

آنالیز ژنتیکی پارامترهای مدل مکانیستیک پلوت - گوتوین برای منحنی شیردهی گاوهای شیری ایران

همایون فرهنگ‌فر^{۱*}، سارا نظام‌دوست^۲، محمدباقر منتظر تربتی^۳ و محمدرضا اصغری^۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۳

^۱ استاد بخش علوم دام دانشگاه بیرجند

^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بخش علوم دام دانشگاه بیرجند

^۳ استادیار بخش علوم دام دانشگاه بیرجند

^۴ مربی بخش علوم دام دانشگاه بیرجند

* مسؤول مکاتبه: Email: hfarhangfar@birjand.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: با استفاده از مدل‌های مکانیستیک (زیست‌شناختی) می‌توان خصوصیات ژنتیکی منحنی شیردهی گاوها را از نقطه نظر بیولوژی ترشح شیر در بافت پستان، مورد بررسی قرار داد. هدف: این تحقیق، با هدف استفاده از یک مدل مکانیستیک در ارزیابی خصوصیات ژنتیکی منحنی شیردهی گاوهای زینه (آمیخته) و اصیل هلشتاین اجرا گردید. روش کار: از تعداد ۱,۴۴۸,۲۹۲ رکورد شیر روز آزمون متعلق به ۱۶۱,۶۷۶ رأس گاو شیری (دختران ۳,۹۷۹ رأس گاو نر) در ۹۲۱ گله که طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱ برای نخستین بار زایش داشتند، استفاده شد. از مدل مکانیستیک پلوت - گوتوین با دو پارامتر MS (صفت مرتبط با حداکثر ظرفیت ترشح شیر) و DR (صفت مرتبط با کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر) برای توصیف شکل منحنی شیردهی استفاده گردید. تابع غیرخطی فوق، بر داده‌های شیر روز آزمون هر گاو، به‌طور جداگانه برازش و پارامترهای آن برای هر یک از گاوها، برآورد شد. به‌منظور تخمین وراثت‌پذیری برای صفات MS و DR از مدل دام تک‌متغیره استفاده شد. روند ژنتیکی با روش تابعیت وزنی میانگین ارزش اصلاحی از سال زایش محاسبه گردید. **نتایج:** وراثت‌پذیری MS و DR به ترتیب ۰/۲۹۳ و ۰/۱۹۰ بود. همبستگی پیرسون بین ارزش اصلاحی صفات مزبور ۰/۲۹- به دست آمد ($P < ۰/۰۰۰۱$). روندهای فنوتیپی و ژنتیکی برای MS به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۰۶۳ کیلوگرم در سال، و برای DR به ترتیب ۰/۰۰۰۰۲۵- و ۰/۰۰۰۰۰۷- و همه‌ی آنها به لحاظ آماری معنی‌دار بودند ($P < ۰/۰۰۰۱$). **نتیجه‌گیری نهایی:** با توجه به وراثت‌پذیری نسبتاً بالا برای MS و DR، در نظر گرفتن آنها در شاخص انتخاب گاوها، می‌تواند منجر به بهبود ژنتیکی مناسبی برای صفات مزبور گردد.

واژگان کلیدی: روند ژنتیکی، گاوهای شیری، مدل مکانیستیک، منحنی شیردهی، وراثت‌پذیری

مقدمه

راهبردهای موفق اصلاح‌نژادی تکیه بر این امر دارد که بتوانند حیوانات با شایستگی ژنتیکی بالا را شناسایی نمایند تا از آنها فرزندان‌ی ایجاد شود که در محیط‌های پرورشی مختلف، نسبت به رقبای خود، عملکرد بهتری را داشته باشند (دوشل - ویلسون و همکاران ۲۰۰۷). لذا، هدف اصلی اجرای یک برنامه اصلاح‌نژادی بالا بردن ظرفیت ژنتیکی حیوانات مزرعه‌ای برای صفات مهم اقتصادی می‌باشد. گروهی از صفات اقتصادی، بر درآمد حاصله از واحد دامداری اثر دارند؛ در حالی که برخی دیگر از صفات مزبور، بر روی هزینه تولید اثر گذارند (جین و مُلدانو ۲۰۰۹).

صفات کمی زیادی در گاوهای شیری وجود دارند؛ اما در اصل، صفات تولیدی از اهمیت اقتصادی برخوردارند (چائوهان و هیس ۱۹۹۱) که به‌طریق پلی‌ژنیک کنترل می‌شوند و کم‌وبیش، تحت تأثیر سازه‌های محیطی نیز قرار دارند (ویلیز ۱۹۹۱). در واحدهای صنعتی و سنتی پرورش گاو شیری، تولید شیر منبع اصلی درآمد گاو‌دار را تشکیل می‌دهد و از اهمیتی ویژه برخوردار است (کانکایا و همکاران ۲۰۱۱ و جینگر ۱۹۹۶). بر این اساس، هدف کلی اصلاح‌نژاد دام‌های شیرده در سراسر دنیا، بهبود راندمان تولید شیر بوده است (تکرلی و همکاران ۲۰۰۰)؛ ولی اکنون صفات بسیار متعددی در شاخص انتخاب گاوهای شیری وجود دارند که برخی از آنها ضریب اقتصادی بیشتری از تولید شیر را در شاخص به‌خود اختصاص می‌دهند.

نمایش نموداری^۱ ترشح شیر در یک دوره‌ی شیردهی، به‌عنوان منحنی شیردهی شناخته می‌شود (شرچند و همکاران ۱۹۹۵). منحنی شیردهی تحت تأثیر دو سازوکار فیزیولوژیکی به‌هم‌پیوسته، یعنی رشد سلولی و مرگ آنها قرار دارد (وال - آریولا و همکاران ۲۰۰۴). تولید شیر و ترکیبات مهم آن، طی ماه‌های یک دوره‌ی شیردهی، تغییر می‌کنند. در حقیقت، صفات تولیدی مزبور، از یک الگوی خطّ - منحنی برخوردار هستند. لذا،

درک صحیح چگونگی تغییرات میزان تولید شیر در یک دوره‌ی شیردهی می‌تواند در امر تعیین راندمان زیست‌شناختی و اقتصادی یک گاو شیری، مورد استفاده قرار گیرد؛ ضمن آن که با استفاده از منحنی شیردهی، پرورش‌دهنده، قادر خواهد بود گاوها را بر اساس خصوصیات شیردهی‌شان، مدیریت و اصلاح‌نژاد نماید (آده‌دیران و همکاران ۲۰۰۷؛ وال - آریولا و همکاران ۲۰۰۴؛ تَزَر و هُفاکر ۱۹۹۹؛ پروکُن و همکاران ۱۹۹۶ و گراسمن و کوپس ۱۹۸۸).

مدل‌های ریاضی مورد استفاده در توصیف منحنی شیردهی را می‌توان بر مبنای این که شکل - محور^۲ می‌باشند یا بیولوژی - محور^۳ به‌ترتیب به دو دسته مدل‌های تجربی^۵ و مکانیستیک^۶ (بیولوژیک یا زیست‌شناختی) گروه‌بندی نمود (فرهنگ‌فر ۲۰۱۵). افزون بر تقسیم‌بندی مذکور، مدل‌های منحنی شیردهی را می‌توان بر حسب این که پارامترهای آنها مستقیماً با خصوصیات منحنی شیردهی ارتباط دارند (مانند تابع تجربی گامای وود و تابع مکانیستیک پُلوت و گوتوین) و یا این که ویژگی مذکور را نداشته باشند (مانند توابع چندجمله‌ای لژاندر و توابع تگه‌ای) نیز تقسیم‌بندی نمود (ماسیوتا و همکاران ۲۰۱۱).

اصولاً، سودمندی هر یک از مدل‌های ریاضی به این بستگی دارد که چگونه آن مدل می‌تواند از فرآیند زیست‌شناختی تولید شیر پیروی نموده و با سازه‌های مؤثر بر آن سازگار شود (ألوری و همکاران ۱۹۹۹). پایه و اساس ایجاد و توسعه یک مدل بیولوژیک شیردهی آن است که مدلی ارائه گردد که پارامترهای آن از مفهوم زیست‌شناختی برخوردار باشند (پُلوت ۲۰۰۴ و پُلوت ۲۰۰۰). با استفاده از یک مدل بیولوژیک، این امکان وجود دارد که ویژگی‌های مختلف یک منحنی شیردهی را بر اساس آن چه که در بافت پستان حیوان رخ می‌دهد، مورد بحث قرار داد (آلباران - پرتیلو و پُلوت ۲۰۰۸).

⁴ Biology-oriented

⁵ Empirical models

⁶ Mechanistic models

¹ Graphical representation

² Curve linear pattern

³ Shape-oriented

شیری زینه (آمیخته) و اصیل هلشتاین در دوره‌ی اول شیردهی بود. کمینه و بیشینه تعداد رکورد روز آزمون برای هر گاو به ترتیب ۴ و ۱۳ بود. بر اساس درصد ژن هلشتاین در شجره گاوها، چهار گروه ژنوتیپی در فایل ارقام ایجاد شد: گروه اول، دوم و سوم گاوهای زینه بودند که به ترتیب دارای درصد ژن هلشتاین $50 \leq H < 75$ ، $75 \leq H < 87.5$ و $87.5 \leq H < 100$ و گروه چهارم که ۱۰۰ درصد ژن هلشتاین داشتند.

رکوردهای مذکور از تعداد ۹۲۱ گله در ۱۴ استان کشور و توسط مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی (وابسته به وزارت جهاد کشاورزی) جمع‌آوری گردیده است. سال‌های زایش گاوها از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱ بود. گاوهای مزبور از ۱۲۴,۱۷۷ مادر و ۳,۹۷۹ پدر ایجاد شده بودند.

مدل شیردهی

برای توصیف منحنی شیردهی گاوها از مدل مکانیستیک دوپارامتری پلوت - گوتوین (۲۰۰۰) استفاده گردید. این مدل به صورت زیراست (آلباران - پرتیلو و پلوت ۲۰۱۳):

$$M_t = \left(MS / \left\{ 1 + a \times e^{-0.1 \times (t-150)} \right\} \right) * \left\{ 2 - e^{[DR \times (t-150)]} \right\}$$

پلوت (۲۰۰۸): لذا با توجه به ثابت a ، مدل پیچیده‌ی هفت پارامتری، به یک مدل ساده‌تر و دو پارامتری تبدیل گردیده است.

بدین ترتیب، بر اساس استفاده از کل رکوردهای روز آزمون موجود برای هر یک از گاوها در طول دوره‌ی شیردهی، و با برآزش مدل مکانیستیک فوق، برای هر حیوان، یک مقدار از پارامترهای MS و DR به دست آورده می‌شوند. در تحقیق حاضر، برآزش مدل مزبور بر رکوردهای شیر، با استفاده از رویه غیرخطی نرم‌افزار SAS (ویرایش ۹/۳) اجرا گردید.

یکی از انواع مدل‌های بیولوژیک، مدل ضرب‌شونده پلوت و گوتوین (۲۰۰۰) است که در آن دو پارامتر MS و DR وجود دارند که به ترتیب، نشان‌دهنده حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر طی دوره‌ی شیردهی می‌باشند. هر یک از پارامترهای مزبور، وقتی که برای هر یک از گاوها به طور جداگانه برآورد شوند، به عنوان یک صفت تلقی می‌گردند (فرهنگ‌فر ۲۰۱۵). لذا برای این خصوصیات منحنی شیردهی، می‌توان پارامترهای ژنتیکی نظیر وراثت‌پذیری را برآورد نمود. عمده‌ی تحقیقات انجام شده بر روی منحنی شیردهی گاوهای شیری ایران، با استفاده از مدل‌های تجربی نظیر توابع گامای وود، نمائی ویلمینک و چندجمله‌ای علی و شفر بوده‌اند. از این رو، تحقیق حاضر با هدف تحلیل ژنتیکی پارامترهای مدل مکانیستیک پلوت - گوتوین اجرا گردید.

مواد و روش

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل ۱,۴۴۸,۲۹۲ رکورد شیر روز آزمون متعلق به ۱۶۱,۶۷۶ رأس گاو

(۱) که در آن M_t مقدار تولید شیر در روز t ام شیردهی است و پارامترهای MS و DR به ترتیب نشان‌دهنده حداکثر ظرفیت ترشح شیر (بر حسب کیلوگرم) و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر (بدون واحد) طی دوره‌ی شیردهی می‌باشند (پلوت و گوتوین، ۲۰۰۱؛ پلوت و گوتوین ۲۰۰۰). در مدل فوق، e عدد نپر (و برابر با 2.71828) و a مساوی است با $\{ (0 - 1/99999999) / 99999999 \}$. مدل ۱ در حقیقت برگرفته از یک مدل هفت پارامتری و پیچیده‌ای است که برای نخستین بار توسط پلوت (۲۰۰۰) ارائه شد. مدل هفت پارامتری مزبور مشکلات زیادی در برآزش بر رکوردهای روز آزمون داشته است (آلباران - پرتیلو و

آنالیز ژنتیکی

پارامترهای مدل پلوت - گوتوین، در حقیقت، صفات ژنتیکی مرتبط با منحنی شیردهی می‌باشند. برای تحلیل ژنتیکی این صفات از مدل دام زیر استفاده شد:

$$y = Xb + Zu + e \quad (2)$$

که در آن y بردار مشاهدات مربوط به هر یک از صفات MS و DR است. با توجه به شمار بسیار زیاد رکوردهای روز آزمون مورد استفاده در این تحقیق، و این که به دلیل محدودیت نرم‌افزار SAS امکان داشتن اشتباه معیار پارامترهای مدل در خروجی نرم‌افزار وجود نداشت، مدل ۲ با فرض همگنی واریانس نمونه‌گیری صفت، به کار برده شده است. با این حال، در صورتی که اشتباه معیار پارامترهای برآورد شده مدل مکانیستیک در دسترس نیز باشند، می‌توان مدل دام مورد استفاده برای آنالیز ژنتیکی MS و DR را به صورت وزنی به کار برد.

در مدل دام مورد استفاده، بردارهای b و u به ترتیب دربرگیرنده اثرات ثابت و تصادفی و ماتریس‌های X و Z به ترتیب ماتریس‌های ضرایب مربوط به بردارهای b و u می‌باشند. اثرات ثابت مدل شامل استان (در ۱۴ سطح)، گروه همزمان گله - سال - فصل زایش (در ۱۴۷۲۹ سطح)، سن هنگام نخستین زایش (در دو گروه ۱۸ تا ۲۵ ماه، و ۲۶ تا ۴۰ ماه)، نوع گاو (در سه گروه زینه^۱ و یک گروه اصیل هلاشتاین)، فاصله اولین رکورد روزآزمون از زمان زایش (در دو گروه ۴ تا ۳۰ روز، و ۳۱ تا ۶۰ روز)، نسبت چربی به پروتئین در اولین رکورد روز آزمون (در دو گروه کمتر از ۱/۰۸۳، و مساوی یا بیشتر از ۱/۰۸۳)، طول دوره‌ی شیردهی (در دو گروه

کمتر یا مساوی ۳۰۵ روز، و بیشتر از ۳۰۵ روز) بودند. اثر تصادفی مدل، دربرگیرنده ارزش اصلاحی گاو بود که میانگین و واریانس آن در جمعیت مبدنا، به ترتیب برابر با صفر و σ_a^2 بود. ماتریس خویشاوندی ژنتیکی افزایشی بین حیوانات شجره (با تعداد کل ۲۴۸،۶۹۵) نیز در نظر گرفته شد. برازش مدل دام، توسط نرم‌افزار DMU (مادسن و جنسن ۲۰۰۷) انجام شد و برآورد حداکثر درستی‌نمایی محدود شده از اجزای واریانس ژنتیکی افزایشی و باقی‌مانده، و همچنین بهترین پیش‌بینی ناریب خطی از ارزش اصلاحی گاوها به دست آورده شد. میانگین ارزش اصلاحی گاوها برای هر یک از صفات در هر سال زایش محاسبه شد. سپس تابعیت وزنی میانگین ارزش اصلاحی از سال زایش به دست آورده شد. از آن جا که شمار گاوها در هر سال متفاوت بود، تعداد گاوها در هر سال زایش، به عنوان وزن^۲ معادله‌ی تابعیت به کار برده شدند. ضریب تابعیت برآورد شده همان روند ژنتیکی است که توسط نرم‌افزار SAS (ویرایش ۹/۳) محاسبه گردید. برای محاسبه ضرایب همبستگی گشتاوری پیرسون و رتبه‌ای اسپیرمن، و آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش توکی، از نرم‌افزار SPSS (ویرایش ۲۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

تخمین اجزای واریانس و وراثت‌پذیری

برآورد حداکثر درستی‌نمایی محدود شده اجزای واریانس به همراه وراثت‌پذیری صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر در جدول ۱ آورده شده‌اند.

^۲ عدد ۱/۰۸۳ متوسط نسبت چربی به پروتئین در اولین رکورد روز آزمون شیر گاوهای تحت مطالعه بود.

^۴ Weighted regression

^۵ Weight

^۱ گرچه تنوع بین استان‌ها از نقطه نظر عوامل مختلفی نظیر شرایط اقلیمی است؛ اما در درون هر استان، گله‌های گاو شیری، از شرایط یکسان مدیریت پرورش برخوردار نیستند.

^۲ استفاده از سه گروه گاوهای زینه به جای یک گروه از آن‌ها، سبب تفکیک بهتر قابلیت ژنتیکی هر گروه در مقایسه آماری بین آنان می‌شود.

جدول ۱- برآورد اجزای واریانس و پارامتر وراثت‌پذیری برای صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر

Table 1- Estimation of variance components and parameter of heritability for maximum secretion potential of the lactation (MS) and relative decline in cell numbers (DR)

صفت	واریانس ژنتیکی	واریانس باقی مانده	واریانس فنوتیپی	وراثت‌پذیری	اشتباه معیار وراثت‌پذیری
Trait	Additive genetic variance	Residual variance	Phenotypic variance	Heritability	Standard error of heritability
MS حداکثر ظرفیت ترشح شیر	5.7123	13.7759	19.4882	0.293	0.008
DR کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر	0.000012	0.000051	0.000063	0.190	0.120*

* اشتباه معیار نسبتاً بزرگ به دست آمده برای وراثت‌پذیری صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر ممکن است تا حدی به دلیل بسیار کوچک بودن فنوتیپ گاوها برای صفت مزبور باشد.

*Relative large standard error obtained for the heritability of DR might partly be due to very small phenotypic values for the trait.

توسط ایزدخواه و همکاران (۲۰۱۵) بر روی گاوهای هلشتاین استان خراسان رضوی، میزان وراثت‌پذیری اوج شیردهی ۰/۱۷ گزارش گردید. فریس و همکاران (۱۹۸۵) وراثت‌پذیری شیر اوج شیردهی گاوهای هلشتاین را ۰/۱۶ گزارش کردند.

صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر، یک ویژگی مرتبط با تداوم شیردهی است. اصولاً هزینه تولید شیر، تا حد زیادی به تداوم شیردهی (که میزان کاهش تولید پس از اوج شیردهی می‌باشد) بستگی دارد (جینگر و همکاران ۲۰۱۴). به‌طور کلی، نرخ کاهش تولید شیر حدود ۷ درصد در هر ماه پس از اوج شیردهی است (وال - آریولا و همکاران ۲۰۰۴).

گرچه برای گاوهای هلشتاین ایران مطالعه‌ای وجود نداشته است، اما می‌توان به برخی گزارش‌ها که در آن‌ها به خصوصیات مشابه پرداخته شده است، اشاره نمود. ایزدخواه و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی که با استفاده از تابع نمایی ویلمینک بر روی گاوهای هلشتاین استان خراسان رضوی انجام دادند، میزان وراثت‌پذیری صفت تداوم شیردهی را ۰/۰۵ گزارش کردند. حسنونند و همکاران (۲۰۱۵) میزان وراثت‌پذیری تداوم شیردهی گاوهای هلشتاین ایران را ۰/۰۸ به دست آوردند. میخچی

نتایج این تحقیق نشان داد که وراثت‌پذیری صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر ۰/۲۹۳ و وراثت‌پذیری صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر ۰/۱۹۰ بود. بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق آلباران - پورتیلو و پلوت (۲۰۱۳) که در آن از مدل مکانیستیک مشابه با تحقیق حاضر استفاده کردند، حداکثر ظرفیت ترشح شیر وراثت‌پذیر مذکور، وراثت‌پذیری صفت ۰/۳۶ را نشان داد. در تحقیق کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر ۰/۱۳ بود.

در رابطه با وراثت‌پذیری پارامترهای مدل مکانیستیک پلوت - گوتوین تاکنون تحقیقی در داخل کشور انجام نشده است؛ اما در ارتباط با وراثت‌پذیری صفات هم‌بسته با این پارامترها، از جمله صفات تولید شیر در هنگام اوج شیردهی، تولید شیر ۳۰۵ روز، کل تولید شیر (بدون در نظر گرفتن تعداد روزهای شیردهی) و تداوم شیردهی تحقیقاتی انجام شده است. در تحقیق میخچی و حسین‌پور (۲۰۱۴) میزان وراثت‌پذیری صفت اوج تولید شیر ۰/۱ به دست آمد. بر اساس نتایج تحقیق بختیاری‌زاده و مرادی شهربابک (۲۰۱۰) میزان وراثت‌پذیری اوج تولید ۰/۲۲ بود. در تحقیق انجام شده

به‌نحوی که در گله‌های با سطح تولید بالاتر، وراثت‌پذیری صفاتی نظیر تولید شیر، بیش‌تر از گله‌هایی است که میانگین تولید در آن‌ها کم‌تر است.

یافته‌های تحقیق حا ضر نشان داد وراثت‌پذیری صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر (حدوداً ۳۰ درصد) و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر (حدوداً ۲۰ درصد) در حد نسبتاً مطلوبی قرار دارند؛ و این امر بیانگر آن است که می‌توان صفت مزبور را به‌وسیله انتخاب ژنتیکی در حد قابل توجهی، تغییر داد. گرچه به‌دلیل آنالیز ژنتیکی تک‌متغیره صفات، ارتباط ژنتیکی بین آن‌ها به‌دست آورده نشد؛ اما آنالیز همبستگی^۱ نشان داد که ضریب همبستگی گشتاوری پیر سون و رتبه‌ای اسپیرمن بین ارزش اصلاحی دو صفت فوق به‌ترتیب $-0/29$ و $-0/27$ و به‌حافظ آماری معنی‌دار بودند ($P < 0/0001$). همبستگی منفی بین دو ویژگی مذکور، نشان‌دهنده این واقعیت است که گاوهایی که برای صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر ارزش اصلاحی بالایی دارند، انتظار می‌رود برای صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر از ارزش اصلاحی پائینی برخوردار باشند؛ که یک امر مطلوب در رابطه با تداوم شیردهی تلقی می‌گردد. به‌عبارت بهتر، انتخاب ژنتیکی گاوها برای بالاتر بودن مقدار صفت اول، سبب ایجاد پاسخ همبسته برای افزایش تداوم شیردهی خواهد شد.

و حسین‌پور (۲۰۱۴) میزان وراثت‌پذیری شیب کاهشی منحنی شیردهی را که مرتبط با تداوم شیردهی می‌باشد، $0/05$ برآورد نمودند. در تحقیق فرهنگ‌فر و رولینسون (۲۰۰۷) و با استفاده از تابع گامای ناقص وود، مقدار وراثت‌پذیری صفت شیب کاهش منحنی شیردهی $0/05$ محاسبه گردید. براساس نتایج تحقیق بختیاری‌زاده و مرادی شهر با بک (۲۰۱۰) میزان وراثت‌پذیری تداوم شیردهی $0/06$ به‌دست آمد. می‌یر (۲۰۰۵) وراثت‌پذیری تداوم شیردهی گاوهای هلشتاین کانادایی را حدود $0/18$ گزارش کرد. مادسن (۱۹۷۵) وراثت‌پذیری صفت مزبور در گاوهای قرمز دانمارکی را (که به‌صورت ضریب کاهش تولید شیر بعد از اوج شیردهی تعریف کرده بود) در فاصله بین $0/4$ تا $0/59$ گزارش کرد. ولر و ازرا (۲۰۰۴)

وراثت‌پذیری تداوم شیردهی گاوهای هلشتاین فریزین اسرائیلی را حدود $0/07$ تا $0/14$ به‌دست آوردند. جینگر و همکاران (۲۰۰۱) وراثت‌پذیری این صفت را برای گاوهای هلشتاین آمریکا $0/05$ گزارش کردند.

با توجه به این که وراثت‌پذیری از خصوصیات ژنتیکی یک جمعیت است، لذا به‌دلیل متفاوت بودن ساختار ژنتیکی و همچنین متفاوت بودن شرایط محیطی حاکم بر حیوانات، پارامتر وراثت‌پذیری از جامعه‌ای به جامعه دیگر تفاوت می‌نماید. اندازه گله‌ها بر مقدار واریانس‌های ژنتیکی افزایشی، محیطی، و در نتیجه وراثت‌پذیری صفات اثر دارد (شورت و همکاران، ۱۹۹۰) به‌طوری که در گله‌های کوچک اندازه که تعداد حیوانات کم‌تر است، مقدار وراثت‌پذیری و اجزای واریانس، کم‌تر از گله‌های بزرگ اندازه می‌باشند. از سوی دیگر، چندین تحقیق از قبیل گارسیا و همکاران (۱۹۹۵) و کاستیلو - خوارز و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که با افزایش میانگین تولید در گله، وراثت‌پذیری مقدار شیر نیز تغییر می‌کند؛

^۱ این امر به‌دلیل تعداد زیاد حیوانات شجره و مشکل بسیار کوچک بودن مقادیر صفت DR دارای محدودیت است.

^۱ برای به‌دست آوردن کواریانس و همبستگی ژنتیکی بین دو صفت MS و DR می‌توان از یک مدل دام دو متغیره نیز استفاده نمود؛ که

جدول ۲- آمار توصیفی ارزش اصلاحی پیش‌بینی شده صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر (کیلوگرم) و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر در گاوهای زینه و اصیل هلشتاین

Table 2- Descriptive statistics of predicted breeding value for MS (Kg) and DR in grade and Holstein pure-bred cows

صفت Trait	نوع ژنوتیپ* Genotype*	تعداد گاو No.	کمینه Min.	بیشینه Max.	میانگین** Mean**	انحراف معیار SD	چارک اول Q ₁	چارک سوم Q ₃
حداکثر ظرفیت ترشح شیر MS	Group 1 گروه اول گاوهای زینه	11296	-7.914	5.626	0.072 ^c	1.280	-0.690	0.875
	Group 2 گروه دوم گاوهای زینه	16442	-5.531	5.444	0.218 ^b	1.317	-0.618	1.087
	Group 3 گروه سوم گاوهای زینه	10228	-5.114	5.555	0.309 ^a	1.348	-0.534	1.180
	Holstein گاوهای اصیل هلشتاین	123710	-7.348	7.652	0.272 ^a	1.443	-0.653	1.231
	Total کل	161676	-7.914	7.652	0.255	1.415	-0.645	1.188
کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح کننده شیر DR	Group 1 گروه اول گاوهای زینه	11296	-0.002022	0.002970	0.000002 ^b	0.000489	-0.000315	0.000238
	Group 2 گروه دوم گاوهای زینه	16442	-0.001868	0.002879	-0.000009 ^{ab}	0.000432	-0.000282	0.000205
	Group 3 گروه سوم گاوهای زینه	10228	-0.001673	0.002969	-0.000015 ^a	0.000431	-0.000286	0.000191
	Holstein گاوهای اصیل هلشتاین	123710	-0.001688	0.003130	-0.000005 ^{ab}	0.000442	-0.000298	0.000214
	Total کل	161676	-0.002022	0.003130	-0.000005	0.000443	-0.000297	0.000213

*گروه‌های اول، دوم و سوم گاوهای زینه به ترتیب دارای درصد ژن هلشتاین $50 \leq H < 75$ ، $75 \leq H < 87.5$ و $87.5 \leq H < 100$ بودند.

*Groups 1, 2 and 3 are grade cows had $50 \leq H < 75$, $75 \leq H < 87.5$ and $87.5 \leq H < 100$ of Holstein gene percentage, respectively.

**حروف مختلف، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین میانگین گروه‌ها (بر اساس آزمون توکی) است.

**Different letters indicate statistical significant difference among the groups (based on Tukey test).

پیش‌بینی ارزش اصلاحی

برخی شاخص‌های آمار توصیفی ارزش‌های اصلاحی پیش‌بینی شده برای صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر (کیلوگرم) و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر در گاوهای زینه و اصیل هلشتاین در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

در این تحقیق، میانگین ارزش اصلاحی حداکثر ظرفیت ترشح شیر برای گروه اول گاوهای زینه 0.072 کیلوگرم (با انحراف معیار $1/280$ کیلوگرم)، گروه دوم گاوهای زینه 0.218 کیلوگرم (با انحراف معیار $1/317$ کیلوگرم)، گروه سوم گاوهای زینه 0.309 کیلوگرم (با انحراف معیار $1/348$ کیلوگرم) و گروه گاوهای اصیل هلشتاین

را در مقایسه با آمیخته‌های حاصل از تلاقی آن‌ها با نژاد فریزین، نشان دادند.

توزیع بسامدی ارزش اصلاحی صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر در گروه‌های مختلف ژنوتیپی (بر اساس یک نمونه تصادفی به حجم ۱۰ درصد از کل گاوها) در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. مشاهده می‌شود که گروه اصیل هلشتاین بیشترین تعداد را شامل می‌شود (بر اساس تعداد مثلث‌های آبی رنگ). میانگین ارزش اصلاحی بین گروه‌های مختلف تقریباً نزدیک به یکدیگر می‌باشد، با این وجود میان برخی از گروه‌ها اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد که در جدول ۲ مشخص گردیده‌اند.

تاکنون در رابطه با صفات مورد مطالعه در تحقیق حاضر که از مدل مکانیستیک پلوت - گوتوین برگرفته شده‌اند، تحقیقی برای گاوهای شیری ایران انجام نشده است. با این حال، صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر (پارامتر MS مدل مذکور) ارتباط مستقیم با صفت تولید شیر ۳۰۵ روز دارد.

در ارتباط با پیش‌بینی ارزش اصلاحی صفات همبسته با صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر مانند شیر ۳۰۵ روز تاکنون تحقیقاتی انجام شده‌اند. برای مثال، بهلولی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی بر روی گاوهای هلشتاین ایران، میانگین ارزش اصلاحی پیش‌بینی شده شیر ۳۰۵ روز را ۵۱ کیلوگرم گزارش کردند. امام جمعه کاشان و همکاران (۲۰۰۷) میانگین ارزش اصلاحی صفت تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای نر هلشتاین ایران (در مطالعه موردی مجتمع کشت و صنعت مغان) را ۵۶۱ کیلوگرم برآورد کردند. ارشی (۲۰۱۴) میانگین ارزش اصلاحی پیش‌بینی شده صفت شیر ۳۰۵ روز گاوهای زینه و اصیل هلشتاین ایران را در دوره‌ی اول شیردهی به‌ترتیب ۱۱۵ و ۱۳۷ کیلوگرم و برای مجموع دوره‌های اول و دوم شیردهی به‌ترتیب ۱۰۶ و ۱۵۰ کیلوگرم برآورد کردند. فرهنگ‌فر و همکاران (۲۰۰۸) میانگین ارزش اصلاحی پیش‌بینی شده شیر ۳۰۵ روز را برای گاوهای هلشتاین استان خراسان برابر با ۵۳ کیلوگرم به‌دست آوردند. بر

۰/۲۷۲ کیلوگرم (با انحراف معیار ۱/۴۴۳ کیلوگرم) به‌دست آمد. میانگین ارزش اصلاحی کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر برای گروه‌های مذکور به ترتیب ۰/۰۰۰۰۰۲ (با انحراف معیار ۰/۰۰۰۴۸۹)، ۰/۰۰۰۰۰۹ - (با انحراف معیار ۰/۰۰۰۴۳۲)، و ۰/۰۰۰۰۰۵ - (با انحراف معیار ۰/۰۰۰۴۳۱)، و ۰/۰۰۰۰۰۵ - (با انحراف معیار ۰/۰۰۰۴۴۲) بود.

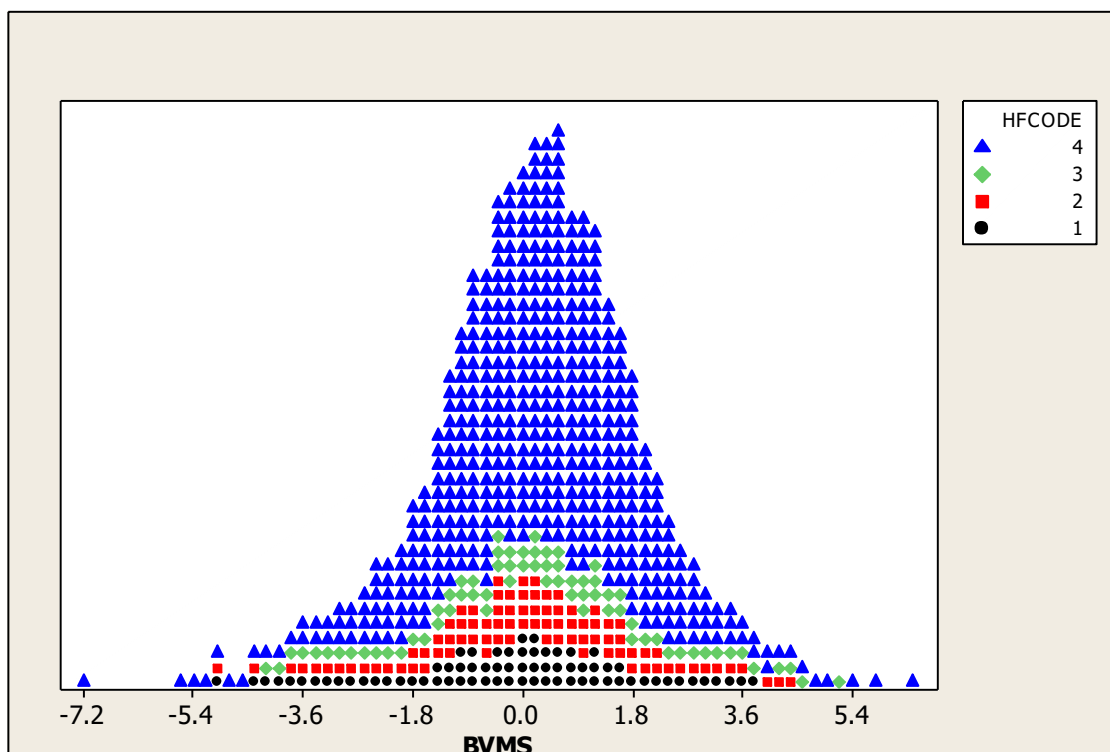
بدون تفکیک به گروه‌های ژنوتیپی، میانگین کل ارزش اصلاحی صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر ۰/۲۵۵ کیلوگرم با انحراف معیار ۱/۴۱۵ کیلوگرم و میانگین کل ارزش اصلاحی صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر ۰/۰۰۰۰۰۵ - با انحراف معیار ۰/۰۰۰۴۴۳ به‌دست آمد.

یافته‌ها نشان داد میانگین ظرفیت ژنتیکی گاوهای برای صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر با افزایش سهم توارث نژاد هلشتاین افزایش داشته است؛ گرچه گروه سوّم گاوهای زینه با گاوهای اصیل هلشتاین تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. با این حال، میانگین ارزش اصلاحی گاوها در سایر گروه‌های ژنوتیپی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($P < 0/0001$). میانگین ارزش اصلاحی گاوها برای صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر تنها بین دو گاوهای گروه اول زینه و گاوهای اصیل هلشتاین اختلاف معنی‌دار آماری داشت ($P < 0/05$).

گاوهای زینه در گروه سوّم، حامل درصد بالایی (بین ۸۷/۵ تا کمتر از ۱۰۰ درصد) از خصوصیات ژنتیکی نژاد هلشتاین هستند، ضمن آن که بخش باقی‌مانده از ژنوم حیوان، واجد ژن‌های توده‌های بومی ایران است. این گروه از گاوها، ویژگی‌های تولید شیر بالا و مقاومت در برابر شرایط محیطی را توأمأ دارا می‌باشند. پیرامون مقایسه ویژگی‌های تداوم شیردهی بین گاوهای اصیل اروپایی و توده‌های بومی، مطالعات اندکی وجود دارد. در تحقیق گبریوهانس و همکاران (۲۰۱۳) گاوهای بومی بوران و هوروادر کشور اتیوپی، تداوم شیردهی کمتری

اصلاحی شیر ۳۰۵ روز به ترتیب ۲۱/۹۶، ۶۶/۴۹، ۹۴/۲۵ و ۸۲/۹۶ کیلوگرم (و میانگین کل ۷۷/۷۸ کیلوگرم) برآورد شد که در بازه‌ی مطالعات اشاره شده قرار دارند.

اساس میانگین‌های ارزش اصلاحی ارائه شده در جدول ۱ برای صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر در چهار گروه از گاوهای تحت مطالعه، میانگین برآورد شده ارزش

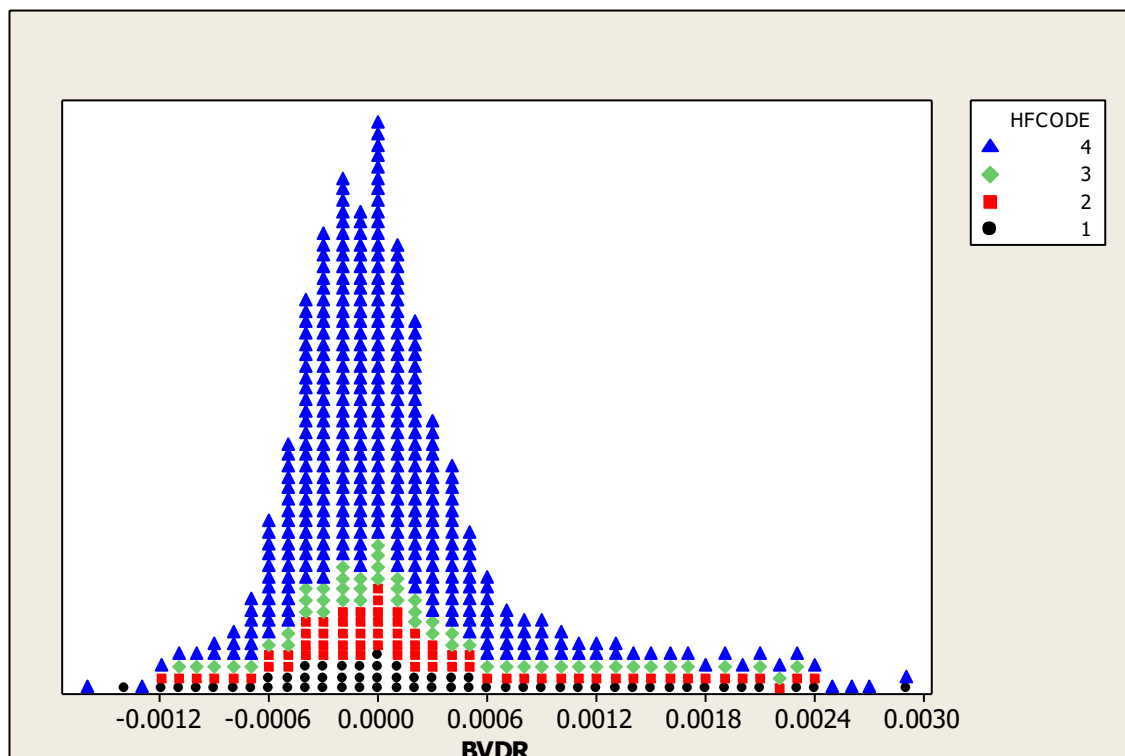


شکل ۱- پراکنش ارزش اصلاحی حداکثر ظرفیت ترشح شیر (BVMS) در گروه‌های مختلف ژنوتیپی گاوها (شمار هر یک از نمادهای رنگی، نشان دهنده فراوانی گروه است)

گروه اول: $50 \leq H < 75$ (رنگ سیاه)، گروه دوم: $75 \leq H < 87.5$ (رنگ قرمز)، گروه سوم: $87.5 \leq H < 100$ (رنگ سبز و کمترین شمار)، و گاوهای اصیل هلشتاین (رنگ آبی و بیشترین شمار) در یک نمونه تصادفی به حجم ۱۰ درصد از کل گاوها.

Figure 1- Scatter plot of breeding value for MS (BVMS) in different genotypic groups of cows
(the number of individual shapes indicates frequency of the corresponding group)

Group 1: $50 \leq H < 75$ (black), Group 2: $75 \leq H < 87.5$ (red), Group 3: $87.5 \leq H < 100$ (green and minimum frequency), and Group 4: Holstein pure-bred (blue and maximum frequency) in a random sample with size of 10% of the total cows.



شکل ۲- پراکنش ارزش اصلاحی کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر (BVDR) در گروه‌های مختلف ژنوتیپی گاوها

(شمار هر یک از نمادهای رنگی، نشان دهنده فراوانی گروه است)

گروه اول: $50 \leq H < 75$ (رنگ سیاه)، گروه دوم: $75 \leq H < 87.5$ (رنگ قرمز)، گروه سوم: $87.5 \leq H < 100$ (رنگ سبز و کمترین شمار)، و گاوهای اصیل هلشتاین (رنگ آبی و بیشترین شمار) در یک نمونه تصادفی به حجم ۱۰ درصد از کل گاوها.

Figure 2- Scatter plot of breeding value for DR (BVDR) in different genotypic groups of cows
(the number of individual shapes indicates frequency of the corresponding group)

Group 1: $50 \leq H < 75$ (black), Group 2: $75 \leq H < 87.5$ (red), Group 3: $87.5 \leq H < 100$ (green and minimum frequency), and Group 4: Holstein pure-bred (blue and maximum frequency) in a random sample with size of 10% of the total cows.

ژنتیکی صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر طی سال‌های تحت مطالعه ۱۳۷۶ الی ۱۳۹۱ مثبت ولی برای صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر منفی بوده است؛ که از نقطه نظر اصلاح‌نژادی مطلوب تلقی می‌گردند و نشانگر بهبود عملکرد گاوهای شیری ایران در رابطه با قابلیت تولید شیر در یک دوره‌ی شیردهی است.

روندهای فنوتیپی و ژنتیکی

در جدول ۳ برآورد روندهای فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر ارائه گردیده‌اند. مقدار روند فنوتیپی صفت حداکثر ظرفیت ترشح شیر ۵۲۰ گرم و مقدار روند ژنتیکی آن ۶۳ گرم ($R^2=0.95$) تخمین زده شد. برای صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر میزان روند فنوتیپی و ژنتیکی به ترتیب -0.000025 و -0.000007 ($R^2=0.92$) برآورد شد. به عبارت بهتر، متوسط تغییرات فنوتیپی و

جدول ۳- برآورد روندهای فنوتیپی و ژنتیکی (بر حسب واحد صفت بر سال زایش) برای صفات مورد بررسی

Table 3- Estimation of phenotypic and genetic trends (measured based on the unit of the trait in each calving year) for the MS and DR traits

سطح معنی‌دار P value	آماره‌ی تی استیودنت* t-student statistic	اشتباه معیار Standard error	مقدار روند Trend	نوع روند Type of trend	صفت Trait
0.0001	30.59	0.017	0.52	Phenotypic فنوتیپی	MS (Kg/y) حداکثر ظرفیت ترشح شیر
0.0001	15.75	0.004	0.063	Genetic ژنتیکی	(کیلوگرم در سال)
0.0001	-11.90	0.0000021	-0.000025	Phenotypic فنوتیپی	DR کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح
0.0001	-12.96	0.00000054	-0.000007	Genetic ژنتیکی	کننده شیر

*آماره تی استیودنت، از تقسیم مقدار روند بر اشتباه معیار آن محاسبه شده است.

*t-student statistic was calculated as trend estimate divided to its standard error.

افزایش پیدا نماید. بر این اساس، توگاشی و لین (۲۰۰۵) راهبردهای مختلفی از انتخاب را برای بیشینه نمودن تولید شیر و بدون کاهش تداوم شیردهی، مورد بررسی قرار دادند.

روندهای فنوتیپی به‌دست آمده در تحقیق حاضر، در برگرفته‌ی روندهای ژنتیکی و محیطی است و براساس میزان روند ژنتیکی، می‌توان دریافت که برای صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر به‌ترتیب ۱۲ و ۲۸ درصد از تغییرات فنوتیپی برآورد شده مربوط به تغییر در ساختار ژنتیکی جمعیت مورد بررسی، و باقی‌مانده آن مربوط به بهبود شرایط محیطی بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

وراثت‌پذیری صفات حداکثر ظرفیت ترشح شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر در گاوهای شیری ایران به‌ترتیب ۰/۲۹۳ و ۰/۱۹۴ به‌دست آمد که نسبتاً مطلوب است و می‌تواند پاسخ به انتخاب و همچنین صحت انتخاب مناسبی را ایجاد کند. همبستگی ژنتیکی بین دو صفت مزبور از نقطه‌نظر اصلاح نژادی، مطلوب است. طی سال‌های گذشته، روند ژنتیکی مناسب و معنی‌دار آماری در رابطه با این دو صفت نیز وجود

مقدار تولید شیر روزانه هر یک از گاوها، در واقع، تابعی از هر دو صفت مذکور است. به‌گونه‌ای که بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، ویژگی فوق با حداکثر ظرفیت ترشح شیر، ارتباط مثبت (۰/۷۵) ولی با کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده شیر، ارتباط منفی (۰/۲۴) داشت. بدین ترتیب، با در نظر گرفتن موارد فوق، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کل تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای شیری ایران در بازه‌ی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱ باید از یک روند مثبتی برخوردار بوده باشد.

صفت کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح‌کننده، در واقع، تعیین‌کننده تداوم شیردهی است؛ لذا، هر چه مقدار آن کمتر باشد انتظار می‌رود که تداوم شیردهی گاو بالاتر باشد. اصولاً، کل تولید شیر گاو، یک صفت اقتصادی مهم است (وربیل و وربیلا ۲۰۰۹)؛ اما انتخاب برای تولید بالا، اثرات زیان‌باری را بر وضعیت سلامتی حیوان نیز می‌تواند دربر داشته باشد (جونز و همکاران ۱۹۹۴). اگر یک گاو تداوم شیردهی پائینی را داشته باشد، آنگاه انتخاب برای تولید بالای شیر، می‌تواند سبب ایجاد تنش متابولیک قابل ملاحظه‌ای گردد. مؤیر و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که انتخاب برای افزایش تداوم شیردهی، ممکن است سبب افزایش کل تولید شیر شود بدون آن که وقوع بیماری‌ها و یا مشکلات باروری

داشته است؛ و لذا می‌توان در امر گزینش گاوهای شیری مورد توجه قرار گیرند.

سیاس‌گذاری

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، توسط مرکز اصلاح‌نژاد دام و بهبود تولیدات دامی (وابسته به وزارت جهاد کشاورزی) ارائه گردیده‌اند. بدین‌وسیله، مراتب تقدیر و تشکر فراوان خود را از مسؤولین محترم مرکز، اعلام می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

- Adediran SA, Roche JR, Donaghy DJ, Rawnsley R, Freeman M, Nish P and Malau-Aduli AEO, 2007. Predictive characteristics of lactation models for pasture-based Holstein Friesian dairy cows. In: D.F. Chapman, D.A. Clark, K.L. Macmillan, and D.P. Nation (Editors). Dairy Science 2007. Meeting the Challenges for Pasture-Based Dairying. Proceedings of the 3rd Australasian Dairy Science Symposium. The University of Melbourne, Victoria, Australia, 3:423-430.
- Albarran-Portilo B and Pollott GE, 2008. Genetic parameters derived from using a biological model of lactation on records of commercial dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91:3639-3648.
- Albarran-Portilo B and Pollott GE, 2013. The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science* 96:634-646.
- Arshi A, 2014. Genetic evaluation of Holstein cows of Tehran province based on 305-day milk records of first and second lactations. MSc Thesis. University of Birjand. (In Persian).
- Bakhtiarzadeh M and Moradi Shahrabak M, 2010. Estimation of lactation curve parameters using incomplete gamma function and their genetic association with udder type traits in Iranian Holstein cows. *Iranian Journal of Animal Science* 21:1-10. (In Persian).
- Bohlouli M, Shojae J, Alijani S, Mohammadi A and Sadeghi S, 2013. Genetic evaluation of lactation persistency in Iranian Holstein cows using test day records. *Journal of Livestock Research* 2:1-10. (In Persian).
- Castillo-Juarez H, Oltenacu PA, Blake RW, McCulloch CE and Cienfuegos-Rivas EG, 2000. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate and somatic cell score in Holstein cattle. *Journal of Dairy science* 83:807-814.
- Cankaya S, Unalan A and Soydan E, 2011. Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. *Archiv Tierzucht* 54:27-35.
- Chauhan VPS and Hayes JF, 1991. Genetic parameters for first lactation milk production and composition trait for Holstein using multivariate restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science* 74:603-610.
- Doeschl-Wilson, AB, Knap PW, Kinghorn PW and Van der Steen HAM, 2007. Using mechanistic animal growth models to estimate genetic parameters of biological traits. *Animal* 1:489-499.
- Emam Jomeh Kashan N, Beigzadeh Khalafrou F, Ghafouri Kesbi F and Eskandari Nasab MP, 2007. Study of milk yield and longevity traits in Holstein cow in Moghan dairy farms. *Journal of New Technologies in Agriculture* 1:64-88. (In Persian).
- Farhangfar H, 2015. Lactation curve and its application in dairy cattle breeding. First Nation Congress on New Research in Animal Science. University of Birjand. (In Persian).
- Farhangfar H, Naemipour H and Lotfi Noghahi R, 2008. Genetic evaluation of milk production in Holstein cows of Khorasan province using spline random regression model. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 43:533-544. (In Persian).
- Gebreyohannes G, Koonawootrittriron S, Elzo MA and Suwanasopee T, 2013. Fitness of lactation curve functions to daily and monthly test-day milk data in an Ethiopian multi-breed dairy cattle population. *Natural Science* 47:60-73.
- Farhangfar H and Rowlinson P, 2007. Genetic analysis of Woods lactation curve for Iranian Holstein heifers. *Journal of Biological Science* 7:127-1350.

- Ferris TA, Mao IL and Anderson CR, 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 68:1438-1448.
- Garcia-Cortes LA, Moreno C, Varona L, Rico M and Altarriba J, 1995. (Co) variance component estimation of yield traits between different lactations using an animal model. *Livestock Production Science* 43:111-117.
- Gengler N, 1996. Persistency of lactation yields: a review. In *Proceedings of International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle*. Gembloux, Belgium, January 1996. Pp. 87-96.
- Gengler N, Tijani A, Wiggans GR and Philpot JC, 2001. Indirect estimation of covariance functions for test-day yields production traits during first and second lactations in the United States. *Journal of Dairy Science* 84. Available: <http://www.adsa.org>.
- Grossman M and Koops WJ, 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 71:1598-1608.
- Hassanvand S, Mehraban H and Sadeghi Sefid Mezghi, A, 2015. Estimation of genetic trend and parameters for lactation persistency of Iranian Holstein cows. *Iranian Journal of Animal Science Research* 7:113-119. (In Persian).
- Izadkhah R, Farhangfar H and Fathi Nasri MH, 2015. Application of Wilmink's exponential function for genetic analysis of milk peak yield and peak time of Holstein cows of Khorasan Razavi province. *Journal of Animal Science Researchs* 1:142-150. (In Persian).
- Izadkhah R, Farhangfar H, Fathi Nasri MH and Naeemipour Younesi H, 2011. Application of Wilmink's exponential function for genetic analysis of 305-day milk yield and lactation persistency of Holstein cows of Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Animal Science Research* 3:297-303 (In Persian).
- Jain AK 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.
- Jingar S, Mehla RK, Singh M and Roy A.K, 2014. Lactation curve pattern and prediction of milk production performance in crossbred cows. *Journal of Veterinary Medicine (Article ID 814768)*:1-6.
- Jones WP, Hansen LB and Chester-Jones H, 1994. Response of health care to selection for milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 77:3137-3152.
- Macciotta NPP, Dimauro C, Rassu SPG, Steri R and Pulina G, 2011. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science* 10:213-223.
- Madsen O, 1975. A Comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Animal Production* 20:191-197.
- Madsen P and Jensen J, 2007. *A User's Guide to DMU (A Package for Analysing Multivariate Mixed Models)*. Version 6, Release 4.7. University of Aarhus, Faculty Agricultural Sciences (DJF), Department of Genetics and Biotechnolog, Research Centre Foulum.
- Meyer K, 2005. Random regression analysis using B-splines to model growth of Australian Angus cattle. *Genetics, Selection and Evolution* 37:473-500.
- Mikhchi A and Hosseinpour Mashhadi M, 2014. Genetic evaluation of lactation curve parameters estimated using Wilmink's function in Holstein cows. *Journal of Ruminants Research* 2:165-178. (In Persian).
- Olori VE, Brotherstone S, Hill WG and McGuirk BJ, 1999. Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science* 58:55-63.
- Perochon L, Coulon JB, and Lescourret F, 1996. Modelling lactation curves of dairy cows with emphasis on individual variability. *Animal Science* 63:189-200.
- Pollott GE, 2000. A biological approach to lactation curve analysis for milk yield. *Journal of Dairy Science* 83:2448-2458.
- Pollott GE, 2004. Deconstruction milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models. *Journal of Dairy Science* 87:2375-2387.
- Pollott GE and Gootwine E, 2000. Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science* 71:197-207.

- Pollott GE and Gootwine E, 2001. A genetic analysis of complete lactation milk production in Improved Awassi sheep. *Livestock production Science* 71: 37-47.
- Sherchand L, McNew RW, Kellog DW and Johnson ZB, 1995. Selection of mathematical model to general lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 78:2507-2513.
- Short TH, Black RW, Quaas RL and Van Vleck LD, 1990. Heterogeneous within herd variance: 1- Genetic parameters for first and second lactation milk yields of grade Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 73:3312-3320.
- Tekerli M, Akinci Z, Dogan I and Akcan A, 2000. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science* 83:1381-1386.
- Togashi K and Lin CY, 2005. Maximization of lactation milk production without decreasing persistency. *Journal of Dairy Science* 88:2975-2980.
- Tozer PR and Huffaker RG, 1999. Mathematical equations to describe lactation curves for Holstein-Friesian cows in New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:431-440.
- 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.
- Verbyla K and Verbyla AP, 2009. Estimated breeding values and association mapping for persistency and total milk yield using natural cubic smoothing splines. *Genetics, Selection Evolution* 41:1-13.
- Weller JI and Ezra E, 2004. Genetic analysis of the Israeli Holstein dairy cattle population for production and nonproduction traits with a multi trait animal model. *Journal of Dairy Science* 87:1519-1527.
- Willis MB, 1991. Dalton's Introduction to Practical Animal Breeding. Third Edition. Blackwell Science, Cornwall.

Genetic analysis of Pollott-Gootwine mechanistic model parameters for lactation curve of Iranian dairy cows

H Farhangfar^{1*}, S Nezamdoost², MB Montazar Torbati³ and MR Asghari⁴

Received: October 25, 2016

Accepted: November 3, 2017

¹Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

²MSc, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

³Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

⁴Lecturer, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*Corresponding author: hfarhangfar@birjand.ac.ir

Introduction

Successful animal breeding strategies rely on selecting superior animals to produce progeny which are expected to have better performance compared to contemporaries at different rearing environments (Doeschl-Wilson 2007). Based on this, the main aim of a breeding scheme is to promote genetic potential of livestock for the traits of great economic importance. Milk yield varies over a course of lactation as a result of continuous physiological mechanisms of growth and death of udder cells (Val-Arreola 2004). Mathematical models used for description of the lactation curve can be empirical (shape-oriented) or mechanistic (biology-oriented) (Farhangfar 2015). Using mechanistic (biological) models it would be possible to study genetic aspects of cows' lactation curve from the biology of milk secretion in udder tissue standpoint. Vast majority of the research undertaken on the lactation curve of Iranian dairy cows have been focused on the use of empirical models. This research was carried out with the objective of evaluating genetic characteristics of the lactation curve of Iranian Holstein grade and pure-bred dairy cows using a mechanistic model.

Material and methods: The data used in this research were provided by Animal Breeding Centre, Karaj, Iran. The data set consisted of 1,448,292 test day milk records belonging to 161,676 first parity cows (progeny of 3979 bulls) in 921 herds (in 14 provinces over the country) and calved during 1997-2012. Minimum and maximum number of test day records were 4 and 13, respectively. Based on the percentage of Holstein gene inheritance (H), cows were divided into four groups. Pollott-Gootwine mechanistic model with two parameters of MS (maximum secretion potential of the lactation) and DR (relative decline in cell numbers) was applied to describe the shape of lactation curve. This non-linear function was fitted to the individual lactation curves and the parameters were estimated for each cow by using nonlinear procedure of SAS software. Heritability of MS and DR traits was estimated using a fitting univariate animal model. In the model, effects of province, contemporary group of herd-year-season, calving age, type of genotype, interval of first test day from calving, fat to protein ratio, length of lactation as well as random effect of cow were included. All relationship among the animals were taken into account through including pedigree. The model was run for each trait using DMU software and restricted maximum likelihood (REML) estimate of additive genetic and residual variance components and prediction of breeding value of the animals were obtained. Genetic trend was subsequently calculated through fitting weighted regression of mean breeding value on calving year.

Results and discussion: Additive genetic and residual variance components for MS were 5.7123 and 13.7759, respectively and the corresponding figures for DR were 0.0000012 and 0.0000051, respectively. Heritabilities of MS and DR were found to be 0.293 (SE=0.008) and 0.194 (SE=0.120), respectively indicating that there is relatively good genetic variation for the traits to be used in selection programmes. Mean predicted breeding value (PBV) of the cows with records were 0.255 (Kg) and -0.000005 for MS and DR, respectively. Regarding MS, cows with $50 \leq H < 75$ had minimum PBV (0.072 Kg) while cows with $87.5 \leq H < 100$ had maximum PBV (0.309 Kg) and the

difference was statistically significant ($P < 0.05$). Based upon mean PBV for MS, mean PBV for the trait of 305-day milk yield in pure-bred Holstein cows ($H=100$) was expected to be 82.96 Kg. Pearson correlation between breeding values of the traits was -0.29 ($P < 0.0001$) suggesting that cows of high genetic potential for MS are expected to have low breeding value for DR. Phenotypic and genetic trends for MS were 0.52 ($SE=0.017$) and 0.063 ($SE=0.004$, $R^2=0.95$) kg per year, respectively, while the corresponding figures for DR were -0.000025 ($SE=0.0000021$) and -0.000007 ($SE=0.00000054$, $R^2=0.92$), respectively and that all the trends were statistically significant ($P < 0.0001$).

Conclusion: High heritability of MS and DR suggests that appropriate genetic gain could be obtained as the selection of the cows is based upon these traits. As DR is associated with lactation persistency, it could be therefore concluded that Iranian dairy cows have become phenotypically and genetically persistent over the years of 1997-2012.

Keywords: Dairy cows, Genetic trend, Heritability, Lactation curve, Mechanistic model