

Estimation of Milk Production Loss Due to Clinical Mastitis in Holstein cows in Isfahan

Alireza Ghafori¹, Ali Sadeghi-Sefidmazgi², Rabie Rahbar^{id3*}

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

2- Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email: rahbarrabie@pnu.ac.ir

Received: 12-09-2025

Revised: 07-11-2025

Accepted: 29-11-2025

Available Online: 04-04-2026

How to cite this article:

Ghafori, A., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Rahbar, R. (2026). Estimation of milk production loss due to clinical mastitis in Isfahan holstein cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 18(1), 15-27. (in Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.95386.1271>

Introduction: One of the most important and costly infectious diseases in dairy herds is mastitis, which annually imposes substantial economic losses to dairy farmers and the dairy industry. These losses include a decrease in milk production along with an increase in discarded milk, treatment costs, a decrease in the selling price of milk due to the high somatic cell count (SCC), culling of cows and a decrease in the market value. Due to the high costs caused by mastitis, in recent years, resistance to this condition has been considered as one of the major breeding objectives from economic and animal welfare aspects. Considering the impact of mastitis and the increase in somatic cell count on the decrease in milk production and the economic importance of this issue in the dairy industry, the present study aims to estimate reduction in milk production associated with clinical mastitis in Holstein dairy cows in Isfahan, Iran.

Materials and Methods: The data used in this research included 233,499 records for daily milk production belonging to 16,570 dairy cows collected from three herds in Isfahan Province, Iran from 2011 to 2014 to estimate milk production loss associated with clinical mastitis. Data editing and preprocessing were performed using FoxPro version 6.0. In this research, all analyses were performed using SAS software and the PROC MIXED, PROC MEANS, and PROC UNIVARIATE. Then, based on the coefficient of determination (R^2), the model that described the data variation was selected better.

Results and Discussion: The results of this study were presented in different sections, including the determination of the cut-off point and reduction of milk production due to clinical mastitis in two ways: field data analysis and lactation curve modeling using the incomplete gamma function. The cut-off point was estimated at 10,000 cells per milliliter of milk, which was in the range estimated in previous studies. Milk production loss for 305 days caused by the occurrence of clinical mastitis by using field data analysis first,



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.95386.1271>

second and third-or-greater parity cows, respectively. These values correspond to 1.8%, 3.4%, and 2.5% reductions in milk production. The results obtained from the incomplete gamma function output for comparing two groups of healthy and diseased cows in the first parity showed that the average milk production per month of lactation in diseased cows was 5.4%, equivalent to 54 kg less than healthy cows (952.4 in compared to 1006.4 kg). Production loss due to clinical mastitis during different months of lactation was estimated to be between 4.3% and 5.9%. The highest amount of production drop was estimated at the peak of lactation, i.e. in the third month and equal to 70.8 kg. The results for the second calving cows showed that each occurrence of clinical mastitis causes a 7.7% decrease in milk production, equivalent to 85 kg of the average month of lactation. The peak of the difference in milk production between the two groups was related to the second to fifth months of lactation. Also, the results of the comparison of two groups of healthy and diseased cows in the third and above calving periods showed that the average decrease in milk production due to the occurrence of clinical mastitis was 10.9%, equivalent to 120 kg of the average lactation month.

Conclusion: Based on the results of this study, the amount of milk production loss over a 305-day lactation due to clinical mastitis was estimated to be between 195 and 406 kg using field data analysis and 539 to 1202 kg per lactation using the incomplete gamma function model. It was also found that with the increase in parity, the decrease in milk production caused by clinical mastitis increases due to damage to the teat canal during life and previous lactation periods. Despite the dependence of the field data analysis method on the data structure, the incomplete gamma function is better described of the milk production curve and provides a more accurate prediction of milk production decline. The findings of this study can be used to calculate the economic loss caused by the decrease in milk production of cows affected by clinical mastitis and the decision to keep or voluntary culling them.

Keywords: Health, Lactation Curve, Somatic Cell Count, Voluntary Culling

برآورد کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی در گاوهای هلستاین استان اصفهان

علیرضا غفوری^۱، علی صادقی سفیدمزگی^۲، ربیع رهبر^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۸

چکیده

هدف این پژوهش، برآورد میزان کاهش تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی در گاوهای هلستاین استان اصفهان با تحلیل داده‌های میدانی، مدل‌سازی و مقایسه منحنی شیردهی برآوردشده با تابع گامی ناقص برای گاوهای سالم و مبتلا بود. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل ۲۳۳،۴۹۹ رکورد روز آزمون تولید شیر متعلق به ۱۶۵۷۰ رأس گاو همراه با وضعیت سلامت آن‌ها از سه گله بزرگ استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ برای برآورد کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی بود. واکاوی آماری با رویه‌های مدل خطی مختلط، میانگین و تک متغیره نرم‌افزار SAS انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار کاهش تولید شیر ۳۰۵ روز ناشی از وقوع ورم پستان بالینی برای گاوهای زایش اول، دوم و سوم به بالا به ترتیب ۱۹۵، ۴۰۶ و ۲۷۶ کیلوگرم بود. همچنین میانگین کاهش تولید شیر ناشی از وقوع ورم پستان بالینی با استفاده از تابع گامی ناقص برای گاوهای زایش اول، دوم و سوم به بالا به ترتیب ۵۳۹، ۸۴۹ و ۱۲۰۲ کیلوگرم میانگین کل شیردهی برآورد شد. بنابراین، با افزایش نوبت زایش گاو، میزان کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان به دلیل آسیب‌های فیزیولوژیک مزمن و تغییرات در روند طبیعی شیردهی افزایش می‌یابد. از نتایج این تحقیق می‌توان برای محاسبه زیان اقتصادی ناشی از کاهش تولید شیر گاوهای مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی و تصمیم برای نگهداری و یا حذف اختیاری آن‌ها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تعداد سلول سوماتیک، حذف اختیاری، سلامت، منحنی شیردهی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین و پرهزینه‌ترین بیماری‌های عفونی در گله‌های گاو شیری، ورم پستان است که سالانه زیان‌های اقتصادی هنگفتی را به دامداران و صنایع لبنی تحمیل می‌کند. این زیان‌ها شامل کاهش تولید شیر به همراه افزایش شیر دورریز، هزینه‌های بهداشتی و مراقبت‌های درمانی، کاهش قیمت فروش شیر به دلیل شمار سلول‌های سوماتیک (SCC) بالا، حذف گاو و کاهش ارزش گاوهای مبتلا است (Juoaitiene et al., 2006; Němcová et al., 2007).

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: rahbarrabie@pnu.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.95386.1271>

شیر موجب کاهش تولید و افزایش سلول‌های سوماتیک در شیر می‌شود. در نتیجه افزایش سلول‌های سوماتیک، ترکیب شیمیایی شیر تغییر می‌کند، به‌طوری‌که لاکتوز، α -لاکتوگلوبولین و β -لاکتوگلوبولین کاهش می‌یابد. پروتئین‌های سرمی خون نیز تغییر می‌کند. افزایش فعالیت آنزیمی (به‌ویژه پروتئازهایی مانند پلاسمین، کاتپسین، الاستازها و لیپاز) سبب کاهش کازئین و چربی شیر می‌شود و با تغییر مواد معدنی شیر، فرآیند تولید فرآورده‌های شیری دچار مشکل می‌شود (Roux et al., 2003). در سال‌های اخیر، به دلیل هزینه‌های بالای ناشی از ورم پستان، مقاومت به این بیماری به عنوان یکی از اهداف اصلاح نژادی مهم از جنبه‌های اقتصادی و آسایش دام مد نظر واقع شده است. در بیشتر برنامه‌های اصلاح نژادی در گاوهای شیری از تعداد سلول‌های سوماتیک و یا تبدیل لگاریتمی آن به علت رکوردگیری ساده‌تر و همبستگی بسیار بالا و مثبت آن با وقوع ورم پستان، به عنوان معیار انتخاب برای بهبود مقاومت به این بیماری استفاده می‌شود (Gonzalo et al., 2005; Sadeghi-Sefidmazgi

گله گاو شیری در استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ برای برآورد کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی بود. داده‌های مورد استفاده پس از چندین مرحله ویرایش روی داده‌های خام ایجاد شدند. مهم‌ترین ویرایش داده‌ها شامل حذف گاوها با تعداد روزهای شیردهی خارج از دامنه ۵ تا ۴۰۰ روز، حذف گاوها با سن نخستین زایش کمتر از ۱۸ ماه یا بیشتر از ۴۰ ماه، حذف گاوها با تولید شیر روزانه خارج از دامنه ۳ تا ۶۳ کیلوگرم و حذف رکوردهایی که تعداد سلول‌های سوماتیک آن کمتر از ۵۰۰۰ یا بیشتر از ۶۴۰۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر بود (Ødegård et al., 2003). ویرایش و آماده‌سازی داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Fox Pro نسخه ۶ انجام شد.

تبدیل داده تعداد سلول‌های سوماتیک

به‌طور کلی، توزیع صفت تعداد سلول‌های سوماتیک شیر نرمال نیست (Schukken et al., 1992) و معمولاً با تبدیل لگاریتمی در پایه دو و اضافه کردن عدد سه به آن، به حالت نرمال نزدیک می‌شود. بنابراین، قبل از تجزیه و تحلیل آماری، نیاز به تبدیل لگاریتمی این صفت است. معیار امتیاز سلول‌های سوماتیک از لگاریتم تعداد سلول-های سوماتیک در هر میلی‌لیتر شیر، از طریق معادله ۱ محاسبه می‌شود (Ali & Shook, 1980):

$$SCS = \log_2 \left(\frac{SCC}{100000} \right) + 3 \quad (1) \text{ معادله}$$

با این تبدیل لگاریتمی، مقدار کشیدگی (-۰/۰۸) و چولگی (۰/۴۳) عوامل باقی‌مانده در مدل آماری در بازه کلی قابل قبول و نزدیک به توزیع نرمال بود. تعداد سلول‌های سوماتیک بیشتر از ۱۵۰ هزار سلول در هر میلی‌لیتر شیر ($SCS > 3/58$) به‌عنوان نشانه‌ای از سلامت نبودن پستان، و بیشتر از ۴۰۰ هزار سلول در هر میلی‌لیتر شیر ($SCS > 5$) به‌عنوان شاخصی برای ورم پستان بالینی در نظر گرفته شد (Hillerton, 1999).

مدل آماری و تجزیه داده‌ها

در این مطالعه به‌منظور برآورد کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی، از دو روش مکمل استفاده شد: ۱- تحلیل داده‌های میدانی و ۲- برازش تابع گامای ناقص بر منحنی شیردهی. استفاده از روش میدانی این امکان را فراهم می‌آورد که کاهش تولید شیر به‌صورت مستقیم از مقایسه رکوردهای واقعی شیر دوشیده‌شده قبل و بعد از وقوع بیماری استخراج شود. در مقابل، تابع گامای ناقص به‌عنوان یکی از مدل‌های معتبر و پرکاربرد در توصیف منحنی شیردهی، امکان شبیه‌سازی تولید مورد انتظار گاو در غیاب بیماری را فراهم می‌سازد و برآورد خوبی از افت تولید ارائه می‌دهد (Wood, 1967; Luna-Palomera et al., 2021). هدف از استفاده هم‌زمان

(et al., 2011). شمار سلول‌های سوماتیک در پستان سالم کمتر از ۱۵۰ هزار عدد در میلی‌متر است. ولی در شرایط ابتلای دام به ورم پستان با فعال شدن سازوکارهای دفاعی، تعداد سلول‌های بدنی افزایش می‌یابد (Ruegg, 2001) و تعداد بیش از ۲۰۰ هزار سلول در میلی‌لیتر مرز تشخیص پستان سالم از ناسالم است (Skrzypek et al., 2004). تحقیقات مختلف رابطه‌ای معکوس (منفی) را بین سلول‌های سوماتیک و صفات تولیدی از جمله تولید شیر نشان می‌دهند (Heringstad et al., 2008; Carlén et al., 2004). گروهی از محققان در سال ۲۰۲۲ با بررسی گاوهای مرتعی در آرژانتین دریافتند که با افزایش یک واحد امتیاز سلول‌های سوماتیک (SCS)، مقدار شیر روزانه گاوهای نوبت زایش اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۰/۳۴۹، ۰/۵۳۹ و ۰/۶۷۶ کیلوگرم کاهش می‌یابد (Rearte et al., 2022). گروه دیگر از محققان با بررسی ۲۱ گله گاو شیری در کشورهای کانادا، هلند، فنلاند و سوئد گزارش کردند که با افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک شیر از ۲۷۷ هزار در هر میلی‌لیتر، تولید شیر گاوهای با چند نوبت زایش در مقایسه با نوبت زایش اول به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت (Bonestroo et al., 2022). نتایج پژوهشی در سال ۲۰۲۱ نشان داد که گاوهای مبتلا به بیماری ورم پستان، ۳۸۲ تا ۹۸۹ کیلوگرم شیر کمتری در یک دوره شیردهی تولید کردند (Puerto et al., 2021). همچنین پژوهشگران دیگر با بررسی ۴۵۵۱ مورد از بیماری ورم پستان دریافتند که مقدار چارک اول، میانه و چارک سوم کاهش تولید شیر از پنج روز قبل از شروع درمان تا ۳۰ روز پس از آن به‌ترتیب ۳۸/۴، ۱۰/۵ و ۲۱۵/۶ کیلوگرم بود (Adriaens et al., 2021). در گاوهای نژاد براون سوئیس، هلشتاین-فریزین و سیمنتال نشان داده شد که به‌ازای هر یک واحد افزایش در امتیاز سلول‌های سوماتیک، به‌طور متوسط ۰/۴۳ کیلوگرم از مقدار تولید شیر روزانه کاسته شد (Franzoi et al., 2020). پژوهشگران در سال ۲۰۱۶ با بررسی ۱۲۵۰ رأس گاو هلشتاین یک گله دریافتند که بیشترین مقدار کاهش تولید شیر (۶/۲۳ کیلوگرم در روز) مربوط به گاوهای زایش چهارم با امتیاز سلول‌های سوماتیک ۶ بود (Daghighi Kia et al., 2016). باتوجه به تأثیر بیماری ورم پستان و افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک بر کاهش مقدار تولید شیر و اهمیت اقتصادی این موضوع در صنعت گاو شیری، پژوهش حاضر با هدف برآورد میزان کاهش تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی در گاوهای شیری هلشتاین استان اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

ساختار داده‌ها

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل ۲۳۳،۴۹۹ رکورد روز آزمون تولید شیر متعلق به ۱۶،۵۷۰ رأس گاو جمع‌آوری‌شده از سه

ورم پستان بالینی (گاوهایی که حداقل در طول دوره شیردهی یک بار ورم پستان را تجربه کردند) برآورد شد. در مرحله بعدی به تفکیک نوبت زایش (دوره‌های شیردهی اول، دوم و سوم به بالا)، منحنی شیردهی گاوهای سالم و مبتلا ترسیم و با یکدیگر مقایسه گردید. روش برآورد کاهش تولید شیر با مقایسه میانگین تولید ماهانه گاوهای مبتلا و سالم، قبلاً در مطالعات مشابهی به کار رفته است (Hagnestam et al., 2007; Houben et al., 1993). بر این اساس، اختلاف تولید شیر (کیلوگرم و درصد) بین گاوهای مبتلا به ورم پستان و گاوهای سالم، برای هر ماه و کل دوره شیردهی محاسبه گردید. همچنین تداوم شیردهی براساس پارامترهای مدل منحنی شیردهی تابع گامای ناقص محاسبه شد. پس از برآزش مدل به رکوردهای روز آزمون، شاخص تداوم با استفاده از معادله ۴ تعیین شد (Wood, 1967).

$$\text{Persistence} = -b - \ln(c) \quad \text{معادله (۴)}$$

نتایج پژوهش، در بخش‌های مختلف شامل تعیین نقطه برشی و کاهش تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی به دو صورت تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی و مدل‌سازی منحنی شیردهی با استفاده از تابع گامای ناقص ارائه شد.

نتایج و بحث

میانگین سن رکوردگیری، تولید شیر روزانه و امتیاز سلول‌های سوماتیک به تفکیک نوبت زایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

تعیین نقطه برشی

نقطه برشی براساس منحنی شیردهی (که توصیف نموداری میزان تولید شیر روزانه از زمان زایش است) تعیین می‌شود. به عبارتی نقطه برشی، روز معینی از منحنی شیردهی است که از آن زمان به بعد، همزمان با افزایش شمار سلول‌های سوماتیک به بیش از مقدار آستانه (مانند ۲۰۰'۰۰۰ سلول در میلی‌لیتر)، کاهش تولید شیر به صورت معنی‌دار آغاز می‌شود. به عبارت دیگر، این نقطه زمانی از منحنی شیردهی بر مبنای واکنش تولید شیر به افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک تعیین می‌گردد. در این پژوهش، این آستانه برابر با ۱۰،۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر شیر برآورد شد که در دامنه گزارش شده در مطالعات پیشین قرار دارد. گروهی از محققان در سال ۲۰۰۸ نقطه برشی را برای گاوهای هلشتاین کانادا، ۷،۴۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر برآورد کردند (Dürr et al., 2008). همچنین در جمعیت گاوهای هلشتاین برزیل، این نقطه، حدود ۱۷،۰۰۰ سلول در هر میلی‌لیتر گزارش شد (Coldebella et al., 2004). درحالی‌که در مطالعات شبیه‌سازی برای تجزیه و تحلیل‌های هزینه و فایده، این

این دو روش، افزایش دقت برآورد و فراهم کردن امکان مقایسه میان داده‌های مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده از طریق مدل‌سازی بود. کلیه آنالیزها به وسیله نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute Inc. Software License 9.4, 2013) و رویه مدل‌های خطی مختلط (Proc Mixed)، رویه میانگین (Proc Means) و رویه تک‌متغیره (Proc Univariate) انجام شد. برای تعیین نقطه برشی و تخمین کاهش تولید شیر در اثر وقوع ورم پستان بالینی از معادله ۲ استفاده شد.

$$Y_{ijklmnopqrst} = \mu + \text{Herd}_i + \text{Parity}_j + \text{Ryear}_k + \text{Rseason}_l + \text{CM}_m + \text{PCM}_n + \text{DYS}_o + \text{BT}_p + \text{TW}_q + \text{MRT}_r + \text{RP}_s + \beta_1 \times (\text{AFC}_{ijkl} - \text{AFC}) + \beta_2 \times (\text{DL}_{ijkl} - \text{DL}) + \text{Anim}_t + e_{ijklmnopqrst} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، $Y_{ijklmnopqrst}$: متغیر وابسته (تولید شیر کل)، μ : اثر میانگین کل، Herd_i : اثر ثابت i امین گله (سه گله)، Parity_j : اثر ثابت j امین نوبت زایش (پنج شکم)، Ryear_k : اثر ثابت k امین سال رکوردگیری (سه سال)، Rseason_l : اثر ثابت l امین فصل رکوردگیری (چهار سطح)، CM_m : اثر ثابت m امین وضعیت دام از نظر ابتلا به ورم پستان بالینی در دوره شیردهی فعلی (دو سطح: سالم و مبتلا)، PCM_n : اثر ثابت n امین وضعیت دام از نظر ابتلا به ورم پستان بالینی در دوره شیردهی قبلی (دو سطح: سالم و مبتلا)، DYS_o : اثر ثابت o امین وضعیت دام از نظر ابتلا به سخت‌زایی (دو سطح: آسان‌زا و سخت‌زا)، BT_p : اثر ثابت p امین نوع زایش (سه سطح طبیعی، سقط و مرده‌زایی)، TW_q : اثر ثابت q امین وضعیت دام از نظر دوقلوزایی (دو سطح: تک و دوقلو)، MRT_r : اثر ثابت r امین وضعیت دام از نظر ابتلا به عفونت رحمی متريت (دو سطح: سالم و مبتلا)، RP_s : اثر ثابت s امین وضعیت دام از نظر ابتلا به جفت ماندگی (دو سطح طبیعی و مبتلا)، AFC_{ijkl} : اثر سن نخستین زایش به عنوان متغیر کمکی، β_1 : ضریب تابعیت خطی تولید شیر دوره شیردهی از سن نخستین زایش، DL_{ijkl} : اثر طول دوره خشکی قبلی به عنوان متغیر کمکی، β_2 : ضریب تابعیت خطی تولید شیر دوره شیردهی از طول دوره خشکی قبلی، Anim_t : اثر تصادفی حیوان و $e_{ijklmnopqrst}$: اثر تصادفی عوامل باقی‌مانده می‌باشند.

پارامترهای منحنی شیردهی با استفاده از رکوردهای روزآزمون هر گاو از تابع گامای ناقص (وود) برآورد شد (معادله ۳).

$$y_t = a t^b e^{-ct} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن، y_t : میانگین تولید شیر روزانه در روز t ام دوره شیردهی، a : تولید اولیه، b : شیب مرحله افزایشی و c : شیب مرحله کاهش منحنی شیردهی است. با استفاده از نرم‌افزار SAS پارامترهای مجهول (a , b , c) برای تک‌تک گاوها در هر گروه سالم و مبتلا به

نقطه به صورت تقریبی ۵۰۰،۰۰۰ سلول در هر میلی لیتر در نظر گرفته شد (Seegers et al., 2003).

کاهش تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی

در این بخش، اثر همه عوامل موجود در مدل بر کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی معنی دار بود ($P < 0.01$). مقایسه میانگین حداقل مربعات تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای سالم و گاوهای با ورم پستان بالینی در سه گله مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است.

کاهش مقدار شیر ۳۰۵ روز ناشی از وقوع ورم پستان بالینی برای گاوهای زایش اول، دوم و سوم به بالا به ترتیب ۱۹۵، ۴۰۶ و ۲۷۶ کیلوگرم معادل ۱/۸، ۳/۴ و ۲/۵ درصد برآورد شد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که بیماری ورم پستان بالینی و افزایش نمره سلول‌های سوماتیک تأثیر قابل توجهی بر کاهش تولید شیر در گاوهای هلشتاین

داشتند. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج تحقیقی در سال ۲۰۲۱ هم‌راستا است که کاهش تجمعی تولید شیر ناشی از ورم پستان را در حدود ۴۰۴ کیلوگرم در ۱۸۰ روز ابتدایی شیردهی گزارش کردند (Nikkhah et al., 2021). کاهش تولید شیر ناشی از وقوع ورم پستان بالینی در گاوهای هلشتاین کشور هلند در دامنه ۱۲۸ تا ۷۰۹ کیلوگرم گزارش شد که یافته‌های پژوهش حاضر تقریباً در این دامنه قرار داشت (Seegers et al., 2003). حساسیت بالای گاوهای چند نوبت زایش در مقایسه با گاوهای زایش اول نسبت به افت تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی، احتمالاً به دلیل آسیب‌دیدگی بافت پستان با توجه به تجربه دوره‌های شیردوشی بیشتر و انتقال عفونت به دوره‌های بعدی است که در این حالت افت عملکرد تشدید خواهد شد (Blowey & Edmondson, 2010). همچنین از آنجایی که بیماری‌ها با مقدار مصرف خوراک همبستگی منفی دارند، بنابراین افزایش بیماری‌ها سبب ضعف بیشتر دام شده و تولید را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند (Lund et al., 1994).

جدول ۱- میانگین سن رکوردگیری، تولید شیر روزانه و امتیاز سلول‌های سوماتیک به تفکیک نوبت زایش

Table 1- Mean age at record collection, daily milk yield, and somatic cell score by parity

نوبت زایش Parturition Parity	متغیر Variable	تعداد Sample size	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation
زایش اول First parity	سن رکوردگیری (ماه) Age at record collection (months)	1877586	30.18	4.63
	تولید شیر روزانه (کیلوگرم در روز) Daily milk yield (kg per day)	1877586	38.50	7.86
	امتیاز سلول‌های سوماتیک Somatic cell score (log)	1877586	2.44	1.88
زایش دوم Second parity	سن رکوردگیری (ماه) Age at record collection (months)	1363412	45.12	6.01
	تولید شیر روزانه (کیلوگرم در روز) Daily milk yield (kg per day)	1363412	41.08	10.55
	امتیاز سلول‌های سوماتیک Somatic cell score (log)	1363412	3.08	1.97
زایش سوم Third parity	سن رکوردگیری (ماه) Age at record collection (months)	876455	58.68	6.99
	تولید شیر روزانه (کیلوگرم در روز) Daily milk yield (kg per day)	876455	41.60	11.23
	امتیاز سلول‌های سوماتیک Somatic cell score (log)	876455	3.46	2.02
زایش چهارم Fourth parity	سن رکوردگیری (ماه) Age at record collection (months)	525872	71.86	7.72
	تولید شیر روزانه (کیلوگرم در روز) Daily milk yield (kg per day)	525872	41.04	11.41
	امتیاز سلول‌های سوماتیک Somatic cell score (log)	525872	3.73	2.05
زایش پنجم Fifth parity	سن رکوردگیری (ماه) Age at record collection (months)	288920	84.88	8.41
	تولید شیر روزانه (کیلوگرم در روز) Daily milk yield (kg per day)	288920	40.25	11.3
	امتیاز سلول‌های سوماتیک Somatic cell score (log)	288920	3.90	2.07

جدول ۲- مقایسه میانگین حداقل مربعات تولید شیر ۳۰۵ روز گاوهای سالم و گاوهای با ورم پستان بالینی در سه گله مورد مطالعه

Table 2- Comparison of the least squares means of 305-day milk yield between healthy cows and cows with clinical mastitis in the three herds studied

نوبت زایش Parturition Parity	تولید شیر ۳۰۵ روز (کیلوگرم) Milk yield 305d (kg)		تفاوت حداقل مربعات Least squares mean difference	کاهش تولید (%) Decrease in yield (%)
	گاوهای سالم Healthy cows	گاوهای مبتلا به ورم پستان Cows with mastitis		
اول First	11074.1±35	10879.1±35	195±61.3**	1.8
دوم Second	11971.1±32	11565.1±32	406±72.6**	3.4
سوم به بالا Third or higher	10985.5±35	10709.5±36	276±47.0**	2.5

** معنی دار در سطح یک درصد

** Significant at the 1% level

فنونیتی بین تعداد سلول‌های سوماتیک و تولید شیر منفی بود و حساسیت به بیماری‌های پستانی با افزایش نوبت زایش افزایش یافت که با یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر کاهش بیشتر تولید شیر در زایش‌های بالاتر هم‌راستا است (Kheirabadi & Razmkabir, 2016).

مدل‌سازی و شبیه‌سازی کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی با استفاده از تابع گامای ناقص

در این مطالعه، الگوی تغییرات تولید شیر در گاوهای سالم و مبتلا به ورم پستان بالینی با استفاده از تابع گامای ناقص مدل‌سازی شد. داده‌های تولید شیر روزانه به تفکیک هر گاو و نوبت زایش (اول، دوم و سوم به بالا) جمع‌آوری و برای هر گروه (سالم و بیمار)، پارامترهای منحنی شیردهی شامل روز اوج تولید شیر، مقدار اوج تولید، تداوم شیردهی و مجموع شیر تولیدی در ۱۵۰ روز اول شیردهی برآورد شد. مدل گامای ناقص با هدف شبیه‌سازی الگوی تجمعی تولید شیر در طول دوره شیردهی، به تفکیک گروه‌ها اجرا شد. شبیه‌سازی با استفاده از پارامترهای برآوردشده برای هر گروه انجام گردید تا تفاوت روند تولید شیر بین گاوهای سالم و مبتلا، به تفکیک نوبت‌های زایش مشخص شود. کاهش تولید شیر ناشی از بیماری، به‌صورت تفاوت میان مقادیر تجمعی شیر تولیدی توسط گاوهای سالم و مبتلا، برای هر نوبت زایش محاسبه شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که وقوع بیماری ورم پستان بالینی منجر به کاهش معنی‌دار در تمامی پارامترهای تابع گاما شد و شدت این کاهش با افزایش نوبت زایش، بیشتر شد. به‌عبارتی، گاوهای با نوبت زایش سوم به بالا بیشترین میزان افت تولید را در پی وقوع بیماری نشان دادند (جدول ۳).

در پژوهشی که در سال ۲۰۲۲ گزارش شد، با بررسی حدود دو میلیون رکورد گاو شیری تحت سیستم چراگاهی از ۸۶۷ گله در آرژانتین دریافتند که به‌ازای هر واحد افزایش در نمره خطی سلول‌های سوماتیک، مقدار شیر روزانه گاوهای نوبت زایش اول، دوم و سوم به-ترتیب ۰/۳۴۹، ۰/۵۳۹ و ۰/۶۷۶ کیلوگرم کاهش نشان داد. همبستگی منفی بین سلول‌های سوماتیک و تولید شیر روزانه متأثر از دوره شیردهی، مقدار تولید شیر روزانه و شدت بیماری ورم پستان گزارش شد (Rearte et al., 2022). در پژوهشی دیگر در کشورهای کانادا، هلند، فنلاند و سوئد گزارش شد که با رسیدن تعداد سلول‌های سوماتیک شیر به ۲۷۷ هزار در هر میلی‌لیتر، تولید شیر در همه گروه گاوها کاهش یافت، اما میزان کاهش در گاوهای شکم دوم و سوم به بالا بیشتر از گاوهای شکم اول بود (Bonestroo et al., 2022). همچنین نتایج بررسی ۴۵۵۳ مورد بیماری ورم پستان از ۲۳۸۷ رأس گاو شیری هلشتاین در سال ۲۰۲۱، با میانگین کاهش تولید شیر ۱۶۴ کیلوگرم و کاهش تولید در چارک اول، میانه و چارک سوم به‌ترتیب ۳۸، ۱۰۱ و ۲۱۵ کیلوگرم، نشان‌دهنده توزیع و پراکندگی کاهش تولید شیر در اثر بیماری در جمعیت مطالعه‌شده بود (Adriaens et al., 2021). این نتایج با میانگین کاهش تولید شیر به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر (۲۷۶ کیلوگرم) مغایرت داشت. برآوردهای کاهش تولید شیر در اثر ابتلا به بیماری ورم پستان بستگی به زمان دقیق وقوع بیماری در دوره شیردهی دارد. زیرا اغلب گاوهای مبتلا تحت درمان قرار می‌گیرند و یا تعدادی حذف می‌شوند که با تأثیر روی مقدار افت تولید شیر، نمی‌توان آن را به‌درستی برآورد کرد. گروهی از محققان، مقدار کاهش تولید شیر را ۳۱ تا ۱۲۸ کیلوگرم برآورد کردند (Houben et al., 1993) که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد که ممکن است به‌دلیل اختلاف در زمان دقیق وقوع بیماری و تغییر در مقدار تولید شیر باشد. نتایج پژوهشی در سال ۲۰۱۶ نشان داد که همبستگی

جدول ۳- پارامترهای برآوردشده تابع گامای ناقص، زمان اوج تولید، مقدار اوج تولید، تداوم شیردهی و مجموع شیر ۱۵۰ روز براساس نوبت‌زایش و نوع دام

Table 3- Estimated parameters of the incomplete gamma function, peak milk yield time, peak milk yield, lactation persistency, and total milk yield over 150 days based on parity and animal type

نوبت زایش Parturition Parity	گروه دام Animal group	a	b	c	زمان اوج تولید (روز) Peak milk yield time (day)	مقدار اوج تولید (کیلوگرم) Peak milk yield (kg)	تداوم شیردهی (کیلوگرم) Lactation persistency (kg)	مجموع شیر ۱۵۰ روز (کیلوگرم) Total milk yield over 150 days (kg)
1	سالم Healthy	13.18	0.329	0.00415	79.3	40.0	7.29	5449.4
	بیمار Diseased	13.01	0.315	0.00398	79.1	37.6	7.27	5140.4
2	سالم Healthy	14.55	0.375	0.00570	65.8	48.0	7.10	6444.9
	بیمار Diseased	14.41	0.357	0.00560	63.7	44.4	7.03	5970.2
≥3	سالم Healthy	14.21	0.394	0.00624	63.1	49.0	7.07	6532.7
	بیمار Diseased	13.41	0.379	0.00615	61.6	43.7	7.02	5831.1

شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی در دو سطح ۱ (خفیف) و ۲ (شدید) با استفاده از اطلاعات ۳۵۰۸ رأس گاو شیری هلستاین از ۱۱ گله صنعتی در کشورهای انگلستان، اسپانیا و برزیل نشان داد که ورم پستان سطح ۱ و ۲ به ترتیب به کاهش ۵ تا ۶ و ۷ تا ۷/۷ کیلوگرمی شیر در طول مراحل شیردهی منجر شد. همچنین مشخص گردید که ورم پستان سطح ۲ در مراحل ۸۰ (اوج تولید)، ۱۷۰ و ۲۶۰ روز شیردهی منجر به کاهش به ترتیب ۱۳۰، ۱۱۱ و ۷۰ کیلوگرم تولید شیر در مقایسه با سطح ۱ بیماری شد (Sguizzato et al., 2024). در تحقیق حاضر، مقدار کاهش تولید شیر ناشی از ورم پستان بالینی براساس روز شیردهی محاسبه نشد. اما مقدار کاهش تولید در زمان اوج شیردهی بین گاوهای سالم و بیمار در زایش اول، دوم و سوم به بالا به ترتیب ۲/۴، ۳/۶ و ۵/۳ کیلوگرم به دست آمد که فقط مقدار کاهش تولید گاوهای نوبت زایش سوم به بالا تقریباً در محدوده مقدار گزارش شده تحقیق فوق بود.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه دو گروه گاوهای سالم و مبتلا به بیماری در نوبت‌های زایش سوم و بالاتر نشان داد که میانگین کاهش تولید شیر در اثر وقوع بیماری ورم پستان بالینی ۱۰/۹ درصد معادل ۱۲۰ کیلوگرم میانگین کل دوره شیردهی بود (جدول ۴) که با نتایج برخی از مطالعات مطابقت داشت (Hagnestam et al., 2007). از دلایل احتمالی کاهش بیشتر تولید شیر در گاوهای با نوبت زایش بالاتر می‌توان به تجمع آسیب‌های پستانی ناشی از ورم پستانهای قبلی، کاهش ظرفیت ترمیم بافتی، و تغییرات فیزیولوژیک ناشی از تکرار شیردهی اشاره کرد؛ عواملی که می‌توانند بر پاسخ تولیدی گاو به بیماری اثرگذار باشند. (Mahmoudzadeh et al., 2010).

در تحقیقی روی گاوهای هلستاین زایش اول مشخص شد که شروع تولید شیر به‌طور میانگین ۱۴/۴۹ کیلوگرم بود، به‌طوری‌که شیب روند افزایشی منحنی ۰/۲۷ و شیب روند کاهش ۰/۰۳ محاسبه شد (Atashi et al., 2009). در حالی که در تحقیق حاضر، شروع تولید شیر برای گاوهای سالم در نوبت زایش اول به‌طور میانگین ۱۳/۱۸ کیلوگرم بود و مقدار شیب روند افزایشی و شیب روند کاهش منحنی شیردهی بالاتر محاسبه شد. مقایسه مقدار تولید شیر ماهیانه و کل دوره شیردهی برای گاوهای سالم و مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی برای نوبت‌های مختلف زایش انجام شده است (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده از گاوهای نوبت زایش اول نشان داد که میانگین تولید شیر هر ماه شیردهی در گاوهای مبتلا به بیماری ۵/۴ درصد معادل ۵۴ کیلوگرم کمتر از گاوهای سالم بود (۹۵۲/۴ در مقایسه با ۱۰۰۶/۴ کیلوگرم). افت تولید ناشی از ورم پستان بالینی طی ماه‌های مختلف شیردهی بین ۴/۳ تا ۵/۹ درصد تخمین زده شد. بیشترین میزان افت تولید در اوج شیردهی یعنی ماه سوم و معادل ۷۰/۸ کیلوگرم برآورد گردید. نتایج حاصل از خروجی تابع گامای ناقص برای مقایسه دو گروه گاوهای سالم و مبتلا در زایش دوم نشان داد که هر مورد وقوع ورم پستان بالینی سبب کاهش ۷/۷ درصدی تولید شیر، معادل ۸۵ کیلوگرم میانگین ماه شیردهی شد (جدول ۴). اوج اختلاف تولید شیر در بین دو گروه مربوط به ماه‌های دوم تا پنجم شیردهی بود. نتیجه حاصل از کاهش تولید شیر به‌ازای ورم پستان بالینی در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های پیشین بیشتر برآورد شد (Houben et al., 1993; Wolf & Jahnke, 1990). پژوهشی با استفاده از تابع گامای ناقص، برای بررسی کاهش تولید

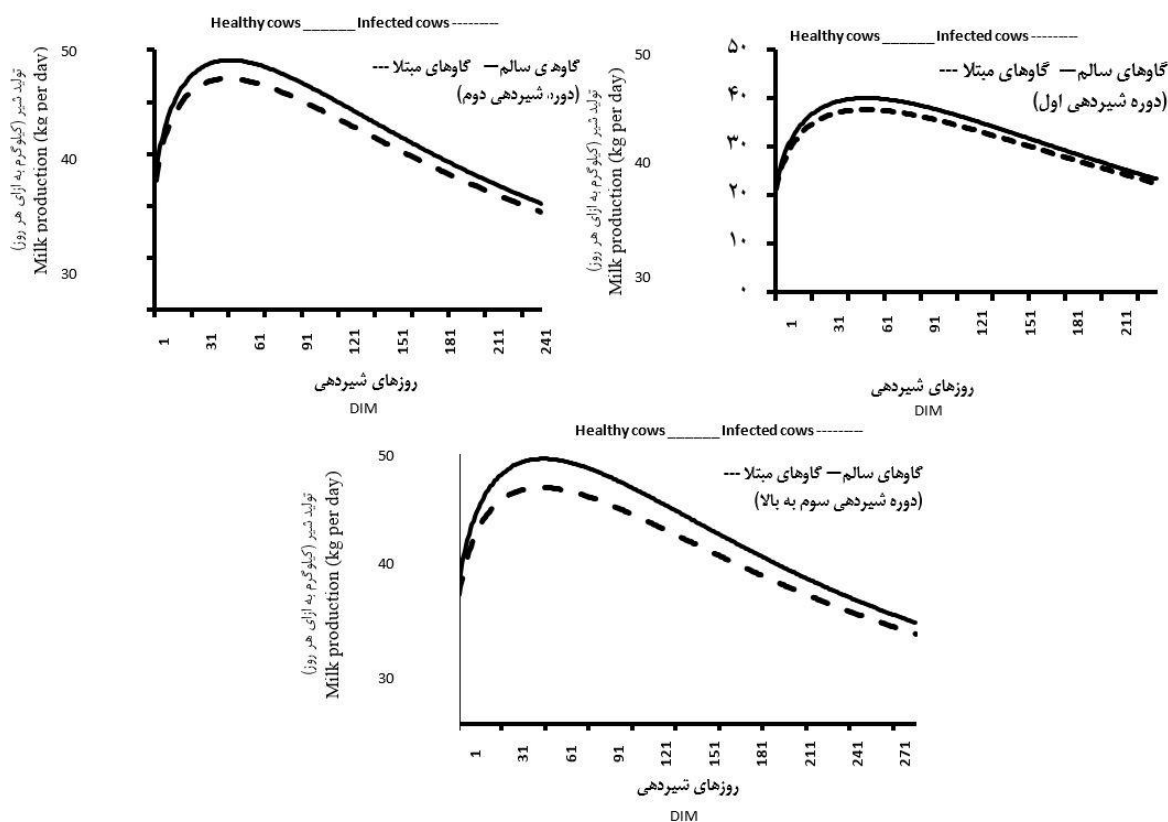
جدول ۴- مقایسه مقدار تولید شیر ماهیانه و کل دوره شیردهی برای گاوهای سالم و مبتلا به ورم پستان بالینی در نوبت‌های مختلف زایش
Table 4- Comparison of monthly and total lactation milk yield for healthy cows and cows affected by clinical mastitis across different parities

ماه شیردهی Month of lactation	different parities								
	شکم اول First parity			شکم دوم Second parity			شکم سوم به بالا Third parity or higher		
	میانگین تولید شیر (کیلوگرم) Mean milk yield (kg)		کاهش تولید(%) Decrease in yield (%)	میانگین تولید شیر (کیلوگرم) Mean milk yield (kg)		کاهش تولید Decrease in yield (%)	میانگین تولید شیر (کیلوگرم) Mean milk yield (kg)		کاهش تولید (%) Decrease in yield (%)
	گاوهای سالم Healthy cows	گاوهای مبتلا Cows with mastitis		گاوهای سالم Healthy cows	گاوهای مبتلا Cows with mastitis		گاوهای سالم Healthy cows	گاوهای مبتلا Cows with mastitis	
1	794.8	756.3	4.8	970.2	915.2	5.7	990.0	896.8	9.4
2	1143.5	1078.1	5.7	1400.2	1301.3	7.1	1434.6	1283.7	10.5
3	1196.9	1126.1	5.9	1433.0	1323.5	7.6	1458.9	1299.0	11.0
4	1181.1	1111.6	5.9	1371.1	1262.4	7.9	1382.4	1227.9	11.2
5	1132.9	1068.0	5.7	1270.1	1167.6	8.1	1266.1	1123.4	11.3
6	1068.6	1009.7	5.5	1154.3	1060.5	8.1	1136.5	1008.1	11.3
7	996.9	944.5	5.3	1035.8	951.6	8.1	1006.6	893.1	11.3
8	922.6	876.8	5.0	921.2	846.7	8.1	883.2	784.0	11.2
9	848.9	809.4	4.6	813.7	748.4	8.0	769.5	683.6	11.2
10	777.4	743.9	4.3	715.0	658.3	7.9	666.7	592.9	11.1
مجموع Sum	10063.6	9524.4	5.4	11084.6	10235.5	7.7	10994.5	9792.5	11.0
میانگین Mean	1006.4	952.4	5.4	1108.5	1023.6	7.7	1099.5	979.3	10.9

به تفاوت شکل منحنی شیردهی بین حیوانات و نژادها، پارامترهای شیردهی گاوهای هلستاین ایران با استفاده از تابع گامای ناقص به-عنوان صفات مجزا محاسبه شدند (Radjabalizadeh et al., 2022). در تحقیقی در سال ۲۰۱۹، برازش منحنی شیردهی گاوهای هلستاین ایران با تابع گامای ناقص نشان داد که شیب سریع کاهش در تولید شیر پس از نقطه اوج شیردهی سبب افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک گردید. همچنین آن‌ها دریافتند که بین تعداد سلول‌های سوماتیک و تداوم شیردهی در گاوهای هلستاین رابطه ژنتیکی منفی وجود دارد، بدین معنا که افزایش تعداد سلول‌های سوماتیک با کاهش پایداری تولید شیر همراه است. این یافته حاکی از اهمیت کنترل سلامت پستان در بهبود منحنی تداوم شیردهی است (Chegini et al., 2019). در تحقیقی، افت تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی در گاوهای هلستاین زایش نخست ۳۱ تا ۱۲۸ کیلوگرم و با نوبت زایش دوم ۱۵۵ تا ۴۴۸ کیلوگرم گزارش شد (Houben et al., 1993) که مشابه نتایج تحقیق حاضر برای زایش اول (با مقدار افت ۵۴ کیلوگرم) و مغایر برای نوبت زایش دوم (۸۵ کیلوگرم) بود. در گاوهای هلستاین، کاهش تولید شیر در گاوهای زایش نخست مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی در مقایسه با گاوهای سالم، ۳۸۲ تا ۹۸۹ کیلوگرم گزارش شد که با نتایج تحقیق حاضر برای مجموع کاهش تولید شیر در زایش نخست (۵۳۹/۲) مطابقت دارد (Puerto et al., 2021).

مقایسه کاهش تولید شیر در طول دوره شیردهی برای دو گروه گاوهای سالم و مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی در دوره‌های شیردهی اول، دوم و سوم به بالا براساس تابع گامای ناقص در شکل ۱ نشان داده شده است. باتوجه به نتایج حاصل، با افزایش دوره شیردهی، اختلاف تولید شیر ماهیانه بین دو گروه در زمان اوج تولید شیر، افزایش می‌یابد. همچنین براساس نمودارهای مقایسه‌ای ارائه شده، شیب کاهش تولید در گروه بیمار (به‌ویژه در نوبت‌های زایش بالاتر) تندتر از گروه سالم است. این شیب تندتر، در واقع نمایانگر تداوم بسیار ضعیف‌تر در گاوهای بیمار است. این تداوم ضعیف‌تر به‌معنای آن است که تولید آن‌ها پس از اوج با سرعت بیشتری نسبت به هم‌گروهی‌های سالم خود کاهش می‌یابد که منجر به کاهش سودآوری می‌شود.

نتایج تحقیقی در سال ۲۰۲۲ که از مدل وود برای مدل‌سازی استفاده شده بود، نشان داد که تداوم شیردهی به‌طور طبیعی با افزایش نوبت زایش (از زایش اول به زایش‌های بعدی) کاهش می‌یابد، اگرچه ممکن است اوج تولید افزایش یابد. این امر نشان می‌دهد که بدن گاوهای با سابقه زایمان بالاتر به‌طور ذاتی توانایی کمتری در حفظ تولید در بلندمدت دارد. همچنین مشخص شد که در گاوهای مبتلا به ورم پستان بالینی، این روند کاهشی تداوم، به‌شدت تشدید می‌شود. زیرا آسیب بافتی ناشی از ورم پستان (به‌ویژه در شکم زایش بالا)، توانایی بافت پستان برای حفظ تولید پس از اوج را به‌شدت مختل می‌کند (Marumo et al., 2022). تعدادی از محققان، تابع گامای ناقص را به‌عنوان بهترین تابع جهت پیش‌بینی منحنی شیردهی گاوهای هلستاین ایران گزارش کردند (Lotfi et al., 2014). باتوجه



شکل ۱- مقایسه کاهش تولیدشیر در طول دوره شیردهی برای دو گروه گاوهای سالم و مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی در دوره‌های شیردهی اول، دوم و سوم به بالا براساس تابع گامای ناقص (منبع: یافته‌های تحقیق)

Figure 1- Comparison of milk production decline during the lactation period between two groups of cows, healthy and those affected by clinical mastitis, in the first, second, and third or higher lactation periods based on the incomplete gamma function (Source: research findings)

مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۱، جنبه‌های ژنتیکی تعداد سلول‌های سوماتیک را در گاوهای هلشتاین ایران بررسی کرد و نشان داد که تعداد سلول‌های سوماتیک یک شاخص قابل اعتماد برای ارزیابی حساسیت به بیماری‌های پستانی مانند ورم پستان است. این پژوهش، وراثت‌پذیری متوسطی برای آن گزارش کرد که امکان اصلاح ژنتیکی این ویژگی و کاهش شیوع بیماری را فراهم می‌کند. همچنین ارتباط منفی میان تعداد سلول‌های سوماتیک و تولید شیر مشاهده شده تأییدی بر اثر مخرب بیماری‌های پستانی بر عملکرد تولیدی گاوها است. زیرا کاهش تولید شیر در نتیجه افزایش شمار سلول‌های سوماتیک (SCC) عمدتاً به واسطه پاسخ التهابی غده پستان در برابر عفونت‌های باکتریایی رخ می‌دهد. این واکنش التهابی موجب آسیب بافتی، کاهش ظرفیت سنتز سلول‌های ترشحی و تغییر در متابولیسم بافت پستان شده و در نهایت به افت تولید شیر منجر می‌گردد. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر که کاهش تولید شیر ناشی از ورم

در برخی از تحقیقات، میزان افت تولید شیر ناشی از بیماری ورم پستان بالینی در گاوهای هلشتاین برای زایش اول ۷۴۹ کیلوگرم، زایش دوم ۷۳۴ و ۲۰۵ کیلوگرم و زایش دوم به بالا را ۲۳۱ کیلوگرم اعلام کردند (Pedraza, 1991; Wolf & Jahnke, 1990) که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت. همچنین در پژوهشی، با بررسی ۱۳۰۰ تا ۱۴۵۰ رأس گاو شیرزی هلشتاین در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ نشان داده شد که میانگین رکورد ماهیانه گاوهای مبتلا به بیماری ورم پستان بالینی ۲۲/۲ کیلوگرم کمتر از میانگین رکورد ماهیانه گاوهای سالم بود (Ameni et al., 2022)، درحالی که در مطالعه حاضر، این اختلاف برای گاوهای زایش اول، دوم و سوم به بالا به ترتیب ۵۴، ۸۵ و ۱۲۰ کیلوگرم محاسبه شد. تفاوت نتایج حاصل از مطالعات مختلف علاوه بر روش‌های آماری، به تفاوت در نوع بیمارگر نیز مربوط می‌شود. البته در مورد افت تولید شیر وابسته به نوع بیمارگر اطلاعات کمی وجود دارد و نیاز به بررسی بیشتر است.

شیردهی پیشین است. اگرچه هدف این مطالعه، مقایسه مدل‌های مختلف منحنی شیردهی نبود، نتایج حاصل از استفاده از تابع گامای ناقص نشان داد که این مدل می‌تواند توصیف مناسبی از الگوی تولید شیر ارائه دهد و در پیش‌بینی کاهش تولید ناشی از ورم پستان بالینی مفید واقع شود. با این حال، مطالعه حاضر با تمرکز بر نوبت‌های مختلف زایش و تحلیل دینامیک منحنی شیردهی، توانست تصویری خوبی از اثرات فیزیولوژیک بیماری شامل آسیب دیدن کانال سرپستانک و همچنین کاهش تداوم شیردهی و تغییر شکل منحنی شیردهی در گاوهای مبتلا به ورم پستان ارائه دهد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان مبنایی برای برآورد زیان اقتصادی ناشی از کاهش تولید شیر در گاوهای مبتلا به ورم پستان بالینی و نیز تصمیم‌گیری درباره نگهداری یا حذف اختیاری این گاوها مورد استفاده قرار گیرد.

پستان بالینی و تشدید اثر آن در گاوهای با زایش‌های بالاتر را نشان داد، همسو بوده و اهمیت ادغام معیارهای سلامت پستان در برنامه‌های بهبود ژنتیکی گله‌های بزرگ صنعتی ایران را برجسته می‌سازد (Atashi & Hostens, 2021).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این تحقیق، کاهش تولید شیر در دوره ۳۰۵ روزه ناشی از ابتلا به بیماری ورم پستان بالینی، با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی و تابع گامای ناقص، به ترتیب در بازه‌های ۱۹۵ تا ۴۰۶ کیلوگرم و ۵۳۹ تا ۱۲۰۲ کیلوگرم برآورد شد. همچنین مشخص گردید که با افزایش نوبت زایش گاوها، کاهش تولید شیر در اثر ورم پستان بالینی افزایش یافت، این امر احتمالاً ناشی از آسیب‌های تجمعی به کانال سرپستانک در طول زندگی و دوره‌های

References

- Adriaens, I., Van Den Brulle, I., Geerinckx, K., D'Anvers, L., De Vliegher, S., & Aernouts, B. (2021). Milk losses linked to mastitis treatments at dairy farms with automatic milking systems. *Preventive Veterinary Medicine*, 194, 105420. <https://10.1016/j.prevetmed.2021.105420>
- Ali, A. K. A., & Shook, G. E. (1980). An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *Journal of Dairy Science*, 63, 487-490. [https://10.3168/JDS.S0022-0302\(80\)82959-6](https://10.3168/JDS.S0022-0302(80)82959-6)
- Ameni, G., Bayissa, B., Zewude, A., Degefa, B. A., Mohteshamuddin, K., Kalaiah, G., Alkalbani, M. S., Eltahir, Y. M., Elfatih Hamad, M., & Tibbo, M. (2022). Retrospective study on bovine clinical mastitis and associated milk loss during the month of its peak occurrence at the National Dairy Farm in the Emirate of Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Frontiers in Veterinary Science*, 20(9), 1070051. <https://10.3389/fvets.2022.1070051>
- Atashi, H., Moradi Sharbabak, M., & Moradi Sharbabak, H. (2009). Environmental factors affecting the shape components of the lactation curves in Holstein dairy cattle of Iran. *Livestock Research for Rural Development*, 21(5), 25-32.
- Atashi, H., & Hostens, M. (2021). Genetic aspects of somatic cell count in Holstein dairy cows in Iran. *Animals*, 11(6), 1637. <https://10.3390/ani11061637>
- Bonestroo, J., Voort, M., Fall, N., Emanuelson, U., Klaas, I. C., & Hogeveen, H. (2022). Estimating the nonlinear association of online somatic cell count, lactate dehydrogenase, and electrical conductivity with milk yield. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 3518-3529. <https://10.3168/jds.2021-21351>
- Blowey, R. W., & Edmondson, P. (2010). *Mastitis Control in Dairy Herds*, 266. London: UK.
- Carlén, E., Strandberg, E., & Roth, A. (2004). Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and production in the first three lactations of Swedish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 87(9), 3062-3070. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73439-6](https://10.3168/jds.S0022-0302(04)73439-6)
- Chegini, A., Shadparvar, A. A., Ghavi Hossein-Zadeh, N., & 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 Pecuaras*, 32(2), 81-89. <https://10.17533/udea.rccp.v32n2a01>
- Coldebella, A., Machado, P. F., Demétrio, C. G. B., Ribeiro Júnior, P. J., Meyer, P. M., Corassin, C. H., & Cassoli, L. D. (2004). Somatic cells count and milk yield in confined Holstein cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 623-634. <https://10.1590/S1516-35982004000300011>
- Daghigh Kia, H., Badregha, H., Moghaddam, G., Alijani, S., & Najafi, A. (2016). Effect of increased somatic cell count on changes in quantity and composition of milk in Holstein dairy cows. *Research in Ruminants*, 4(1), 149-173. (In Persian).
- Dürr, J., Cue, R., Monardes, H., Moro-Méndez, J., & Wade, K. (2008). Milk losses associated with somatic cell counts per breed, parity and stage of lactation in Canadian dairy cattle. *Livestock Science*, 117, 225-232. <https://10.1016/j.livsci.2007.12.004>
- Franzoi, M., Manuelian, C. L., Penasa, M., & De Marchi, M. (2020). Effects of somatic cell score on milk yield and mid-infrared predicted composition and technological traits of Brown Swiss, Holstein Friesian, and Simmental cattle breeds. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 791-804. <https://10.3168/jds.2019-16916>
- Gonzalo, C., Carriedo, J. A., Blanco, M. A., Beneitez, E., Juárez, M. T., De La Fuente, L. F., & Primitivo, F. S.

- (2005). Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 969-974. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72764-8](https://10.3168/jds.S0022-0302(05)72764-8)
15. Hagnestam, C., Emanuelson, U., & Berglund, B. (2007). Yield losses associated with clinical mastitis occurring in different weeks of lactation. *Journal of Dairy Science*, 90, 2260-2270. <https://10.3168/jds.2006-583>
 16. Heringstad, B., Sehested, E., & Steine, T. (2008). Correlated selection responses in somatic cell count from selection against clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 91(11), 4437-4439. <https://10.3168/jds.2008-1330>
 17. Hillerton, J. E. (1999). Redefining mastitis based on somatic cell count. *IDF Bulletin*, 345, 4-6.
 18. Houben, E. H., Dijkhuizen, A. A., Van Arendonk, J. A., & Huirne, R. B. (1993). Short-and long-term production losses and repeatability of clinical mastitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 76, 2561-2578. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77591-8](https://10.3168/jds.S0022-0302(93)77591-8)
 19. Juozaitiene, V., Juozaitis, A., & Micikeviciene, R. (2006). Relationship between somatic cell count and milk production or morphological traits of udder in Black-and-white cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30, 47-51.
 20. Kheirabadi, K., & Razmkabir, M. (2016). Genetic parameters for daily milk somatic cell score and relationships with yield traits of primiparous Holstein cattle in Iran. *Journal of Animal Science and Technology*, 58, Article 38, 103-112. (in Persian with English abstract). <https://10.1186/s40781-016-0121-5>
 21. Lotfi, S., Lotfi, R., Vahidian Kamiyad, A., & Farhangfar, H. (2014). Application of sinusoidal function for modeling lactation curves of Holstein cows and comparison with Wood and Dijkstra functions in a Holstein herd. *Iranian Journal of Animal Science*, 45(1), 59-68. (in Persian with English abstract). <https://10.22059/IJAS.2014.51750>
 22. Luna-Palamera, C., Domínguez-Viveros, J., Aguilar-Palma, G. N., Castillo-Rangel, F., Sánchez-Dávila, F., & Macías-Cruz, U. (2021). Analysis of the lactation curve of Murrah buffaloes with mixed non-linear models. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Science (ex Agro-Ciencia)*, 37(3), 63-68. <https://10.29393/CHJAAS37-22ALCU60022>
 23. Lund, T., Miglior, F., Dekkers, J., & Burnside, E. (1994). Genetic relationships between clinical mastitis, somatic cell count, and udder conformation in Danish Holsteins. *Livestock Production Science*, 39, 243-251. [https://10.1016/0301-6226\(94\)90203-8](https://10.1016/0301-6226(94)90203-8)
 24. Mahmoudzadeh, M., Naeimi Pour, H., & Farhangfar, S. H. (2010). Investigation of the effect of parity on somatic cell score of milk in two Holstein dairy herds in Khorasan Razavi Province. Proceedings of the 4th Iranian Congress of Animal Science, Karaj. (in Persian)
 25. Marumo, J. L., Lusseau, D., Speakman, J. R., Mackie, M., & Hambly, C. (2022). Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 1225-1241. <https://10.3168/jds.2021-20698>
 26. Němcová, E., Štípková, M., Zavadilová, L., Bouška, J., & Vacek, M. (2007). The relationship between somatic cell count, milk production and six linearly scored type traits in Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science*, 52, 437-446. <https://10.17221/2337-CJAS>
 27. Nikkhah, A., RezaGholivand, A., & Khabbazan, M. H. (2021). Milk yield depression and its economic loss due to production diseases: Iran's large dairy herds. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 22(2), 136-139. (in Persian with English abstract). <https://10.22099/IJVR.2021.38463.5596>
 28. Pedraza, C. (1991). Efecto de la mastitis clínica sobre la producción de leche. *Agric. Técnica* 51.
 29. Puerto, M. A., Shepley, E., Cue, R. I., Warner, D., Dubuc, J., & Vasseur, E. (2021). The hidden cost of disease: I. Impact of the first incidence of mastitis on production and economic indicators of primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7932-7943. <https://10.3168/jds.2020-19584>
 30. Ødegård, J., Klemetsdal, G., & Heringstad, B. (2003). Variance components and genetic trend for somatic cell count in Norwegian Cattle. *Livestock Production Science*, 79, 135-144.
 31. Radjabalizadeh, K., Alijani, S., Gorbani, A., & Farahvash, T. (2022). Estimation of genetic parameters using Bayesian and REML methods for milk production trait of Holstein Dairy cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 363-368. (in Persian with English abstract). <https://10.1080/09712119.2022.2080211>
 32. Rearte, R., Corva, S. G., de la Sota, R. L., Lacau-Mengido, I. M., & Giuliadori, M. J. (2022). Associations of somatic cell count with milk yield and reproductive performance in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 6251-6260. <https://10.3168/jds.2021-21504>
 33. Roux, Y. L. E., Laurent, F., & Moussaoui, F. (2003). Polymorphism nuclear proteolytic activity and milk composition change. *Veterinary Research*, 34, 629-645. <https://10.1051/vetres:2003021>
 34. Ruegg, P. L. (2001). Milk Secretion and Quality Standards. University of Wisconsin, Madison, USA. [http://www.uwex.edu/MilkQuality/pdf/milk secretion and quality standards](http://www.uwex.edu/MilkQuality/pdf/milk%20secretion%20and%20quality%20standards).
 35. Sadeghi-Sefidmazgi, A., Moradi-Shahrbabak, M., Nejati-Javaremi, A., Miraei-Ashtiani, S., & Amer, P. (2011). Estimation of economic values and financial losses associated with clinical mastitis and somatic cell score in Holstein dairy cattle. *Animal*, 5, 33-42. <https://10.1017/S1751731110001655>
 36. Seegers, H., Fourichon, C., & Beaudeau, F. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics

- in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34, 475-491. <https://10.1051/vetres:2003027>
37. Schukken, Y. H., Leslie, K. E., Weersink, A. J., & Martin, S. W. (1992). Ontario bulk milk somatic cell count reduction program. impact on somatic cell counts and milk quality. *Journal of Dairy Science*, 75, 3352-3358. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78111-9](https://10.3168/jds.S0022-0302(92)78111-9)
38. Skrzypek, R., Wojtowski, J., & Fahr, R. D. (2004). Factors affecting somatic cell count in cow bulk tank milk - a case study from Poland. *Veterinary Medicine*, 51, 127-131. <https://10.1111/j.1439-0442.2004.00611.x>
39. Sguizzato, A. L. L., da Silva, T. E., Chagas, J. C. C., Argüelo, A. M., Gonçalves, N. M., & Marcondes, M. I. (2024). Understanding the dynamics of mastitis in milk yield: Decoding onset and recovery patterns in response to mastitis occurrence. *Journal of Dairy Science Communications*. 14;5(6):669-673. <https://10.3168/jdsc.2024-0579>.
40. Wolf, J., & Jahnke, B. (1990). Beziehungen zwischen Eutergesundheit und Milchleistung bei SMR-kühen, *Arch. Experience Veterinary Medicine*, 44, 9-34.
41. Wood, P.D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216(5111), 164-165. <https://10.1038/216164a0>