Animal Production Research

Vol. 11, No. 1, 2022 (1-13)
doi: 10.22124/AR.2022.18691.1590
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Investigating the relationship between lactation curve parameters and some economic traits of Iranian Holstein cows

M. Arianfar[1], M. Rokouei[2, 3*], Gh. R. Dashab[4], H. Faraji-Arough[5]

1. Former Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science and Bioinformatics, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran
3. Associate Professor, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Animal Science, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran
5. Assistant Professor, Research Center of Special Domestic Animals, University of Zabol, Zabol, Iran

(Received: 20-01-2021 – Accepted: 17-06-2021)

Introduction: The main purpose of a breeding program is to increase the genetic capacity of farm animals for important economic traits. Although the success of genetic selection to increase milk production in dairy cows is quite obvious, the fertility of herds has decreased. The heritability of lactation curve parameters has been reported to be low, indicating that the lactation curve is highly influenced by environmental factors. As a result, direct selection for these traits will not lead to effective genetic improvement, and selection based on correlated traits can be investigated. Studies on the lactation curve of Holstein cows in Iran have often been performed using three-parameter functions. The Rook function has recently been introduced as a suitable function to describe the lactation curve of Iranian Holstein cows. The purpose of this research was to estimate the correlation between the lactation curve parameters of the Rook function (initial production (a), the rate of reaching the production peak (b), maximum production (c), the curve changes after reaching the peak of production (d), the peak time (pt), amount of production at the peak (pm), and persistency (p)) with some production traits (305-d milk, fat and protein production), somatic cell score and age at first calving and also evaluating curve parameters in different phenotypic groups of the economic traits in Holstein cows.

Materials and methods: A total of 847129 test day records of milk production in the first lactation collected by the Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products of Iran from 1983 until 2017, were used. The Rook function was fitted to the test day records and the function parameters were separately calculated for all animals. Estimation of variance components and genetic correlation between the parameters of the lactation curve with the production traits (305-d milk, fat, and protein), somatic cell score, and age at first calving was performed by bivariate analysis via the Gibbs sampling method. To investigate the relationship between economic traits and milk curve parameters, animals were divided into three phenotypic groups including high, medium, and low based on the phenotypes of economic trait, and then the value of curve parameters was evaluated between three groups.

Results and discussion: The highest genetic correlation was estimated between milk production and peak production (pm) (0.958). The genetic correlation between milk production and persistency was relatively high (0.725). Genetic correlation of somatic cell score with initial production (a), maximum production (c), and amount of production at the peak (pm) was undesirable and its correlation with parameter curve changes after maximum yield (d) was favorable. Therefore, it is expected that selection to reduce initial production and production at the peak and increase curve changes after maximum yield could decrease the somatic cell score. The correlation estimates between persistency with 305-d milk, fat, and protein production were positive, and a negative correlation was estimated between somatic cell score with age at first calving, so it can be expected that selection for persistency will increase the production traits, and udder health could be improved by reducing the number of

* Corresponding author: Rokouei@uoz.ac.ir and Rokouei@ut.ac.ir

CC BY

somatic cell score and age at first calving. In most cases, the values of curve parameters among the three phenotypic groups of traits had significant differences, and in the high production group, age at first calving, the value of initial production, peak production, and persistency were higher compared to other groups; however, an inverse relation was observed for somatic cell score.

Conclusions: The estimated correlations showed that the selection of animals for increased initial production (a) and production at the peak (pm) will improve milk production during 305 days. Increasing the somatic cell score reduces the peak time (pt), and persistency (p). A comparison of persistency between different phenotypic groups of economic traits suggested that persistency improves with increasing milk production and its components as well as decreasing somatic cell scores.

Keywords: Peak production, Rook function, Persistency, Somatic cell score, Correlation

How to cite this article:

Arianfar M., Rokouei M., Dashab Gh. R. and Faraji-Arough H. 2022. Investigating the relationship between lactation curve parameters and some economic traits of Iranian Holstein cows. Animal Production Research, 11(1): 1-13. doi: 10.22124/AR.2022.18691.1590

تحقیقات تولیدات دامی

سال یازدهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۱ (۱۳-۱)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط بین خصوصیات منحنی شیردهی و برخی صفات اقتصادی گاوهای هلشتاین ایران

مریم آرین‌فر[۱]، محمد رکوعی [۲و۳*]، غلامرضا داشاب[۴]، هادی فرجی آروق[۵]

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲- دانشیار، گروه علوم دامی و بیوانفورماتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- دانشیار، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۵- استادیار، پژوهشکده دام‌های خاص، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۷)

چکیده

هدف این پژوهش، برآورد همبستگی فراسنجه‌های منحنی تولید شیر تابع روک (تولید اولیه، نرخ رسیدن به اوج تولید، فراسنجه مرتبط با بیشینه تولید، تغییرات شیب منحنی بعد از رسیدن به اوج تولید، زمان رسیدن به اوج تولید، مقدار تولید در اوج و تداوم شیردهی) با برخی صفات تولیدی (تولید شیر، چربی و پروتئین ۳۰۵ روز)، نمره سلول‌های بدنی و سن اولین زایش و همچنین بررسی فراسنجه‌های منحنی در گروه‌های مختلف فنوتیپی صفات اقتصادی گاوهای هلشتاین بود. از رکورد روز آزمون تولید شیر زایش نخست ۸۴۷۱۲۹ گاو که بین سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ به وسیله مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی کشور جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. برآورد مولفه‌های واریانس و همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات با تجزیه و تحلیل دوصفتی و روش نمونه‌گیری گیبس انجام شد. پس از گروه‌بندی فنوتیپی حیوانات بر اساس صفات (تولید بالا، متوسط و پایین)، فراسنجه‌های منحنی تولید در گروه‌های مختلف فنوتیپی مقایسه شد. بالاترین و پایین‌ترین همبستگی ژنتیکی، به ترتیب، بین تولید شیر ۳۰۵ روز با میزان تولید شیر در اوج شیردهی (۰/۹۵۸) و نمره سلول‌های بدنی با فراسنجه تغییرات شیب منحنی بعد از رسیدن به اوج تولید (۰/۰۰۱-) برآورد شد. تداوم شیردهی با تولید شیر، چربی و پروتئین شیر ۳۰۵ روز همبستگی مثبت و متوسط به بالا و با نمره سلول‌های بدنی و سن اولین زایش همبستگی منفی نشان داد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت انتخاب برای تداوم شیردهی سبب افزایش مقدار صفات تولیدی شده و با کاهش تعداد سلول‌های سوماتیک و سن نخستین زایش، سلامت پستان‌ها را بهبود داد. مقدار فراسنجه‌های منحنی در بین سه گروه فنوتیپی صفات، در بیشتر موارد، تفاوت معنی‌داری داشتند ($P<0/01$)، به‌طوری که در گروه با تولید بالا، صفات تولیدی و سن اولین زایش، میزان تولید اولیه، تولید در اوج و تداوم شیردهی بیشتر از سایر گروه‌ها بود، اما برای نمره سلول‌های بدنی، رابطه عکس مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: اوج تولید، تابع روک، تداوم شیردهی، نمره سلول‌های بدنی، همبستگی

* نویسندهٔ مسئول: Rokouei@uoz.ac.ir و Rokouei@ut.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2022.18691.1590

مقدمه

هدف اصلی از اجرای یک برنامه اصلاح نژادی افزایش ظرفیت ژنتیکی حیوانات مزرعه‌ای برای صفات مهم اقتصادی است. گروهی از صفات اقتصادی، بر سود حاصل از واحد دامداری و گروه دیگر، بر هزینه تولید اثر می‌گذارند (Jain and Muldano, 2009). گرچه موفقیت انتخاب ژنتیکی برای افزایش تولید شیر در گاوهای شیری کاملاً نمایان است و در سطح جهانی تولید شیر، طی سال‌های گذشته افزایش یافته، اما باروری گله‌ها، سیر نزولی پیموده است (Remnant *et al*., 2015) و به‌رغم روند ژنتیکی مثبت و معنی‌دار برای تولید شیر گاوهای هلشتاین در ایران (۲۱ کیلوگرم در سال)، روند ژنتیکی مطلوبی برای سایر صفات از قبیل تداوم شیردهی و شمار سلول‌های بدنی گزارش نشده است. این مطالب بیانگر این نکته است که در ایران، تأکید بیشتری بر انتخاب برای تولید شیر بوده و همین امر منجر به کاهش پیشرفت این صفات طی سال‌های گذشته شده است (Chegini *et al*., 2013).

وراثت‌پذیری فراسنجه‌های a، b، c منحنی شیردهی، تولید شیر ۳۰۵ روز، تولید شیر در اوج، زمان رسیدن به اوج و تداوم شیردهی گاوهای هلشتاین ایران به ترتیب حدود ۰/۰۲، ۰/۰۲، ۰/۰۴، ۰/۱۹، ۰/۲۲، ۰/۰۷، و ۰/۰۶ گزارش شده است (Bakhtiarzadeh and Moradi Shahr Babak, 2010) و گزارش شده است که وراثت‌پذیری پایین این صفات نشان‌دهنده این است که منحنی شیردهی به میزان زیادی متاثر از عوامل محیطی است. در نتیجه انتخاب مستقیم برای این صفات منجر به پیشرفت ژنتیکی مؤثّری نخواهد شد و انتخاب بر اساس صفات همبسته می‌تواند بررسی شود.

با توجه به این که تداوم شیردهی یک صفت اقتصادی و یک شاخصه مهم منحنی شیردهی محسوب می‌شود (Moradi Shahr Babak, 2001)، بنابراین، گاوهایی با تداوم شیردهی بالاتر به دلیل داشتن تنش متابولیکی کمتر در اوایل شیردهی، در وضعیت بهتری از سلامت قرار خواهند داشت و عملکرد تولیدمثل بهتری نیز نشان خواهند داد (Dekkers *et al*., 1996). همچنین، بهبود تداوم شیردهی، می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های سیستم تولیدی شود زیرا تداوم شیردهی با بازده تولید شیر ۳۰۵ روز، هزینه‌های تغذیه و سلامت، عملکرد تولیدمثل و مقاومت در برابر بیماری‌ها مرتبط است (Swalve and Gengler, 1999). اگرچه مطالعاتی همبستگی ژنتیکی تولید شیر و ترکیبات آن (Saheb Honar *et al*., 2010; Ghavi Hossein-Zadeh and Ardalan, 2011) با تداوم تولید شیر (Seyedsharifi *et al*., 2012) و صفات تولیدمثل (Toghiani Pozveh *et al*., 2009) در گاوهای هلشتاین ایران گزارش کرده‌اند، با این وجود، تحقیقات انجام شده بر منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین در ایران اغلب با استفاده از توابع سه فراسنجه‌ای صورت گرفته است. تابع روک (چهار فراسنجه‌ای) منحنی شیردهی را به‌صورت فرآیندهای تکثیر و مرگ سلول‌های پستانی بیان می‌کند و به خوبی روی داده‌های کل شیردهی برازش می‌شود. همچنین این تابع تغییرات منحنی شیردهی را در مقایسه با توابع سه فراسنجه‌ای بهتر بیان می‌کند (Val-Arreola *et al*., 2004) و اخیراً هم به عنوان تابعی مناسب برای برازش منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران معرفی شده است (Arianfar *et al*., 2018; Ghavi Hossein-Zadeh, 2019).

این تحقیق با هدف تعیین همبستگی فراسنجه‌های منحنی تولید شیر تابع روک با برخی صفات تولیدی (تولید شیر ۳۰۵ روز، تولید چربی ۳۰۵ روز و تولید پروتئین ۳۰۵ روز)، سلامت (شمار سلول‌های بدنی شیر) و تولیدمثلی (سن اولین زایش) گاوهای هلشتاین در ایران انجام شد. همچنین، برای بررسی بیشتر مقدار تغییر فراسنجه‌های تابع با تغییر صفات اقتصادی، مقدار فراسنجه‌ها در گروه‌های فنوتیپی مختلف صفات اقتصادی نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد فراسنجه‌های منحنی تولید شیر دوره اول شیردهی گاوهای هلشتاین ایران، از رکوردهای روز آزمون تولید شیر ۸۴۷۱۲۹ رأس گاو هلشتاین که طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ به وسیله مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی کشور جمع‌آوری شده بود، استفاده شد. با توجه به این‌که تابع روک در بررسی ۱۰ تابع غیرخطی (وود، دهانوا، ویلمینک، علی-شفر، کاپیوبورلینو، کوبی-لیدو، دایجکسترا، روک، گوس و نلدر) بهترین تابع برای توصیف منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران گزارش شده بود (Arianfar *et al*., 2018)، بنابراین، این تابع روی رکوردهای روز آزمون تولید شیر با استفاده از بسته nlme (Pinheiro *et al*., 2014) نرم‌افزار R برازش شده و فراسنجه‌های تابع

برازش شده برای همه حیوانات به‌صورت جداگانه با تابع nlsList در بسته nlme بدست آمد. مدل ریاضی تابع روک به‌صورت زیر بود:

$$y = a\left\{\frac{1}{\left[1+\frac{b}{c+t}\right]}\right\} e^{-dt}$$

که y، تولید شیر بر حسب کیلوگرم در روز؛ t، روز شیردهی؛ a، b، c و d، فراسنجه‌هایی هستند که مقیاس و شکل منحنی شیردهی را تعریف می‌کنند و e، عدد اویلر و برابر با ۲/۷۱۸ است. فراسنجه a میزان تولید شیر در شروع شیردهی، b فراسنجه مرتبط با نرخ رسیدن به اوج تولید، c فراسنجه مرتبط با بیشینه تولید شیر و d فراسنجه مرتبط با تغییرات منحنی بعد از بیشینه تولید است. با استفاده از فراسنجه‌های منحنی که برای حیوانات بدست آمد، زمان رسیدن به اوج تولید (pt)، میزان تولید در اوج (pm) برای آنها با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Rook *et al*., 1993):

$$pt = -\left(b/2 + c\right) + \sqrt{\left[(b/2 + c)^2 - c(b + c) + b/d\right]}$$

$$pm = ae^{-dpt} \Big/ \left[1 + b/(c + pt)\right]$$

برای محاسبه تداوم شیردهی از معادله زیر استفاده شد:

P_{weller}= 100*PROD(270)/ PROD(90)

در این معادله، PROD(90) و PROD(270) به ترتیب تولید شیر در روزهای ۹۰ و ۲۷۰ است (Weller *et al*., 2006).

رکوردهای تعداد سلول‌های بدنی با استفاده از معادله زیر تبدیل به نمره سلول‌های بدنی شدند (Odegard *et al*., 2003):

$$LSCS = 1/n \sum_{1}^{n} (log_e(\frac{SCC}{1000} cells/ml) + 3)$$

در معادله بالا، n تعداد رکوردهای روز آزمون برای حیوان i و SCC تعداد سلول‌های بدنی است.

برای برآورد همبستگی های ژنتیکی و باقیمانده بین فراسنجه‌های منحنی شیردهی با صفات تولیدی (تولید شیر ۳۰۵ روز، مقدار چربی و مقدار پروتئین)، نمره سلول‌های بدنی شیر و سن نخستین زایش از یک مدل حیوانی دوصفتی استفاده شد که فرم ماتریسی آن به‌صورت زیر بود:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{Z}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

که در معادله بالا، $\mathbf{y}_i$ بردار مشاهدات i امین صفات، b_i بردار آثار ثابت (گله-سال-فصل زایش، نوع زایش (درجه سخت‌زایی در پنج سطح) و در صد هم‌خونی، سن زایش، روز شیردهی اولین روز آزمون به‌صورت متغیر کمکی) برای i امین صفات، a_i بردار آثار ژنتیکی افزایشی حیوان برای i امین صفات ، e_i بردار آثار باقیمانده، $\mathbf{X}_i$ و $\mathbf{Z}_i$ ماتریس‌های طرح هستند که مشاهده‌ها را به ترتیب به آثار ثابت و تصادفی نسبت می‌دهند.

تعداد ۱۲۰۰۰۰ نمونه با دوره قلق‌گیری ۲۰۰۰۰ و فاصله نمونه‌گیری ۱۰۰ تولید شد و بعد از به همگرایی رسیدن تجزیه و تحلیل ها، از نمونه های تولید شده، مولفه (کو)واریانس بدست آمد و همبستگی ژنتیکی صفات برآورد شد. تجزیه و تحلیل دوصفتی به روش نمونه‌گیری گیبس به وسیله نرم افزار Gibbs3f90 (Misztal *et al*., 2002) و کنترل رسیدن به همگرایی تجزیه و تحلیل‌ها با Postgibbsf90 انجام گرفت. برای بررسی ارتباط صفات اقتصادی و فراسنجه‌های منحنی تولید شیر، ابتدا بر اساس رکورد هر صفت اقتصادی (فنوتیپ)، حیوانات به سه گروه فنوتیپی بالا (H)، متوسط(M) و پایین (L) تقسیم شدند. گروه‌بندی به این صورت بود که در هر گله بر اساس سال زایش مختلف، حیوانات بر اساس صفت مورد نظر مرتب شده و به سه گروه که هر کدام یک سوم نسبت کل را داشتند، تقسیم شدند. سپس مقدار فراسنجه‌های منحنی تولید شیر بین سه گروه به کمک رابطه زیر ارزیابی شد:

$$y_{ijklmnop} = \mu + G_i + H_j + Y_{k+} S_{l+} C_m + b_1(DIM)_n + b_2(F)_o + b_3(AC)_p + e_{ijklmnop}$$

در این مدل، $y_{ijklmnop}$ ارزش فنوتیپی هر یک از صفات فراسنجه‌های منحنی شیردهی، G_i گروه iام؛ H_j گله jام؛ Y_k سال kام؛ S_l فصل lام، C_m درجه سخت‌زایی mام؛ b_1، ضریب تابعیت صفات از روز شیردهی در اولین روزآزمون؛ DIM_n، روز شیردهی در اولین روزآزمون؛ b_2، ضریب تابعیت صفات از درصد هم‌خونی؛ b_3، ضریب تابعیت صفات از سن گوساله زایی؛ F_o ضریب هم‌خونی حیوان، AC_p، سن زایش، و $e_{ijklmnop}$ اثر باقی‌مانده است. مقایسه بین گروه‌ها با استفاده از اختلاف میانگین حداقل مربعات انجام شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی فراسنجه‌های منحنی شیردهی دوره اول زایش و صفات اقتصادی بعد از ویرایش در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار تولید شیر در شروع شیردهی برای گاوهای هلشتاین ایران در زایش اول به طور متوسط ۳۵/۷۷ کیلوگرم بود و گاوها به‌طور میانگین در روز ۹۴ پس از زایش، با تولید ۳۱/۴۷ کیلوگرم به اوج رسیدند. چنانچه مشاهده می‌شود مقدار تولید در اوج نسبت به تولید اولیه پایین‌تر بود. مطابق این نتایج، در بررسی رکوردهای شیر گاوهای هندوستان نیز با استفاده از تابع روک، مقدار تولید اولیه شیر (۲۱۷/۴ کیلوگرم) بالاتر از میزان تولید در اوج شیردهی (۱۹۰/۲ کیلوگرم) گزارش شد (Dohare *et al*., 2014) که می‌تواند یکی از معایب تابع روک مبنی بر برآورد بیش از اندازه میزان تولید اولیه شیر باشد. همچنین، متوسط تولید اولیه شیر بیشتر از مقدار برآورد شده با استفاده از تابع وود (Chegini *et al*., 2015) برای گاوهای هلشتاین ایران و تابع روک (Ghavi Hossein-Zadeh, 2016) برای گاومیش‌های ایران (a=۲۴/۷۳) بود. این تفاوت‌ها در مقدار فراسنجه a، ممکن است به تفاوت در گروه‌های ژنتیکی یا مدیریت گله مرتبط باشد. اوج تولید برآورد شده برای زایش نخست در روز ۹۴، ۳۱/۴۷ کیلوگرم بود، در حالی‌که اوج تولید گزارش شده در تحقیق دیگر (Chegini *et al*., 2015) زودتر (روز ۹۱) و بیشتر (۳۴/۴۷ کیلوگرم) و تداوم شیردهی نیز ۷۸/۹۸ برآورد شد که کمتر از تداوم تولید شیر گزارش شده با استفاده از نسبت P_{Weller} و تابع روک در گاومیش‌های ایران (۸۳ درصد) (Ghavi Hossein-Zadeh, 2016) و با استفاده از تابع وود (۸۰ درصد) در گاوهای هلشتاین ایران (Chegini *et al*., 2019) بود. میانگین تولید شیر گاوهای هلشتاین ایران در زایش نخست ۷۹۸۷/۵۸ کیلوگرم بود که با گزارش‌های سایر پژوهشگران برای گاوهای هلشتاین ایران (Khodayi Motlagh *et al*., 2004; Tohidi *et al*., 2007; Dastaniyan et al., 2016) و ایرلند (Mackey *et al*., 2007) مطابقت داشت. این در حالی است که میانگین تولید شیر در تحقیق حاضر نسبت به میانگین تولید شیر کشور تونس (Ben Gara *et al*., 2009) تفاوت قابل توجهی داشت. این امر می‌تواند ناشی از شرایط پرورش (پرورش در مرتع)، آب و هوای گرم و نیز دو فصلی بودن (فصل سبز و مرطوب و فصل خشک) قاره آفریقا در مناطق استوایی و تفاوت در دوره‌های زمانی مورد بررسی باشد که منجر به کاهش تولید شیر در کشورهای این منطقه می‌شود.

متوسط میزان چربی و پروتئین شیر ۳۰۵ روز در زایش نخست به ترتیب ۲۴۹/۷۴ و ۲۵۵/۹۵ کیلوگرم محاسبه شد که با نتایج سایر پژوهش‌ها مطابقت داشت (Rakhshani Nejad *et al*., 2017)، اما از متوسط مقدار چربی و پروتئین شیر گاوهای هلشتاین مناطق خشک و بیابانی ایران (به ترتیب ۲۳۴ و ۲۲۰ کیلوگرم) (Naeemipour Younesi and Shariati, 2016) و میانگین چربی شیر گاوهای هلشتاین شمال کشور (۱۷۳/۴کیلوگرم) (Nafez *et al*., 2012) بیشتر بود.

جدول ۱- آمار توصیفی فراسنجه‌های منحنی شیردهی و صفات اقتصادی

Table 1. Descriptive statistics of lactation curve parameters and economic traits

Trait*	Record no.	Mean	Standard Deviation
a (kg)	506462	35.77	11.76
b	457591	0.96	5.28
c (kg)	441988	58.71	66.75
d	534466	0.83E-3	0.16E-2
pt (day)	375847	94.27	39.04
pm (kg)	515976	31.47	9.12
p (%)	354279	78.98	12.82
Milk (kg)	499599	7987.58	1772.16
Fat (kg)	395875	249.75	65.64
Protein (kg)	298823	255.96	45.37
SCS	351743	8.84	1.35
AFC (day)	526571	789.29	94.04

* a: Milk yield at the beginning of lactation; b: Parameter related to the rate to reach peak yield; c: Parameter related to maximum milk yield; d: Parameter related to curve changes after maximum yield; pt: Peak time; pm: Production at peak; p: Persistency; SCS: Somatic cell score; AFC: Age at first calving

میانگین سن نخستین زایش برابر با ۷۸۹/۳ روز یا ۲۶/۳ ماه بود که با مقادیر ۲۶/۲ تا ۲۶/۵ ماه در گاوهای هلشتاین ایران مطابقت داشت (Farhangfar and Naeemipour Younesi, 2007; Ghavi Hossein-Zadeh, 2011; Shahdadi *et al*., 2014) و بیشتر از میانگین بهینه این صفت برای تولید (۲۲ تا ۲۴ ماه) و میانگین سن اولین زایش گاوهای هلشتاین آمریکا (۲۴ ماه) (Hare *et al*., 2006) و گاوهای هلشتاین ایرلند (۲۵/۸ ماه) (Evans *et al*., 2006) و کمتر از میانگین مدنظر برای گاوهای هلشتاین تونس (۲۸/۷ ماه) (Ben Gara *et al*., 2009) و متوسط سن اولین زایش گاوهای هلشتاین استان اصفهان (۸۱۷/۴ روز) (Nilforooshan and Edriss, 2004) بود.

همبستگی‌های ژنتیکی و محیطی بین فراسنجه‌های منحنی تولید شیر و صفات اقتصادی شکم اول زایش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. همبستگی ژنتیکی مثبت و بالای بین تولید شیر ۳۰۵ روز و فراسنجه‌های a (۰/۹۴۹) و c (۰/۵۴۲) و همبستگی مثبت این صفت با فراسنجه b (۰/۲۱۹) و منفی با فراسنجه d (۰/۰۷۰-) بیان می‌کند که انتخاب برای افزایش مقدار تولید شیر در شروع شیردهی، افزایش نرخ رسیدن به اوج و تا حدی کاهش شیب منحنی پس از اوج که معیار تعیین‌کننده تداوم شیردهی است (Ferris *et al*., 1985) سبب تأخیر در زمان رسیدن به اوج و افزایش مقدار تولید شیر در اوج شیردهی و در نهایت افزایش کل تولید شیر ۳۰۵ روز خواهد شد. بالاترین همبستگی ژنتیکی بین تولید شیر در اوج و تولید شیر ۳۰۵ روز (۰/۹۵۸) برآورد شد که مطابق سایر تحقیقات بود (Chegini *et al*., 2015). مغایر با نتایج تحقیق حاضر، بالاترین همبستگی ژنتیکی بین زمان رسیدن به اوج تولید و تولید شیر ۳۰۵ روز گزارش شد (Saghanezhad *et al*., 2017). همبستگی ژنتیکی تولید شیر ۳۰۵ روز با تداوم شیردهی محاسبه شده با نسبت P_{weller} نیز به نسبت بالا (۰/۷۲۵) بود که با گزارش ۰/۶۳ در پژوهش‌های دیگر مطابقت داشت (Saghanezhad *et al*., 2017).

همبستگی ژنتیکی مثبت و متوسط به بالا بین تولید شیر، تولید چربی و پروتئین شیر ۳۰۵ روز با تداوم شیردهی و مقدار تولید اولیه و تولید در اوج نشان می‌دهد که انتخاب برای افزایش میزان تولید در شروع و اوج شیردهی و ماندگاری تولید شیر می‌تواند سبب ایجاد یک پاسخ همبسته در کل تولید شیر و ترکیبات آن شود که با سایر گزارش‌ها در خصوص مقدار شیر گاوهای هلشتاین اصفهان (Karrari Niri *et al*., 2017) و گاومیش‌های بومی ایران (Madad *et al*., 2013)، مطابق بود. همچنین، تأخیر در زمان رسیدن به اوج شیردهی (تداوم بیشتر) سبب افزایش تولید چربی و پروتئین شیر در دوره زایش اول شد. مطابق با این نتایج، درصد چربی و پروتئین شیر به سرعت بعد از شروع شیردهی کاهش یافته و پس از رسیدن به کمترین مقدار به کندی و تا زمان خشکی افزایش می‌یابد (Wood, 1976).

انتخاب برای افزایش تولید شیر در شروع شیردهی سبب تأخیر در رسیدن به اوج، افزایش مقدار تولید شیر در اوج و افزایش شیب بالارونده و به میزان بسیار اندک کاهش شیب پایین‌رونده منحنی سبب کاهش سن اولین زایش خواهد شد. همبستگی ژنتیکی تولید شیر با سن نخستین زایش گاوهای هلشتاین ایران و گاومیش‌های بومی ایران منفی گزارش شده است (Farhangfar and Naeemipour Younesi, 2007; Nafez *et al*., 2012; Madad *et al*., 2013) که در واقع بیانگر این است که گاوهای دارای ارزش اصلاحی بالا برای تولید شیر، اولین زایش خود را در سنین پایین‌تر انجام می‌دهند و انتخاب ژنتیکی بر مبنای تولید شیر سبب کاهش سن اولین زایش می‌شود.

همبستگی ژنتیکی نمره سلول‌های بدنی با فراسنجه‌های a، c و pm نامطلوب و با فراسنجه d مطلوب بود که مخالف سایر گزارش‌ها برای گاوهای هلشتاین ایران بود (Chegini *et al*., 2019) که از تابع وود برای برازش منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران استفاده کرده بودند و بیان کردند شیب بالاتر کاهش در تولید شیر پس از اوج (فراسنجه c تابع وود) سبب افزایش شمار سلول‌های بدنی شیر (همبستگی ۰/۳۹) می‌شود. افزایش زمان رسیدن به اوج، نرخ رسیدن به اوج و تداوم شیردهی در دوره اول زایش سبب کاهش نمره سلول‌های سوماتیک موجود در شیر خواهد شد. بنابراین، انتظار می‌رود با انتخاب برای کاهش میزان تولید شیر در شروع و اوج شیردهی و افزایش شیب منحنی پس از اوج به میزان کم، نمره سلول‌های بدنی شیر کاهش و پستان‌ها در وضعیت سلامت بهتری قرار گیرند. دامنه همبستگی بین معیارهای مختلف تداوم شیردهی با نمره سلول‌های بدنی در شکم اول زایش گاوهای هلشتاین منفی و متوسط (بین ۰/۴۱۶- تا ۰/۱۵۶-) گزارش شده است (Chegini *et al*., 2019)، که مطابق با نتایج تحقیق

حاضر بود و بیان کننده این است که گاوهای با تداوم شیردهی بالاتر، نمره سلول‌های بدنی کمتر، پستان‌های سالم‌تر و شواهد کمتری از ورم پستان دارند. اگرچه همبستگی ژنتیکی فراسنجه‌های a و c و pm با صفات تولید شیر، مقدار چربی و پروتئین شیر ۳۰۵ روز و سن اولین زایش مطلوب و با نمره سلول‌های بدنی نامطلوب بود، همبستگی‌های باقیمانده فراسنجه‌های مزبور با نمره سلول-های بدنی مطلوب، ولی با سن اولین زایش گاوها نامطلوب بود. اما فراسنجه‌های b، p و pt تابع با همه صفات مزبور رابطه ژنتیکی مطلوب داشت، در حالی‌که فراسنجه d با بیشتر صفات به استثنای نمره سلول‌های سوماتیک همبستگی نامطلوبی نشان داد.

با توجه به همبستگی ژنتیکی مثبت و متوسط (۰/۵۰۶ تا ۰/۷۲۵) تداوم شیردهی با صفات تولیدی و همبستگی منفی آن با نمره سلول‌های بدنی (۰/۲۵۶-) و سن اولین زایش (۰/۲۲۱-) می‌توان انتظار داشت که انتخاب برای تداوم شیردهی سبب افزایش مقدار کل تولید شیر ۳۰۵ روز و ترکیبات آن خواهد شد و سلامت پستان‌ها را با کاهش تعداد سلول‌های سوماتیک موجود در شیر بهبود خواهد بخشید و سن در هنگام اولین زایش را تا حدودی کاهش خواهد داد و به میانگین سن مطلوب (۲۴ ماه) برای تولید (Naeemipour Younesi *et al*., 2018) نزدیک خواهد کرد. بنابراین، با توجه به رابطه تداوم شیردهی با بازده تولید شیر ۳۰۵ روز، هزینه‌های سلامت و عملکرد تولیدمثل گاو شیری، می‌توان با بالا بردن تداوم شیردهی سبب کاهش هزینه‌های سیستم تولیدی شد و از طرفی علی‌رغم این که انتخاب برای تولید شیر ۳۰۵ روز احتمالاً میزان وقوع اختلالات متابولیکی و تولیدمثلی ناشی از تنش فیزیولوژیکی تولید شیر بالا را افزایش می‌دهد، ممکن است در انتخاب پدرهایی که به لحاظ ژنتیکی ارزش اصلاحی بالایی برای صفت تداوم شیردهی دارند، مؤثر نباشد. بنابراین ارزیابی همزمان برای تولید شیر و تداوم شیردهی لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

جدول ۴ میانگین حداقل مربعات و خطای معیار فراسنجه-های منحنی تولید شیر شکم اول زایش بین گروه‌های مختلف فنوتیپی صفات اقتصادی را نشان می‌دهد. گاوهای با تولید شیر بالا در مقایسه با گاوهای با تولید متوسط و پایین دارای میزان تولید اولیه، تولید در اوج و تداوم شیردهی بیشتری بودند و دیرتر به اوج رسیدند. اگرچه نرخ افزایش تولید شیر تا اوج در میان سه گروه فنوتیپی مزبور، تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در گروه‌های با تولید شیر بالا، شیب منحنی پس از اوج کمتر بود. مطابق صفت تولید شیر، گروه‌های فنوتیپی با تولید چربی و پروتئین شیر بالا دارای مقدار تولید اولیه، تولید در اوج و تداوم تولید شیر بیشتری بودند که به لحاظ آماری بین سه گروه فنوتیپی تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P<۰/۰۱$)، اما زمان رسیدن به اوج تولید شیر بین گروه‌های فنوتیپی تقریباً یکسان بود. نرخ رسیدن به اوج در گروه‌های با تولید چربی و پروتئین شیر ۳۰۵ روز بالا نسبت به گروه‌های فنوتیپی دیگر، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($P<۰/۰۱$). همچنین شیب منحنی پس از اوج در گروه‌های فنوتیپی با تولید چربی و پروتئین شیر پایین و بالا به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشتند ($P<۰/۰۱$).

درخصوص صفت نمره سلول‌های بدنی شیر بین گروه‌های فنوتیپی مختلف در رابطه با فراسنجه‌های a، b و c و میزان تولید شیر در اوج تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت که بیان می‌کند مقدار تولید شیر در شروع و اوج شیردهی و نرخ رسیدن به اوج تولید، نمره سلول‌های سوماتیک شیر در دوره اول را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، اما افزایش نمره سلول‌های بدنی موجود در شیر با اوج شیردهی زودتر و شیب تندتر منحنی پس از اوج و نهایتاً کاهش تداوم شیردهی همراه بود. تفاوت فراسنجه‌های a، b و c تابع روک بین گروه‌های فنوتیپی سن در اولین زایش معنی‌دار نبود و حیوانات جوان‌تر در شروع شیردهی، تولید شیر نسبتاً یکسانی با حیوانات مسن‌تر داشتند و دیرتر به اوج رسیدند و تداوم کمتری داشتند. همچنین، زمان رسیدن به اوج و مقدار تولید شیر در اوج بین گروه‌های فنوتیپی متوسط و بالای صفت مزبور یکسان بود. با افزایش سن در اولین زایش، تولید شیر در اوج شیردهی روند افزایشی داشت که مطابق نتایج سایر محققان بود (Naeemipour Younesi *et al*., 2018). افزایش تولید شیر با افزایش سن در اولین زایش می‌تواند به دلیل توسعه سیستم پستانی باشد (Serjsen, 2005).

جدول ۲- همبستگی ژنتیکی بین فراسنجه‌های منحنی شیردهی و برخی صفات اقتصادی

Table 2. Genetic correlation between lactation curve parameters and some economic traits

Trait*	a	b	c	d	Pt	pm	p
Milk	0.949 ± 0.009	0.219 ± 0.069	0.542 ± 0.080	-0.070 ± 0.003	0.526 ± 0.064	0.958 ± 0.005	0.725 ± 0.037
Fat	0.650 ± 0.023	0.009 ± 0.054	0.367 ± 0.064	-0.034 ± 0.003	0.331 ± 0.052	0.705 ± 0.017	0.506 ± 0.041
Protein	0.882 ± 0.011	0.226 ± 0.090	0.613 ± 0.159	-0.004 ± 0.011	0.362 ± 0.060	0.901 ± 0.009	0.615 ± 0.031
SCS	0.141 ± 0.036	-0.069 ± 0.106	0.143 ± 0.078	-0.001 ± 0.003	-0.263 ± 0.061	0.157 ± 0.037	-0.256 ± 0.047
AFC	-0.264 ± 0.040	-0.102 ± 0.055	-0.140 ± 0.101	0.009 ± 0.003	-0.164 ± 0.063	-0.238 ± 0.030	-0.221 ± 0.049

* a: Milk yield at the beginning of lactation; b: Parameter related to the rate to reach peak yield; c: Parameter related to maximum milk yield; d: Parameter related to curve changes after maximum yield; pt: Peak time; pm: Production at peak; p: Persistency; SCS: Somatic cell score; AFC: Age at first calving

جدول ۳- همبستگی محیطی بین فراسنجه‌های منحنی شیردهی و برخی صفات اقتصادی

Table 3. Environmental correlation between lactation curve parameters and some economic traits

Trait*	a	b	c	d	pt	pm	p
Milk	0.354 ± 0.002	0.024 ± 0.002	0.064 ± 0.002	-0.114 ± 0.002	-0.012 ± 0.003	0.449 ± 0.002	0.271 ± 0.003
Fat	0.263 ± 0.002	0.022 ± 0.002	0.048 ± 0.002	-0.072 ± 0.002	-0.011 ± 0.003	0.319 ± 0.002	0.207 ± 0.003
Protein	0.361 ± 0.002	0.029 ± 0.003	0.060 ± 0.002	-0.115 ± 0.002	-0.014 ± 0.003	0.423 ± 0.002	0.240 ± 0.003
SCS	-0.048 ± 0.002	-0.007 ± 0.002	-0.017 ± 0.002	0.054 ± 0.002	-0.020 ± 0.003	-0.048 ± 0.002	-0.081 ± 0.003
AFC	0.069 ± 0.002	0.001 ± 0.001	0.005 ± 0.002	0.020 ± 0.002	-0.017 ± 0.002	0.090 ± 0.003	-0.019 ± 0.003

* a: Milk yield at the beginning of lactation; b: Parameter related to the rate to reach peak yield; c: Parameter related to maximum milk yield; d: Parameter related to curve changes after maximum yield; pt: Peak time; pm: Production at peak; p: Persistency; SCS: Somatic cell score; AFC: Age at first calving

جدول ۴- میانگین حداقل مربعات ± خطای معیار فراسنجه‌های منحنی شیردهی بین گروه‌های مختلف فنوتیپی صفات اقتصادی

Table 4. The least-squares means ± standard error of the lactation curve parameters between different phenotypic groups of economic traits

Trait*	Group	a	b	c	d	pt	pm	p
Milk	Low	30.919 ± 0.528^{c}	0.718 ± 0.370	-66.999 ± 4.470^{a}	0.00092 ± 7.90e-5^{a}	90.386 ± 3.002^{b}	28.051 ± 0.397^{c}	77.028 ± 0.790^{c}
	Average	34.641 ± 0.526^{b}	0.841 ± 0.369	-59.765 ± 4.458^{b}	0.00060 ± 7.93e-5^{b}	88.933 ± 2.995^{c}	31.527 ± 0.395^{b}	81.084 ± 0.787^{b}
	High	37.636 ± 0.527^{a}	0.863 ± 0.370	-60.163 ± 4.467^{b}	0.00038 ± 7.92e-5^{c}	92.378 ± 3.000^{a}	34.995 ± 0.396^{a}	82.538 ± 0.789^{a}
Fat	Low	33.232 ± 0.526^{c}	0.714 ± 0.369^{b}	-65.199 ± 4.465^{c}	0.00067 ± 7.92e-5^{a}	91.587 ± 2.999^{a}	30.659 ± 0.396^{c}	79.199 ± 0.789^{c}
	Average	34.669 ± 0.525^{b}	0.847 ± 0.369^{a}	-61.863 ± 4.457^{b}	0.00062 ± 7.90e-5^{b}	90.083 ± 2.994^{b}	31.668 ± 0.395^{b}	80.604 ± 0.787^{b}
	High	35.295 ± 0.526^{a}	0.861 ± 0.369^{a}	-59.865 ± 4.460^{a}	0.00061 ± 7.91e-5^{b}	90.027 ± 2.996^{b}	32.246 ± 0.396^{a}	80.849 ± 0.787^{a}
Protein	Low	32.181 ± 0.526^{c}	0.626 ± 0.369^{c}	-64.450 ± 4.461^{c}	0.00062 ± 7.91e-5^{ab}	91.091 ± 2.997	29.846 ± 0.396^{c}	79.472 ± 0.788^{c}
	Average	34.028 ± 0.526^{b}	0.808 ± 0.369^{b}	-62.785 ± 4.459^{b}	0.00062 ± 7.90e-5^{b}	90.293 ± 2.995	31.216 ± 0.395^{b}	80.456 ± 0.788^{b}
	High	36.988 ± 0.528^{a}	0.988 ± 0.370^{a}	-59.692 ± 4.471^{a}	0.00065 ± 7.93e-5^{a}	90.316 ± 3.002	33.510 ± 0.397^{a}	81.023 ± 0.790^{a}
SCS	Low	34.401 ± 0.526	0.814 ± 0.369	-62.593 ± 4.457	0.00056 ± 7.90e-5^{c}	92.062 ± 2.994^{a}	31.481 ± 0.395	80.931 ± 0.787^{a}
	Average	34.480 ± 0.526	0.837 ± 0.369	-61.742 ± 4.458	0.00064 ± 7.90e-5^{b}	90.215 ± 2.995^{b}	31.514 ± 0.395	80.264 ± 0.787^{b}
	High	34.315 ± 0.525	0.770 ± 0.369	-62.592 ± 4.457	0.00069 ± 7.89e-5^{a}	89.419 ± 2.994^{c}	31.578 ± 0.395	79.457 ± 0.787^{c}
AFC	Low	34.460 ± 0.526	0.862 ± 0.370	-62.354 ± 4.461	0.00065 ± 7.91e-5^{a}	91.191 ± 2.997^{a}	31.392 ± 0.396^{b}	80.021 ± 0.788^{b}
	Average	34.460 ± 0.525	0.796 ± 0.368	-61.833 ± 4.456	0.00064 ± 7.90e-5^{a}	90.072 ± 2.994^{b}	31.563 ± 0.395^{a}	80.215 ± 0.787^{b}
	High	34.276 ± 0.528	0.764 ± 0.370	-62.741 ± 4.471	0.00060 ± 7.93e-5^{b}	90.434 ± 3.003^{b}	31.618 ± 0.397^{a}	80.415 ± 0.790^{a}

* a: Milk yield at the beginning of lactation; b: Parameter related to the rate to reach peak yield; c: Parameter related to maximum milk yield; d: Parameter related to curve changes after maximum yield; pt: Peak time; pm: Production at peak; p: Persistency; SCS: Somatic cell score; AFC: Age at first calving

[a-c] Within a column, least-squares means without a common superscript differ significantly (P<0.01).

اگرچه افزایش سن هنگام اولین زایش به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست، اما گاوهایی که اولین زایش آن‌ها در سنین بالاتر بود به‌طور معنی‌داری تداوم شیردهی بیشتری داشتند که مغایر با برخی گزارش‌های مربوطه در این مورد بود (Naeemipour Younesi *et al.*, 2018)، اما با سایر نتایج مطابقت داشت (Elahi-Torshizi, 2016).

بنابراین، به نظر می‌رسد انتخاب بر اساس تداوم شیردهی بخصوص در دوره اول شیردهی گاوهای هلشتاین ایران حائز اهمیت باشد چون مقایسه میزان تداوم شیردهی در بین گروه‌های مختلف فنوتیپی صفات اقتصادی نشان داد که با افزایش میزان تولید شیر و ترکیبات آن، تداوم شیردهی بهبود می‌یابد و سلول‌های بدنی کمتر موجود در شیر و سلامت پستان‌ها با تداوم بهتر تولید حیوان مرتبط بود. با توجه به اینکه بالاترین همبستگی ژنتیکی تولید شیر با میزان تولید در اوج و تداوم شیردهی برآورد شد، انتخاب بر اساس تولید در اوج ممکن است مشکلاتی از جمله موارد زیر را داشته باشد. برای مثال، به دلیل محدود بودن توان مصرفی مواد خوراکی در اوایل دوره شیردهی، نیاز مواد مغذی برای تولید شیر بالا معمولاً زیاد شده و مقدار مواد متراکم جیره در ابتدای شیردهی افزایش می‌یابد که این موضوع علاوه بر افزایش هزینه‌های خوراک، احتمال بروز ناهنجاری‌های متابولیکی مانند اسیدوزیس، جابه‌جایی شیردان و کتوزیس را نیز افزایش می‌دهد و عدم تأمین انرژی بالای مورد نیاز در ابتدای شیردهی، ناهنجاری‌های تولیدمثلی را در پی دارد. بنابراین، می‌توان با انتخاب برای تداوم شیردهی و داشتن منحنی شیردهی مناسب، هزینه-های خوراک را با افزایش نسبت علوفه در جیره کاهش داده و همچنین با کاهش احتمال بروز ناهنجاری‌های متابولیکی و تولیدمثلی، سبب سودآوری بیشتر واحد تولیدی شد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به همبستگی‌های مثبت و متوسط به بالای تولید اولیه، تولید در اوج و تداوم شیردهی با صفات تولیدی و همبستگی منفی اما مطلوب صفات مذکور با سن اولین زایش و صفت تداوام شیردهی با نمره سلول‌های بدنی شیر، می‌توان انتظار داشت انتخاب برای افزایش تولید در شروع شیردهی و اوج تولید سبب ارتقای کل تولید شیر و ترکیبات آن شود و همچنین با انتخاب زودهنگام صفات تولیدی، باروری و سلامت باعث بهبود در تداوم شیردهی شد. انتخاب برای تأخیر در رسیدن به اوج، افزایش شیب بالارونده و به میزان بسیار اندک کاهش شیب پایین‌رونده منحنی نیز سبب کاهش سن اولین زایش خواهد شد، در حالی که افزایش شیب منحنی پس از اوج، شمار سلول‌های بدنی شیر را اگرچه به میزان کم اما کاهش می‌دهد و پستان‌ها در وضعیت سلامت بهتری قرار خواهند گرفت. بنابراین، بسته به صفت اقتصادی هدف، می‌توان برای فراسنجه‌های منحنی انتخاب انجام داد. مقایسه صفات در گروه‌های مختلف فنوتیپی نشان داد گاوهای با تولید شیر، چربی و پروتئین شیر بالا در مقایسه با گاوهای با تولید متوسط و پایین، میزان تولید اولیه، تولید در اوج و تداوم شیردهی بیشتری داشتند. افزایش نمره سلول‌های بدنی موجود در شیر با اوج شیردهی زودتر و شیب تندتر منحنی پس از اوج و نهایتاً کاهش تداوم شیردهی همراه بود. با افزایش سن در اولین زایش، تولید شیر در اوج شیردهی به دلیل توسعه بافت پستانی روند افزایشی داشت. مقایسه میزان تداوم شیردهی در بین گروه‌های مختلف فنوتیپی صفات اقتصادی نیز نشان داد که با افزایش میزان تولید شیر و ترکیبات آن و همچنین کاهش سلول‌های بدنی شیر، تداوم شیردهی بهبود می‌یابد.

تشکر و قدردانی

از همکاری و مساعدت مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور جهت در اختیار قرار دادن داده‌ها، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

Arianfar M., Rokouei M., Dashab G. R. and Faraji-Arough H. 2018. Comparison and evaluation of some mathematical functions in describing the lactation curve of Iranian dairy cattle. Animal Production, 20(3): 351-363. (In Persian).

Bakhtiarzadeh M. and Moradi Shahr Babak M. 2010. An estimation of the lactation curve parameters through incomplete Gamma function and a determination of the genetic relationship between these parameters and udder traits, in Holstein population of Iran. Iranian Journal of Animal Science, 41(1): 1-10. (In Persian).

Ben Gara A., Bouraoui R., Rekik B., Hammami H. and Rouissi H. 2009. Optimal age at first calving for improved milk yield and length of productive life in Tunisian Holstein cows. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2(3): 162-167.

Ceron-Munoz M. F., Tonhati H., Costa C. N., Maldonado-Estrada J. and Rojas-Samiento D. 2004. Genotype x environment interaction for age at first calving in Brazilian and Colombian Holsteins. Journal of Dairy Science, 87(8): 2455-2458.

Chegini A., Shaddparvar A. A. and Ghavi Hossein-Zadeh N. 2013. Genetic trends for milk yield, persistency of milk yield, somatic cell count and calving interval in Holstein dairy cows of Iran. Iranian Journal of Applied Animal Science, 3(3): 503-508.

Chegini A., Shadparvar A. A., Ghavi Hossein-Zadeh N. and Mohammad-Nazari B. 2019. Genetic and environmental relationships among milk yield, persistency of milk yield, somatic cell count and calving interval in Holstein cows. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 32(2): 81-89.

Chegini A., Shadparvar A. A. and Ghavi Hossein-Zadeh N. 2015. Genetic parameter estimates for lactation curve parameters, milk yield, age at first calving, calving interval and somatic cell count in Holstein cows. Iranian Journal of Applied Animal Science, 5(1):61- 67.

Dastaniyan V., Khalajzadeh S. and Sayadnejad M. B. 2016. Genetic analysis of milk yield for Holstein dairy cows indifferent provinces of Iran. Animal Science Journal, 29(111): 15-24. (In Persian).

Dekkers J. C. M., Jamrozik J., Ten Hag J. H., Schaeffer L. T. and Weersink A. 1996. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle. Gembloux, Belgium. International Bull Evaluation Service. No. 12. Department of Animal Breeding and Genetics, SLU, Uppsala, Sweden.

Dohare A. K., Singh B., Verma M. R., Perme B., Sharma V. B., Gupta N. and Kshandakar S. 2014. Comparison of standard lactation curve models using fortnightly milk records in Frieswal cattle. Veterinary World, 7(10): 831-34.

Elahi-Torshizi M. 2016. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. Journal of Animal Science and Technology, 58(8): 1-14.

Evans R. D., Wallace M., Garrick D. J., Dillon P., Berry D. P. and Olori V. 2006. Effects of calving age, breed fraction and month of calving on calving interval and survival across parities in Irish spring-calving dairy cows. Livestock Science, 100: 216-230.

Farhangfar H. and Naeemipour Younesi H. 2007. Estimation of genetic and phenotypic parameters for production and reproduction traits in Iranian Holsteins. Journal of Crop Production and Processing, 11(1): 431-441. (In Persian).

Ferris T. A., Mao I. L. and Anderson C. R. 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 68: 1438-1448.

Ghavi Hossein-Zadeh N. 2011. Estimation of genetic and phenotypic relationships between age at first calving and productive performance in Iranian Holsteins. Tropical Animal Health and Production, 43: 967-973.

Ghavi Hossein-Zadeh N. 2016. Comparison of non-linear models to describe the lactation curves for milk yield and composition in buffaloes (*Bubalus bubalis*). Animal, 10(2): 248-261.

Ghavi Hossein-Zadeh N. 2019. Comparison of the parameters of the lactation curve between normal and difficult calvings in Iranian Holstein cows. Spanish Journal of Agricultural Research, 17(1): e0401.

Ghavi Hossein-Zadeh N. and Ardalan M. 2011. Estimation of genetic parameters for milk urea nitrogen and its relationship with milk constituents in Iranian Holsteins. Livestock Science, 135: 274-281.

Hare E., Norman H. D. and Wright J. R. 2006. Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. Journal of Dairy Science, 89(1): 365-370.

Jain A. K. and Muldano M. 2009. Selection criteria and breeding objectives in improvement of productivity of cattle and buffaloes. In Selection and Breeding of Cattle in Asia: Strategies and Criteria for Improved Breeding. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria.

Karrari Niri Q., Seyedsharifi R., Hedayat Evrigh N., Seifdavati J. and Bohlouli M. 2017. Estimation of genetic parameters and correlations of type, production, reproduction and longevity traits in Isfahan province Holsteins. MSc thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University. (In Persian).

Khodayi Motlagh M., Zare Shahneh, A., Moradi Shahr Babak M. and Zamiri J. 2004. Determination of some effective factors on reproductive performance of Iranian Holstein cows. The First Congress on Animal and Aquatic Sciences. P. 935. (In Persian).

Mackey D. R., Gordon A. W., McCoy M. A., Verner M. and Maynne C. S. 2007. Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. Animal, 1(1): 29-43.

Madad M., Ghavi Hossein-Zadeh N. and Shadparvar A. A. 2013. Estimation of genetic parameters for productive and reproductive traits in Iranian native buffaloes, Animal Production Research, 2(1): 45-52. (In Persian).

Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T. and Lee D. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France. Pp. 1-2.

Moradi Shahr Babak M. 2001. Persistency in dairy cattle. Iranian Journal of Agriculture Science, 32(1): 193-202. (In Persian).

Naeemipour Younesi H. and Shariati M. M. 2016. Multivariate genetic analysis of productive and reproductive traits in first lactation Holsteins in arid climate of Iran. Journal of Ruminant Research, 3(4): 189-205. (In Persian).

Naeemipour Younesi H., Shariati M. M., Zerehdaran S. and Jabbari Nooghabi M. 2018. Effects of season and age at first caving on phenotypic and genetic characteristic of lactation curve parameters in primiparous Iranian Holstein cows. Animal Science Journal, 30(111): 163-176. (In Persian).

Nafez M., Zerehdaran S., Hassani S. and Samiei R. 2012. Genetic evaluation of productive and reproductive traits of Holstein dairy cows in the north of Iran. Iranian Journal of Animal Science Research, 4(1): 69-77. (In Persian).

Nilforooshan M. and Edriss M. 2004. Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. Journal of Dairy Science, 87: 2130-2135.

Odegard J., Gunnar K. and Berg H. 2003. Variance components and genetic trend for somatic cell count in Norwegian Cattle. Livestock Production Science, 79: 135-144.

Pinheiro J., Bates D., DebRoy S. and Sarkar D. 2014. R Core Team nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-117. Available at h ttp://CRAN. R-project. org/package= nlme.

Rakhshani Nejad M., Rokouei M., Safdari Shahroudi M. and Faraji-Arough H. 2017. Estimation of genetic correlation between dystocia with production, reproduction and birth weight traits in Holstein cattle of Iran using Bayesian linear-threshold model. Iranian Journal of Animal Science Research, 9(2): 255-267. (In Persian).

Remnant J. G., Green M. J., Huxley J. N. and Hudson C. D. 2015. Variation in the inter service intervals of dairy cows in the United Kingdom. Journal of Dairy Science, 98: 889-897.

Rook A., France J. and Dhanoa M. 1993. On the mathematical description of lactation curves. Journal of Agriculture Science, 121: 97-102.

Saghanezhad F., Atashi H., Dadpasand M., Zamiri M. J. and Shokri-Sangari F. 2017. Estimation of genetic parameters for lactation curve traits in Holstein dairy cows in Iran. Iranian Journal of Applied Animal Science, 7(4): 559-566.

Saheb Honar M., Moradi Shahr Babak M., Mirayi Ashtiani S. R. and Sayad Nezhad MB. 2010. An estimation of genetic trend for production traits and a determination of the impact of some factors on it in Iranian Holstein cattle. Iranian Journal of Animal Science, 41(2): 173-184. (In Persian).

Serjsen K. 2005. Mammary development. In calf and heifer rearing: principles of rearing the modern dairy heifer from calf to calving. First ed. Ed P. C. Garnsworthy. Nottingham University Press. Pp. 237-251.

Seyedsharifi R., Eskandari Nasab MP., Seifdavati J. and Badbarin N. 2012. Investigation of breeding value correlation between milk production and lactation persistency traits in Iranian Holstein cattle using random regression model. Iranian Journal of Animal Science Research, 4(1): 63-68. (In Persian).

Shahdadi A., Hassani S., Saghi D., Ahani Azari M., Eghbal A. and Rahimi A. 2014. Estimation of genetic parameters of first lactation production and reproduction traits in Iranian Holstein dairy cows. Journal of Ruminant Research, 1: 109-126. (In Persian).

Swalve H. H. and Gengler N. 1999. Genetics of lactation persistency. British Society of Animal Science Occasional Publication, 24: 75-82.

Toghiani Pozveh S., Shadparvar A. A., Moradi Shahrbabak M., Dadpasand Taromsari M. 2009. Genetic analysis of reproduction traits and their relationship with conformation traits in Holstein cows. Livestock Science, 125: 84-87.

Tohidi A., Zare Shahneh A. and Motamedi M. 2007. . Determination of some effective factors on reproductive performance in two herds of Isfahan Holstein cows. The Second Congress on Animal and Aquatic Sciences. P. 1495. (In Persian).

Val-Arreola D., Kebreab E., Dijkstra J. and France J. 2004. Study of the lactation curve in dairy cattle on farms in central Mexico. Journal of Dairy Science, 87: 3789-3799.

Weller J. I., Ezra E. and Leitner G. 2006. Genetic analysis of persistency in the Israeli Holstein population by the multitrait animal model. Journal of Dairy Science, 89: 2738-2746.

Wood P. D. P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. Animal Production, 22: 35-40.