Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 15, Issue 3, 2024 p: 20-29

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Heat Stress on the Performance and Genetic Parameters of Milk Production, Reproduction, and Somatic Cell Scores in Iranian Holstein Cows

Reza Seyedsharifi[1], Fatemeh Ala Noshahr[2], Jamal Seif Davati[3] and Nemat Hedayat Evrigh[3]

1- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding author: reza_seyedsharifi@yahoo.com)
2- Ph.D., Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 2 March, 2024 Accepted: 30 May, 2024

Extended Abstract

Background: Improving the ability of animals to deal with adverse environmental conditions is a challenge in the livestock industry. Adverse environmental conditions, especially heat stress, are important economic issues in animal husbandry because they negatively affect the production of dairy cows. Although animals can adapt to hot climates, their adaptation mechanisms may be detrimental to their productive performance. The genetic potential of an animal can play an important role in controlling reductions in milk production, reproductive performance, and herd udder health in stressful weather conditions. Therefore, this study aimed to investigate the effect of heat stress on milk production traits, reproduction, and somatic cell score (SCS) and to identify the best temperature-humidity index suitable for studying heat stress in Iranian Holstein dairy cows. Moreover, the superior genetic fathers for heat tolerance were identified and their genetic value in functional traits was investigated under the genetic evaluation for heat stress.

Methods: The estimated genetic parameters related to heat stress tolerance were milk production traits, udder health (SCS), and reproduction (open days and intervals from calving to first insemination). The data included 145,731 test day records of Holstein cows from the first lactation in 323 herds of the Iranian Breeding Center between 2008 and 2018. Test day records were merged with daily temperature-humidity index (THI) values based on weather records of weather stations. Each record included minimum, maximum, and average daily temperature, average daily relative humidity, and average daily rainfall. Genetic parameters were estimated using an animal model and random regression under the Bayesian method using GIBSF90 software. Variance components were estimated using multi-trait repeatable test day models with random regression on THI values. The models included herd test day classes and DIM as fixed effects, and normal weather, heat tolerance, and permanent environment as random effects.

Results: The production and performance traits with increased THI (THI>72) showed a phenotypic and genetic decrease while the level of SCS increased with increasing THI. The average milk production in the THI index range of < 72 underwent a relatively stable trend with an average of 35.72 kg, but the average milk production decreased to 31.25 kg with the increase of the index from the threshold of 72. Thus, it can be claimed that the optimal THI point for milk production was between 72 and 70 THI (9-13 °C). The average open days was 114.47 ± 28.64 days, and the calving interval to the first insemination was estimated at 62.38 ± 16.42 days. The highest and the lowest lengths of open days and the interval from calving to the first insemination were respectively observed during summer (135.41 and 69.71, respectively) and in winter (100.07 and 54.64, respectively). In addition, the milk production and reproduction traits showed the highest genetic slope ratio, which indicates that they are more affected by heat stress at high levels of THI. Since this trait is known to reflect the mobilization of body reserves, using its changes in hot conditions can be a very cost-effective biomarker for heat stress in dairy cows that balances consumption and motility in hot conditions and highlights the need to include the additive genetic effect in the heat resistance evaluation model. Furthermore, the lactation stage in which cows experience heat stress intensifies the effect of heat stress on milk production. Mid-lactation and early-lactation cows are the most and, least affected, respectively, while late-lactation cows are

Copyright ©2024 Seyedsharifi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

moderately affected. High-producing cows were more affected by heat stress than low-producing ones. On the other hand, a positive genetic correlation was detected for SCS between neutral and heat stress, hence continued selection for lower SCS will result in a favorable selection response for SCS under heat stress.
Conclusion: Heat stress is one of the important factors that negatively affects the milk production, reproduction, and health of Holstein cows. The effect of heat stress can be reduced by modifying the environment (feeding and cooling) or by the genetic selection of animals that are less affected by heat stress. The results of this research show that productivity, reproductive performance, and SCS are significantly affected by the THI-. Since the genetic potential of animals is different under the influence of heat stress and considering the global temperature changes, it is recommended to consider the effect of the animal's resistance to heat stress as a factor in the evaluation indices of superior bulls and dams to produce and breed resistant animals in herds, especially in tropical areas. The optimal THI for Iranian Holstein cows was below 72 for productive, reproductive, and health traits. Disturbances in various reproductive functions due to heat stress can lead to low conception rates in the first insemination, thereby increasing the calving interval and open days, especially during the warm season.

Keywords: Genetic correlation, Heat stress, Holstein dairy cows, Temperature-Humidity Index

How to Cite This Article: Seyedsharifi, R., Ala Noshahr, F., Seif Davati, J., & Hedayat Evrigh, N. (2024). The Effect of Heat Stress on the Performance and Genetic Parameters of Milk Production, Reproduction, and Somatic Cell Scores in Iranian Holstein Cows. *Res Anim Prod,* 15(3), 20-29. DOI: 10.61186/rap.15.3.20

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

مطالعه تأثیر تنش گرمایی بر عملکرد و فراسنجه‌های ژنتیکی تولید شیر، تولیدمثل و SCS گاوهای هلشتاین ایران

رضا سیدشریفی[۱]، فاطمه علاء نوشهر[۲] جمال سیف دواتی[۳]، نعمت هدایت ایوریق[۳]

۱- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، (نویسنده مسوول: reza_seyedsharifi@yahoo.com)
۲- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۰
صفحه: ۲۰ تا ۲۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بهبود توانایی حیوانات برای مقابله با شرایط نامطلوب محیطی یک چالش در صنعت دام می‌باشد. شرایط محیطی نامطلوب، به‌ویژه تنش گرمایی، مسائل اقتصادی مهمی در دامداری هستند، زیرا بر تولید گاوهای شیری تأثیر منفی می‌گذارند. اگرچه حیوانات قادر به سازگاری با آب و هوای گرم هستند، مکانیسم‌های سازگاری آنها ممکن است برای عملکرد تولیدی آنها مضر باشد. پتانسیل ژنتیکی حیوان می‌تواند نقش مهمی در کنترل میزان کاهش تولید شیر، عملکرد تولیدمثل و سلامت پستان گله در شرایط آب و هوایی استرس‌زا ایفا کند. لذا هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تنش گرمایی بر صفات تولید شیر، تولیدمثل و نمره سلول‌های سوماتیک (SCS) و شناسایی بهترین شاخص دما-رطوبت مناسب برای مطالعه تنش گرمایی در گاوهای شیری هلشتاین ایران بود. همچنین تحت ارزیابی ژنتیکی برای تنش گرمایی، پدران برتر ژنتیکی برای تحمل گرما شناسایی و ارزش ژنتیکی آنها در صفات عملکردی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: پارامترهای ژنتیکی مرتبط با تحمل تنش گرمایی شامل صفات تولید شیر، سلامت پستان (SCS) و تولیدمثل (روزهای باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح) برآورد شدند. داده‌ها شامل ۱۴۵۷۳۱ رکورد روز آزمون گاوهای هلشتاین از اولین شیردهی در ۳۲۳ گله مرکز اصلاح نژاد ایران بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ جمع‌آوری شد. رکوردهای روز آزمون با مقادیر شاخص دما-رطوبت روزانه (THI) براساس سوابق هواشناسی ایستگاه‌های هواشناسی ادغام شدند. هر رکورد شامل حداقل، حداکثر و میانگین دمای روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه و میانگین باران روزانه بود. فراسنجه‌های ژنتیکی با کمک مدل حیوان و رگرسیون تصادفی تحت روش بیزی با استفاده از نرم‌افزار GIBSF90 برآورد شدند. برای تخمین مؤلفه‌های واریانس، از مدل‌های روز آزمون تکرارپذیر چند صفتی با رگرسیون تصادفی روی مقادیر THI استفاده شد. مدل‌ها شامل کلاس‌های روز آزمون گله و DIM به‌عنوان اثرات ثابت، و هوای معمولی، تحمل گرما و محیطی دائمی به‌عنوان اثرات تصادفی در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که صفات تولیدی و عملکردی باافزایش THI (THI>72)کاهش فنوتیپی و ژنتیکی داشتند، در حالی‌که سطح SCS با افزایش THI افزایش یافت. در تحقیق حاضر میانگین تولید شیر در محدوده شاخص THI<72 روندی نسبتا ثابت با میانگین ۳۵/۷۲ کیلوگرم را طی کرد، اما با افزایش شاخص از آستانه ۷۲ شاهد کاهش میانگین تولید شیر به ۳۱/۲۵ کیلوگرم بودیم. در واقع می‌توان گفت که نقطه بهینه THI برای تولید شیر بین ۷۲-۷۰ (۹ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد. به‌طور متوسط میانگین روزهای باز ۲۸/۶۴±۱۱۴/۴۷ روز و فاصله زایش تا اولین تلقیح ۱۶/۴۲±۶۲/۳۸ روز تخمین زده شد. بیشترین طول روزهای باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح طی تابستان (به‌ترتیب ۱۳۵/۴۱ و ۶۹/۷۱) و کمترین در زمستان (به‌ترتیب ۱۰۰/۰۷ و ۵۴/۶۴) مشاهده شد. علاوه بر این، صفات تولید شیر و تولیدمثل دارای بیشترین نسبت شیب ژنتیکی بودند که نشان می‌دهد در سطوح بالای THI بیشتر تحت تأثیر تنش گرمایی قرار می‌گیرند. از آنجایی‌که این ویژگی به عنوان منعکس کننده بسیج ذخیره بدن شناخته شده است، استفاده از تغییرات آن در شرایط گرم می‌تواند یک نشانگر زیستی بسیار مقرون به صرفه برای تنش گرمایی در گاوهای شیری باشد که تعادل بین مصرف و تحرک در شرایط گرم را بیان کرده و لزوم وارد کردن اثر ژنتیک افزایشی در مدل ارزیابی مقاومت به گرما را پررنگ می‌کند. همچنین مرحله شیردهی که در آن گاوها تنش گرمایی را تجربه می‌کنند نیز بر شدت اثر تنش گرمایی بر تولید شیر تأثیر می‌گذارد. گاوهایی که در اواسط شیردهی هستند بیشترین آسیب، گاوهایی که در اوایل شیردهی هستند کمترین آسیب را می‌بینند، در حالی‌که گاوهایی که در اواخر شیردهی هستند به‌طور متوسط تحت تأثیر قرار می‌گیرند. گاوهای پر تولید در مقایسه با گاوهای کم تولید بیشتر تحت تأثیر تنش گرمایی قرار داشتند. از سویی دیگر، همبستگی ژنتیکی مثبت برای SCS بین تنش خنثی و گرمایی شناسایی شد، از این‌رو ادامه انتخاب برای SCS پایین‌تر پاسخ انتخاب مطلوبی را برای SCS تحت تنش گرمایی به‌همراه خواهد داشت.

نتیجه‌گیری: تنش گرمایی یکی از عوامل مهمی است که بر تولید شیر، تولیدمثل و سلامت گاو هلشتاین تأثیر منفی می‌گذارد. تأثیر تنش گرمایی را می‌توان با اصلاح محیط (تغذیه و خنک کننده) یا با انتخاب ژنتیکی حیواناتی که کمتر تحت تأثیر تنش حرارتی قرار دارند، کاهش داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عمکرد تولیدی، تولیدمثلی و SCS به‌میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر شاخص دما-رطوبت قرار می‌گیرد. با توجه به این موضوع که پتانسیل ژنتیکی حیوانات تحت تاثیر تنش گرمایی متفاوت می‌باشد، و با توجه به تغییرات جهانی دما، توصیه می‌شود اثر مقاومت حیوان به تنش گرمایی به‌عنوان یک عامل مؤثر در شاخص‌های ارزیابی گاوهای نر و مولد ممتاز مدنظر قرار گیرد تا منجر به تولید و پرورش حیوانات مقاوم‌تری در گله‌ها به‌ویژه در مناطق گرمسیری شود. شاخص THI بهینه برای گاوهای هلشتاین ایرانی زیر ۷۲ برای صفات تولیدی، تولیدمثلی و سلامت پستان به‌دست آمد. اختلال در عملکردهای مختلف تولیدمثلی به‌دلیل تنش گرمایی می‌تواند منجر به نرخ کم لقاح در اولین تلقیح و در نتیجه افزایش فاصله زایش و روزهای باز به‌ویژه در طول فصل گرم شود.

واژه‌های کلیدی: تنش گرمایی، شاخص دما-رطوبت، گاوهای شیری هلشتاین، همبستگی ژنتیکی

مقدمه

تنش گرمایی انواعی از عملکردهای فیزیولوژیکی را تغییر می‌دهد که بر تولید، تولیدمثل و صفات سلامتی در گاوهای شیری تأثیر می‌گذارد و در نتیجه سبب خسارات اقتصادی هنگفتی به صنعت گاوهای شیری می‌شود. تنش گرمایی احتمالاً در سال‌های آینده شیوع بیشتری پیدا می‌کند، زیرا انتظار می‌رود تغییرات آب و هوای جهانی فراوانی و طول مدت رویدادهای مرتبط با تنش گرمایی را افزایش دهد. گاوهای شیری به‌دلیل تولید گرمای متابولیکی بالاتر مستعد تنش گرمایی هستند. تنش گرمایی یک مسئله بزرگ در تولید

لبنیات به‌ویژه در مناطقی است که در آن آب و هوا نیمه‌گرمسیری است و در معرض دوره‌های طولانی دمای محیط و رطوبت بالا است. در نتیجه، بار حرارتی در گاو تا حدی افزایش می‌یابد که دمای بدن افزایش، مصرف کاهش، تولید شیر کاهش و مشکل سلامتی افزایش پیدا می‌کند (Kadzere et al., 2002).

از این‌رو، اتخاذ استراتژی‌هایی برای کاهش تنش گرمایی و بازگرداندن سلامت، تولید و راندمان تولیدمثل گاو برای بهبود سودآوری مزرعه گاوهای شیری ضروری است. در طی چندین سال، تنش گرمایی به‌عنوان تابعی از شاخص دما–رطوبت تعریف شده است. در نتیجه، رویکردهای مختلفی مانند اصلاحات فیزیکی محیط و بهبود شیوه‌های تغذیه و مدیریت برای کاهش اثرات تنش گرمایی در گاوهای شیری مورد استفاده قرار گرفته است. با این‌حال، این شیوه‌ها هزینه‌های تولید را افزایش داده و به‌طور کلی نمی‌توانند تنش گرمایی را به‌طور کامل از بین ببرند. یک استراتژی مکمل برای کاهش اثرات تنش گرمایی بر عملکرد گاوهای شیری، شناسایی و انتخاب بعدی حیواناتی است که از نظر ژنتیکی مقاومت گرمایی بالاتری دارند. شناسایی چنین دام‌های مقاوم به گرما را می‌توان براساس اندازه‌گیری پاسخ فوری آنها مانند دمای رکتوم، سرعت تنفس و سایر موارد انجام داد. با این‌حال، استفاده از این سوابق در نظام ارزیابی ملی امکان‌پذیر نیست، زیرا جمع‌آوری این سوابق در سطح ملی زمان‌بر و کار فشرده خواهد بود. روش دیگر، کاهش عملکرد به‌دلیل تنش گرمایی می‌تواند به‌عنوان یک صفت شاخص تحمل گرما استفاده شود (Ravagnolo & Misztal, 2000). حیوانی با حداقل کاهش عملکرد به‌ازای افزایش درجه حرارت به‌عنوان مقاوم به گرما شناخته می‌شود. داده‌های هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی می‌توانند شرایط محیطی مزارع را توصیف کنند (Freitas *et al.*, 2006). علاوه بر این، از آنجایی‌که این روش به هیچ‌گونه اندازه‌گیری اضافی نیاز ندارد (به‌عنوان مثال، دمای بدن)، می‌توان آن‌را برای مجموعه داده‌هایی به‌اندازه آنهایی که برای ارزیابی ملی استفاده می‌شود، اعمال نمود.

گاوها به‌عنوان جانوران گرمازا، سعی می‌کنند دمای مرکزی بدن را بدون توجه به تغییرات دمای محیط حفظ کنند. دمای طبیعی بدن گاو حدود ۳۸/۶درجه سانتی‌گراد است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که تولید گرمای متابولیک داخلی در طول شیردهی افزایش می‌یابد و این می‌تواند تحمل گاوهای شیری را به دمای بالای محیط کاهش دهد (Chebel *et al.*, 2004).

دمای بدن را می‌توان با اندازه‌گیری متغیرهای هواشناسی مانند دما و رطوبت نیز ارزیابی کرد. شاخص رطوبت دما (THI) که از ترکیب دما و رطوبت تشکیل می‌شود برای پیش‌بینی شرایط تنش گرمایی بالقوه استفاده می‌شود. این متغیرهای آب و هوایی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی که می‌توانند شرایط محیطی مزارع را به‌طور دقیق توصیف کنند در دسترس هستند (Freitas *et al.*, 2006). علاوه بر این، این روش برای ارزیابی ژنتیکی تحمل گرما در گاوهای شیری نیزاستفاده شده است.

نشان داده شده است که THI به‌طور گسترده در مناطق گرم در سراسر جهان برای ارزیابی اثر تنش گرمایی بر گاوهای شیری استفاده می‌شود. کاهش تولید شیر بین ۱۰ تا ۴۰ درصد برای گاوهای هلشتاین در طول تابستان نسبت به زمستان گزارش شده است. علاوه بر این، تنش گرمایی با تغییرات در ترکیب شیر، تعداد سلول‌های سوماتیک شیر و بروز ورم پستان همراه است. همچنین تنش گرمایی با کاهش رشد جنین و افزایش تلفات جنین در گاو مرتبط می‌باشد (Hansen, 2007).

هدف اصلی این پژوهش انجام آنالیز ژنتیکی مقاومت به گرما در گاوهای شیری بود. سوابق تولید، تولیدمثل، سلامت پستان و داده‌های آب و هوایی با استفاده از مدل‌های روز آزمون که شامل یک رگرسیون تصادفی روی یک تابع تنش گرمایی بر اساس مقادیر THI است، تجزیه و تحلیل شدند.

مواد و روش‌ها

جهت برآورد پارامترهای ژنتیکی و بررسی عملکرد تولید شیر، برخی صفات تولیدمثلی (روزهای باز، فاصله زایش تا اولین تلقیح) و نمره سلول‌های سوماتیک (SCS) از اطلاعات شامل ۱۴۵۷۳۱ رکورد روز آزمون (روزهای شیردهی ۵ تا ۳۰۵ روز) طی سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ مرکز اصلاح نژاد ایران استفاده شد. فایل شجره شامل ۵۲۳۲ والد نر و ۶۵۵۸۲ والد ماده بود (جدول ۱)، که برای تشکیل ماتریس خویشاوندی و حل معادلات مختلط به‌کار رفت.

جهت برآورد شاخص حرارتی از اطلاعات دما و رطوبت ماهیانه از اطلاعات هواشناسی بانک اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور استفاده شد. هر رکورد شامل حداقل، حداکثر و میانگین دمای بیرونی روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه و میانگین باران روزانه بود. شاخص رطوبتی دمایی روزانه (THI) طبق رابطه زیر محاسبه شد (Brügemann *et al.*, 2011):

رابطه (۱)

$$THI = \big((1.8 \times T) + 32\big) - (0.55 - 0.0055 \times Rh) \times ((1.8 \times T) - 26)$$

که در آن T دما برحسب درجه سانتی‌گراد و Rh رطوبت نسبی برحسب درصد است.

جهت تبدیل رکوردهای SCC به SCS از رابطه فوق استفاده شد (Schukken *et al.*, 1992):

رابطه (۲)

$$SCS = Log_e\left(\frac{SCC}{\frac{1000Cells}{ml}}\right) + 3$$

مدل آماری برای تخمین مؤلفه‌های واریانس صفات تولیدی با در نظر گرفتن دوره‌های شیردهی به‌عنوان صفات مختلف، از مدل روز آزمون تکرارپذیری چندصفتی طبق رابطه ۳ استفاده شد (Brügemann *et al.*, 2011):

رابطه (۳)

$$y_{iklm} = HTD_i + MF_j + \sum_{n=1}^{q} \alpha_{kn} Z_n(d) + \sum_{n=1}^{q} \beta_{\ln Z_n(d)} + \sum_{n=1}^{q} \alpha_{kn} Z_n(d) + \sum_{n=1}^{q} \gamma_{\ln Z_n(d)} + \sum_{n=1}^{q} \alpha_{kn} Z_n(d) + \sum_{n=1}^{q} \delta_{\ln Z_n(t)} + \sum_{n=1}^{q} \alpha_{kn} Z_n(d) + \sum_{n=1}^{q} \varepsilon_{\ln Z_n(t)} + e_{ijklm}$$

که در آن y_{klmn} مربوط به mامین رکورد روز آزمون lامین گاو، HTDi اثر ثابت iامین گله–سال–ماه روز آزمون، MFj اثر jامین دفعات شیردوشی، αkn اثر nامین ضریب رگرسیون ثابت برای kامین سن–سال–فصل زایش، βln اثر nامین ضریب رگرسیون تصادفی برای اثر ژنتیک افزایشی lامین حیوان، γln اثر nامین ضریب رگرسیون تصادفی محیط دائمی، δln اثر nامین ضریب رگرسیون تصادفی ژنتیک افزایشی در تابعی از شاخص دما رطوبت، εln اثر nامین ضریب رگرسیون تصادفی محیط دائمی در تابعی از شاخص دما و رطوبت، Zn(d) اثر متغیر کمکی منحنی شیردهی رگرسیون‌های ثابت و تصادفی، Zn(t) لثر متغیر کمکی منحنی شیردهی رگرسیون‌های ثابت و تصادفی شاخص‌های دما–رطوبت، و e_{ijklm} اثر باقی‌مانده تصادفی است.

همچنین برای تخمین مؤلفه‌های واریانس صفات تولیدمثلی و SCS از رابطه زیر استفاده شد:

رابطه (۴)

$$y_{klmn} = HTD_{kl} + DIM_m + a_{nl} + p_{nl} + v_{nl}[f(THI)] + q_{nl}[f(THI)] + e_{klmn}$$

که در آن y_{klmn} مربوط به مشاهدات صفات تولیدمثلی و SCS، HTD_{kl} اثر ثابت kامین گله–سال–ماه روز آزمون در lامین دوره شیردهی، DIM_m اثر mامین کلاس DIM، a_{nl} اثر ژنتیک افزایشی nامین حیوان در lامین دوره شیردهی، vnl اثر ژنتیک افزایشی تحمل گرمایی nامین حیوان در lامین دوره شیردهی، p_{nl} اثر محیط دائمی nامین حیوان، q_{nl} اثر محیط دائمی تحمل گرمایی nامین حیوان، f(THI) تابع تنش گرمایی برای kامین رکورد روز آزمون گله و e_{klmn}اثر باقی‌مانده تصادفی است.

برای برآورد وراثت‌پذیری رابطه ذیل، به‌کار رفت:

رابطه (۵)

$$h^2_{(ij)} = \frac{\sigma^2_{\alpha\beta(i)} + \sigma^2_{\alpha\delta(j)} + 2\sigma_{\alpha\beta\delta(ij)}}{\sigma^2_{\alpha\beta(i)} + \sigma^2_{\alpha\delta(j)} + 2\sigma_{\alpha\beta\delta(ij)} + \sigma^2_{p\varepsilon(j)} + 2\sigma_{p\gamma\varepsilon(ij)} + \sigma^2_e}$$

که در آن به‌ترتیب واریانس ژنتیک افزایشی برای iامین روز شیردهی و jامین سطح شاخص دما رطوبت، واریانس محیط دائمی برای iامین روز شیردهی و jامین سطح شاخص دما رطوبت، به‌ترتیب کوواریانس‌های ژنتیکی و محیط دائمی برای iامین روز شیردهی و jامین سطح شاخص دما رطوبت می‌باشند.

همبستگی ژنتیکی بین روزهای مختلف شیردهی و سطوح مختلف شاخص دما رطوبت از رابطه فوق بهره گرفت:

رابطه (۶)

$$r_g = \frac{Cov_{g(i,j)}}{\sqrt{Var_{g(i,i)} \times Var_{g(j,j)}}}$$

که Covg(i.j)، Varg(i.j) کوواریانس و واریانس ژنتیکی بین روز یا سطح THI iام و jام می‌باشند. از این رابطه برای تخمین همبستگی ژنتیکی بین THI×DIM نیز استفاده شد. فراسنجه‌های ژنتیکی تحت مدل بیزی با استفاده از نرم‌افزار GIBSF90 (Misztal *et al.*, 2002) برآورد شدند.

جدول ۱- آمار توصیفی صفات مورد مطالعه

Table 1. Statistical characteristics of the used data set

145731	No. of records	تعداد رکورد
98369	No. of animal with records	تعداد حیوان دارای رکورد
5232	No. of sire	تعداد پدر
65582	No. of dam	تعداد مادر
198715	No. of animal in pedigree	تعداد حیوان شجره
28.58 (6.22)	Milk yield mean (SD)	میانگین تولید شیر (SD)
2.34 (1.08)	SCS mean (SD)	میانگین SCS (SD)
114.47 (28.64)	Open days mean (SD)	میانگین روزهای باز
62.38 (16.42)	Calving interval to first insemination mean (SD)	فاصله زایش تا اولین تلقیح

نتایج و بحث

برآورد مؤلفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری تولید شیر

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که آستانه THI که در آن استرس گرمایی در گاوهای شیری رخ می‌دهد، در نقطه‌ای که کاهش تولید شیر مشاهده می‌شود، تعریف می‌گردد (Brügemann *et al.*, 2011). در تحقیق حاضر میانگین تولید شیر در محدوده شاخص THI<72 روندی نسبتاً ثابت با میانگین ۳۵/۷۲ کیلوگرم را طی کرد، اما با افزایش شاخص از آستانه ۷۲ شاهد کاهش میانگین تولید شیر به ۳۱/۲۵ کیلوگرم شدیم (شکل ۱). در واقع می‌توان گفت که نقطه بهینه THI برای تولید شیر بین ۷۲–۷۰ (۹ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد. نتایج فوق با گزارش‌های پیشین (Hammami *et al.*, 2013) مطابقت داشت. با افزایش تنش گرمایی مصرف خوراک کاهش می‌یابد، این در حالی است که احتیاجات نگهداری گاوها در این حالت افزایش نشان می‌دهد. لذا بخشی از انرژی که بایستی صرف تولید دام شود، جهت تنظیم هموستازی بدن در شاخص‌های حرارتی بالا به‌کار می‌رود، در نتیجه تحت چنین شرایطی عملکرد تولیدی دام سیر نزولی را طی خواهد کرد (Peana *et al.*, 2007).

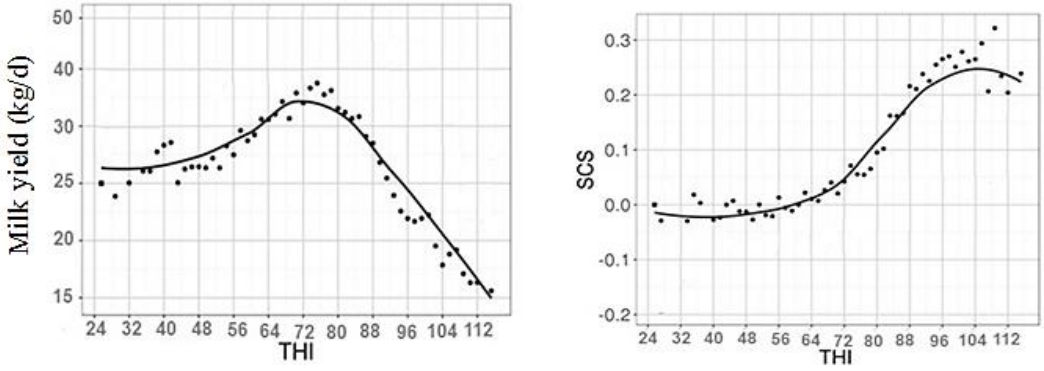
فرآیندهای بیولوژیکی متعددی پیشنهاد شده است که چرا تنش گرمایی چنین تأثیر منفی بر تولید شیر دارد. یکی از عوامل کاهش تولید شیر در طول تنش گرمایی، کاهشDMI است، زیرا انرژی و مواد مغذی کافی برای حفظ سطوح طبیعی تولید در اختیار حیوان قرار نمی‌گیرد (Hammami *et al.*, 2015). مطالعات نشان داده‌اند که DMI طی تنش گرمایی از ۴۰ تا ۴۸ درصد کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش تولید شیر از ۲۵ تا ۵۳ درصد نسبت به حیوانات در محیط‌های گرمای خنثی شده است (Garner *et al.*, 2017). همچنین تنش گرمایی می‌تواند هم مرگ سلولی و هم تکثیر سلولی در سلول‌های اپیتلیال پستان را پیش از زایمان کاهش دهد. این فرایند می‌تواند بر عملکرد دوره شیردهی پس از زایمان به‌دلیل اختلال در رشد پستان تأثیر بگذارد. علاوه بر این، گزارش شده است که تحت تنش گرمایی غده پستانی ژن‌ها و microRNAها را برای بازسازی، تخریب پروتئین، تنظیم ساختار سلولی، بیوسنتز و انتقال در غده پستانی تنظیم می‌کند (Li *et al.*, 2018)، در نتیجه غده پستانی ممکن است انرژی بیشتری برای بقای سلول در مقابل تولید شیر در طول تنش گرمایی بگذارد.

نتایج حاصل از واریانس افزایشی صفت تولید شیر در روزهای مختلف شیردهی و شاخص THI در شکل ۲ آورده شده است. میزان واریانس افزایشی صفت تولید شیر در اوایل دوره شیردهی پایین بوده و با افزایش روزهای شیردهی، افزایش یافت. کمترین مقدار واریانس افزایشی تولید شیر در روز شیردهی ۲۲ و شاخص THI=72 و بیشترین واریانس ژنتیکی افزایشی در روز ۲۱۵ و شاخص THI=35 مشاهده شد. به‌علت تنوع ژنتیکی بالا تحت افزایش شاخص THI، شناسایی دام مقاوم به تنش گرمایی می‌تواند رویکردی مثبت جهت کاهش زیان اقتصادی مربوطه باشد (Dikmen & Aguilar *et al.*, 2010؛ Hansen, 2009). در اوایل دوره شیردهی عوامل متعدد فیزیولوژیکی و مستعد بودن حیوان به بروز بیماری‌های مختلف، به‌ویژه در دوره گذر از دوره انتقال سبب می‌شود که دام پتانسیل ژنتیکی بالقوه خود را به‌درستی نشان ندهد. از سویی دیگر تحت تنش گرمایی به‌دلیل اثر متقابل بین ژنتیک و محیط، امکان خاموشی و بیان نشدن ژن وجود دارد، از این‌رو کاهش تنوع ژنتیکی در این شرایط محتمل‌تر می‌باشد.

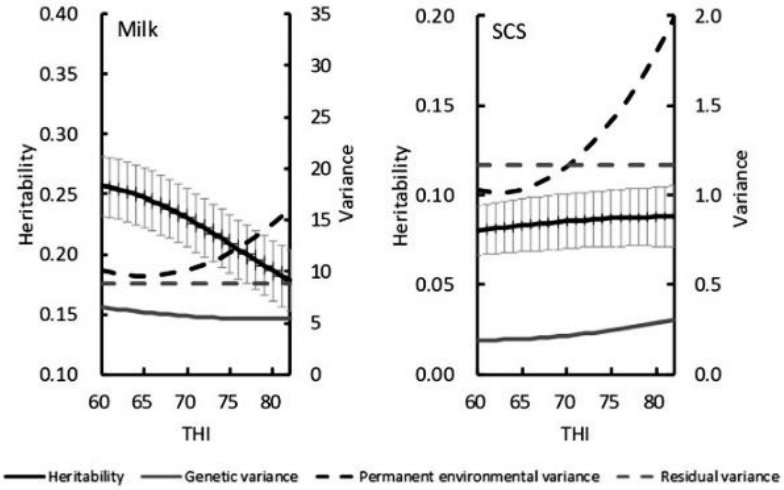
واریانس محیطی صفت تولید شیر تحت شاخص THI در شکل ۲ نمایش داده شده است. بیشترین واریانس محیطی در اوایل دوره شیردهی مشاهده شد که با گذشت روزهای شیردهی از میزان آن کاسته می‌شود. تغییرات فیزیولوژیکی حیوان همراه با تأثیر تنش گرمایی و کاهش واریانس ژنتیکی افزایشی در اوایل شیردهی می‌توانند دلیل این امر باشند (West, 2003؛ Van Raden *et al.*, 2004).

کمترین مقدار وراثت‌پذیری صفت تولید شیر مربوط به THI=72 (۰/۲۲) و بیشترین مقدار آن مربوط به THI=80 (۰/۳۹) برآورد شد (شکل ۲). در THI>72 وراثت‌پذیری تولید شیر روند صعودی دارد که دلیل آن می‌تواند افزایش واریانس ژنتیکی افزایشی و کاهش واریانس محیطی دائمی و باقی‌مانده باشد (Carabaño *et al.*, 2014).

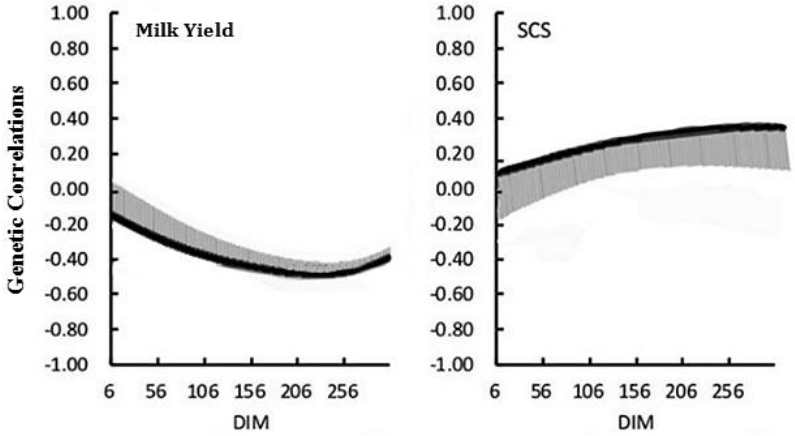
در مطالعه‌ای میانگین ورلثت‌پذیری در دوران شیردهی را ۰/۲۴تحت THI = 60 و ۰/۱۷ تحت THI = 80 برای تولید شیر برآورد کردند (۲). همبستگی‌های ژنتیکی تخمین زده شده بین اثرات ژنتیکی کلی و افزایشی THI برای تولید شیر ۰/۴۵- بود (شکل ۳). بنابراین، انتخاب به‌سمت افزایش تولید شیر سبب کاهش تحمل گرما در گاوهای هلشتاین می‌شود.



شکل ۱- میانگین اثرات THI بر تولید شیر و SCS
Figure 1. Average effects of THI in a milk yield and somatic cell score (SCS)



شکل ۲- تخمین وراثت‌پذیری و خطای استاندارد (حاشیه) واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی دائم و واریانس باقی‌مانده تولید شیر و SCS
Figure 2. Estimates of heritabilities and standard errors [bars], geneti variances, permanent environmental variances, and residual variances by Model for test-day milk yield and somatic cell score (SCS) on THI

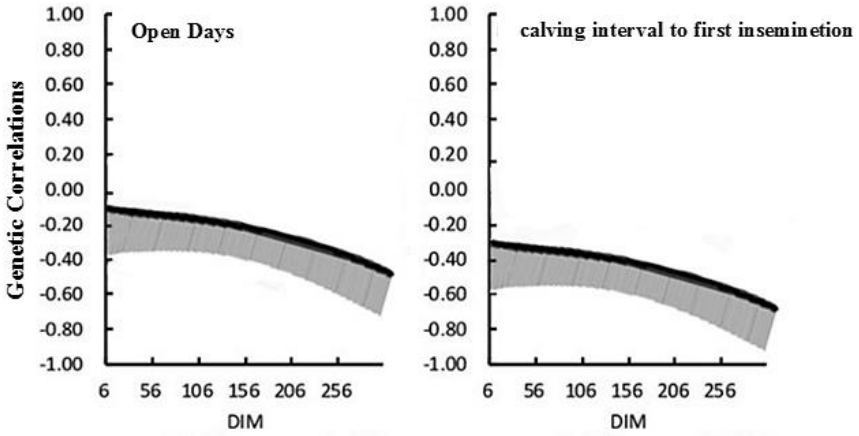


شکل ۳- تخمین همبستگی ژنتیکی بین تولید شیر، SCS و THI (خطای استاندارد) روی DIM
Figure 3. Estimated genetic correlations between milk and somatic cell score [SCS] and heat tolerance (and standard errors [bars]) on days in milk (DIM)

برآورد مؤلفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری صفات تولیدمثلی

به‌طور متوسط میانگین روزهای باز ۲۸/۶۴±۱۱۴/۴۷ روز و فاصله زایش تا اولین تلقیح ۱۶/۴۲±۶۲/۳۸ روز تخمین زده شد. بیشترین طول روزهای باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح طی تابستان (به‌ترتیب ۱۳۵/۴۱ و ۶۹/۷۱) و کمترین در زمستان (به‌ترتیب ۱۰۰/۰۷ و ۵۴/۶۴) مشاهده شد (جدول ۳). در تحقیقات مختلف گزارش شده روی گاو هلشتاین دامنه روزهای باز بین ۱۱۱ تا ۱۳۳ روز و دامنه فاصله زایش تا اولین تلقیح بین ۷۲ تا ۸۸ روز قرار دارد (Bitaraf *et al.*, 2013؛ Ghavi Hossein-Zadeh *et al.*, 2013). میانگین روزهای باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح طی سال‌های مورد بررسی روند کاهشی نشان داد. تصمیمات مدیریتی مطلوب طی سال‌های اخیر سبب ارتقاء عملکرد تولیدی و تولیدمثلی شده است. از سویی دیگر توجه ویژه به گذر از دوره انتقال سبب کاهش ناهنجاری‌های اوایل زایش شده، در نتیجه نرخ گیرایی و فاصله زایش کاهش یافته است (Toghiani *et al.*, 2009).

وارثت‌پذیری روزهای باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح به‌ترتیب برابر با ۰/۰۴۲ و ۰/۰۷۹ برآورد شد (جدول۲). واریانس‌های ژنتیکی افزایشی تحمل گرما برای هر دو صفت در سراسر دوره شیردهی افزایش یافت. همبستگی ژنتیکی بین اثرات عمومی و تحمل گرما برای هر دو صفت منفی و از ۰/۳۵- تا ۰/۸۲- برای فاصله زایش تا اولین تلقیح و از ۰/۰۸- تا ۰/۴۵- برای روزهای باز متغیر بود. این نتایج با یافته‌های پیشین مطابقت دارد (Dikmen *et al.*, 2012؛ Kamel *et al.*, 2019؛ Ebrahimi *et al.*, 2023)، که همبستگی ژنتیکی منفی بین دمای رکتوم و باروری را گزارش کردند. نتایج فوق نشان می‌دهد که همبستگی ژنتیکی نامطلوبی بین روزهای باز، فاصله زایش تا اولین تلقیح و تحمل گرما وجود دارد، و ادامه انتخاب برای آبستنی موفق در شرایط تنش گرمایی، باروری را تحت شرایط تنش گرمایی کاهش می‌دهد.



شکل ۴- تخمین همبستگی ژنتیکی بین روزهای باز، فاصله زایش تا اولین تلقیح و THI (خطای استاندارد) روی DIM
Figure 4. Estimated genetic correlations between open days and calving interval to first inseminetion and heat tolerance (and standard errors [bars]) on days in milk (DIM)

جدول ۲- وراثت‌پذیری و اجزای واریانس صفات روز باز و فاصله زایش تا اولین تلقیح در THI=72
Table 2. Heritability and Variance component of open days and calving interval to first inseminetion in THI=72

صفات Traits	اجزاء واریانس Variances components			
	وراثت‌پذیری H^2	ژنتیک افزایشی Additive Genetic	محیطی دائم Permanent Environment	باقیمانده Residual
روزهای باز open days	0.042±0.05	0.14±0.02	0.11±0.01	0.48±0.02
فاصله زایش تا اولین تلقیح calving interval to first inseminetion	0.079±0.006	0.09±0.002	0.06±0.005	0.26±0.02

جدول ۳- تأثیر تغییرات فصلی بر صفات مورد مطالعه
Table 3. The influences of seasonal changes on the studied traits

صفت Trait	بهار Spring	تابستان Summer	پائیز Fall	زمستان Winter
تولید شیر Milk yield	35.9 ± 0.45^{a}	32.8 ± 0.31^{b}	33.2 ± 0.72^{b}	35.3 ± 0.29^{ab}
فاصله زایش تا اولین تلقیح calving interval to first inseminetion	61.4 ± 0.39^{ab}	69.71 ± 0.41^{a}	60.21 ± 0.28^{ab}	54.64 ± 0.66^{b}
روزهای باز open days	122.15 ± 0.33^{ab}	135.41 ± 0.54^{a}	110.8 ± 0.71^{b}	100.07 ± 0.96^{b}
SCS	4.5 ± 0.05^{ab}	5.1 ± 0.25^{a}	4.3 ± 0.07^{ab}	3.6 ± 0.14^{b}

نتایج نشان می‌دهد که تنش گرمایی سبب کاهش عملکرد تولیدمثلی می‌شود. عملکرد تولیدمثلی گاو تحت تأثیر دمای محیط بوده و عواملی مانند رطوبت نسبی، درجه تابش آفتاب، فشار جوی و سرعت وزش باد، شدت آن‌را تشدید می‌کنند. فعالیت عملکردی حیوان تحت‌تأثیر تنش گرمایی اختلال می‌یابد که نتیجه ناکارآمدی تنظیم دمای بدن می‌باشد. همراه با تنش گرمایی تغییر هورمونی سبب افزایش ترشح پرولاکتین خون، کاهش ترشح LH و تضعیف بلوغ فولیکولی شده و به‌طور مستقیم بر بروز فحلی تأثیر می‌گذارد. در نتیجه این تغییرات شناسایی دام‌های فحل در گرم‌ترین ساعات روز کاهش یافته و حتی کاهش میزان استرادیول می‌تواند سبب سرکوب بروز علایم فحلی و در نتیجه فحلی خاموش شود.

در شرایط تنش گرمایی همراه با کاهش بروز فحلی، افزایش کیست تخمدان، افزایش فحلی خاموش، افزایش سقط جنین و مرگ زودرس جنین، کاهش نرخ آبستنی، افزایش دمای رحم و کاهش خون‌رسانی به رحم گزارش شده است، که همگی سبب افزایش فاصله زایش می‌شوند (Dikmen *et al.*, 2012).

برآورد مؤلفه‌های واریانس و وراثت‌پذیری صفات SCS

نتایج نشان داد که در نقطه THI>64 شاهد افزایش سطح SCS بودیم (شکل ۱). محققان مختلفی آستانه THI از ۶۰ تا ۶۶ برای SCS گزارش کرده‌اند (Hammami *et al.*, 2015). برآوردهای وراثت‌پذیری در THI ≤ 72 ۰/۰۸ بود. وراثت‌پذیری تحت (THI = 78) ۰/۱۰۳ به‌دست آمد، که در محدوده برآوردهای وراثت‌پذیری گزارش شده پیشین (Santana *et al.*, 2017) قرار داشت. همبستگی ژنتیکی تحمل حرارتی در طول روزهای شیردهی مثبت و از ۰/۱+ تا ۰/۴۳+ متغیر بود. این امر نشان می‌دهد که ادامه انتخاب برای SCS پایین‌تر، همچنین پاسخ انتخاب مثبتی را در توانایی گاو برای پاسخ‌دهی در شرایط تنش گرمایی ایجاد می‌کند.

هنگامی‌که مقادیر THI از یک آستانه فراتر رفت (THI = 72)، برآوردهای وراثت‌پذیری و واریانس‌های ژنتیکی با افزایش THI برای SCS تفاوتی نداشت (شکل ۴)، ولی واریانس PE با افزایش THI افزایش یافت.

در تحقیقی (Atagi *et al.*, 2018) میانگین وراثت‌پذیری در دوران شیردهی را ۰/۰۶تحت THI = 60 و ۰/۰۷ تحت THI = 80 برای SCS برآورد کردند.

تنش گرمایی همچنین می‌تواند باعث شود گاوها SCS بالایی به‌دلیل تضعیف سیستم ایمنی و در نهایت تسهیل بروز

عفونت پستان، نشان دهند (Pragna *et al.*, 2017). دما و رطوبت بالا برای ایجاد باکتری‌های ایجاد کننده ورم پستان مانند استرپتوکوک‌ها و کلیفرم‌ها بسیار مطلوب است. امتیاز سلول‌های سوماتیک با سطوح دما و رطوبت یا تغییرات غیرمنتظره افزایش می‌یابد. در این شرایط، در جستجوی آسایش حرارتی، گاوها تمایل دارند رفتار خود را تغییر دهند، در جایی‌که خنک‌تر است ایستاده یا دراز بکشند و زمان کمتری را برای تغذیه صرف کنند. در طول تنش گرمایی شدید، گاوها برای تنظیم دمای بدن در گل غوطه‌ور شده و معمولاً پستان‌های گل‌آلود آنها شسته می‌شود و دوشیدن این‌گونه پستان‌های مرطوب باعث می‌شود تا حیوانات بیشتر مستعد ابتلا به بیماری‌های بین پستانی شوند. در نتیجه، قرار گرفتن نوک پستان در معرض باکتری‌ها افزایش یافته و بدن دیگر با ایمنی کامل پاسخ نمی‌دهد (Vermunt & Tranter, 2011).

تغییر در SCS تأثیر بسیار مخربی بر ترکیب و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر، مانند ماندگاری محصولات لبنی دارد (Li *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای (Carabaño *et al.*, 2014)، محدودیت‌های آسایش گرمایی THI = 59 را برای SCS در هلشتاین اسپانیایی شناسایی و تأکید کردند که تأثیر تنش گرمایی در حیواناتی که قبلاً ورم پستان داشتند، بیشتر است. همچنین محققین دیگری (Bernabucci *et al.*, 2014) گزارش کردند که کیفیت پایین به‌دلیل SCS منجر به کاهش قیمت شیر به دامدار می‌شود. فراوانی بیشتر ورم پستان در گاوهای شیری در طول تنش گرمایی می‌تواند دلیلی باشد که دمای بالا بقا و تکثیر جمعیت ناقل‌های بیماری‌زا مرتبط با شرایط گرم و مرطوب را تسهیل می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عمکرد تولیدی، تولیدمثلی و SCS به‌میزان قابل ملاحظه‌ای تحت‌تأثیر شاخص دما–رطوبت قرار می‌گیرد. با توجه به این موضوع که پتانسیل ژنتیکی حیوانات تحت‌تأثیر تنش گرمایی متفاوت می‌باشد، با توجه به تغییرات جهانی دما، توصیه می‌شود اثر مقاومت حیوان به تنش گرمایی به‌عنوان یک عامل مؤثر در شاخص‌های ارزیابی گاوهای نر و مولد ممتاز قرار گیرد تا منجر به تولید و پرورش حیوانات مقاوم‌تری در گله‌ها به‌ویژه در مناطق گرمسیری شود. بین شرایط گرمای خنثی و تنش گرمایی همبستگی ژنتیکی منفی برای آبستنی وجود دارد. بنابراین، ادامه انتخاب برای باروری بیشتر بدون توجه به شرایط تنش گرمایی منجر به افزایش بیشتر حساسیت به تنش گرمایی خواهد شد. از سوی دیگر، یک همبستگی ژنتیکی مثبت برای SCS بین تنش خنثی و گرمایی شناسایی کردیم، از این‌رو ادامه انتخاب برای SCS پایین‌تر نیز پاسخ انتخاب مطلوبی را برای SCS تحت تنش گرمایی به‌همراه خواهد داشت.

References

Aguilar, I., Misztal, I., & Tsuruta, S. (2010). Genetic trends of milk yield under heat stress for US Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1754-1758.

Atagi, Y., Onogi, A., Osawa, T., Yasumori, T., Adachi, K., Yamaguchi, S., & Iwata, H. (2018). Effect of heat stress on production traits of Holstein cattle in Japan: Parameter estimation using test day records of first parity and genome wide markers. *Interbull Bulletin*, 53, 9–16.

Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *97*(1), 471-486.

Bitaraf Sani, M., Aslaminejad, A.A., & Seyeddokht, A. (2013). Genetic evaluation of age at first calving, open days and milk production of holstein cattle in iran. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 5(1), 62-68. [In Persian].

Brügemann, K., Gernand, E., König von Borstel, U., & König, S. (2011). Genetic analyses of protein yield in dairy cows applying random regression models with time dependent and temperature×humidity-dependent covariates. *Journal of Dairy Science*, 94(8), 4129-4139.

Carabaño, M., Bachagha, J., Romón, K., & Díaz, M. (2014). Modeling heat stress on Holstein cows under hot and dry conditions: Selection tools. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7889–7904.

Chebel, R. C., Santos, J. E., Reynolds, J. P., Cerri, R. L., Juchem, S. O., & Overton, M. (2004). Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 84(3-4), 239-255.

Dikmen, S., & Hansen, P.J. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a sub-tropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92(1), 109–116.

Dikmen, S., Cole, J. B., Null, D. J., & Hansen, P. J. (2012). Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3401-3405.

Ebrahimi, K. H., Rokouei, M., Dashab, G. R., Faraji-Arouq, H., Maghsoudi, A., & Hasani-Baferani, A. (2023). Meta-Analysis of Various Environmental and Genetic Parameters of Fertility Related Traits in Dairy Cows. *Research On Animal Production*, 13(38), 162-175 [In Persian].

Freitas, M. S., Misztal, I., Bohmanova, J., & West, J. (2006). Utility of on- and off-farm weather records for studies in genetics of heat tolerance. *Livestock Science*, 105(1-3), 223-228.

Garner, J. B., Douglas, M., Williams, S. R. O., Wales, W. J., Marett, L. C., DiGiacomo, K., ... & Hayes, B. J. (2017). Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. *Animal Production Science*, 57(7), 1233-1241.

Ghavi Hossein-Zadeh, N., Mohit, A., & Azad, N. (2013). Effect of temperature-humidity index on productive and reproductive performances of Iranian Holstein cows. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 14(2), 106-112.

Hammami, H., Bormann, J., M'hamdi, N., Montaldo, H. H., & Gengler, N. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1844–1855.

Hammami, H., Vandenplas, J., Vanrobays, M. L., Rekik, B., Bastin, C., & Gengler, N. (2015). Genetic analysis of heat stress effects on yield traits, udder health, and fatty acids of Walloon Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4956-4968.

Hansen, P. J. (2007). Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology*, 68, S242-S249.

Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestoc Production Science*, 77(1), 59–91.

Kamel, K., Hafezian, S. H., & Gholizadeh, M. (2019). Estimation of Genetic Parameters for Production and Reproduction Traits of Holstein Cows of Mazandaran Province using Bayesian Approach. *Research On Animal Production*, 10(25), 104-111 [In Persian].

Li, N., Richoux, R., Boutinaud, M., Martin, P., & Gagnaire, V. (2014). Role of somatic cells on dairy processes and products: a review. *Dairy Science and Technology*, 94, 517–538.

Li, Q., Yang, C., Du, J., Zhang, B., He, Y., Hu, Q., ... & Zhong, J. (2018). Characterization of miRNA profiles in the mammary tissue of dairy cattle in response to heat stress. *BMC Genomics*, *19*, 1-11.

Misztal, I., Tsuruta, S., Strabel, T., Auvray, B., Druet, T., & Lee, D. H. (2002). BLUPF90 and related programs (BGF90). *In Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production*, 28(7), 743.

Peana, I., Fois, G., & Cannas, A. (2007). Effects of heat stress and diet on milk production and feed and energy intake of Sarda ewes. *Journal of Animal Science*, 6(1), 577-579.

Pragna, P., Archana, P. R., Allena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E. K., Varma, G., & Bhatta, R. (2017). Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 12, 1–11.

Ravagnolo, O., & Misztal, I. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science*, 83, 2126–2130.

Santana, M.L., Bignardi, J. R., Pereira, A. B., Stefani, R. J., & El Faro, G. (2017). Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. *Animal*, 11(1), 4–14.

Schukken, Y. H., Leslie, K. E., Weersink, A. J., & Martin, S. W. (1992). Ontario bulk milk somatic cell count reduction program. 2. Dynamics of bulk milk somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, 75(12), 3359-3366.

Statistical Analysis System, (SAS). (2003). SAS 9.1. 3 help and documentation. *SAS Institute Inc., Cary; NC, USA.*

Toghiani Pozveh, S., Shadparvar, A. A., Moradi Shahrbabak, M., & Dadpasand Taromsari, M. (2009). Genetic analysis of reproduction traits and their relationship with conformation traits in Holstein cows. *Livestock Production Science*, 125(1), 84–87.

Van Raden, P. M., Sanders, A. H., Tooker, M. E., & Miller, R. H. (2004). Development of a national genetic evaluation for cow fertility. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2285-2292.

Vermunt, J. J., & Tranter, B. P. (2011). Heat stress in dairy cattle–a review, and some of the potential risks associated with the nutritional management of this condition. *Australian Veterinary Association.* 212-221.

West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144.