, Linn J, Pell A, Schwab C, Tomkins T and Varga G, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academies Press, Washington DC, USA.
- Corré W, Schröder JJ and Verhagen A, 2003. Energy use in conventional and organic farming systems. Paper presented at the Proceedings of the Open Meeting of the International Fertiliser Society, London.
- Dalgaard T, Halberg N and Porter JR, 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87(1): 51-65.
- Dovi VG, Friedler F, Huisingsh D and Klemeš JJ, 2009. Cleaner energy for sustainable future. *Journal of Cleaner Production* 17(10): 889-895.
- Esengun K, Gündüz O and Erdal G, 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion and Management* 48(2): 592-598.
- Frorip J, Kokin E, Praks J, Poikalainen V, Ruus A, Veermäe I, Lepasalu L, Schäfer W, Mikkola H and Ahokas J, 2012. Energy consumption in animal production-case farm study. *Agronomy research Biosystem engineering, Special 1*: 39-48.
- Hosseinzadeh-Bandbafha H, Safarzadeh D, Ahmadi E and Nabavi-Pelesaraei A, 2016. Optimization of energy consumption of dairy farms using data envelopment analysis-A case study: Qazvin city of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- IDF A, 2010. Common carbon footprint approach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. *Bulletin of the International Dairy Foundation, Brussels, Belgium*. 445.
- Kitani O, 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V Energy and Biomass Engineering, Chapter 1 Natural Energy and Biomass, Part 1.3 Biomass Resources.
- Kizilaslan H, 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy* 86(7): 1354-1358.
- Mandal K, Saha K, Ghosh P, Hati K and Bandyopadhyay K, 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23(5): 337-345.
- Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi SS and Rafiee H, 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable energy* 35(5): 1071-1075.
- Ozkan B, Kurklu A and Akcaoz H, 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy* 26(1): 89-95.
- Sefeedpari P, 2012. Assessment and optimization of energy consumption in dairy farm: energy efficiency. *Iranica Journal of Energy and Environment* 3(3): 213-224.

- Sefeedpari P, Rafiee S and Akram A, 2012. The functional relationship between non-renewable energy use and milk yield in Iran. *Journal of Livestock Science* (ISSN online 2277-6214) 3: 45-51.
- Singh S and Mittal JP, 1992. *Energy in production agriculture*: Mittal Publications.
- Soltanali H, Emadi B, Rouhani A and KHojastepour M, 2015. Energy consumption modeling and greenhouse gas emissions in dairy farms (case study: guilan province, Iran). *Journal of Ruminant Research* 4(2): 175-193. (In Persian).
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V and de Haan C, 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Roma, IT, FAO.
- Uzal S, 2008. The effects of seasons on the area usage of animals and time budget in loose and free stall dairy cattle barns. Available: <http://agris.fao.org>.
- Uzal S, 2013. Comparison of the energy efficiency of dairy production farms using different housing systems. *Environmental Progress and Sustainable Energy* 32(4): 1202-1208.
- Uzal S and Ugurlu N, 2010. The time budget of dairy cows as affected by season and housing system. *Journal of International Environmental Application and Science* 5(4): 638-647.

Assessment of input and energy consumption in dairy farms with different housing systems

D Zahmatkesh^{1*}, M Zeynali², H Mirzaei-Alamouti³, E Mahjoubi¹ and P Seefedpari⁴

Received: Desember 30, 2017

Accepted: Desember 13, 2018

¹Assistant Professor, Department of Animal Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

²MSc Graduate, Department of Animal Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³Associate and Professor, Department of Animal Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

⁴PhD Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran

*Corresponding author: E-Mail: zahmatkesh@znu.ac.ir

Introduction: Today, responding to the growing demand to food for increasing the world's population and providing adequate food is one of the main causes of energy requirements in agriculture operations. Effective use of energy is an important condition for sustainable agricultural production which saves the cost, preserving fossil fuels and reduces air pollution. The animal husbandry sector plays an important role in providing the food security to the community by producing livestock products. Dairy farms play a significant role as the consumers and producers of energy. The livestock production is the poor converter of energy, because it is based on a double energy transformation. First, solar energy and soil nutrients are converted into biomass by green plants. Second, when crops are fed to livestock, a major share of energy intake is spent on keeping up body metabolism and only a small portion is used to produce meat and milk. Increased energy efficiency and utilization of non-renewable energy are effective to improve the air quality and also to reduce the greenhouse emissions. The aim of this study was to compare the input and consumed energy in dairy farms with different housing Systems.

Material and methods: To carry out this research, the required information was collected from 42 dairy farms in the west of Tehran province. The studied dairy farms had an average milk yield of 31.94 ± 3.2 kg per day for milking cows and 195.42 ± 10.18 days in milk. The information included the unit consumption inputs over a one-year period aimed at comparing energy consumption and energy production between dairy farms with different housing Systems. The consumed energy included the non-renewable energy such as fuel and electricity and renewable energy such as forage, concentrate, machines, human labor, and water. Output energy included milk, meat, and manure. In order to compare energy efficiency between dairy farms, energy indices (energy ratio, net energy, energy productivity and specific energy) were used. The data were analyzed by SAS software.

Results and discussion: In this study, the average non-renewable consumed energy in dairy farms with freestall and open shed facilities per kg fat and protein corrected milk (FPCM) was 3.34 and 5.01 MJ, respectively ($P=0.08$). The highest share of the consumed energy in all dairy farms was related to feed energy, which had a share of 86.69% and 81.91% in the freestall and open shed, respectively. Also, the water input with consumption of 0.009 m^3 per kg FPCM in freestall showed significant difference with open shed with consumption of 0.011 m^3 per kg FPCM ($P=0.04$). Electricity consumption per kg FPCM in freestall and open shed was calculated to be 0.92 and 0.13 kWh, respectively ($P=0.11$). The rate of indirect energy was greater than that of direct energy consumption in both types of farms. The calculated output energy was 3.33 and 3.34 MJ per kg FPCM in freestall and open shed, respectively. The energy ratio for freestall and open shed were calculated to be 0.15 and 0.14, respectively. In addition, the energy productivity for freestall and open shed were 0.046 and 0.041, respectively. Energy indices can be improved by increasing the inputs efficiency, by reducing losses of inputs per cow or by optimizing inputs. In freestall farms, losses of inputs are lower than open shed farms. These results indicate better management of inputs in freestall farms. In freestall farms, because of the high density per unit area, consumption of

inputs per head and per kilogram of FPCM was lower, indicating less waste of input and energy consumption.

Conclusions: Considering the non-renewable consumed energy per kg FPCM, dairy farms with different housing systems (freestall vs open shed) tended to have difference. Among energy inputs, the energy of concentrate and forage (feed) consumption had the largest share of dairy farms. Also, considering the energy content of consumed feed as the main source of energy intake, special attention should be paid to prevention of energy waste throughout the suitable feed management as well as correct animal grouping. The use of proper feeding management, animal grouping, using several indicators (production, days in milk, body condition score, etc.) and breeding programs (according to production efficiency and yield traits) can improve feed consumption as the main source of energy consumption in dairy farms. Furthermore, the consumption of inputs per kg FPCM in freestall units was lower than open shed units.

Keywords: Dairy cow; Energy consumption; Energy productivity; Housing systems; Non-renewable energy