

## واکاوی ژنتیکی واریانس باقی مانده صفات اولیه رشد در بز مورسیانا-گرانادینا

شماره صفحات

۳۶-۲۳

محمد محسنی تکلوا<sup>۱</sup>، مسعود اسدی فوزی<sup>۲</sup> و مرتضی مختاری<sup>۳</sup>

۱، ۲، ۳ و ۴) گروه علوم دامی، دانشگاه شهیدباهنر، کرمان، ایران.

نویسنده مسئول\*: mohammadmohseni@agr.uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

## چکیده

هدف از پژوهش کنونی، واکاوی ژنتیکی واریانس باقی مانده صفات اولیه رشد شامل وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش ماهگی در بز نژاد مورسیانا-گرانادینا بود. داده های مورد استفاده شامل ۲۲۲۵۳، ۸۰۰۵ و ۲۸۲۰ رکورد به ترتیب برای وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش ماهگی بودند، که طی سال های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۳ در یک مجتمع پرورشی صنعتی واقع در استان کرمان جمع آوری شد. اطلاعات شجره شامل ۳۵۱۲۱ رأس دام با میانگین ضریب همخوانی ۰/۲۹ درصد بود. برای برآورد اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی، شش مدل حیوانی تک صفت با ترکیب های مختلف اثرات تصادفی مورد بررسی قرار گرفت و انتخاب مدل مناسب بر اساس کمترین مقدار معیار اطلاعات بیزی انجام شد. برای بررسی ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی مانده، از رویکرد دو مرحله ای استفاده شد. نتایج نشان داد که اثرات ثابت شامل سال تولد، ماه تولد، جنس، نوع تولد و سن مادر بر صفات رشد تأثیر معنی داری داشتند. وراثت پذیری مستقیم برای وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش ماهگی به ترتیب  $0.045 \pm 0.011$ ،  $0.104 \pm 0.022$  و  $0.105 \pm 0.040$  برآورد شد. وراثت پذیری واریانس باقی مانده برای این صفات به ترتیب  $0.006 \pm 0.014$ ،  $0.005 \pm 0.014$  و  $0.002 \pm 0.015$  بود که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی کم برای واریانس باقی مانده این صفات است. ضریب تغییرات ژنتیکی واریانس باقی مانده صفات وزن تولد، وزن شیرگیری و وزن شش ماهگی به ترتیب ۱۹/۸، ۱۰/۵ و ۲/۲ درصد محاسبه شد. نتایج نشان داد که بهبود عوامل مدیریتی و محیطی نقش مؤثرتری در افزایش یکنواختی صفات رشد نسبت به انتخاب ژنتیکی دارد.

کلمات کلیدی: اجزای واریانس، اثرات مادری، مدل حیوانی، وراثت پذیری و یکنواختی عملکرد.

## مقدمه

صفات اولیه رشد از مهم‌ترین صفات اقتصادی در سیستم‌های پرورش بز محسوب می‌شوند، زیرا این صفات نقش کلیدی در بقا، سلامت، کارایی تولیدی و در نهایت سودآوری گله دارند. امروزه یکنواختی در محصولات دامی قابل عرضه به بازار به‌عنوان یک معیار اقتصادی و مشتری‌محور شناخته می‌شود و نقش مهمی در افزایش قابلیت پیش‌بینی تولید و بهبود کارایی سیستم‌های دامپروری دارد (Mulder *et al.*, 2008). وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش‌ماهگی به‌عنوان شاخص‌های اصلی رشد اولیه، به‌طور مستقیم با توان زنده‌مانی بزغاله‌ها، سرعت رشد، کارایی تغذیه و عملکرد تولیدی در مراحل بعدی زندگی ارتباط دارند (Mokhtari *et al.*, 2024). بزغاله‌هایی با وزن تولد و وزن از شیرگیری بیشتر معمولاً در برابر تنش‌های محیطی مقاوم‌تر هستند و احتمال بقا و موفقیت آن‌ها در سیستم‌های پرورشی افزایش می‌یابد (Mokhtari *et al.*, 2024). از این‌رو، این صفات همواره مورد توجه برنامه‌های اصلاح نژادی و مدیریتی در صنعت پرورش بز قرار داشته‌اند (Mokhtari *et al.*, 2024). تظاهر فنوتیپی صفات اولیه رشد نتیجه اثر متقابل عوامل ژنتیکی و محیطی است. در این میان، اثرات مادری شامل اثرات ژنتیکی مادری و محیط دائمی مادر نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری این صفات ایفا می‌کنند، به‌ویژه در مراحل ابتدایی زندگی که بزغاله به‌شدت تحت تأثیر وضعیت فیزیولوژیکی، تغذیه و رفتار مادری قرار دارد (Mokhtari *et al.*, 2024). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که وراثت‌پذیری مستقیم صفات اولیه رشد در بز معمولاً کم تا متوسط است که این موضوع بیانگر تنوع ژنتیکی محدود برای این صفات می‌باشد و می‌تواند دستیابی به پیشرفت ژنتیکی سریع از طریق انتخاب مستقیم را با چالش مواجه سازد (Mokhtari *et al.*, 2024). با این حال، وجود همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی مثبت بین صفات اولیه رشد این امکان را فراهم می‌سازد که انتخاب برای یک صفت منجر به بهبود سایر صفات مرتبط نیز شود. افزون بر این، توجه به یکنواختی صفات رشد، به‌ویژه وزن بدن، می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری گله و کاهش نوسانات تولید ایفا کند و از نظر اقتصادی مزایای قابل‌توجهی به همراه داشته باشد (Ehsaninia, 2023). نژاد بز مورسیانا-گرانادینا یکی از نژادهای مهم شیری در اسپانیا است که از تلاقی نژادهای مورسیانا و گرانادینا در جنوب شرقی این کشور به‌وجود آمده است. این نژاد به دلیل ویژگی‌هایی مانند جثه متوسط، سازگاری بالا با شرایط محیطی مختلف، و توان تولیدی مناسب، جایگاه ویژه‌ای در سیستم‌های پرورشی مناطق مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک دارد (Mokhtari *et al.*, 2024). بز مورسیانا-گرانادینا عمدتاً برای تولید شیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در تولید گوشت نیز نقش دارد و به‌ویژه در شرایطی که سایر دام‌ها عملکرد مطلوبی ندارند، می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای تولید پایدار باشد. علاوه بر این، این نژاد به کشورهای مختلف از جمله ایران منتقل شده و در برنامه‌های تلاقی با هدف بهبود عملکرد تولیدی و افزایش کارایی نژادهای بومی به‌کار گرفته شده است. در چنین شرایطی، شناخت دقیق ویژگی‌های رشد و ساختار ژنتیکی این نژاد، به‌ویژه در مراحل اولیه زندگی، برای طراحی برنامه‌های اصلاح نژادی مؤثر ضروری به نظر می‌رسد (Mokhtari *et al.*, 2024). در ارزیابی‌های ژنتیکی صفات تولیدی، معمولاً فرض همگنی واریانس باقی مانده در میان سطوح مختلف محیطی

در نظر گرفته می‌شود، در حالی که شواهد متعددی نشان می‌دهد این فرض در شرایط واقعی تولید همواره برقرار نبوده و ناهمگنی واریانس باقی مانده در داده‌های حاصل از محیط‌ها و شرایط مدیریتی مختلف مشاهده می‌شود (Visscher & Hill, 1992).

واریانس باقی مانده به بخشی از واریانس اطلاق می‌شود که پس از در نظر گرفتن اثرات مربوط به عوامل شناخته شده (ثابت و تصادفی) در مدل، همچنان توضیح داده نشده باقی می‌ماند و بیانگر اختلاف بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده است (Sae- Lim et al., 2016). در ارزیابی‌های ژنتیکی صفات تولیدی، معمولاً فرض همگنی واریانس باقی مانده در نظر گرفته می‌شود، در حالی که وجود سطوح مختلف تولید، تفاوت‌های محیطی و تغییرات مدیریتی می‌تواند این فرض را نقض کرده و بر نتایج ارزیابی و رتبه‌بندی ارزش‌های اصلاحی تأثیر بگذارد (Neves et al., 2011). یکی از فرض‌های اساسی در این مدل‌ها، همگنی واریانس باقی مانده است؛ به این معنا که واریانس باقی مانده برای تمام دام‌ها و در تمام شرایط محیطی ثابت در نظر گرفته می‌شود. این فرض نقش مهمی در صحت استنباط‌های آماری دارد و نقض آن می‌تواند منجر به برآوردهای ناکارا، خطاهای استاندارد نادرست و در نهایت استنتاج‌های گمراه‌کننده شود (Ehsaninia et al., 2019). در سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران به مفهوم ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی مانده افزایش یافته است. ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی مانده نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در حساسیت دام‌ها نسبت به تغییرات ریزمحیطی بوده و بیانگر تفاوت ژنوتیپ‌ها در پایداری عملکرد است (Ehsaninia et al., 2019). عوامل متعددی از جمله تفاوت‌های محیطی، شرایط مدیریتی، سطح تولید و تنوع سیستم‌های پرورشی می‌توانند به‌عنوان منابع اصلی ایجاد ناهمگنی واریانس‌های ژنتیکی و باقی مانده در جمعیت‌های دامی مطرح باشند (Ibáñez-Escriche et al., 2008). دام‌هایی که دارای واریانس باقی مانده کمتر هستند، معمولاً عملکرد یکنواخت‌تری در شرایط محیطی مختلف از خود نشان می‌دهند. نادیده گرفتن ناهمگنی واریانس‌های ژنتیکی و باقی مانده در ارزیابی‌های ژنتیکی می‌تواند موجب کاهش دقت برآورد ارزش‌های اصلاحی، ایجاد سوگیری در رتبه‌بندی دام‌ها و در نهایت کاهش میزان پیشرفت ژنتیکی حاصل از برنامه‌های اصلاح نژادی شود (Kizilkaya et al., 2012; Tempelman & Lino-Lourenço et al., 2005). این ویژگی از نظر مدیریتی و اقتصادی اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب برای کاهش واریانس باقی مانده می‌تواند منجر به یکنواختی بیشتر عملکرد در شرایط محیطی مختلف شود و قابلیت پیش‌بینی تولید را افزایش دهد (Sae-Lim et al., 2016; Ehsaninia et al., 2019; Ehsaninia, 2023). نادیده گرفتن ناهمگنی واریانس باقی مانده در ارزیابی‌های ژنتیکی می‌تواند منجر به کاهش پاسخ به انتخاب، پیشرفت ژنتیکی کمتر از حد انتظار و ایجاد تغییرات کاذب در رتبه‌بندی دام‌ها بر اساس ارزش اصلاحی شود (Ehsaninia et al., 2020). علاوه بر این، انتخاب برای کاهش واریانس باقی مانده می‌تواند به بهبود رفاه دام و کاهش بروز مشکلات ناشی از تنش‌های محیطی کمک کند. با وجود اهمیت بالای صفات اولیه رشد و نقش بالقوه ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی مانده در بهبود یکنواختی عملکرد، اطلاعات موجود در زمینه برآورد پارامترهای ژنتیکی این ویژگی‌ها در بز، به‌ویژه در نژادهای شیری، محدود است. پیچیدگی ساختار ژنتیکی صفات رشد، نقش پررنگ اثرات مادری و برهم‌کنش‌های ژنتیکی-محیطی از جمله عواملی هستند که انجام مطالعات جامع در این زمینه

را با دشواری مواجه ساخته‌اند (Mokhtari *et al.*, 2024). این در حالی است که در سایر گونه‌های دامی، توجه به واریانس باقی مانده و ناهمگنی آن نتایج امیدوارکننده‌ای در بهبود یکنواختی و کارایی تولید نشان داده است. بنابراین، هدف این مطالعه بررسی ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی مانده صفات وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش ماهگی در بز مورسیانا-گرانادینا و ارزیابی اهمیت این ویژگی در بهبود یکنواختی عملکرد و کارایی تولیدی در برنامه‌های اصلاح نژادی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های بزهای نژاد مورسیانا-گرانادینا استفاده شد که در سال ۱۳۹۴ از کشور اسپانیا به ایران وارد شده و در یک مجتمع پرورشی صنعتی واقع در شهرستان قلعه گنج استان کرمان نگهداری و پرورش داده شدند. داده‌های مورد استفاده طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۳ در این مجتمع جمع‌آوری شده‌اند. هدف از ایجاد این مجتمع، پرورش بزهای نژاد مورسیانا-گرانادینا، افزایش تولید، توزیع دام‌های مولد در منطقه، کمک به بهبود ژنتیکی بزهای بومی و در نهایت ارتقای معیشت پرورش‌دهندگان بوده است. اطلاعات شجره شامل ۳۵۱۲۱ رأس دام بود که از این تعداد، ۹۳۷ رأس نر و ۱۱۳۲۸ رأس ماده شناسایی شدند. تعداد ۳۱۵۴۳ رأس دارای اطلاعات کامل پدر و مادر بودند. میانگین ضریب همخونی کل جمعیت ۰/۲۹ درصد و حداکثر آن ۳۱/۲۵ درصد بود. جزئیات کامل ساختار شجره در جدول ۱ ارائه شده است. این اطلاعات برای تشکیل ماتریس روابط خویشاوندی عددی در تمامی تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱. ساختار شجره نامه جمعیت بز مورسیانا-گرانادینا

Table 1. Pedigree structure of the Murciano-Granadina goat population

| مشخصه<br>Item                                                                                         | تعداد/مقدار<br>Numbers |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| کل افراد<br>Individuals in total                                                                      | 35121                  |
| کل افراد همخون<br>Inbreds in total                                                                    | 2484                   |
| کل نرها<br>Sires in total                                                                             | 937                    |
| کل ماده‌ها<br>Dams in total                                                                           | 11328                  |
| افراد با والدین شناخته شده<br>Individuals with both parents known                                     | 31543                  |
| افراد با والدین ناشناخته<br>Individuals with both parents unknown                                     | 3358                   |
| افراد با یک والد ناشناخته<br>Individuals with one parent unknown                                      | 220                    |
| میانگین ضریب همخونی (درصد)<br>Average inbreeding coefficients (percent)                               | 0.29                   |
| میانگین ضریب همخونی در افراد همخون (درصد)<br>Average inbreeding coefficients in the inbreds (percent) | 4.07                   |
| حداکثر ضریب همخونی (درصد)<br>Maximum of inbreeding coefficients (percent)                             | 31.25                  |
| حداقل ضریب همخونی (درصد)<br>Minimum of inbreeding coefficients (percent)                              | 0.10                   |

صفات اولیه رشد مورد بررسی در پژوهش کنونی شامل وزن تولد (BWT)، وزن از شیرگیری (WWT) و وزن شش‌ماهگی (6MW) بودند. آمار توصیفی صفات بررسی شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی صفات اولیه رشد در بز مورسیانا-گرانادینا  
Table 2. Descriptive statistics of early growth traits in the Murciano-Granadina goat

| مشخصه<br>Item                                                        | صفات<br>Traits  |                       |                     |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
|                                                                      | وزن تولد<br>BWT | وزن از شیرگیری<br>WWT | وزن شش‌ماهگی<br>6MW |
| تعداد رکورد<br>No. of records                                        | 22253           | 8005                  | 2820                |
| میانگین (کیلوگرم)<br>Mean (kg)                                       | 2.43            | 10.12                 | 16.86               |
| انحراف معیار (کیلوگرم)<br>S.D. (kg)                                  | 0.42            | 1.25                  | 3.83                |
| ضریب تغییرات (درصد)<br>C.V. (%)                                      | 17.28           | 12.35                 | 22.72               |
| حداقل (کیلوگرم)<br>Min. (kg)                                         | 1.10            | 8.00                  | 8.60                |
| حداکثر (کیلوگرم)<br>Max. (kg)                                        | 6.00            | 23.90                 | 33.50               |
| تعداد ماده‌ها<br>No. of dams                                         | 7166            | 3903                  | 1912                |
| میانگین تعداد نتاج به ازای هر ماده<br>Average No. of progeny per dam | 3.11            | 2.05                  | 1.47                |
| تعداد نرها<br>No. of Sires                                           | 648             | 523                   | 279                 |
| میانگین تعداد نتاج به ازای هر نر<br>Average No. of progeny per sire  | 34.34           | 15.30                 | 10.11               |

BWT: birth weight, WWT: weaning weight, 6MW: six months weight

برای تصحیح اثر عوامل محیطی و مدیریتی، اثرات ثابت شامل سال تولد، ماه تولد، جنس بزغاله، نوع تولد (تک‌قلو یا چندقلو)، سن مادر در زمان زایش (بر حسب سال) برای تمامی صفات در مدل‌ها در نظر گرفته و ارزیابی شدند؛ همچنین سن دام در زمان ثبت رکورد به‌عنوان متغیر کمکی برای صفات وزن از شیرگیری (WWT) و وزن شش‌ماهگی (6MW) در نظر گرفته شد. برای برآورد اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی هر یک از صفات رشد، شش مدل حیوانی تک‌صفتی با ترکیب‌های مختلفی از اثرات تصادفی شامل اثرات ژنتیکی افزایشی مستقیم، ژنتیکی افزایشی مادری و محیط دائمی مادری، برازش شدند. این مدل‌ها به‌صورت زیر تعریف شدند:

$$\text{Model 1: } y = Xb + Z_1a + e \quad (\text{مدل ۱})$$

$$\text{Model 2: } y = Xb + Z_1a + Z_2pe + e \quad (\text{مدل ۲})$$

$$\text{Model 3: } y = Xb + Z_1a + Z_3m + e \quad \text{Cov}(a, m) = 0 \quad (\text{مدل ۳})$$

$$\text{Model 4: } y = Xb + Z_1a + Z_3m + e \quad \text{Cov}(a, m) = A\sigma_{am} \quad (\text{مدل ۴})$$

$$\text{Model 5: } y = Xb + Z_1a + Z_2pe + Z_4m + e \quad (\text{مدل ۵})$$

$$\text{Model 6: } y = Xb + Z_1a + Z_2pe + Z_3m + e \quad \text{Cov}(a, m) = 0 \quad (\text{مدل ۶})$$

در این مدل‌ها،  $y$  بردار مشاهدات صفات مورد بررسی است. بردارهای  $b, a, m, pe$  و  $e$  به ترتیب نشان‌دهنده اثرات ثابت، اثرات ژنتیکی افزایشی مستقیم، اثرات ژنتیکی مادری، اثرات محیط دائمی مادری و اثرات باقیمانده تصادفی هستند. ماتریس‌های  $X, Z_1, Z_2, Z_3$  و  $Z_4$  ماتریس‌های طرح متناظر با این اثرات می‌باشند. فرض شد که  $a \sim N(0, A\sigma_a^2)$ ،  $m \sim N(0, A\sigma_m^2)$ ،  $pe \sim N(0, I\sigma_{pe}^2)$  و  $e \sim N(0, I\sigma_e^2)$ ، که در آن  $A$  ماتریس روابط خویشاوندی عددی و  $I$  ماتریس همانی با ابعاد مناسب است. انتخاب مدل مناسب برای هر صفت بر اساس کمترین مقدار معیار اطلاعات بیزی (BIC) انجام شد (Pho et al., 2019). بر این اساس، مدل ۵ برای صفت وزن تولد، و مدل ۳ برای صفات وزن از شیرگیری و وزن شش‌ماهگی به‌عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها انتخاب شدند. برای بررسی ناهمگنی ژنتیکی واریانس باقی‌مانده صفات رشد، از یک رویکرد دو مرحله‌ای استفاده شد. در مرحله نخست، تحلیل ژنتیکی تک صفته برای هر صفت با استفاده از مدل منتخب انجام و باقیمانده‌های حاصل از برازش مدل استخراج گردید. سپس لگاریتم طبیعی توان دوم باقیمانده‌ها به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$y_{res} = \ln(e^2)$$

متغیر  $\ln(e^2)$  به‌عنوان شاخصی از واریانس باقی‌مانده در سطح رکورد در نظر گرفته شد و تحت تحلیل ژنتیکی با استفاده از مدل حیوانی قرار گرفت (Mulder et al., 2009).

در مرحله بعد، به‌منظور بررسی ارتباط ژنتیکی بین میانگین صفت و یکنواختی فنوتیپی آن، تحلیل‌های دوصفته بین هر یک از صفات رشد و متغیر  $\ln(e^2)$  انجام شد و همبستگی‌های ژنتیکی بین این صفات برآورد گردید. وراثت‌پذیری صفات رشد و وراثت‌پذیری واریانس باقی‌مانده برآورد شد. وراثت‌پذیری واریانس باقی‌مانده بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Mulder et al., 2009).

$$h_v^2 = \frac{\sigma_{Av}^2}{2\sigma_p^4 + 3\sigma_{Av}^2}$$

در این رابطه،  $h_v^2$  بیانگر وراثت‌پذیری واریانس باقی‌مانده،  $\sigma_{Av}^2$  نشان‌دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی مرتبط با واریانس باقی‌مانده (برآوردشده بر اساس متغیر  $\ln(e^2)$  و  $\sigma_p^2$  واریانس فنوتیپی صفت اصلی می‌باشد).

همچنین به‌منظور ارزیابی میزان تنوع ژنتیکی نسبی واریانس باقی‌مانده، ضریب تغییرات ژنتیکی (GCV) به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$GCV = \frac{\sigma_{Av}}{\sigma_e^2}$$

در این رابطه، GCV ضریب تغییرات ژنتیکی واریانس باقی‌مانده،  $\sigma_{Av}$  انحراف معیار ژنتیکی افزایشی مربوط به واریانس باقی‌مانده (صفت  $(\ln(e^2))$  و  $\sigma_e^2$  واریانس باقی‌مانده فنوتیپی صفت مورد بررسی می‌باشد (Mulder *et al.*, 2008 ; Mulder *et al.*, 2013).

کلیه تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی با استفاده از نرم‌افزار WOMBAT انجام شد (Meyer, 2013).

## نتایج و بحث

آمار توصیفی صفات وزن تولد (BWT)، وزن از شیرگیری (WWT) و وزن در شش‌ماهگی (6MW) در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین وزن تولد بزغاله‌های نژاد مورسیانا-گرانادینا برابر ۲/۴۳ کیلوگرم با دامنه وسیع ۱/۱۰ تا ۶/۰۰ کیلوگرم بود، که بیانگر تنوع قابل توجه اولیه رشد در این جمعیت است. ضریب تغییرات وزن تولد (۱۷/۲۸٪) نشان‌دهنده تنوع فنوتیپی متوسط این صفت بوده و می‌تواند حاصل اثرات هم‌زمان عوامل ژنتیکی، وضعیت تغذیه‌ای و شرایط فیزیولوژیک مادر در دوران آبستنی باشد (Mokhtari *et al.*, 2024). این سطح تنوع، همراه با حجم بالای داده‌ها (۲۲۲۵۳ رکورد از ۷۱۶۶ ماده با میانگین ۳/۱۱ نتاج/ماده)، پتانسیل مناسبی برای تشخیص اثرات ناهمگنی واریانس باقی‌مانده در مراحل بعدی تحلیل فراهم می‌کند. در مقابل، وزن شش‌ماهگی با ضریب تغییرات بالاتر (۲۲/۷۲٪) بیشترین تنوع فنوتیپی را در میان صفات مورد بررسی نشان داد. افزایش تغییرپذیری فنوتیپی با افزایش سن دام پدیده‌ای مورد انتظار است، زیرا اثرات تجمعی محیط، مدیریت، تغذیه پس از تولد و تفاوت‌های ژنتیکی فردی در مراحل بعدی رشد آشکارتر می‌شوند. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که اثرات مادری (ژنتیکی و محیطی دائمی) در سنین پیش از شیرگیری قوی بوده و پس از شیرگیری ناپدید یا به شدت کاهش می‌یابد (Meyer, 1992; Mokhtari *et al.*, 2012; de Souza *et al.*, 2022). میانگین‌های حداقل مربعات اثرات ثابت بر صفات رشد در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج جدول ۳ نشان داد که اثر سال تولد، ماه تولد و جنس بزغاله برای هر سه صفت مورد بررسی معنی‌دار بود ( $P < 0.01$ ). بزغاله‌های نر به‌طور معنی‌داری وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش‌ماهگی بیشتری نسبت به بزغاله‌های ماده داشتند. نتایج مشابهی در نژاد مائله گزارش شده است، به‌طوری‌که بزغاله‌های نر در وزن تولد و وزن شش‌ماهگی برتری معنی‌داری نسبت به ماده‌ها داشتند (Girma *et al.*, 2022). همچنین در نژادهای عربستانی و دمشقی، اثر جنسیت بر صفات رشد معنی‌دار بوده و بزغاله‌های نر در تمامی مراحل رشد وزن بیشتری نسبت به ماده‌ها نشان دادند که این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (Mohammed *et al.*, 2018). چنین الگویی به‌طور گسترده در مطالعات انجام‌شده روی بز مورسیانا-گرانادینا و سایر نشخوارکنندگان کوچک گزارش شده و نشان‌دهنده ثبات اثر جنس بر صفات اولیه رشد است (Mokhtari *et al.*, 2024).

جدول ۳. میانگین‌های حداقل مربعات اثرات ثابت بر صفات اولیه رشد  
Table 3. Least squares means of fixed effects on early growth traits

| اثر<br>Effect                            | صفات<br>Traits          |                         |                     |
|------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
|                                          | وزن تولد<br>BWT         | وزن از شیرگیری<br>WWT   | وزن شش‌ماهگی<br>6MW |
| سال تولد<br>Birth year                   | **                      | **                      | **                  |
| ماه تولد<br>Birth month                  | **                      | **                      | **                  |
| جنس بره<br>Sex of the kid                | **                      | **                      | **                  |
| نر<br>Male                               | 2.45±0.01 <sup>a</sup>  | 10.65±0.05              | 18.76±0.15          |
| ماده<br>Female                           | 2.25±0.01 <sup>b</sup>  | 10.13±0.05              | 16.73±0.13          |
| نوع تولد<br>Birth type of the kid        | **                      | **                      | **                  |
| تک‌قلو<br>Single                         | 2.51±0.01 <sup>a</sup>  | 10.50±0.05              | 17.84±0.12          |
| چندقلو<br>Multiple                       | 2.26±0.02 <sup>b</sup>  | 10.32±0.07              | 17.59±0.11          |
| سن مادر (سال)<br>Dam age (yr)            | **                      | **                      | ns                  |
| 1                                        | 2.13±0.01 <sup>d</sup>  | 10.29±0.06 <sup>b</sup> | 17.84±0.17          |
| 2                                        | 2.32±0.01 <sup>c</sup>  | 10.44±0.05 <sup>a</sup> | 17.89±0.15          |
| 3                                        | 2.39±0.01 <sup>b</sup>  | 10.28±0.05 <sup>b</sup> | 17.56±0.16          |
| 4                                        | 2.40±0.01 <sup>ab</sup> | 10.23±0.06 <sup>b</sup> | 17.72±0.17          |
| 5                                        | 2.43±0.01 <sup>a</sup>  | 10.38±0.07 <sup>a</sup> | 17.77±0.33          |
| سن در زمان ثبت رکورد<br>Age at recording | -                       | **                      | **                  |

\*\* معنی‌دار در سطح ۰.۰۱ (P<0.01)؛ ns: غیرمعنی‌دار؛ حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است.

نتایج جدول ۳ نشان داد که اثر سال تولد، ماه تولد و جنس بزغاله برای هر سه صفت مورد بررسی معنی‌دار بود (P<0.01). بزغاله‌های نر به‌طور معنی‌داری وزن تولد، وزن از شیرگیری و وزن شش‌ماهگی بیشتری نسبت به بزغاله‌های ماده داشتند. نتایج مشابهی در نژاد مائله گزارش شده است، به‌طوری‌که بزغاله‌های نر در وزن تولد و وزن شش‌ماهگی برتری معنی‌داری نسبت به ماده‌ها داشتند (Girma *et al.*, 2022). همچنین در نژادهای عربستانی و دمشقی، اثر جنسیت بر صفات رشد معنی‌دار بوده و بزغاله‌های نر در تمامی مراحل رشد وزن بیشتری نسبت به ماده‌ها نشان دادند که این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (Mohammed *et al.*, 2018). چنین الگویی به‌طور گسترده در مطالعات انجام‌شده روی بز مورسیانا-گرانادینا و سایر نشخوارکنندگان کوچک گزارش شده و نشان‌دهنده ثبات اثر جنس بر صفات اولیه رشد است (Mokhtari *et al.*, 2024). نوع تولد نیز اثر معنی‌داری بر تمام صفات رشد داشت، به‌طوری‌که بزغاله‌های تک‌قلو وزن بیشتری نسبت به بزغاله‌های چندقلو نشان دادند. کارایی بالاتر جفت در بزغاله‌های تک‌قلو، که ناشی از رقابت کمتر برای منابع جفتی است، نقش مهمی در افزایش وزن تولد و متعاقباً وزن از شیرگیری این بزغاله‌ها ایفا می‌کند. این یافته با نتایج مطالعات دیگر همخوانی دارد که نشان داده‌اند بزغاله‌ها و بره‌های تک‌قلو به دلیل تخصیص بهتر مواد مغذی و رقابت کمتر برای منابع در رحم مادر، وزن تولد بالاتری نسبت به

چندقلوها دارند (Pesántez-Pacheco *et al.*, 2019). علاوه بر این، عوامل مادری نظیر سن و وضعیت بدنی مادر نیز بر وزن تولد تأثیرگذار هستند، به‌طوری که میش‌ها یا بزهای بالغ معمولاً فرزندی با وزن تولد بالاتر دارند که این امر می‌تواند به تفاوت‌های مشاهده‌شده بین بزغاله‌های تک‌قلو و چندقلو کمک کند (Pesántez-Pacheco *et al.*, 2019). اثر سن مادر برای وزن تولد و وزن از شیرگیری معنی‌دار بود، اما برای وزن شش‌ماهگی معنی‌دار نشد. بزهای جوان‌تر بزغاله‌هایی با وزن تولد کمتر تولید کردند، در حالی که بزهای مسن‌تر، به‌ویژه در سنین میانی، بزغاله‌هایی با وزن بالاتر داشتند. کاهش اثر سن مادر در وزن شش‌ماهگی نشان می‌دهد که با افزایش سن دام، اثرات مادری اولیه به‌تدریج تحت‌الشعاع عوامل محیطی پس از تولد و توان رشد ژنتیکی فرد قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج مطالعات پیشین، معنی‌دار بودن اثر سن مادر بر وزن تولد و وزن از شیرگیری به بهبود تدریجی توان مادری و افزایش تولید شیر با افزایش سن دام نسبت داده شده است، به‌طوری که دام‌های جوان‌تر به دلیل رشد ناقص، نتایجی با وزن کمتر تولید می‌کنند (Rahimi *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2023; Balasundaram *et al.*, 2023). در مقابل، کاهش یا عدم معنی‌داری اثر سن مادر در وزن شش‌ماهگی بیانگر تضعیف اثرات مادری اولیه و افزایش نقش عوامل محیطی پس از تولد و پتانسیل رشد ژنتیکی فرد است (Tesema *et al.*, 2021; Baba *et al.*, 2020; Malik *et al.*, 2016). همچنین گزارش شده است که وراثت‌پذیری بالاتر وزن در شش‌ماهگی، اهمیت عوامل ژنتیکی را در این سن تأیید کرده و این صفت را به شاخص مناسبی برای انتخاب در برنامه‌های اصلاح نژادی تبدیل می‌کند (Thiruvankadan *et al.*, 2011; Ghotbaldini *et al.*, 2019).

جدول ۴. مقادیر معیار اطلاعات بیزی (BIC) برای مدل‌های مختلف در صفات اولیه رشد  
Table 4. Bayesian Information Criterion (BIC) values for different models for early growth traits

| مدل<br>Model     | صفات<br>Traits   |                       |                     |
|------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
|                  | وزن تولد<br>BWT  | وزن از شیرگیری<br>WWT | وزن شش‌ماهگی<br>6MW |
| مدل ۱<br>Model 1 | -15457.33        | 10308.26              | 8710.15             |
| مدل ۲<br>Model 2 | -15677.62        | 10306.21              | 8707.67             |
| مدل ۳<br>Model 3 | -15634.71        | <b>10295.88</b>       | <b>8703.63</b>      |
| مدل ۴<br>Model 4 | -15627.18        | 10298.31              | 8704.69             |
| مدل ۵<br>Model 5 | <b>-15685.65</b> | 10303.84              | 8711.54             |
| مدل ۶<br>Model 6 | -15678.30        | 10306.14              | 8712.27             |

مقادیر معیار اطلاعات بیزی (BIC) برای مدل‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. برای وزن تولد، مدل ۵ که شامل اثرات ژنتیکی افزایشی مستقیم ( $a$ )، اثرات ژنتیکی افزایشی مادری ( $m$ ) و اثرات محیط دائمی مادری ( $pe$ ) بود، کمترین مقدار BIC را نشان داد. این نتیجه بیانگر اهمیت بالای اثرات مادری (به ویژه  $pe$ ) در تبیین تغییرات وزن تولد است و با مطالعات

پیشین هم‌خوانی دارد (Mokhtari et al., 2024; Ehsaninia, 2023). برای وزن از شیرگیری، مدلی شامل اثرات ژنتیکی مستقیم و مادری بدون در نظر گرفتن کوواریانس بین آن‌ها مناسب‌ترین مدل تشخیص داده شد که نشان‌دهنده تعامل محدود بین ژنوتیپ بزغاله و توان مادری تا زمان شیرگیری است. همچنین برای وزن شش‌ماهگی، مدل ۳ که شامل اثرات ژنتیکی افزایشی مستقیم ( $a$ ) و اثرات ژنتیکی افزایشی مادری ( $m$ ) بدون در نظر گرفتن کوواریانس بین آن‌ها بود، کمترین مقدار BIC را داشت؛ هرچند تفاوت مقادیر BIC بین مدل‌های مختلف در این صفت کمتر بود، که نشان‌دهنده کاهش تدریجی اهمیت اثرات مادری در سنین بالاتر است. برآورد اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی صفات اولیه رشد (جدول ۵) نشان داد که واریانس ژنتیکی افزایشی مستقیم برای هر سه صفت قابل توجه و معنی‌دار بود، که وجود تنوع ژنتیکی قابل استفاده برای اصلاح نژاد را تأیید می‌کند.

جدول ۵. اجزای واریانس و پارامترهای ژنتیکی میانگین و واریانس باقی‌مانده صفات اولیه رشد  
Table 5. Variance components and genetic parameters for the mean and residual variance of early growth traits

| صفت<br>Trait                                   | $\sigma_a^2$ | $\sigma_m^2$ | $\sigma_{pe}^2$ | $\sigma_e^2$ | $\sigma_p^2$ | $h^2 \pm SE$  | $m^2 \pm SE$ | $pe^2 \pm SE$ | GCV   |
|------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------|
| وزن تولد<br>BWT                                | 0.006        | 0.006        | 0.015           | 0.107        | 0.134        | 0.045±0.011   | 0.04±0.01    | 0.11±0.01     | 0.724 |
| واریانس باقی‌مانده<br>وزن تولد<br>BWTres       | 0.661        | -            | -               | 4.099        | 4.760        | 0.014±0.006   | -            | -             | 0.198 |
| وزن از شیرگیری<br>WWT                          | 0.155        | 0.032        | -               | 1.312        | 1.499        | 0.104±0.022   | 0.021±0.011  | -             | 0.300 |
| واریانس باقی‌مانده<br>وزن از شیرگیری<br>WWTres | 0.224        | -            | -               | 4.514        | 4.738        | 0.005±0.014   | -            | -             | 0.105 |
| وزن شش‌ماهگی<br>6MW                            | 0.831        | 0.368        | -               | 6.690        | 7.889        | 0.105±0.040   | 0.047±0.024  | -             | 0.136 |
| واریانس باقی‌مانده<br>وزن شش‌ماهگی<br>6MWres   | 0.012        | -            | -               | 5.024        | 5.036        | 0.0002±0.0015 | -            | -             | 0.022 |

(BWT: birth weight; WWT: weaning weight; 6MW: six months weight; res: residual variance of the trait.)

( $\sigma_a^2$ : واریانس ژنتیکی افزایشی مستقیم؛  $\sigma_m^2$ : واریانس ژنتیکی افزایشی مادری؛  $\sigma_{pe}^2$ : واریانس محیط دائمی مادری؛  $\sigma_e^2$ : واریانس باقی‌مانده؛  $\sigma_p^2$ : واریانس فنوتیپی؛  $h^2$ : وراثت‌پذیری مستقیم؛  $m^2$ : وراثت‌پذیری مادری؛  $pe^2$ : نسبت واریانس محیط دائمی مادری به واریانس فنوتیپی؛ GCV: ضریب تغییرات ژنتیکی ( $\sigma_a/\sigma_e^2$ )؛ SE: خطای استاندارد)

واریانس ژنتیکی مادری و محیط دائمی مادری برای وزن تولد و وزن از شیرگیری قابل توجه بود، اما سهم این اثرات در وزن شش‌ماهگی به‌طور محسوسی کاهش یافت. این یافته نشان می‌دهد که اثرات مادری عمدتاً به مراحل اولیه زندگی محدود می‌شوند. برآورد وراثت‌پذیری مستقیم برای BWT، WWT و 6MW در سطح پایین تا متوسط قرار داشت که با گزارش‌های انجام‌شده در گوسفند مطابقت دارد و نشان می‌دهد پاسخ به انتخاب ژنتیکی برای این صفات تدریجی اما امکان‌پذیر است (Ehsaninia, 2023). نتایج جدول ۵ اجزای واریانس مربوط به میانگین و واریانس باقی‌مانده صفات رشد را نشان می‌دهد. برای وزن تولد (BWT) و وزن از شیرگیری (WWT)، وجود واریانس ژنتیکی برای واریانس باقی‌مانده مشاهده شد، هرچند سهم این مؤلفه‌ها

بسیار محدود بود. این نتیجه نشان می‌دهد که علاوه بر تفاوت‌های ژنتیکی در میانگین عملکرد، تفاوت‌های ژنتیکی محدودی نیز در میزان نوسانات فردی این صفات وجود دارد. در مقابل، برای وزن شش‌ماهی (6MW)، واریانس ژنتیکی باقی‌مانده بسیار ناچیز برآورد شد که بیانگر آن است که یکنواختی عملکرد در این سن عمدتاً تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار دارد و نقش عوامل ژنتیکی در کنترل نوسانات فردی محدود است. این تفاوت بین صفات نشان می‌دهد که ناهمگنی واریانس باقی‌مانده در مراحل اولیه رشد برجسته‌تر از مراحل بعدی است. الگوی مشاهده‌شده در این مطالعه با نتایج گزارش‌شده در بز، گوسفند و گاو همخوانی دارد، به‌طوری‌که وجود تنوع ژنتیکی محدود برای واریانس باقی‌مانده صفات اولیه رشد در مطالعات مختلف گزارش شده است، در حالی که نقش عوامل محیطی و مدیریتی در کنترل نوسانات عملکرد معمولاً برجسته‌تر از اثرات ژنتیکی بوده است (Ehsaninia, 2023). اگرچه وجود تنوع ژنتیکی برای واریانس باقی‌مانده در BWT و WWT نشان می‌دهد که انتخاب ژنتیکی برای یکنواختی عملکرد از نظر تئوریک امکان‌پذیر است، اما با توجه به وراثت‌پذیری پایین این مؤلفه‌ها، انتظار پاسخ سریع و قابل توجه به انتخاب ژنتیکی واقع‌بینانه نیست. در چنین شرایطی، بهبود عوامل مدیریتی و تغذیه‌ای به‌ویژه تغذیه مادر در دوره آبستنی، مدیریت زایش و چندقلوژی، و یکنواختی شرایط تغذیه و نگهداری بزغاله‌ها پس از تولد می‌تواند نقش مؤثرتری در کاهش نوسانات وزن و افزایش یکنواختی عملکرد ایفا کند. از دیدگاه نظری اصلاح نژاد، مطالعاتی که به‌طور خاص بر انتخاب برای یکنواختی عملکرد تمرکز داشته‌اند نشان داده‌اند که حتی در شرایطی که وراثت‌پذیری واریانس باقی‌مانده پایین است، انتخاب ژنتیکی می‌تواند در بلندمدت به کاهش نوسانات عملکرد منجر شود (Mulder *et al.*, 2007). با این حال، شواهد حاصل از گونه‌های مختلف نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت، اثرات مدیریتی و محیطی در کنترل ناهمگنی عملکرد نقش تعیین‌کننده‌تری دارند و اغلب کاراتر از انتخاب ژنتیکی صرف عمل می‌کنند، در این راستا، تحقیقات در صنعت شیر نشان داده‌اند که اصلاحات مدیریتی نظیر بهبود سیستم‌های خنک‌کننده و تلقیح مصنوعی زمان‌بندی‌شده برای مقابله با تنش گرمایی و اثرات آن بر باروری و تولید شیر، به‌طور فوری‌تری نسبت به انتخاب ژنتیکی صرف برای تحمل گرما اجرا شده و نتایج مؤثرتری داشته‌اند (Misztal, 2022). همچنین، وجود تعامل‌های ژنوتیپ × محیط ( $G \times E$ ) و ژنوتیپ × مدیریت ( $G \times M$ ) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به تغییرات محیطی و مدیریتی نشان می‌دهند، که این امر می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر نتایج عملکردی تأثیرگذار باشد (Mulder, 2007; O'Neill *et al.*, 2010). بنابراین، یکپارچه‌سازی استراتژی‌های مدیریتی با انتخاب ژنتیکی برای تولید پایدار دام ضروری است، زیرا امکان سازگاری فوری با تغییرات محیطی را در حالی که بهبودهای ژنتیکی در حال توسعه هستند، فراهم می‌آورد (Kohila *et al.*, 2024; Rosa *et al.*, 2023). این یافته‌ها تأکید می‌کند که راهبردهای اصلاحی باید بر ترکیب بهبود مدیریت و تغذیه با برنامه‌های انتخاب ژنتیکی بلندمدت استوار باشند.

## نتيجه گيرى كلى

يافته‌هاى اين پژوهش نشان مى‌دهد كه بهبود صفات اوليه رشد در بز مورسيانا-گرانادينا نيازمند رويكردى يکپارچه از مديريت و ژنتيك است. اثر معنى دار عوامل غيرژنتيكي نظير سال و ماه تولد، جنس، نوع تولد و سن مادر بر صفات رشد ضرورت لحاظ كردن اين عوامل در آناليزهاى ژنتيكي و برنامه‌هاى اصلاح نژاد را تأييد مى‌كند. از منظر كاربردى، پرورش‌دهندگان مى‌توانند با كنترل فصل بزغاله‌زايى، مديريت مناسب نوع تولد و چندقلوزايى، و توجه به سن مادر در برنامه‌هاى زايش، به بهبود عملکرد رشد بزغاله‌ها كمك كنند. انتخاب مدل‌هاى مناسب بر اساس معيار اطلاعات بيزي نشان داد كه اثرات مادري، به‌ويژه اثر محيط دائمي مادري، در تبين تغييرات وزن تولد و وزن از شيرگيري نقش مهمي دارند، در حالي كه با افزايش سن دام، اهميت اين اثرات كاهش يافته و اثر ژنتيكي مستقيم در وزن شش ماهگي غالب مى‌شود. اين يافته اهميت سرمايه‌گذاري در بهبود شرايط تغذيه و بهداشت مادران در دوره آبستني و شيردهي را براي افزايش عملکرد رشد بزغاله‌ها برجسته مى‌كند. برآورد وراثت پذيري مستقيم صفات رشد در سطح پايين تا متوسط قرار داشت كه بيانگر امكان پاسخ تدريجي به انتخاب ژنتيكي است. وجود تنوع ژنتيكي محدود براي واريانس باقى مانده وزن تولد و وزن از شيرگيري نشان مى‌دهد كه انتخاب براي يكنواختي عملکرد از نظر تئوريك امكان پذير است، اما به دليل وراثت پذيري پايين، انتظار پاسخ سريع واقع بينانه نيست و بهبود عوامل مديريتي و تغذيه‌اي در كنترل ناهمگني عملکرد نقش تعيين كننده تري دارند. در مقابل، يكنواختي وزن شش ماهگي عمدتاً تحت تأثير عوامل مديريتي و محيطي قرار دارد. در مجموع، بهبود صفات اوليه رشد در اين نژاد مستلزم به كارگيري هم زمان راهبردهاى مديريتي و تغذيه‌اي در کوتاه مدت و برنامه‌هاى انتخاب ژنتيكي مبتني بر مدل‌هاى مناسب در بلندمدت است.

## سپاسگزارى

نويسندگان بر خود لازم مى‌دانند از تمامي كساني كه در انجام اين پژوهش يارى رسان بوده‌اند، تشكر و قدرداني نمايند. به‌ويژه از مديريت و كاركنان محترم مجتمع پرورش بز شيري مورسيا واقع در شهرستان قلعه گنج در جنوب استان كرمان و نيز شركت كشاورزي و دامپرورش فجر اصفهان، كه با همكاري صميمانه خود در جمع‌آوري داده‌هاى دقيق و مستند، نگهداري اطلاعات شجره نامه، ثبت ركوردهاى عملكردي و نظارت مستمر بر گله در طول سال‌هاى متمادي، امكان انجام اين مطالعه را فراهم آوردند، سپاسگزاريم.

## منابع

Balasundaram, B., Thiruvankadan, A. K., Murali, N., Muralidharan, J., Cauveri, D., & Peters, S. O. (2023). Genetic parameters of growth traits and quantitative genetic metrics for selection and conservation of Mecheri sheep of Tamil Nadu. *Animals*, 13(3), 454.

- Baba, M. A., Ganai, T. A. S., Alam, S., Rather, M. A., & Hamadani, A. (2020).** Effects of non-genetic factors on growth traits and age at first lambing in Corriedale sheep. *Indian J Anim Sci*, 90(6), 885-889.
- de Souza, J. E. R., Ferreira, J., Del Pilar Solar Diaz, I., Silveira, R. M. F., & de Sousa, W. H. (2022).** Comparison of different models for the estimation of genetic parameters in tropical goats. *Tropical Animal Health and Production*, 54(6), 381.
- Ehsaninia, J. (2023).** Genetic parameters for the residual variance of some body weight traits in Sangsari lambs. *Journal of Ruminant Research*, 11(4), 93-108. (In Persian)
- Ehsaninia, J., & Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2020).** Heterogeneity of variance components for milk yield test-day records and their effects on genetic parameters and breeding values of Iranian Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 7(4), 93-109.
- Ehsaninia, J., Hossein-Zadeh, N. G., & Shadparvar, A. A. (2019).** Estimation of genetic variation for macro- and micro-environmental sensitivities of milk yield and composition in Holstein cows using double hierarchical generalized linear models. *Journal of Dairy Research*, 86(2), 145-153.
- Ghotbaldini, H., Mohammadabadi, M., Nezamabadi-Pour, H., Babenko, O. I., Bushtruk, M. V., & Tkachenko, S. V. (2019).** Predicting breeding value of body weight at 6-month age using Artificial Neural Networks in Kermani sheep breed. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41, e45282.
- Girma, M., Nahom, F., Getaneh, D., & Seid, A. (2022).** On-farm performance evaluation of Maale goats under agro-pastoral management in Southwest Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology (IJARIT)*, 12(2), 7-13.
- Ibanez-Escriche, N., Varona, L., Sorensen, D., & Noguera, J. L. (2008).** A study of heterogeneity of environmental variance for slaughter weight in pigs. *Animal*, 2(1), 19-26.
- Kizilkaya, K., & Tempelman, R. J. (2005).** A general approach to mixed effects modeling of residual variances in generalized linear mixed models. *Genetics Selection Evolution*, 37(1), 31-56.
- Kohila, P., Sumithra, A., Kumar, G., Thangadurai, R., Elamurugan, A., Ramasamy, M., ... & Malathi, G. (2024).** Sustainable Livestock Management Practices: Balancing Productivity and Environmental Health. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45(17), 529-538.
- Lino-Lourenço, D. A., Lopes de Oliveira, C. A., Martins, E. N., Paula Leite, M. C., Maia, F. C. M., & Santos, A. I. (2012).** Heterogeneous genetic (co)variances in simulated closed herds under selection. *Maringá*, 34(1), 83-90.
- Malik, Z. S., Dalal, D. S., Dahiya, S. P., Patil, C. S., & Dahiya, R. (2016).** Genetic analysis of growth traits in Harnali sheep. *Veterinary World*, 9(2), 128.
- Meyer, K. (1992).** Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science*, 31(3-4), 179-204.
- Misztal, I. (2022).** 23 Sustainable Livestock Breeding with a Focus on Heat Stress. *Journal of Animal Science*, 100(Supplement\_3), 13-14.
- Mohammed, K. M., EL-den, M. K., & Dahmouh, A. Y. (2018).** Heritability and variance components estimates for growth traits in Saudi Ardi goat and Damascus goat and their crosses. *Asian pacific journal of reproduction*, 7(1), 39-46.
- Mokhtari, M., Esmailizadeh, A., Roudbari, Z., Barazandeh, A., Gutierrez, J. P., & Mohebbinejad, E. (2024).** Early growth performance in the Murciano-Granadina goats: Insights from genetic and phenotypic analyses. *The Journal of Agricultural Science*, 162(2), 165-172.
- Mokhtari, M. S., Shahrehabak, M. M., Shahrehabk, H. M., & Sadeghi, M. (2012).** Estimation of (co) variance components and genetic parameters for growth traits in Arman sheep. *J Livest Sci Technol*, 1(1), 38-47.

**Mulder, H. A. (2007).** Methods to optimize livestock breeding programs with genotype by environment interaction and genetic heterogeneity of environmental variance. Wageningen University and Research.

**Mulder, H. A., Bijma, P., & Hill, W. G. (2007).** Prediction of breeding values and selection responses with genetic heterogeneity of environmental variance. *Genetics*, 175(4), 1895-1910.

**Mulder, H. A., Bijma, P., & Hill, W. G. (2008).** Selection for uniformity in livestock by exploiting genetic heterogeneity of residual variance. *Genetics Selection Evolution*, 40, 37–60.

**Mulder, H. A., Hill, W. G., Vereijken, A., & Veerkamp, R. F. (2009).** Estimation of genetic variation in residual variance in female and male broiler chickens. *Animal*, 3, 1673–1680.

**Mulder, H. A., Rönnegård, L., Fikse, W. F., Veerkamp, R. F., & Strandberg, E. (2013).** Estimation of genetic variance for macro-and micro-environmental sensitivity using double hierarchical generalized linear models. *Genetics Selection Evolution*, 45(1), 23.

**Neves, H. H. R., Carneiro, R., Roso, V. M., & Queiroz, S. A. (2011).** Genetic variability of residual variance of production traits in Nellore beef cattle. *Livestock Science*, 142(1–3), 164–169.

**O'Neill, C. J., Swain, D. L., & Kadarmideen, H. N. (2010).** Evolutionary process of *Bos taurus* cattle in favourable versus unfavourable environments and its implications for genetic selection. *Evolutionary Applications*, 3(5-6), 422-433.

**Pesántez-Pacheco, J. L., Heras-Molina, A., Torres-Rovira, L., Sanz-Fernández, M. V., García-Contreras, C., Vázquez-Gómez, M., ... & Astiz, S. (2019).** Influence of maternal factors (weight, body condition, parity, and pregnancy rank) on plasma metabolites of dairy ewes and their lambs. *Animals*, 9(4), 122.

**Pho, K. H., Ly, S., Ly, S., & Lukusa, T. M. (2019).** Comparison among Akaike information criterion, Bayesian information criterion and Vuong's test in model selection: A case study of violated speed regulation in Taiwan. *Journal of Advanced Engineering and Computation*, 3(1), 293-303.

**Rahimi, S. M., Rafat, S. A., & Jafari, S. (2014).** Effects of environmental factors on growth traits in Makuie sheep. *Biotechnology in animal husbandry*, 30(2), 185-192.

**Rosa, G. J., Lourenco, D., Rowan, T. N., Brito, L. F., Gondro, C., Huang, J., & de Souza, S. V. (2023).** 68 Integrating Enviromics, Genomics, and Machine Learning for Precision Breeding of Resilient Beef Cattle. *Journal of Animal Science*, 101(Suppl 3), 49.

**Sae-Lim, P., Gjerde, B., Nielsen, H. M., Mulder, H., & Kause, A. (2016).** A review of genotype-by-environment interaction and micro-environmental sensitivity in aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 8(4), 369–393.

**Tesema, Z., Deribe, B., Lakew, M., Getachew, T., Tilahun, M., Belayneh, N., ... & Bishaw, M. (2021).** Genetic and non-genetic parameters for growth traits and Kleiber ratios in Dorper x indigenous sheep.

**Thiruvankadan, A. K., Karunanithi, K., Muralidharan, J., & Babu, R. N. (2011).** Genetic analysis of pre-weaning and post-weaning growth traits of Mecheri sheep under dry land farming conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(8), 1041-1047.

**Visscher, P. M., & Hill, G. H. (1992).** Heterogeneity of variance and dairy cattle breeding. *Animal Production*, 55(3), 321–329.

**Wang, R., Liu, Y., Shi, Y., Qi, Y., Li, Y., Wang, Z., ... & Li, J. (2023).** Study of genetic parameters for pre-weaning growth traits in inner Mongolia white Arbas cashmere goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1026528