تعیین بهترین تابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی و وراثت‌پذیری ضرایب آن در گاو نجدی

شماره صفحات
۷۸-۶۵

مریم تنسخ[۱]، جمال فیاضی[۲*]، محمدتقی بیگی نصیری[۳]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکدهٔ علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.
۲ و ۳) استاد گروه علوم دامی، دانشکدهٔ علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.

نویسنده مسئول: **j_fayazi@asnrukh.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

در این تحقیق به‌منظور تعیین بهترین تابع توصیف‌کننده‌ی منحنی شیردهی شکم اول در گاو نجدی خوزستان از رکوردهای روزآزمون تولید شیر که طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۲ توسط ایستگاه پشتیبانی گاو نجدی شهرستان شوشتر، جمع آوری شده بود، استفاده شد. رکوردها شامل ۲۳۶۹ داده مربوط به ۴۴۴ گاو شکم اول بودند. برای تعیین بهترین تابع؛ شش تابع گامای ناقص، ویلمینک، تابع چندجمله‌ای معکوس، تابع لگاریتمی مختلط، تابع کبی و لی دو و تابع رگرسیون چندجمله‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمام توابع با استفاده از رویه ی PROC NLIN و روش تکرار گاوس نیوتن نرم افزار SAS با رکوردهای روزآزمون تولید شیر برازش داده شدند و سپس نکویی برازش براساس معیارهای ضریب تبیین R^2، ضریب تبیین تصحیح شده، میانگین مربعات خطا و ضریب آکائیک با هم مقایسه شدند. نتایج حاصل نشان داد که تابع چندجمله‌ای معکوس توصیف مناسب تری از منحنی شیردهی گاوهای نجدی ارائه داد. مقدار پارامترهای a، b، c به‌ترتیب ۴/۴۸۴۱، ۰/۲۵۱۴، ۰/۰۰۲۷۳، و وراثت‌پذیری آنها به‌ترتیب ۰/۱۲۰ ± ۰/۳۵۴، ۰/۱۱ ± ۰/۲۸۰ و ۰/۱۵۵ ± ۰/۲۷۶برآورد شدند. وراثت‌پذیری‌های ضرایب منحنی شیردهی در حد متوسط می باشند. لذا انتخاب بر اساس ضرایب مذکور می تواند منجر به پیشرفت ژنتیکی شود. ضمن اینکه به‌نظر می رسد با تصحیح اثرات محیطی شناخته شده می‌توان وراثت‌پذیری صفات مزبور را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تابع چندجمله‌ای معکوس، توابع توصیف کننده، وراثت‌پذیری و گاو نجدی.

مقدمه

تولید شیر حاصل یک سلسله از فرآیندهای بسیار پیچیده فیزیولوژیک است که در ایجاد آن تعداد زیادی ژن دخیل هستند. هر یک از این ژن‌ها می‌توانند میزان شیر تولیدی یک حیوان را تعیین کنند (Hesami, 1997). تولید در گاوهای شیرده بعد از زایش شروع شده و معمولاً تا دوماه قبل از زایش بعدی ادامه دارد. در طی مدتی بعد از زایش تولید شیر افزایش می‌یابد و۴۰ تا۷۰ روز بعد از زایش به اوج خود می‌رسد؛ سپس به تدریج تا پایان دوره‌ی شیردهی کاهش می‌یابد، که این تغییرات تولید شیر در طول دوره‌ی شیردهی را منحنی شیردهی[1]می‌گویند (Atashi *et al*, 2004).

منحنی شیردهی یک ارائه‌ی نموداری از تأثیر متغیرها در تولید شیر در طول دوره‌ی شیردهی است. متغیرهای زیادی مانند شیوع بیماری، باروری و استراتژی‌های غذادهی در نمودار منحنی شیردهی وجود دارد که با شناسایی روابط بین این عوامل مختلف، نمودار منحنی شیردهی می‌تواند به عنوان ابزار مدیریتی تولیدی به منظور کاهش شیوع بیماری و بهبود باروری در طول شیردهی استفاده کرد. یکی دیگر از کاربردهای تعیین تابع منحنی شیردهی، استفاده از آن در شبیه سازی سیستم پرورش گاو شیری می‌باشد (Ferris *et al*, 1987). منحنی شیردهی استاندارد دارای یک مرحله‌ی افزایشی و یک مرحله‌ی کاهشی است که معمولاً شیب مرحله‌ی افزایشی بیشتر از شیب مرحله‌ی کاهشی می‌باشد (Bakhtyarizadeh & Moradi ShariBabak, 2010). انتخاب ژنتیکی برای پارامترهای منحنی شیری می‌تواند شکل منحنی را به سمت و سوی مطلوب اقتصادی تغییر بدهد. واریانس ژنتیکی برای پارامترهای منحنی شیری نشان می‌دهد که شکل منحنی می‌تواند به صورت ژنتیکی تغییر کند (Aziz *et al*, 2004).

گاوها معمولاً تحت تأثیر سازه‌های مختلف محیطی و ژنتیکی دارای منحنی‌های شیردهی متفاوت و در نتیجه پارامترهای متفاوت می‌باشند. پروش دهندگان گاو شیری عموماً در جریان انتخاب، گاوهایی با منحنی شیردهی تخت‌تر را ترجیح می‌دهند. داشتن منحنی شیردهی تخت‌تر به منزله‌ی تداوم شیردهی بهتر گاو می‌باشد که نشانگر تولید بالاتر دام در طول دوره‌ی شیردهی است. گاوهای دارای تداوم شیردهی بیشتر بعلت توجه بیشتر دامداران، تغذیه‌ی مناسب‌تری نسبت به دام‌های دارای تداوم شیردهی کمتر می‌شوند. این امر به نوبه‌ی خود سبب می‌گردد که احتمال بروز ناهنجاری‌های متابولیکی و مشکلات بعد از زایش، تولیدمثلی و پستانی کاهش پیدا نماید (Solkner, 1987). گاوها در دوره‌های شیردهی بالاتر برخلاف اینکه دارای تولید شیر روزانه بالاتری هستند، تداوم تولید بالایی ندارند. این امر به این معنی است که منحنی شیردهی گاوهای زایش اول و دوم تخت تر بوده و دارای تداوم تولید بالایی هستند که به علت همزمانی رشد گاوهای زایش اول و دوم با افزایش تعداد روزهای شیردهی و کم بودن تولید آن‌ها می‌باشد (Rakik *et al*, 2003). توابع توصیف‌کننده‌ی منحنی شیردهی به دو گروه توابع خطی و غیرخطی طبقه‌بندی می‌شوند. در توابع خطی پارامترها توابعی خطی از روز شیردهی می‌باشند که به آسانی توسط معادلات تابعیت خطی

[1] Lactation Curve

برآورد می‌شوند. توابع غیرخطی به صورت تابعی خطی از پارامترها بیان نمی‌شوند، بنابراین برای برآورد آن‌ها از تکنیک‌های تکرار استفاده می‌شود. از آن‌جایی که طیف وسیعی از منحنی‌ها با توابع غیرخطی توصیف می‌شوند و به دلیل وجود روش‌های تکرار در نرم‌افزارها، روش‌های غیرخطی در سال‌های اخیر بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (HassanPur *et al*, 2011).

گاو نجدی، بومی جنوب غرب ایران بوده و در اغلب مناطق خوزستان پراکنده است. جثه آن کوچک و ظریف، با رنگ عمدتا حنایی می‌باشد. تنوع زیادی از نظر خصوصیات تولیدی و تولیدمثلی در توده‌ی گاو نجدی دیده می‌شود. این گاو درصد قابل توجهی از دامهای استان خوزستان را تشکیل می‌دهد و منبع تأمین تولیدات دامی برای قشر وسیع مردم منطقه است. علی رغم سازگاری این دام با شرایط محیطی، تولید شیر وگوشت این توده؛ نسبت به گاوهای خارجی و حتی بعضی از نژادهای داخلی قابل مقایسه نیست. بنابراین لازم است تحقیقات علمی جهت تعیین دقیق استعدادهای تولیدی و تولیدمثلی این گاو انجام شود (Heydari, 2001; RezaieBaie, 1999). لذا در این راستا این پژوهش با هدف تعیین بهترین تابع توصیف کننده تولید شیر این گاو و تجزیه و تحلیل ژنتیکی ضرایب آن تابع انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با استفاده از اطلاعات و داده‌های ایستگاه پشتیبانی گاو نجدی شوشتر، واقع در شمال استان خوزستان انجام گرفت. شهرستان شوشتر در ۴۸ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۳۲ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۰ متر است. ایستگاه مذکور به فاصله‌ی ۱۵ کیلومتری شهرستان شوشتر واقع شده است.

رکوردهای روزآزمون تولید شیر مربوط به دوره‌ی شیردهی اول با شرایط دو بار دوشش در روز که طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۲ توسط ایستگاه پشتیبانی گاو نجدی شوشتر جمع‌آوری شده بود، استفاده گردید. رکوردهای استفاده شده شامل ۲۳۶۹ داده شکم اول مربوط به ۴۴۴ گاو بودند.

ویرایش داده‌ها به کمک نرم افزار Excel 2010 انجام شد. برای تعیین پارامترهای هر تابع و برخی آماره‌ها برای مقایسه توابع از رویه‌ی Nlin نرم افزار SAS و روش تکرار گاوس نیوتن استفاده شد. منحنی شیردهی داده‌های شکم اول گاو نجدی با استفاده از مهم‌ترین توابع توصیف کننده منحنی شیردهی شامل توابع وود (گامای ناقص)، علی و شفر و ویلمینک و نیز توابع لگاریتمی مختلط و چندجمله‌ای معکوس بررسی شد و بهترین تابع برای توصیف منحنی تولید شیر تعیین گردید.

توابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی

تابع گامای ناقص

در مطالعات منحنی شیردهی به چند دلیل از این تابع به شکل وسیعی استفاده می‌شود. یک دلیل استفاده از این تابع، به این خاطر است که پارامترهای این تابع توجیه بیولوژیکی داشته و هر یک از پارامترها نشان دهنده‌ی بخش خاصی از منحنی

شیردهی می‌باشد. دلیل دیگر این است که تابع غیرخطی است ولی با تبدیل لگاریتمی، خطی می‌شود. ضمناً با استفاده از این تابع، تولید در اوج دوره‌ی شیردهی، تداوم شیردهی و زمان اوج تولید به سادگی برآورد می‌شوند. شکل ریاضی این تابع به صورت رابطه[۱] می‌باشد:

$$Y_t=at^be^{-ct} \quad [۱]$$

که در رابطه [۱]؛ a: پارامتری مربوط به سطح تولید؛ b: پارامتری در رابطه با شیب مرحله‌ی افزایشی؛ c: شیب مرحله‌ی کاهشی؛ t: روز شیردهی و y_t: میزان تولید شیر در روز شیردهی t می‌باشد (Papajscik & Bodero, 1988; Olori *et al*, 1999; Vargas *et al*, 2000).

شکل خطی تابع به صورت رابطه[۲] است:

$$Ln(y_t)=ln(a)+bln(t) -ct \quad [۲]$$

تابع کبی و لی دو

این تابع در سال۱۹۸۷ توسط کبی و لی دو ارائه شد. شکل ریاضی تابع به صورت رابطه[۳] می‌باشد؛ این تابع دارای یک مشخصه می‌باشد که تولید پس از پیک را به عنوان یک تابع خطی مدلسازی می‌کند.

$$y_t=a-bt-ae^{-ct} \quad [۳]$$

در رابطه[۳]؛ y_t تولید در روز t، a میزان تولید در آغاز شیردهی، b پارامتر مربوط به فاز صعودی قبل از پیک تولید و c فاز نزولی بعد از پیک تولید می‌باشد (Vargas *et al*, 2000).

تابع ویلمینک

این تابع حالت تغییر یافته‌ای از تابع کبی و لی دو می‌باشد و توسط ویلمینک در سال ۱۹۸۷ پیشنهاد شد. معادله‌ی آن به شکل رابطه[۴] می‌باشد (Vargas *et al*, 2000; Olori *et al*, 1999).

$$Y_t=a+bt+ce^{-0.05t} \quad [۴]$$

در رابطه [۴]؛ t روز شیردهی و Y_t تولید در روز t، a پارامتری مربوط به سطح تولید اولیه، b پارامتر مربوط به شیب کاهشی تولید بعد از اوج شیردهی و c پارامتر شیب افزایشی تولید قبل از اوج شیردهی می‌باشد.

تابع لگاریتمی مختلط

شکل ریاضی این تابع به صورت رابطه[۵] است (۱۵).

$$y_t=a+bt^{0.5}+clog(t) \quad [۵]$$

در رابطه[۵]؛ y_t: تولید در زمان t شیردهی و a، b، c و t پارامترهای تابع هستند؛ a میزان شیر تولیدی در آغاز شیردهی، b فاز افزایشی قبل از پیک تولید و c فاز کاهشی پس از پیک تولید می‌باشد (Macciotta *et al*, 2004; Olori *et al*, 1999).

تابع چندجمله‌ای معکوس

از این تابع نیز به طور گسترده در بررسی منحنی شیردهی استفاده می‌شود شکل ریاضی این تابع به صورت رابطه[۶] است:

$$Y_t=t/a+bt+ct^2 \qquad [۶]$$

پارامترهای این تابع نیز مانند تابع گامای ناقص دارای توجیه بیولوژیکی می‌باشند. در رابطه[۶]؛ a پارامتر مرتبط با شدت افزایش تولید تا اوج تولید، b پارامتر مرتبط با شیب افزایشی منحنی و c پارامتر مربوط با شدت کاهش بعد از اوج تولید می‌باشد (Papajscik & Bodero, 1988; Olori *et al*, 1999).

تابع رگرسیون چندجمله‌ای علی و شفر

شکل ریاضی این تابع به صورت رابطه[۷] می‌باشد:

$$Y_t=a+b(\frac{t}{305})+c(\frac{t}{305})^2+d\ln(\frac{305}{t})+k(\ln(\frac{305}{t}))^2+e_t \qquad [۷]$$

در رابطه[۷] ؛ t:روز شیردهی، a: پارامتری در رابطه با اوج تولید، b وc: پارامترهایی در رابطه با شیب مرحله‌ی کاهشی منحنی و d و k: پارامترهایی در رابطه با شیب مرحله‌ی افزایشی منحنی می‌باشند (Macciotta *et al*, ؛ Schaeffer & Ali, 1987 2004).

معیارهای مقایسه توابع

برای انتخاب مناسب ترین مدل توصیف کننده منحنی تولید شیر گاو نجدی براساس داده‌های این پژوهش از معیارهای آماری مرسوم استفاده شد. معیارهای مورد استفاده جهت ارزیابی مدل‌ها عبارتند از: میانگین مجموع مربعات خطا[۱](MSe): که هرچه مقدار پایین‌تری داشته باشد مدل مورد بررسی توصیف کننده‌ی بهتری خواهد داشت. ضریب تعیین[۲](R^2): این آماره هرچه مقدار بالاتری داشته باشد نشان می‌دهد که مدل توجیه کننده بهتری برای واریانس متغیرها خواهد بود. ضریب تعیین تصحیح شده بر اساس تعداد پارامترهای مدل نیز مورد استفاده قرار گرفت. آماره ی آکائیک[۳] (AIC) که فرمول آن به صورت رابطه روبرو می‌باشد: $AIC=n\log(Rss/n)+2k$ در این رابطه n تعداد مشاهدات و k تعداد پارامترهای تابع می‌باشد؛ و هرچه AIC کوچک‌تر باشد تابع برازش شده، بهتر است.

تجزیه اثرات ثابت و برآورد پارامترهای ژنتیکی و پیش بینی ارزش اصلاحی

[1] Mean Square Error
[2] Coefficient of Detemination
[3] Akaike Information Criterion

پارامترهای برآورد شده حاصل از آنالیز SAS، به همراه فایل شجره و اثرات ثابت مدل برای برآورد وراثت‌پذیری و ارزش اصلاحی حیوانات جهت انتخاب، وارد برنامه‌ی Wombat شدند.

جهت بررسی اثرات ثابت مؤثر بر صفات رشد از رویه مدل خطی تعمیم یافته[1](GLM) نرم افزار SAS استفاده گردید سپس به منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی از مدل حیوانی دارای خاصیت بهترین پیش بینی نااریب خطی (BLUP) استفاده شد. تجزیه‌های تک متغیره برای هر صفت انجام شد. مدل آماری برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و پیش‌بینی ارزش اصلاحی برای ضرایب منحنی شیردهی شکم اول در رابطه [۸] نشان داده شده است:

$$Y=\mu+a+YS_i+e_i \qquad [۸]$$

شکل ماتریس رابطه [۸] به صورت رابطه[۹] می‌باشد:

$$Y=Xb+Zu+e \qquad [۹]$$

در رابطه[۹] ،Y: بردار مشاهدات برای هر یک از صفات منحنی شیردهی، b: بردار اثرات عوامل ثابت به ابعاد $p\times1$، u: بردار اثرات عوامل تصادفی به ابعاد $q\times1$، X: ماتریس ضرایب اثرات ثابت به ابعاد $n\times p$ که بین عوامل ثابت و مشاهدات ارتباط برقرار می‌کند (اثرات ثابت ترکیبی از عوامل سال و فصل بود)، Z: ماتریس ضرایب که آثار ژنتیکی افزایشی مستقیم را به بردار مشاهدات مربوط می‌کند، و e: بردار عوامل باقیمانده به ابعاد $n\times1$.

نتایج و بحث

جدول ۱ مقادیر برآورد شده‌ی پارامترهای مختلف منحنی شیردهی در گاوهای شکم اول گله‌ی نژاد نجدی را با استفاده از رویه‌ی Nlin در نرم افزار SAS نشان می‌دهد. دلیل انتخاب دوره‌ی شیردهی اول این است که عاری از انتخاب حیوان بسته به رکوردهای پیشین است و عوامل محیطی، نظیر روزهای باز و برخی بیماری‌های متابولیکی کمتر بر آن مؤثر هستند (Aziz *et al*, 2004).

برآورد معیارهای مقایسه‌ای توابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی گاو نجدی

در جدول ۲ مقادیر معیارهای مقایسه‌ای توابع توصیفی منحنی‌های شیردهی ارائه شده است. طبق معیارهای مقایسه ای، مدل چندجمله‌ای معکوس با بالاترین میزان R^2، بالاترین میزان R^2_{adj}، پایین ترین مقدار ضریب آکائیک به عنوان بهترین مدل توصیفی انتخاب شد و مبنای انتخاب براساس ضرایب منحنی شیردهی قرار گرفت. محدوده‌ی R^2 از ۰/۹۶۸۴ برای تابع لگاریتمی مختلط تا ۰/۹۹۹۴ برای تابع چندجمله‌ای معکوس محاسبه شد. بالاترین R^2، بالاترین R^2_{adj} و پایین ترین آکائیک مربوط به تابع چندجمله‌ای معکوس می‌باشد. در پژوهشی تابع چندجمله‌ای معکوس با میزان R^2 برابر ۰/۰۰۲ ± ۰/۸۹، بهترین تابع برای توصیف منحنی شیری گاوهای شیری اتیوپی معرفی شده است(Gebreyohannes *et al*, 2013)، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت، اما میزان R^2 آن در مقایسه با R^2 تحقیق حاضر مقدار کمتری می‌باشد.

[1]Generalized Linear Model

جدول ۱- مقادیر برآورد شده متغیرهای توابع غیر خطی در گاو نجدی

Table 1- Predicted values for nonlinear functions coefficients in Najdi cow

تابع Function	پارامتر Parameter	مقدار برآورد شده Predicted value	خطای استاندارد Standard Error	حداقل Min	حداکثر Max
	a	0.752	0.087	0.5552	0.9489
وود	b	0.3513	0.0373	0.267	0.4356
Wood	c	0.00737	0.000548	0.00613	0.00861
	a	2.5479	0.0528	2.4284	2.6674
ویلمینک	b	-0.00726	0.000421	-0.00824	-0.00631
Wilmink	c	-1.5096	0.1581	-1.7683	-0.1519
	a	0.2931	0.2365	-0.8281	0.5419
لگاریتمی مختلط	b	-0.393	0.0284	-0.4572	-0.3289
Mix logarithmic	c	1.3104	0.1131	1.0545	1.5663
	a	4.4841	0.3944	3.592	5.3762
چندجمله‌ای معکوس	b	0.2514	0.0179	0.211	0.2919
Inverse polynomial	c	0.00273	0.000145	0.0024	0.00305
	a	2.428	0.0439	2.3288	2.5273
کبی و لی دو	b	0.00646	0.000356	0.00566	0.0072
Cobby and Le du	c	0.0897	0.00586	0.0764	0.1029
	a	1.1238	2.2028	-4.0849	6.3325
علی و شفر	b	-0.0483	0.0224	-0.1012	0.00465
Ali and Schaefer	c	0.000087	0.000039	0.000000472	0.00018
	d	0.6289	3.6045	-7.8944	9.1522
	f	1.4665	1.7109	-2.5791	5.5121

مقدار R^2 تحقیق حاضر با نتایج حاصل از یک تحقیق دیگر(Batra *et al*, 1987) که با استفاده از دو تابع چندجمله‌ای معکوس و تابع گامای ناقص، منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین را بررسی کرده بودند مطابقت داشت. ضریب تبیین برآورد شده برای توابع مورد بررسی نشان داد که تابع چندجمله‌ای معکوس با R^2، ۹۰/۸ درصد بهترین تابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی هلشتاین می‌باشد. اما باز هم تفاوتی در میزان ضریب تبیین‌ها ملاحظه شد که احتمال می‌رود به‌دلیل تفاوت‌های نژادی و شرایط محیطی تأثیرگذار بر تولید شیر باشد.

جدول ۲- معیارهای مقایسه‌ای برای شایستگی توابع غیرخطی

Table 2- Comparative criteria for fitting Nonlinear Functions

معیار/توابع	R^2	R^2_{adj}	AIC	MSE
وود Wood	0.9992	0.9909	43.66	0.00297
ویلمینک Wilmink	0.9698	0.6377	43.55	0.00291
لگاریتمی مختلط Mix logarithmic	0.9984	0.6203	43.81	0.00305
چندجمله‌ای معکوسی Inverse polynomial	0.9994	0.9934	41.87	0.00216
رگرسیون چندجمله‌ای علی و شفر Ali and Schaefer multinomial regression	0.9891	0.9837	89.79	0.00132
کبی و لی دو Cobby and Le du	0.9993	0.9921	42.85	0.00257

در پژوهش دیگر برازش تابع گامای وود با رکوردهای تولید شیر دورگه‌های هلشتاین-برهمن و براون سوئیس در منطقه‌ی اُلانکو[1] در هِندوراس[2] ضریب تبیین را در محدوده‌ی ۸۰ تا ۹۷ درصد گزارش دادند. میزان ضریب تبیین، پارامترهای a (تولید در آغاز شیردهی)، b (فاکتور شیب افزایشی) و c (فاکتور شیب کاهشی) را به ترتیب ۰/۰۴ ± ۰/۹۲۸، ۳/۳۵ ± ۴/۶۶۸، ۰/۲۱ ± ۰/۴۲۷و ۰/۰۰ ± ۰/۰۰۵ گزارش دادند. میزان پارامترهای برآورد شده با تابع وود در این آزمایش مقادیر پایین‌تری بودند، که نوع نژاد مهم ترین دلیل این اختلاف‌ها می‌باشد. اما در مقایسه با تابع چندجمله‌ای معکوس میزان پارامتر a تقریبا مشابه می‌باشد (Gradez *et al*, 2009).

نتیجه مشابه در تحقیقی دیگر که تابع گامای ناقص و چندجمله‌ای معکوس را به عنوان بهترین تابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین-فریزین گزارش دادند، مشاهده شد (Tozer & Huffaker, 1999).

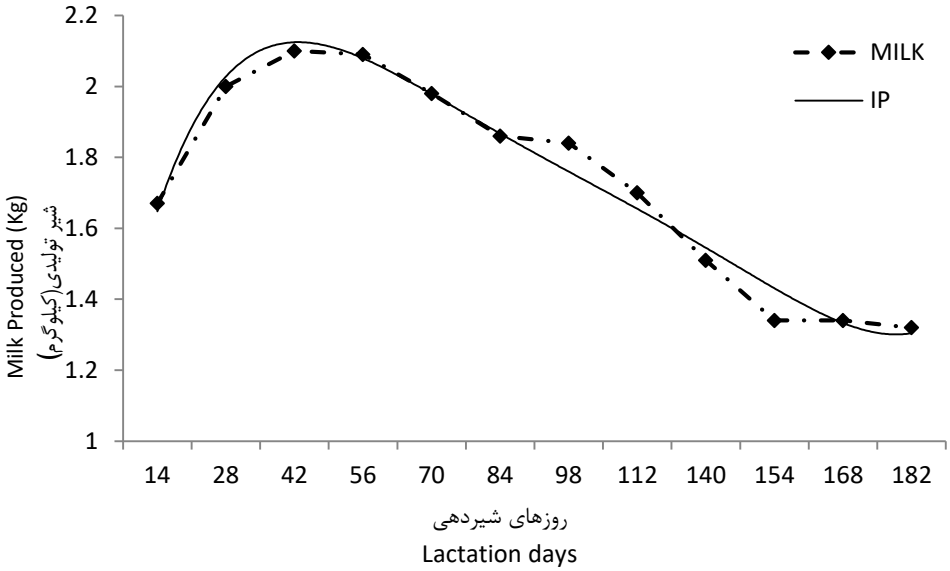
توابع مورد بررسی سه پارامتری و پنج پارامتری می‌باشند. نتیجه تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تابع چندجمله‌ای معکوس نسبت به سایر توابع مورد بررسی براساس ضرایب تبیین، ضریب تبیین تصحیح شده و آکائیک برتری دارد. مقادیر ضرایب a، bو c برای این تابع به ترتیب (۰/۳۹۴۴) ۴/۴۸۴۱، (۰/۰۱۷۹) ۰/۲۵۱۴ و (۰/۰۰۰۱۴۵) ۰/۰۰۲۷۳ تخمین زده شدند.

نتیجه‌ی تحقیق حاضر، با گزارشی که تابع چندجمله‌ای معکوس (Batra *et al*, 1987) را با ضریب تبیین ۹۰/۸٪ بهترین تابع توصیفی برای منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین گزارش کرده بودند؛ در توافق می‌باشد، اما ضرایب a، b و c برآورد شده به ترتیب ۰/۲۷۱۹، ۰/۰۰۰۸- و ۰/۰۰۲۶ بودند که میزانa وb متفاوت ولی میزان c مشابه نتیجه‌ی گزارش مذکور بود. هم‌چنین نتایج تحقیق حاضر با پژوهشی که تابع چندجمله‌ای معکوس را با مقدار R^2، ۰/۰۰۲ ± ۰/۸۹ تابع برتر برای تولید منحنی شیردهی گزارش کردند مطابقت دارد. اگرچه میزان R^2 تحقیق حاضر برای معرفی تابع مذکوربیشتر می‌باشد که احتمالا به دلیل میزان داده‌های موجود و صحت آنهاست (Gebreyohannes *et al*, 2013).

شکل ۱ سطح مقایسه‌ی توصیف شیرواری تولید واقعی را همراه با توصیف تابع چندجمله‌ای معکوس که به عنوان بهترین تابع توصیف کننده‌ی منحنی شیردهی گاوهای شکم اول نژاد نجدی خوزستان معرفی شد، را نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این تابع نسبت به نمودار تولید واقعی در اوائل دوره تولید بالاتر از سطح، را نشان می‌دهد، اوج تولید که تقریبا در میانه‌های ماه دوم و سوم پس از زایش رخ داده است، نیز اوج بالاتری را نسبت به تولید واقعی انتظار دارد. در ادامه‌ی این روند شیردهی، تداوم با سطح یکنواخت‌تری نسبت به تولید واقعی به مسیر خود تا انتهای شیردهی ادامه داده است و در کل روند شیردهی قابل قبول‌تری را ارائه می‌کند.

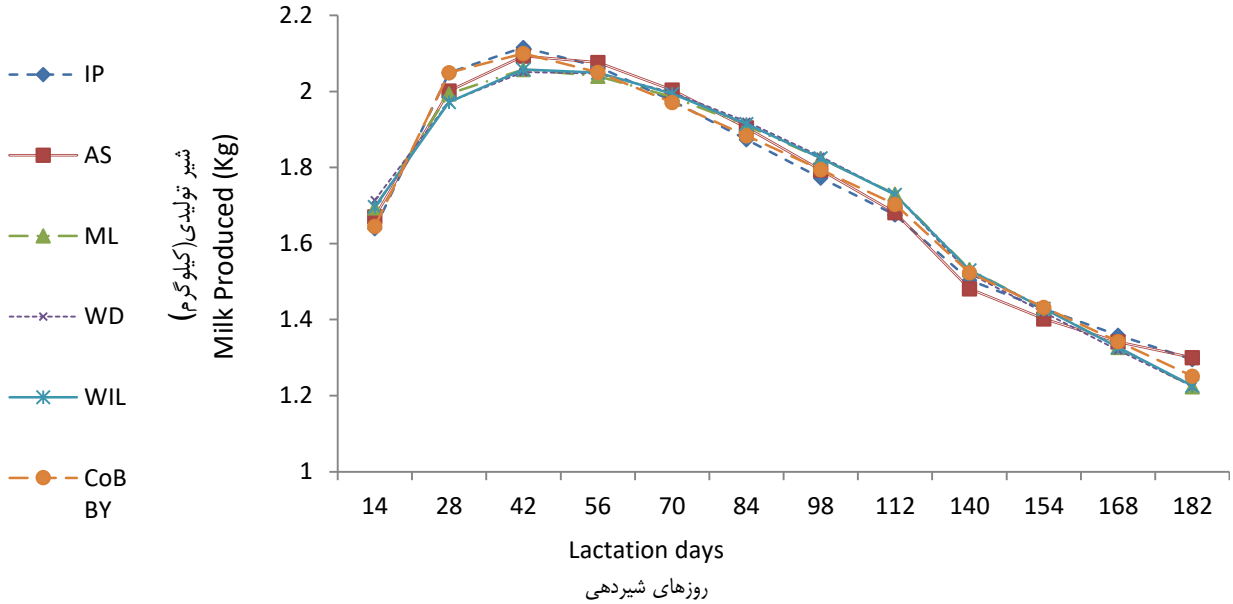
---

[1] Olancho
[2] Honduras



شکل۱- مقایسه نمودارهای شیر تولیدی واقعی (MILK) و شیر برآوردی از تابع چندجمله‌ای معکوس (IP)

Figure 1- comparing curves of real milk yield (MILK) and predicted milk by Inverse polynomial function (IP)



شکل۲- مقایسه‌ی نمودار توابع چندجمله‌ای معکوس (IP)، رگرسیون چندجمله‌ای علی و شفر (AS)، لگاریتمی مختلط (ML) ، وود (WD)، ویلمینک (WIL) و کبی (COBBY)

Figure 2- Comparing curve of milk yield predicted by Invers polynomial (IP), Ali and Schaefer multinomial regression (AS), Mix logarithmic (ML), Wood (WD), Wilmink (WIL) and Cobby & Le du (COBBY)

پارامترهای ژنتیکی

با استفاده از روش حداکثر درست‌نمائی محدود شده‌ی نرم افزار Wombat این پارامترهای ژنتیکی برای ضرایب a، b وc برآورد شده از تابع برتر چندجمله‌ای معکوس محاسبه شدند. جدول۳ میزان این پارامترها را نشان می‌دهد.

جدول۳- برآورد اجزاء واریانس و پارامترهای ژنتیکی a ، b وc با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی محدود شده

Table 3- Predicted variance component and genetic parameters of a, b and c by restricted maximum likelihood method

ضرایب منحنی\پارامترها Parameters\Curve coefficients	a	b	c
σ^2_a	32.8751	0.00575	0.0000386
σ^2_e	59.9301	0.02165	0.000101
σ^2_p	92.7152	0.02053	0.00014
h^2_a	0.354±0.120	0.280±0.11	0.276±0.115
Log L	1073.796	1013.311	1516.2914
AIC	2149.592	-2024.226	-3030.5814

σ^2_a: واریانس ژنتیکی افزایشی دام، σ^2_e: واریانس باقیمانده،σ^2_p: واریانس فنوتیپی h^2_a: وراثت‌پذیری مستقیم دام، Log L: تابع درست نمایی، AIC: معیار آکائیکی

σ^2_a: Additive genetic variance, σ^2_e: Residual variance, σ^2_p: Phenotypic variance, h^2_a: direct heritability, Log L: Likelihood function, AIC: Akaike criteria

در تحقیقی وراثت‌پذیری ضرایب a، b و c با استفاده از تابع چندجمله‌ای معکوس منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین به ترتیب ۰/۰۹ ± ۰/۲۸، ۰/۰۸ ± ۰/۲۶ و ۰/۰۸ ± ۰/۲۱ گزارش شد (Batra *et al*, 1987). که این مقادیر کمتر از میزان برآورد شده توسط پژوهش کنونی بودند که از جمله دلایل اختلاف می‌توان به دلیل تفاوت در نژاد و شرایط محیطی پرورش اشاره کرد. وراثت‌پذیری پارامترهای منحنی شیردهی گاوهای هلشتاین ایران را در محدوده‌ی ۰/۰۲ (میزان تولید اولیه و شیب افزایشی منحنی شیردهی) تا ۰/۲۲ (اوج شیر) با تابع گامای ناقص گزارش دادند. وراثت‌پذیری پارامترهای a (میزان تولید اولیه)، b (شیب افزایشی منحنی شیردهی) وc (شیب کاهشی منحنی شیردهی) به ترتیب ۰/۰۳ ± ۰/۰۲، ۰/۰۲ ± ۰/۰۲ و ۰/۰۴ ± ۰/۰۴ گزارش شدند. پارامترهایb وc در این تابع متناظر با b وc در تابع منتخب چندجمله‌ای معکوس این تحقیق هستند و با این مقادیر گزارش شده تفاوت دارند (Bakhtiari Zadeh & Moradi ShahrBabak, 2010).

در پژوهشی دیگر وراثت‌پذیری پارامترهای a، b و c با استفاده از تابع گاما در گاومیش‌های مصری ۰/۲۰، ۰/۲۸ و ۰/۵۴ برآورد شدند. میزان c در این تابع، که متناظر با c در تابع چندجمله‌ای معکوس می‌باشد؛ بیش از حد انتظار برآورد شده بود. از جمله دلایل بالا بودن وراثت‌پذیری می‌توان به تفاوت گونه و اثر کمتر عوامل محیطی در این گونه گاومیش اشاره کرد (Aziz *et al*, 2006).

وراثت‌پذیری‌های برآورد شده در تحقیقی دیگر، برای پارامترهای a، b وc در گاوهای هلشتاین-فریزین به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۵ و۰/۰۱گزارش شدند، که حاصل تابع گامای ناقص بوده و مقادیر کوچکتری نسبت به مقادیر برآورد شده‌ی تابع چندجمله‌ای معکوس می‌باشند و دلیل این اختلاف‌ها تفاوت در مدل مورد استفاده می‌باشد (Boujenane & Hilal, 2012).

از دلایل دیگر تفاوت در میزان وراثت‌پذیری‌ها می‌توان به تفاوت مدل انتخابی، مقادیر و تعداد رکوردها و تعداد و خصوصیات پارامترهای موجود در مدل اشاره کرد.

Schneeberger (1981) در گاو شیری براون سوئیس، وراثت‌پذیری پارامتر a (تولید ابتدائی) را ۰/۰۱ ± ۰/۰۹، پارامتر b (میزان شیب افزایشی تا اوج) را ۰/۰۱ ± ۰/۱۵ و پارامتر c (میزان شیب کاهشی تولید) را ۰/۰۱ ± ۰/۲۰، برآورد کرد که نسبت به مطالعه حاضر؛ مقدار وراثت‌پذیری پارامتر a در گاو شیری براون سوئیس کمتر گزارش شد. اما میزان وراثت‌پذیری پارامتر c

تقریبا نزدیک به برآورد حاصله بود. بطور کلی، وراثت‌پذیری پایین حاکی از تاثیر بیشتر عوامل ژنتیکی غیر افزایشی و محیطی می‌باشد. Druet *et al* (2003) وراثت‌پذیری پارامترهای منحنی شیردهی در گاوهای هلشتاین فرانسه را در محدوده‌ی ۰/۱۶ تا ۰/۳۹ که مقادیری متوسط نسبت به سایر پژوهش‌ها بود، به دست آوردند. این مقادیر برابر ۰/۱۵ در آغاز شیردهی، ۰/۳۹ در اوج تولید و ۰/۳ در پایان شیردهی بود که تا حدودی در تطابق با نتایج گزارش شده‌ی کنونی می‌باشد.

بطور کلی، وراثت‌پذیری یک صفت از یک جمعیت به جمعیت دیگر متفاوت است. این امر به‌دلیل تفاوت سطوح مدیریت و ظرفیت ژنتیکی حیوانات است. از طرفی، وراثت‌پذیری صفات تولیدی با سطح تولید گله تغییر می‌کند و در گله‌های با تولید بالا وراثت‌پذیری صفاتی نظیر تولید شیر بیشتر از گله‌هایی است که میانگین تولید آن‌ها پایین است (Castillo-Juarez *et al*, 2000).

مقادیر کم وراثت‌پذیری پارامترهای منحنی نشان دهنده‌ی این مطلب است که منحنی شیردهی به مقدار زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در نتیجه انتخاب مستقیم برای این صفات منجر به پیشرفت ژنتیکی مؤثری نخواهد گردید و انتخاب برای صفات همبسته می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. ولی وراثت‌پذیری متوسط حاکی از تأثیر کمتر عوامل محیطی است (Bakhtiari Zadeh & Moradi ShahrBabak, 2010)؛ و با تصحیح اثرات محیطی شناخته شده می‌توان وراثت‌پذیری صفات مزبور را افزایش داد. به عبارت دیگر سهم عمده‌ای از تفاوت‌های فنوتیپی برای هر صفت در بین جمعیت‌های گاوهای شیری مثل هلشتاین ناشی از تفاوت‌های محیطی بین آن‌هاست لذا به منظور افزایش عملکرد و تولید حیوانات توجه عمده به بهبود شرایط محیطی پرورش نظیر بهداشت گله و تغذیه حیوان یک امر ضروری است (Slama *et al*, 1976).

توصیه میشود برای بالا بردن صحت ارزیابی و تعیین دقیق پارامترهای منحنی تولید شیر و ترکیبات آن در نژاد مورد مطالعه و سایر نژادهای موجود در داخل کشور مطالعه حاضر با تعداد بیشتری از دام و در شرایط محیطی کنترل شده تر انجام پذیرد.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در گاوهای نجدی، تابع چندجمله‌ای معکوس نسبت به سایر توابع سازگاری بهتری با منحنی شیردهی دارد. وراثت‌پذیری متوسط برآورد شده برای ضرایب منحنی شیردهی حاصل از تابع چندجمله‌ای معکوس نشان داد که پارامترهای منحنی شیردهی می‌توانند در طول انتخاب تغییر کنند و هم چنین شکل منحنی شیردهی می‌تواند توسط انتخاب ژنتیکی تغییر داده شود. این برآوردها تنها برآوردهای ارائه شده برای منحنی تولید شیر این دام می باشند. البته با توجه به واریانس زیاد در پارامترهای برآورد شده، تا زمان ارائه نشدن برآوردهای دیگر، از وراثت پذیری های ارائه شده در این تحقیق باید با احتیاط استفاده نمود. این نتایج روی شیر دوره اول شیردهی گاو نجدی صادق هستند. سایر دوره‌های شیردهی بعنوان صفات متفاوت باید مورد آنالیز قرار گیرند.

منابع

Ali, T. E. and L. R., Schaeffer. (1987). Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. Journal Dairy Science. 67: 637-644.

Ateshieh, H., Moradi Shahrbabak, M. and Moghimi Esfandabadi, A. (2004). Determining the descriptive function of lactation curve in Iranian Holstein cows, The First Congress of Animal and Aquatic Sciences, Karaj.

Aziz, M. A., O. M., El-Shafie and A. Nishida. (2006). Genetic and phenotypic parameters of total milk yield and lactation curve parameters estimated by the gamma function in Egyptian buffaloes. Livestock Research for Rural Development 18 (5):1-6.

Bakhtiari Zadeh, M.R. and Moradi ShahrBabak, 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

Batra, T. R., C. Y., Lin, A. J., McAllister, A. J., Lee, G. L., Roy, G. L., Veseley, J. M., Wauthy and K. A., Winter. (1987). Multi trait estimation of genetic parameters of lactation curves in Holstein heifers. Journal Dairy Science. 70: 2105–2111.

Boujenane, I. and B, Hilal. (2012). Genetic and non-genetic effects for lactation curve traits in Holstein-Friesian cows. Archiv Tierzucht. 55 (5): 450-457.

Castillo-Juarez, H., P. A., Olternacu, R. W. MC., Blake, C. E., Culloch and E. G., Cienfuegos-Rivas. (2000). Effect of herd environmental on the genetic and phenotypic relationship among milk yield, conception rate and somatic cell score in Holestein cattle. Journal of Dairy Science. 83(4): 807-814.

Druet, T., F., Jaffrezic, D., Boichard, and V., Ducrocq. (2003). Modeling Lactation Curves and Estimation of Genetic Parameters for First Lactation Test-Day Records of French Holstein Cows. Journal Dairy Science. 86:2480–2490.

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

Gebreyohannes, G., S., Koonawootrittriron, M.A. Elzo and T., Suwanasopee. (2013). Fitness of Lactation Curve Functions to Daily and Monthly Test-Day Milk Data in an Ethiopian Multi-Breed Dairy Cattle Population. Kasetsart Journal Nat Science. 47: 60 – 73.

Gradiz, L., L., Alvarado, A. K., Kahi, and H., Hirooka. (2009). Fit of Wood's function to daily milk records and estimation of environmental and additive and non-additive genetic effects on lactation curve and lactation parameters of crossbred dual purpose cattle. Livestock Science. 124: 321–329.

Hassanpour K., Eslaminejad A. and Moradi Shahrbabak M. 2011. Study of milk production curves and milk fat percentage of Iranian Holstein cows with different lactation periods. Journal of Livestock Production. 14 (1): 31-19.

Heidari A. 2001. Study of phenotypic characteristics of Najdi cow and provide solutions to improve it. Master Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

Hesami R. (1997). Study of genetic capacity of female cows for selection of productive male calves. Master Thesis. National Animal Science Research Institute.

Macciotta, N.P.P, D., Vicario, Corrado Di Mauro and A., Cappio-Borlino. (2004). A Multivariate approach to modeling shapes of Individual lactation curves in cattle. Journal Dairy Science. 87: 1092-1098.

Olori, V. E., S., Brotherstone, W.G., Hill and B. J., McGuirk. (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.

Papajscik, I. A., and J., Bodero. 1988. Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. Animal Production.47: 201-207.

Rekik, B., A., Ben Gara, M., Ben Hamouda, and H., Hammami. (2003). Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. Livestock Production Science. 83: 309–315.

Rezazadeh Bayei, F. (1999). Estimation of genetic parameters of some economic traits of Najdi cattle. Master Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

Schneeberger, M. (1981). Inheritance of lactation curve in Swiss Brown cattle. Journal Dairy Science. 64: 475–483.

Slama, H., M.E., Wells, G.D., Adams, and G.D., Morrison. (1976). Factors affecting calving interval in dairy herds. Journal Dairy Science. 59: 1334-1339.

Solkner, J., and W., Fuchs. (1987). A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields. Livestock Production Science. 26: 305-319.

Tozer, P., and R.G., Huffaker. (1999). Mathematical equations to describe lactation curves for Holstein-Friesian cows in New South Wales. Aust Journal Agriculture Research. 50:431-440.

Vargas, B., W.J., Koops, M., Herrero, and J.A.M., Van Arendonk. (2000). Modeling extended lactation of dairy cows. Journal Dairy Science. 83:1371-1380.

Determining the best mathematical function for describing the lactation curve and its coefficients heritability in Najdi cattle

M. Tanasokh[1], J. Fayazi*[2], M., t. bigi Nassiri[2]

1) MSc Student, Animal sci. department, Agricultural sciences and natural resources University of Khuzestan
2&3) Prof. of Animal sci. department, Agricultural sciences and natural resources University of Khuzestan

* corresponding author**: j_fayazi@asnrukh.ac.ir**

Received: 2022, 04, 05 Accepted: 2022, 06, 21

Abstract

To determine the best function for describing lactation of Najdi cow in Khuzestan, the day-based milk production test records, collected by Shushtar support station from 1990 to 2014, were used. Records included 2369 data related to 444 first parity cows. To determine the best mathematical function, six functions includind incomplete gamma, wilmink, inverse polynomial, complex logarithmic, Cobby and Le Du, and polynomial regression were evaluated. All functions were fitted using PROC NLIN procedure of SAS software and Gauss-Newton iteration method on day-based milk production test records; and compared based on coefficient of determination R^2, corrected coefficient of determination, the mean square error and Akaike index. The results showed that the inverse polynomial function offers a better description for lactation curve in Najdi cattle. The lactation curve parameters (a, b, c) were estimated 4.4841, 0.2514, 0.00273, and their heritability were 0.354±0.120, 0.280±0.11 and 0.276±0.155, respectively. Moderate heritability suggests the opportunity of genetic response via selection program. Heritability of these traits can be improved by correcting the known environmental impacts.

Key Words: Description functions; Inverse polynomial function; Lactation Curve and Najdi cattle.