



ناهمگنی اثر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری بره‌های بلوچی

سولماز بادره^۱، محمدرضا شیخلو^{۲*}، امیر کریمی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژنتیک و اصلاح دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
۲- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۷)

چکیده

توزیع نامتوازن آلل‌های مغلوب در ژنوم حیوانات بنیان‌گذار منجر به ناهمگنی افت ناشی از همخونی در نواگان آنها می‌شود. در این تحقیق، از اطلاعات شجره‌ای و رکوردهای وزن تولد و از شیرگیری ۴۰۳۲ راس گوسفند بلوچی که طی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۵ در مرکز اصلاح نژاد گوسفند بلوچی ثبت شده بود، برای بررسی ناهمگنی افت ناشی از همخونی بین حیوانات بنیان‌گذار جمعیت استفاده شد. ضریب همخونی Wright حیوانات همخون، به ضرایب همخونی جزئی حاصل از چهار حیوان بنیان‌گذار با بیشترین مشارکت در همخونی جمعیت تجزیه شد. ضرایب همخونی Wright و همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار در دو تجزیه جداگانه به عنوان متغیر کمکی در مدل حیوانی وارد شدند. ضریب رگرسیون صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری از همخونی Wright به ترتیب ۶/۴- و ۶۱/۹- گرم برآورد شد. اثر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر صفات مورد بررسی، ناهمگن بود. ضریب تابعیت صفت وزن تولد از همخونی جزئی حیوان بنیان‌گذار B برابر با ۷۹- گرم بود، در حالی که همخونی جزئی حاصل از حیوان بنیان‌گذار D سبب افزایش ۱۲۱ گرمی در این صفت شد. در صفت وزن از شیرگیری، همخونی جزئی حیوان بنیان‌گذار D سبب افزایش ۸۳ گرمی در این صفت شد، در حالی که همخونی جزئی سایر حیوانات بنیان‌گذار تاثیری بر این صفت نداشت. ناهمگنی مشاهده شده در اثر همخونی جزئی حیوانات مختلف می‌تواند تأییدی بر فرضیه نقش تعداد محدودی آلل مغلوب بزرگ اثر بر بروز افت ناشی از همخونی در این صفات باشد. با توجه به نتایج این تحقیق، ناهمگنی تاثیر همخونی حیوانات بنیان‌گذار باید در برنامه‌های اصلاح نژادی این نژاد مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گوسفند بلوچی، ناهمگنی، وزن از شیرگیری، وزن تولد، همخونی جزئی

* نویسنده مسئول: MR.Sheikhloo@tabrizu.ac.ir

مقدمه

افت ناشی از همخونی ارائه نمی‌دهد (Casellas *et al.*, 2008). ناهمگنی مقدار افت ناشی از همخونی را می‌توان از راه محاسبه ضریب همخونی جزئی یا ضریب همخونی مرتبط با آلل‌های منتقل شده از یک حیوان بنیان‌گذار مشخص، مورد بررسی قرار داد. در سال‌های اخیر با استفاده از این روش، ناهمگنی تاثیر همخونی ناشی از حیوانات بنیان‌گذار مختلف در صفات تولیدی گاوهای نژاد هلشتاین و جرسی، وزن تولد گوسفند ریپولزا، عملکرد تولیدمثلی خوک‌های سفید و لندرس و عملکرد اسب‌های ترورد گزارش شده است (Miglior *et al.*, 1994; Gulisija *et al.*, 2006; Man *et al.*, 2006; Casselas *et al.*, 2009; Kock *et al.*, 2009; Todd *et al.*, 2018) وجود ناهمگنی افت ناشی از همخونی می‌تواند تاثیر مهمی بر عملکرد برنامه‌های انتخاب و همچنین برنامه‌های حفظ ذخایر ژنتیکی داشته باشد. برآورد میزان مشارکت هر حیوان بنیان‌گذار در افت ناشی از همخونی، امکان انتخاب دام‌های برتر از لاین‌هایی که کمترین میزان افت ناشی از همخونی را بروز می‌دهند فراهم می‌آورد (Man *et al.*, 2006). همچنین جهت جلوگیری از اریب در برآورد تاثیر همخونی، ناهمگنی افت ناشی از همخونی باید در مدل‌های ارزیابی ژنتیکی دام‌ها مدنظر قرار گیرد (Gulisija *et al.*, 2006; Casselas *et al.*, 2009) هدف از تحقیق حاضر، برآورد تاثیر همخونی رایت بر صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری گوسفند نژاد بلوچی و بررسی ناهمگنی افت ناشی از همخونی در بین حیوانات بنیان‌گذار جمعیت بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از اطلاعات شجره و داده‌های مربوط به صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری گوسفندان بلوچی که بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۵ در مرکز اصلاح نژاد گوسفند بلوچی واقع در عباس‌آباد مشهد ثبت شده بود، جهت برآورد میزان همخونی رایت و افت ناشی از آن در صفات مورد بررسی و همچنین ناهمگنی افت ناشی از همخونی بین حیوانات بنیان‌گذار جمعیت استفاده شد. بررسی کیفیت شجره و برآورد ضریب همخونی رایت: سطح کامل بودن شجره تاثیر مستقیمی بر برآورد ضرایب همخونی جمعیت دارد، چرا که با افزایش سطح کامل بودن شجره، احتمال یافتن جد مشترک برای نسل حاضر بیشتر می‌شود. جهت برآورد سطح کامل بودن شجره از

همخونی عبارت است از اتحاد یک جفت گامت با منشا ژنتیکی مشابه و به احتمال چنین ترکیبی نیز ضریب همخونی گفته می‌شود. همخونی در اثر آمیزش افراد خویشاوند دارای جد مشترک به وجود می‌آید (Falconer and Mackay, 1996). معمولاً برنامه‌های انتخاب که جهت بهبود و پیشرفت ژنتیکی صفات اقتصادی، طراحی و بکار گرفته می‌شوند به دلیل از بین رفتن آلل‌های برخی حیوانات بنیان‌گذار و همچنین رانش ژنتیکی تصادفی در جمعیت‌های بسته باعث کاهش تنوع ژنتیکی و افزایش همخونی در دام‌ها می‌شوند (شیخلو و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش در تنوع و در نتیجه افزایش هموزیگوتی ممکن است سبب کاهش در عملکرد حیوان بخصوص در صفات تولیدی و تولیدمثلی شود که افت ناشی از همخونی نامیده می‌شود. در میان عوامل مختلف تاثیرگذار بر بروز افت ناشی از همخونی، توارث آلل‌های مغلوب موجود در جمعیت نقش بسزایی در شدت و میزان وقوع این پدیده دارد. توزیع نامتوازن آلل‌های مغلوب نامطلوب در بین ژنوم حیوانات بنیان‌گذار می‌تواند منجر به ناهمگنی میزان افت ناشی از همخونی در نواذگان آنها شود (Gulisija *et al.*, 2006). به عبارت دیگر، تفاوت در افت ناشی از همخونی در بین افراد متعلق به خانواده‌های مختلف، می‌تواند ناشی از تعداد متفاوت آلل‌های مغلوب به ارث رسیده از حیوانات بنیان‌گذار به آنها باشد (Quilicot, 2009). همچنین در شرایطی که تعداد محدودی آلل مغلوب بزرگ اثر علت اصلی وقوع افت ناشی از همخونی باشند، احتمال کاهش فراوانی و یا حذف این آلل‌ها در جمعیت طی فرآیند انتخاب یا رانش تصادفی بیشتر می‌شود. بنابراین تفاوت فشار انتخاب در بین لاین‌های حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف نیز، صرف نظر از چگونگی توازن توزیع آلل‌های مغلوب در جمعیت حیوانات بنیان‌گذار، می‌تواند باعث ایجاد ناهمگنی افت ناشی از همخونی شود (Gulisija *et al.*, 2006). ضریب همخونی رایت^۱ به صورت گسترده‌ای در برآورد افت ناشی از همخونی در صفات اقتصادی دام‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود، استفاده از این ضریب در برآورد افت ناشی از همخونی، هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد میزان مشارکت هر حیوان بنیان‌گذار در

1. Wright inbreeding coefficient

به عقب به وسیله نرم افزار CFC شناسایی شدند. سپس همخوانی رایت افراد همخون جمعیت مرجع با استفاده از رابطه زیر به ضرایب همخوانی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار جمعیت تجزیه شد:

$$F_i = \sum_{j=1}^f F_{ij}$$

که در آن، F_{ij} ضریب همخوانی جزئی حاصل از حیوان بنیان‌گذار j و f تعداد حیوانات بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در همخوانی حیوان i است. همخوانی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار با استفاده از نرم افزار Grain نسخه 2.0 و با استفاده از روش ژن دراپینگ^۱ برآورد شد (Baumung *et al.*, 2015). با استفاده از این روش می‌توان توزیع فراوانی آلل‌های اجدادی جمعیت و احتمال انقراض آلل در طول نسل‌ها را ارزیابی نمود (Yamashita *et al.*, 2010). در این تحقیق، تعداد تکرار دراپ ژنی جهت برآورد ضرایب همخوانی جزئی برابر با 10^6 در نظر گرفته شد.

برای بررسی ناهمگنی تاثیر همخوانی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار، همخوانی جزئی حاصل از هر فرد بنیان‌گذار باید به عنوان یک متغیر کمکی در مدل آماری وارد شود. قبل از انجام تجزیه و تحلیل آماری، حیوانات بنیان‌گذاری که ضرایب همخوانی جزئی حاصل از آنها دارای قابلیت استفاده در بررسی ناهمگنی افت ناشی از همخوانی بودند با توجه به شرایط زیر شناسایی شدند (Gulisija *et al.*, 2009; Casselas *et al.*, 2006). در تحقیق حاضر، حیوانات بنیان‌گذاری در تجزیه بررسی ناهمگنی استفاده شدند که در ایجاد همخوانی بیش از ۲۰۰۰ حیوان جمعیت مرجع مشارکت داشتند ($F_{ij} > 0$). از سوی دیگر، در تجزیه و تحلیل رگرسیون، توزیع نامتوازن متغیر مستقلی که به عنوان متغیر کمکی وارد مدل می‌شود (به-صورتی که توزیع آن به یک سمت چولگی داشته باشد) باعث بالا رفتن اشتباه استاندارد رگرسیون برآورد شده خواهد شد. به عبارت دیگر در تحقیق حاضر، وجود تعداد زیادی از مقادیر پایین ضریب همخوانی جزئی در یک محدوده معین، منجر به اشتباه استاندارد بالای برآوردها می‌شود. جهت رفع این مشکل، یک شرط دیگر نیز در انتخاب حیوانات بنیان‌گذار اعمال شد، بدین صورت که

شاخص کامل بودن شجره بر اساس رابطه زیر استفاده شد (MacCluer *et al.*, 1983):

$$PCI_{\text{animal}} = \frac{2C_{\text{sire}}C_{\text{dam}}}{C_{\text{sire}} + C_{\text{dam}}}$$

که در این رابطه، C_{sire} و C_{dam} به ترتیب مشارکت خط پدری و مادری حیوان بوده و از رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$C = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d a_i$$

که در آن، a_i نسبت اجداد معلوم در نسل i ام بوده و d تعداد نسل‌های در نظر گرفته شده در محاسبه شاخص کامل بودن شجره است. شاخص کامل بودن شجره دام‌ها برای پنج نسل با استفاده از نرم افزار EVA نسخه 1.3.09 برآورد شد (Berg *et al.*, 2006). ضرایب همخوانی رایت حیوانات با استفاده از نرم افزار CFC نسخه 1.0 (Sargolzaei *et al.*, 2005) برآورد شد. در برآورد تاثیر افت ناشی از همخوانی بر صفات مورد بررسی، تنها حیواناتی که شاخص کامل بودن شجره آنها برابر یا بزرگتر از $0/6$ بود به عنوان جمعیت مرجع در نظر گرفته شدند. پس از در نظر گرفتن این محدودیت، از رکوردهای وزن تولد و وزن از شیرگیری مربوط به ۴۰۳۲ حیوان جهت بررسی تاثیر همخوانی بر این صفات استفاده شد، ولی برای برآورد همخوانی دام‌ها از فایل شجره کامل حاوی اطلاعات مربوط به ۱۳۴۵۴ راس حیوان استفاده شد.

برآورد ضرایب همخوانی جزئی: ضریب همخوانی رایت هر فرد می‌تواند به ضرایب همخوانی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار جمعیت تجزیه شود. به عبارت دیگر، در مورد یک فرد خاص، مجموع ضرایب همخوانی جزئی حاصل از افراد بنیان‌گذار جمعیت برابر با ضریب همخوانی رایت آن فرد است. ضریب همخوانی جزئی عبارت است از احتمال اینکه یک آلل به ارث رسیده از یک حیوان بنیان‌گذار مشخص، در یک فرد به صورت هموزیگوت در کنار هم قرار گیرد. طبق تعریف، حیوان بنیان‌گذار فردی است که هیچ-گونه رابطه ژنتیکی با دیگر افراد موجود در شجره، به جز با فرزندان خود نداشته و بنابراین فرض می‌شود که غیرهمخون است (Rodrigáñez *et al.*, 1998). حیوانات بنیان‌گذار جمعیت مرجع یا به عبارت دیگر، اجداد جمعیت مرجع که در فایل شجره وجود داشتند و پدر و مادری برای آنها ثبت نشده بود با بازگشت مسیر شجره

متفاوت بودند، جهت تجزیه و تحلیل ژنتیکی مورد استفاده قرار گرفتند:

- 1) $Y = Xb + Z_a a + e$
- 2) $Y = Xb + Z_a a + Z_{pe} pe + e$
- 3) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + e \quad Cov(a, m) = 0$
- 4) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + e \quad Cov(a, m) = A\sigma_{am}$
- 5) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_{pe} pe + e \quad Cov(a, m) = 0$
- 6) $Y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_{pe} pe + e \quad Cov(a, m) = A\sigma_{am}$

اجزای این معادلات عبارتند از:

Y: بردار مشاهدات صفات مورد بررسی، **b**: بردار آثار ثابت شامل عوامل جنس بره، سال - فصل زایش، تیپ تولد (تک قلو، دوقلو و سه قلو)، سن مادر به هنگام زایش و همچنین متغیر کمکی ضریب همخونی رایت حیوان، **a**: بردار اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی حیوان، **m**: بردار اثر تصادفی ژنتیکی مادری، **pe**: بردار اثر تصادفی محیط دائمی مادر، **X**: ماتریس طرح آثار ثابت، **Z_a**: ماتریس طرح اثر تصادفی ژنتیکی افزایشی، **Z_m**: ماتریس طرح اثر تصادفی ژنتیکی مادری، **Z_{pe}**: ماتریس طرح اثر تصادفی محیطی دائمی حیوان و **e**: بردار تصادفی خطا است.

بهترین مدل برای تجزیه و تحلیل هر صفت با استفاده از معیار اطلاعات آکائیک بر اساس رابطه زیر انتخاب شد:

$$AIC_i = -2\text{Log}L_i + 2P_i$$

که در آن، $\text{Log}L_i$ برابر با لگاریتم تابع درستنمایی بوده و P_i تعداد فراسنجه‌های موجود در مدل است. مدلی که کمترین معیار اطلاعات آکائیک را داشت به عنوان مناسب‌ترین مدل در نظر گرفته شد.

همچنین در یک تجزیه جداگانه و با استفاده از شش مدل ذکر شده، به جای ضریب همخونی رایت حیوان، ضرایب همخونی جزئی حاصل از هر یک از حیوانات بنیان‌گذار منتخب و مجموع ضرایب همخونی جزئی ناشی از سایر حیوانات بنیان‌گذار به عنوان متغیر کمکی در مدل وارد شده و ناهمگنی افت ناشی از همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مورد بررسی قرار گرفت. جهت تجزیه ژنتیکی از روش حداکثر درستنمایی محدود شده (REML) در نرم افزار WOMBAT نسخه 1.0 استفاده شد (Meyer, 2007).

نتایج و بحث

از تعداد ۱۳۴۵۴ حیوان موجود در فایل شجره، ۶۰۰۵

حیوان بنیان‌گذار مدنظر باید با ضریب همخونی جزئی بالای یک درصد در ایجاد همخونی حداقل ۱۰۰ راس از نوادگانش مشارکت داشته باشد ($F_{ij} > 1\%$). پس از شناسایی حیوانات بنیان‌گذار حائز شرایط بالا، مجموع ضرایب همخونی جزئی ناشی از سایر حیوانات بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در همخونی هر فرد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$F_{i\text{Remain}} = F_i - F_{iA} - F_{iB} - F_{iC} - \dots$$

که در آن، $F_{i\text{Remain}}$ ضریب همخونی جزئی ناشی از سایر حیوانات بنیان‌گذار و F_{iA} ، F_{iB} ، F_{iC} و ... ضرایب همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار منتخب جهت تجزیه ناهمگنی است (Gulisija et al., 2006; Casselas et al., 2009).

با توجه به ساختار شجره و راهبردهای آمیزی استفاده شده در جمعیت، ضرایب همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف می‌توانند درجات متفاوتی از هم‌خطی چندگانه با هم داشته باشند (Gulisija et al., 2006; Casselas et al., 2009). علت وجود این هم‌خطی در این مسئله نهفته است که جد مشترک ایجاد کننده همخونی می‌تواند از نوادگان دو یا تعداد بیشتری از حیوانات بنیان‌گذار جمعیت باشد. این مسئله می‌تواند سبب برآوردهای غیر واقعی و ناپایدار برای رگرسیون صفات عملکردی از ضرایب همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار شود. جهت بررسی وجود هم‌خطی چندگانه در بین حیوانات بنیان‌گذار انتخابی، همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی ناشی از حیوانات بنیان‌گذار با رویه Corr نرم افزار SAS (SAS version 9.1, 2003) برآورد شد. همچنین، همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی ناشی از حیوانات بنیان‌گذار و ضریب همخونی رایت هر فرد نیز برآورد شد.

مدل آماری: آثار ثابت تاثیرگذار بر صفات مورد بررسی با استفاده از رویه مدل‌های خطی عمومی (GLM) نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ بررسی شدند. عواملی که تاثیر آنها بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود در مدل نهایی برای تجزیه ژنتیکی وارد شدند. شش مدل دام تک‌متغیره زیر که از لحاظ در نظر گرفتن آثار محیطی دائمی مادر و اثر ژنتیکی مادری و همچنین کوواریانس بین اثر ژنتیکی مستقیم و مادری در بخش آثار تصادفی مدل با هم

حیوانات جمعیت مرجع نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، ۹۷ درصد حیوانات دارای ضریب همخونی بین ۰/۰۵ تا ۳۱/۲۶ بودند. به عبارت دیگر، تنها سه درصد از دام‌های جمعیت مرجع، غیرهمخون بودند. متوسط میزان همخونی رایج برای همه حیوانات جمعیت مرجع و حیوانات همخون جمعیت مرجع به ترتیب ۳/۴۵ و ۳/۵۶ درصد بود. با توجه به سطح کامل بودن بالای شجره و همچنین تنوع موجود در ضرایب همخونی دام‌های جمعیت مرجع، این داده‌ها جهت بررسی تاثیر همخونی بر صفات مورد بررسی مناسب بودند. تعداد کل حیوانات بنیان‌گذار جمعیت مرجع ۲۵۵ رأس بود. جهت بررسی وجود ناهمگنی افت ناشی از همخونی بین حیوانات بنیان‌گذار، ضریب همخونی افراد جمعیت مرجع به ضریب همخونی جزئی حاصل از این حیوان بنیان‌گذار تجزیه شد. از بین حیوانات بنیان‌گذار جمعیت مرجع، ۱۴۴ فرد در ایجاد همخونی حیوانات جمعیت مرجع مشارکت مثبت داشتند. میزان مشارکت حیوانات بنیان‌گذار در

حیوان (۴۴/۶۳ درصد) همخون بودند. بالاترین میزان همخونی رایج، ۳۱/۲۶ درصد و بیشترین فراوانی همخونی مربوط به افرادی با همخونی بین صفر و ۶/۲۵ درصد بود (۳۹/۵۸ درصد). میانگین همخونی رایج کل جمعیت و جمعیت همخون به ترتیب ۱/۸۲ و ۳/۸۴ درصد برآورد شد. میانگین شاخص کامل بودن شجره برای کل حیوانات فایل شجره و حیوانات جمعیت مرجع به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۸۵ بود. شکل ۱ توزیع فراوانی ضرایب همخونی رایج در دام‌های جمعیت مرجع را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، توزیع فراوانی همخونی حیوانات دارای چولگی به سمت راست است. علت این امر وجود برخی دام‌ها با درجات همخونی بالا (همخونی بیشتر از ۲۵ درصد) در جمعیت است. این درجات همخونی بالا معمولاً در اثر تلاقی بین خویشاوندان نزدیک، که شاید دارای اجداد مشترک دیگری در نسل‌های گذشته باشند، ایجاد می‌شود. جدول ۱ توزیع فراوانی حیوانات در گروه‌های مختلف همخونی را در کل فایل شجره و

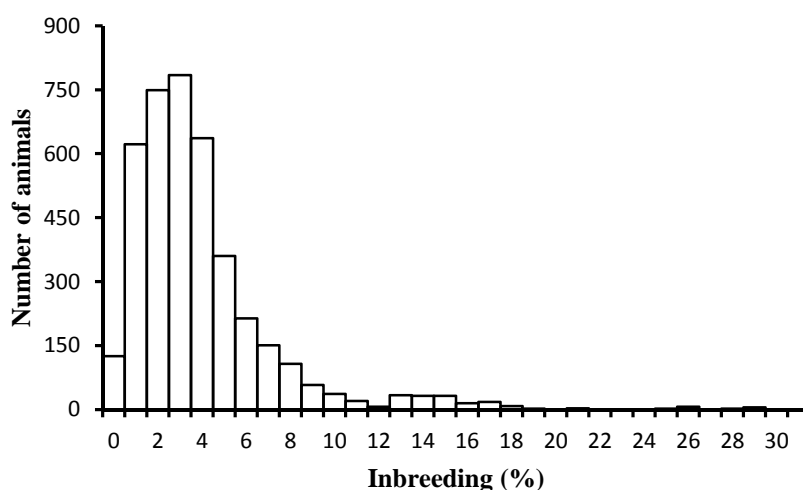


Fig. 1. Frequency distribution of inbreeding coefficients of animals in the reference population

شکل ۱- توزیع فراوانی ضرایب همخونی افراد جمعیت مرجع

جدول ۱- توزیع فراوانی حیوانات در گروه‌های مختلف همخونی در کل فایل شجره و حیوانات جمعیت مرجع

Table 1. Frequency distribution of animals in different classes of inbreeding for the whole pedigree file and animals in the reference population

Inbreeding class	Number of animals (%)	
	Whole population	Animals with PCI \geq 0.6
F = 0	6654 (52.56)	125 (3.10)
0 < F < 5	4638 (36.63)	3151 (78.14)
5 < F < 10	871 (6.88)	567 (14.06)
F \geq 10	451 (3.56)	189 (4.68)
All animals	12659	4032

PCI: Pedigree completeness index

میانگین ضرایب همخونی جزئی حاصل از آن (۰/۵۰ درصد) نیز بیشتر از سایر حیوانات بنیان‌گذار بود. از سوی دیگر، میانگین همخونی افراد همخون حاصل از حیوان بنیان‌گذار C (۳/۱۴ درصد) در مقایسه با سایر افراد بنیان‌گذار بیشتر بود.

در بررسی حیواناتی که میزان همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار در ایجاد همخونی رایت آنها بیش از یک درصد بود، حیوانات بنیان‌گذار A، B و C در ایجاد همخونی بیش از ۲۰۰ حیوان مشارکت داشتند، در حالی که حیوان بنیان‌گذار D در همخونی جزئی ۱۳۴ حیوان مشارکت داشت. با این وجود، میانگین همخونی افراد همخون حاصل از این حیوان بنیان‌گذار، ۱۱/۵۷ درصد و بیشتر از حیوانات بنیان‌گذار دیگر بود. جدول ۳ ضریب همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی ناشی از چهار حیوان بنیان‌گذار منتخب، حیوانات بنیان‌گذار باقیمانده و همخونی رایت را نشان می‌دهد. همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی ناشی از حیوانات بنیان‌گذار بین ۰/۱۲- تا ۰/۴۰ متغیر بود، البته به جز همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار B و D که برابر با ۰/۷۲ بود. همچنین، همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار باقیمانده و چهار حیوان بنیان‌گذار انتخاب شده بین ۰/۲۶ تا ۰/۴۶ درصد بود. همبستگی بین ضرایب همخونی رایت و ضرایب همخونی جزئی ناشی از چهار حیوان بنیان‌گذار، مثبت و بین ۰/۳۸ تا ۰/۶۰ بود.

مقادیر همبستگی بین ضرایب همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار در تحقیق حاضر در محدوده مقادیر گزارش شده در گاوهای نژاد جرسی (۰/۱۴ تا ۰/۶۹) و گوسفند ریپولزا (۰/۰۴- تا ۰/۶۱) بود (Gulisija et al., 2006; Casselas et al., 2009). عدم وجود همبستگی قوی بین ضرایب همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار در این تحقیق نشان از عدم وقوع اریب در برآورد ضرایب رگرسیون در اثر وجود هم‌خطی چندگانه داشت.

جدول ۴ مقادیر معیار اطلاعات آکائیک حاصل از مدل‌های مختلف مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل صفات مورد بررسی را در حالت استفاده از ضریب همخونی رایت به عنوان متغیر کمکی در مدل نشان می‌دهد. برای هر صفت، مدلی که کمترین مقدار این معیار را داشت به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. با توجه به مقادیر معیار

ایجاد همخونی جمعیت مرجع متفاوت بود، به طوری که برخی حیوانات بنیان‌گذار در ایجاد همخونی ۳۲۵۰ راس از حیوانات موجود در جمعیت مرجع مشارکت مثبت داشتند و برخی از حیوانات بنیان‌گذار فقط در ایجاد همخونی یک فرد مشارکت داشتند. همچنین، افراد همخون جمعیت مرجع از لحاظ حیوانات بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در ایجاد همخونی آنها متفاوت بودند، به طوری که بیشترین تعداد مشارکت حیوانات بنیان‌گذار در ایجاد همخونی یک فرد همخون، ۶۴ و متوسط تعداد حیوانات بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در ایجاد همخونی بره-های متولد شده در جمعیت مرجع برابر با ۱۸ بود.

از بین ۱۴۴ حیوان بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در همخونی جمعیت مرجع، ۱۲ حیوان در ایجاد همخونی بیش از ۲۰۰۰ حیوان جمعیت مرجع مشارکت داشتند. از بین این حیوانات نیز، چهار حیوان بنیان‌گذار با ضریب همخونی جزئی بالای یک درصد ($F_{ij} > 1\%$) در ایجاد همخونی بیش از ۱۰۰ حیوان مشارکت داشتند. این چهار حیوان بنیان‌گذار جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری برای بررسی ناهمگنی افت ناشی از همخونی بین حیوانات بنیان‌گذار جمعیت مرجع انتخاب شدند. چهار حیوان بنیان‌گذار انتخاب شده به نام‌های حیوانات بنیان‌گذار A، B، C و D، و سایر حیوانات بنیان‌گذار مشارکت‌کننده در همخونی دام‌ها به عنوان حیوانات بنیان‌گذار باقیمانده یا E نام‌گذاری شدند. جدول ۲ اطلاعات مفیدی در مورد میزان مشارکت چهار حیوان بنیان‌گذار منتخب و حیوانات بنیان‌گذار باقیمانده در همخونی رایت حیوانات جمعیت مرجع را ارائه می‌دهد. بخش بالای این جدول، میزان مشارکت حیوانات بنیان‌گذار در همخونی رایت تمام حیوانات همخون جمعیت مرجع را نشان می‌دهد و بخش پایین جدول نیز این اطلاعات را برای حیواناتی که میزان همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار در همخونی رایت آنها بیش از یک درصد بود را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲، میزان مشارکت حیوانات بنیان‌گذار در ایجاد همخونی جمعیت مرجع با هم متفاوت است، به طوری که حیوانات بنیان‌گذار A، B، C و D به ترتیب در ایجاد همخونی بیش از ۳۲۰۰، ۲۵۳۴، ۲۴۵۲ و ۲۶۷۰ حیوان از جمعیت مرجع مشارکت داشتند. در بین حیوانات بنیان‌گذار منتخب، حیوان بنیان‌گذار A دارای بیشترین مشارکت در ضریب همخونی افراد جمعیت مرجع بود و

جدول ۲- آمار توصیفی میزان مشارکت حیوانات بنیان گذار در همخونی جمعیت مرجع

Table 2. Summary statistics of the contribution of founders to the inbreeding of the reference population

Founder (j)	Number of inbred lambs	Average F_i (%)	Average F_{ij} (%)	Standard deviation of F_{ij} (%)
Animal with $F_{ij} > 0$				
A	3250	2.56	0.50	0.59
B	2534	3.04	0.48	0.61
C	2452	3.14	0.39	0.61
D	2670	2.65	0.33	0.40
E	3762	3.67	2.44	2.57
Animal with $F_{ij} > 1$				
A	317	9.27	1.82	1.10
B	256	8.76	1.94	0.93
C	208	8.18	1.89	1.15
D	134	11.57	1.70	0.65
E	2816	4.55	3.07	2.68

 F_i : Inbreeding coefficient F_{ij} : Partial inbreeding coefficient

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین همخونی جزئی ناشی از حیوانات بنیان گذار A تا E و همخونی رایب در جمعیت مرجع

Table 3. Correlation coefficients between partial inbreeding coefficients due to founder animals A-E and Wright inbreeding coefficient in the reference population

Founders	A	B	C	D	E	Wright F
A	-	0.40	-0.12	0.40	0.46	0.60
B	0.40	-	-0.09	0.72	0.26	0.49
C	-0.12	-0.09	-	0.33	0.31	0.38
D	0.40	0.72	0.33	-	0.26	0.53
E	0.46	0.26	0.31	0.26	-	0.94
Wright F	0.60	0.49	0.38	0.53	0.94	-

جدول ۴- مقادیر معیار اطلاعات آکائیک حاصل از برازش مدل‌های مختلف برای صفات مورد بررسی

Table 4. Akaike information criterion values obtained from fitting different models on the studied traits

Trait	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Birth weight	-137.37	-318.24	-302.01	-301.29	-338.15	-337.98
Weaning weight	17321.59	17243.82	17250.63	17252.51	17232.79	17234.79

The best model is indicated as bold-faced

داده شده است. ضریب رگرسیون صفت وزن تولد از همخونی رایب، ۶/۴- گرم برآورد شد که از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). با توجه به شکل ۲، تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر صفت وزن تولد هم از نظر شدت و هم از نظر جهت کاملاً با هم متفاوت بودند. توارث آلل‌های مغلوب به ارث رسیده از حیوان بنیان‌گذار B تاثیر منفی معنی‌داری بر صفت وزن تولد داشت، به طوری که سبب کاهش ۷۹ گرمی در وزن تولد شد ($P < 0.05$). این در حالی بود که همخونی جزئی حاصل از حیوان بنیان‌گذار D باعث افزایش ۱۲۱ گرمی در این صفت شده بود ($P < 0.05$). از سوی دیگر، همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار A، C و E تاثیر معنی‌داری بر صفت وزن تولد نداشت. الگوی مشاهده

اطلاعات آکائیک مدل‌های مختلف، مدل ۵ شامل آثار ژنتیک افزایشی حیوان، محیط دائمی مادر و ژنتیک مادری به عنوان مناسب‌ترین مدل برای تجزیه و تحلیل هر دو صفت وزن تولد و وزن از شیرگیری انتخاب شد. لازم به ذکر است که در حالت استفاده از ضرایب همخونی جزئی حیوانات بنیان‌گذار در مدل نیز با توجه به مقادیر معیار اطلاعات آکائیک، مدل ۵ بهترین مدل تجزیه و تحلیل برای هر دو صفت بود. ضریب تابعیت صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری از همخونی رایب و همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار جمعیت به همراه اشتباه استاندارد برآوردها به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. تابعیت معنی‌دار صفات از ضرایب همخونی با مستطیل‌های تو پر نشان

شده در پاسخ صفت وزن تولد به همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف به وضوح حاکی از ناهمگنی تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر این صفت بود.

معنی‌داری تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن تولد در این تحقیق با نتایج گزارش شده برای گوسفندان مهربان و مغانی مطابقت داشت (Ghavi Hossein-Zadeh, 2012; Yavarifard *et al.*, 2016). در یک مطالعه، کاهش شش گرمی وزن تولد به ازای یک درصد افزایش همخونی در گوسفندان السنبورگ دورمر گزارش شده است (Van Wyk *et al.*, 2009). همچنین ضریب رگرسیون وزن تولد به ازای یک درصد افزایش همخونی در سه نژاد تارگی، کلمبیایی و رامبویه به ترتیب ۱۴-، ۱۲- و ۸- گرم گزارش شده است (Ercanbrack and Knight, 1991). با این وجود، برخی محققین تاثیر همخونی را بر وزن تولد برخی نژادهای گوسفند به صورت غیرمعنی‌دار گزارش نموده‌اند. به عنوان مثال، راشدی ده صحرايي و همکاران (۱۳۹۲)، احمدی و همکاران (۱۳۹۶) و بحری و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر غیرمعنی‌دار همخونی را به ترتیب بر وزن تولد گوسفندان لری بختیاری، مغانی و قره‌گل گزارش کرده‌اند. با وجود اینکه تفاوت‌های نژادی، ساختار داده‌ها، سطح همخونی جمعیت و ... می‌تواند دلیلی برای مغایرت نتایج به‌دست آمده در تحقیقات مختلف باشند، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که وجود ناهمگنی در تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار نیز می‌تواند بر مقدار برآورد شده تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن تولد تاثیرگذار باشد. به عبارت دیگر و از دیدگاه آماری، ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف می‌تواند کارکرد مدل آماری مورد استفاده را در تشخیص معنی‌داری و یا عدم معنی‌داری اثر همخونی رایب بر صفات مورد بررسی تحت تاثیر قرار دهد. در این موارد، لزوم استفاده از مدل‌های آماری مناسب که این ناهمگنی را در مدل لحاظ نماید، ضروری است. با توجه به شکل ۳، تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن از شیرگیری نیز معنی‌دار بود، به طوری که رگرسیون این صفت از همخونی رایب به میزان ۶۱/۹- گرم برآورد شد. تاثیر منفی همخونی بر صفت وزن از شیرگیری در این تحقیق با نتایج گزارش شده به وسیله فرهنگ‌فر و همکاران (۱۳۹۲)، راشدی ده صحرايي و همکاران (۱۳۹۲) و

الماسی و همکاران (۱۳۹۳) به ترتیب در گوسفندان بلوچی، لری‌بختیاری و زندی مطابقت داشت. با توجه به شکل ۳، تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر صفت وزن از شیرگیری نیز ناهمگن بود. همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار A، B، C و E تاثیر معنی‌داری بر صفت وزن از شیرگیری نداشت. این در حالی بود که همخونی جزئی حاصل از حیوان بنیان‌گذار D سبب افزایش ۸۳ گرمی در این صفت شده است ($P < 0/05$). در سال‌های اخیر، گزارشاتی مبنی بر ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر صفات اقتصادی برخی گونه‌های دام‌های اهلی منتشر شده است. به عنوان مثال، ناهمگنی همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف در صفات تولیدی گاوهای نژاد جرسی گزارش شده است (Gulisija *et al.*, 2006). همچنین تفاوت در تاثیر همخونی ناشی از لاین‌های مختلف اجدادی گاوهای هلشتاین بر صفات تولید شیر، پروتئین و چربی در طول دوره اول شیردهی گزارش شده است (Miglior *et al.*, 1994). علاوه بر این، ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر صفات تولیدمثلی و ماندگاری برخی نژادهای خوک نیز گزارش شده است (Rodrigañez *et al.*, 1998; Köck *et al.*, 2009). در رابطه با صفات اقتصادی گوسفند، نخستین بار ناهمگنی افت ناشی از همخونی در صفت وزن تولد گوسفند ریپولزا گزارش شده است (Casselas *et al.*, 2009). طبق نتایج این محققین، تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر صفت وزن تولد در نژاد ریپولزا ناهمگن بود، به طوری که از بین نه حیوان بنیان‌گذار مورد استفاده در تجزیه، فقط همخونی جزئی پنج حیوان بنیان‌گذار دارای تاثیر منفی بر صفت مزبور بود. همچنین ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر صفات تولیدمثلی گوسفند بلوچی نیز گزارش شده است (Sheikhlou *et al.*, 2020). نتایج تحقیق حاضر نیز همسو با تحقیقات اشاره شده، نشان‌دهنده ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری گوسفند بلوچی بود. ناهمگنی مشاهده شده در افت ناشی از همخونی در تحقیق حاضر، می‌تواند به توزیع نامتوازن توارث آلل‌های مغلوب نامطلوب در حیوانات بنیان‌گذار جمعیت مرتبط باشد. همچنین، ناهمگنی مشاهده شده در تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات مختلف می‌تواند

شده در پاسخ صفت وزن تولد به همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف به وضوح حاکی از ناهمگنی تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر این صفت بود.

معنی‌داری تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن تولد در این تحقیق با نتایج گزارش شده برای گوسفندان مهربان و مغانی مطابقت داشت (Ghavi Hossein-Zadeh, 2012; Yavarifard *et al.*, 2016). در یک مطالعه، کاهش شش گرمی وزن تولد به ازای یک درصد افزایش همخونی در گوسفندان السنبورگ دورمر گزارش شده است (Van Wyk *et al.*, 2009). همچنین ضریب رگرسیون وزن تولد به ازای یک درصد افزایش همخونی در سه نژاد تارگی، کلمبیایی و رامبویه به ترتیب ۱۴-، ۱۲- و ۸- گرم گزارش شده است (Ercanbrack and Knight, 1991). با این وجود، برخی محققین تاثیر همخونی را بر وزن تولد برخی نژادهای گوسفند به صورت غیرمعنی‌دار گزارش نموده‌اند. به عنوان مثال، راشدی ده صحرايي و همکاران (۱۳۹۲)، احمدی و همکاران (۱۳۹۶) و بحری و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر غیرمعنی‌دار همخونی را به ترتیب بر وزن تولد گوسفندان لری بختیاری، مغانی و قره‌گل گزارش کرده‌اند. با وجود اینکه تفاوت‌های نژادی، ساختار داده‌ها، سطح همخونی جمعیت و ... می‌تواند دلیلی برای مغایرت نتایج به‌دست آمده در تحقیقات مختلف باشند، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که وجود ناهمگنی در تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار نیز می‌تواند بر مقدار برآورد شده تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن تولد تاثیرگذار باشد. به عبارت دیگر و از دیدگاه آماری، ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف می‌تواند کارکرد مدل آماری مورد استفاده را در تشخیص معنی‌داری و یا عدم معنی‌داری اثر همخونی رایب بر صفات مورد بررسی تحت تاثیر قرار دهد. در این موارد، لزوم استفاده از مدل‌های آماری مناسب که این ناهمگنی را در مدل لحاظ نماید، ضروری است. با توجه به شکل ۳، تاثیر همخونی رایب بر صفت وزن از شیرگیری نیز معنی‌دار بود، به طوری که رگرسیون این صفت از همخونی رایب به میزان ۶۱/۹- گرم برآورد شد. تاثیر منفی همخونی بر صفت وزن از شیرگیری در این تحقیق با نتایج گزارش شده به وسیله فرهنگ‌فر و همکاران (۱۳۹۲)، راشدی ده صحرايي و همکاران (۱۳۹۲) و

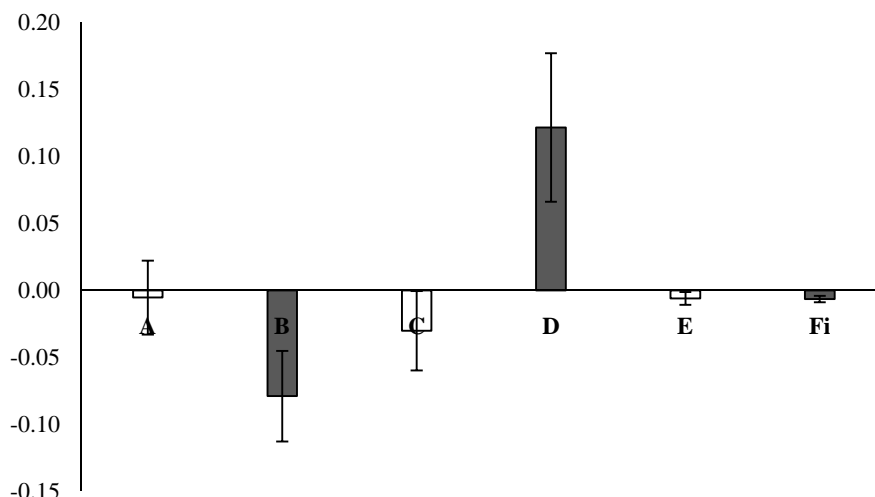


Fig. 2. Regression coefficients of birth weight on Wright and partial inbreeding coefficients of founder animals. Error bars represent the standard error of estimates

شکل ۲- ضرایب رگرسیون صفت وزن تولد از همخونی راییت و همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان گذار جمعیت به همراه اشتباه استاندارد برآوردها

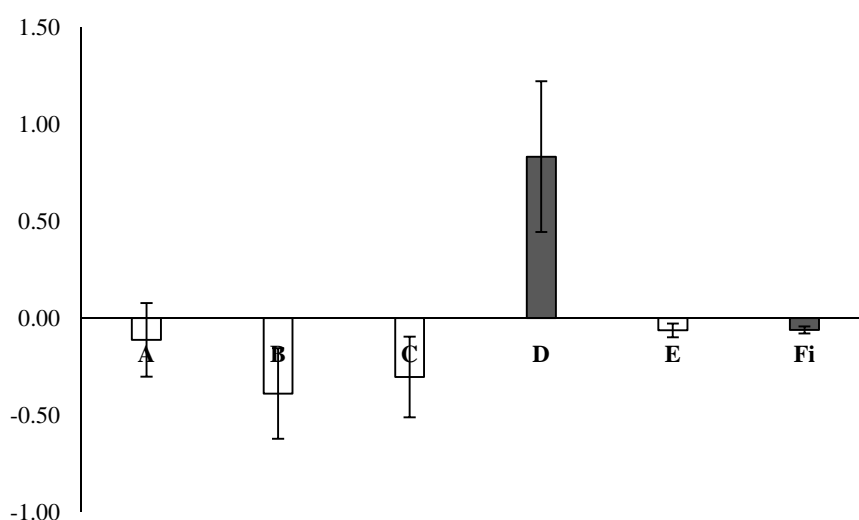


Fig. 3. Regression coefficients of weaning weight on Wright and partial inbreeding coefficients of founder animals. Error bars represent the standard error of estimates

شکل ۳- ضرایب رگرسیون صفت وزن از شیرگیری از همخونی راییت و همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان گذار جمعیت به همراه اشتباه استاندارد برآوردها

گذار می‌تواند از دلایل اصلی ناهمگنی تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان گذار مختلف باشد (Rodrigáñez *et al.*, 1998; Gulisija *et al.*, 2006; Nagy *et al.*, 2010) با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به منظور جلوگیری از اریب در برآورد تاثیر همخونی بر صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری نژاد بلوچی لازم است آثار متفاوت افت ناشی از

تاییدی بر فرضیه نقش تعداد محدودی آلل مغلوب بزرگ اثر بر بروز افت ناشی از همخونی در این صفات باشد (Gulisija *et al.*, 2006; Todd *et al.*, 2018). در این حالت، عدم توازن در توارث این آلل‌های مغلوب بزرگ اثر به حیوانات بنیان گذار جمعیت و همچنین تفاوت در شدت انتخاب اعمال شده بین لاین‌های مختلف حیوانات بنیان-

گزارش شده است (Todd *et al.*, 2018). افزایش عملکرد بره‌های همخون حاصل از حیوان بنیان‌گذار D می‌تواند به فراوانی کمتر آلل‌های مغلوب نامطلوب در ژنوم حیوان بنیان‌گذار D و یا حذف آلل‌های مغلوب نشأت گرفته از این حیوان از جمعیت در اثر انتخاب طی نسل‌های متمادی نسبت داده شود. برآورد مثبت برای تاثیر همخونی جزئی ناشی از حیوان بنیان‌گذار D به معنای عدم وقوع افت ناشی از همخونی در نواذگان این حیوان نیست، چرا که حیوانات بنیان‌گذار دیگر نیز می‌توانند در همخونی این بره‌ها مشارکت داشته باشند. در واقع می‌توان انتظار داشت که بره‌هایی که حیوان بنیان‌گذار D در همخونی آنها مشارکت داشته است نسبت به دیگر حیوانات با سطح همخونی مشابه، افت ناشی از همخونی کمتری را بروز دهند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به بسته بودن گله مورد بررسی در این تحقیق، آمیزش بین دام‌های خویشاوند باعث تجمع سطح بالایی از همخونی در دام‌های این گله شده است، به طوری که میانگین همخونی در دام‌های با سطح کامل بودن شجره مطلوب در حدود ۳/۴۵ درصد است. بر اساس نتایج این تحقیق، تاثیر همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف بر صفات مورد بررسی، ناهمگن بود که می‌تواند نشان‌دهنده عدم توازن توارث آلل‌های مغلوب نامطلوب به حیوانات بنیان‌گذار این جمعیت و تاثیر تعداد محدودی از آلل‌های مغلوب بزرگ اثر بر افت ناشی از همخونی در صفات وزن تولد و وزن از شیرگیری باشد. بنابراین به منظور جلوگیری از ایجاد اریب در برآورد تاثیر همخونی بر صفات مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود آثار متفاوت همخونی حیوانات بنیان‌گذار مختلف در مدل آماری ارزیابی ژنتیکی این نژاد مدنظر قرار گیرد. همچنین، با در نظر گرفتن بسته بودن این گله اصلاح نژادی و وجود محدودیت در آمیزش بین دام‌های غیرخویشاوند، ناهمگنی موجود در افت ناشی از همخونی می‌تواند در کنترل بروز افت ناشی از همخونی از مسیر طراحی برنامه‌های آمیزشی در جهت تولید بره‌هایی با حداقل همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار با بیشترین مشارکت بر افت ناشی از همخونی مورد استفاده قرار گیرد.

همخونی حیوانات بنیان‌گذار مختلف در مدل آماری ارزیابی ژنتیکی این نژاد مدنظر قرار گیرد. تجزیه همخونی رایت افراد به ضرایب همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار مختلف، امکان کاهش بیماری‌های حاصل از ژن‌های مغلوب و افت ناشی از همخونی را فراهم می‌آورد. به عنوان مثال با استفاده از ضرایب همخونی جزئی، می‌توان افراد بنیان‌گذار حامل ژن‌های مغلوب مرتبط با برخی نقایص ژنتیکی را شناسایی کرد (Man *et al.*, 2006; Nagy *et al.*, 2010). علاوه بر این، محاسبه ضرایب همخونی جزئی برای نتاج حاصل از یک آمیزش فرضی می‌تواند از تولد بره‌های همخون حاصل از افراد بنیان‌گذاری که بیشترین مشارکت را در افت ناشی از همخونی دارند و یا حامل ژن‌های مغلوب نامطلوب هستند، جلوگیری نماید (شیخلو و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، همخونی حاصل از حیوان بنیان‌گذار B باعث کاهش وزن تولد در گوسفند نژاد بلوچی شده بود. بر این اساس، برای جلوگیری از بروز افت ناشی از همخونی در این صفت، باید از آمیزش‌هایی که موجب تولد بره همخون از نواذگان حیوان بنیان‌گذار B شوند جلوگیری نمود. در حالی که اعمال این محدودیت در دام‌هایی که از نواذگان حیوانات بنیان‌گذار A و C هستند می‌تواند با شدت کمتری صورت پذیرد، به خصوص در آمیزش بین قوچ‌ها و میش‌های برتر گله که می‌تواند پیشرفت ژنتیکی جمعیت را به همراه داشته باشد. البته موضوع مهمی که باید در نظر گرفته شود این است که الگوی ناهمگنی مشاهده شده در افت ناشی از همخونی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار، مختص صفات بررسی شده در تحقیق حاضر یعنی وزن تولد و وزن از شیرگیری است و تاثیر همخونی جزئی حاصل از حیوانات بنیان‌گذار بر دیگر صفات اقتصادی این نژاد مانند زنده‌مانی، اوزان پس از شیرگیری، صفات تولیدمثلی و غیره باید به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. تاثیر مثبت همخونی حاصل از حیوان بنیان‌گذار D بر صفات مورد بررسی در این تحقیق با نتایج به‌دست آمده در برخی تحقیقات دیگر مطابقت دارد. محققین تاثیر مثبت معنی‌دار همخونی جزئی حاصل از برخی حیوانات بنیان‌گذار را بر صفات تولیدی گاوهای جرسی گزارش کرده‌اند (Gulisija *et al.*, 2006). همچنین، تاثیر مثبت همخونی جزئی حاصل از برخی حیوانات بنیان‌گذار بر عملکرد اسب‌های تروبرد نیز

تشکر و قدردانی

وسیله مراتب سپاس خود را از مسئولین محترم این مرکز اعلام می‌داریم.

داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به وسیله ایستگاه اصلاح نژاد عباس آباد مشهد ارائه شده است، که بدین

فهرست منابع

- احمدی س.، شیخلو م.، و علیجانی ص. ۱۳۹۷. برآورد تاثیر همخونی و افزایش همخونی فردی بر صفات رشد گوسفند مغانی. پژوهش‌های علوم دامی، ۳: ۸۱-۹۶.
- الماسی م.، رشیدی ا.، رزم کبیر ا.، و غلام بابائیان م. ۱۳۹۳. بررسی روند همخونی و تاثیر آن بر صفات تولیدی مرتبط با رشد در گوسفندان زندی. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۳: ۱۰۹-۱۲۰.
- بحری بینا باج ف.، فرجی آروق ه.، رکوعی م.، جعفری م.، و شیخلو م. ۱۳۹۳. برآورد پسروری ناشی از همخونی بر صفات مرتبط با رشد در بره‌های قره گل. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۴: ۷-۱۰.
- راشدی ده صحرائی آ.، فیاضی ج.، و وطن خواه م. ۱۳۹۲. بررسی روند همخونی و اثر آن بر عملکرد صفات رشد در گوسفند نژاد لری بختیاری. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۳: ۶۵-۸۷.
- شیخلو م.، طهمورث پور م.، و اسلمی نژاد ع. ا. ۱۳۹۰. بررسی همخونی گوسفندان بلوچی ایستگاه اصلاح نژاد عباس آباد مشهد. پژوهش‌های علوم دامی ایران، ۳: ۴۵۳-۴۵۸.
- شیخلو م.، صادقی س.، و بحری بینا باج ف. ۱۳۹۷. تجزیه و تحلیل همخونی در گوسفند نژاد قره گل: ضرایب همخونی جزئی، همخونی اجدادی بالو و همخونی اجدادی کالینفسکی. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۴: ۳۱-۵۰.
- فرهنگ‌فر ه.، و متقی نیا ق. ۱۳۹۲. بررسی اثر پسروری ناشی از هم خونی بر صفات رشد در گوسفند بلوچی. پژوهش‌های تولیدات دامی، ۷: ۹۲-۱۰۵.
- Baumung R., Farkas J., Boichard D., Mészáros G., Sölkne J. and Curik I. 2015. grain: A computer program to calculate ancestral and partial inbreeding coefficients using a gene dropping approach. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 132: 100-108.
- Berg P., Nielsen J. and Sørensen M. K. 2006. EVA: realized and predicted optimal genetic contributions. In: *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 13-18 Aug. Brazil, pp. 27-29.
- Casellas J., Piedrafita J., Caja G. and Varona L. 2009. Analysis of founder-specific inbreeding depression on birth weight in Ripollés lambs. *Journal of Animal Science*, 87: 72-79.
- Casellas J., Varona L., Ibáñez-Escriche N., Quintanilla R. and Noguera J. L. 2008. Skew distribution of founder-specific inbreeding depression effects on the longevity of Landrace sows. *Genetics Resarches*, 90: 499-508.
- Ercanbrack S. K. and Knight A. D. 1991. Effects of Inbreeding on reproduction and wool production of Rambouillet, Targhee and Colombia. *Journal of Animal Science*, 69: 4734-4744.
- Falconer D. S. and Mackay T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics* (4th ed). Harlow: Longman Group Ltd.
- Ghavi Hossein-Zadeh N. 2012. Inbreeding effects on body weight traits of Iranian Moghani sheep. *Archiv Tierzucht*, 55: 171-178.
- Gulisija D., Gianola D., Weigel K. A. and Toro M. A. 2006. Between-founder heterogeneity in inbreeding depression for production in Jersey cows. *Livestock Science*, 104: 244-253.
- Köck A., Fürst-waltl B. and Baumung R. 2009. Effects of inbreeding on number of piglets born total , born alive and weaned in Austrian Large White and Landrace pigs. *Archiv Tierzucht*, 52: 51-64.
- MacCluer J. W., Boyce A. J., Dyke B., Weitkamp L. R., Pfenning D. W. and Parsons C. J. 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. *Heredity*, 74: 394-399.
- Man W. Y. N., Nicholas F. W. and James J. W. 2006. Variation in inbreeding depression between ancestral line: A preliminary analysis of first lactation somatic cellcount from Holstein Friesian in Australia. In: *proceeding of 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 19-23 Aug., France, pp. 127-130.
- Meyer K. 2007. WOMBAT: a tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). *Journal of Zhejiang University Science B*, 8: 815-821.

- Miglior F., Burnside E. B. and Hohenboken W. D. 1994. Heterogeneity among families of Holstein cattle. In: Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 23-26 Aug., Canada, pp. 479-482.
- Nagy I., Curik I., Radnai I., Cervantes I., Gyovai P., Baumung R., Farkas J. and Szendrő Z. 2010. Genetic diversity and population structure of the synthetic pannon white rabbit revealed by pedigree analyses. *Journal of Animal Science*, 88: 1267-1275.
- Quilicot A. M. M. 2009. Inbreeding and its effect on fitness traits in captive populations of North Persian leopard and Mhorr gazelle. MSc dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Rodrigáñez J., Toro M. A., Rodriguez M. C. and Silió L. 1998. Effect of founder allele survival and inbreeding depression on litter size in a closed line of Large White pigs. *Journal of Animal Science*, 67: 573-582.
- Sargolzaei M., Iwaisaki H. and Colleau J. J. 2006. CFC: a tool for monitoring genetic diversity. In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 13-18 Aug., Brazil, pp. 27-28.
- SAS. 2003. SAS user's guide, version 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Sheikhlou M. R., Badereh S. and Bahri Binabaj F. 2020. Assessment of between-founder heterogeneity in inbreeding depression for reproductive traits in Baluchi sheep. *Animal Reproduction Science*, 221: 1-10.
- Todd E. T., Ho S. Y. W., Thoms P. C., Ang R. A., Velie B. D. and Hamilton N. A. 2018. Founder-specific inbreeding depression affects racing performance in Thoroughbred horses. *Nature*, 8: 1-10.
- Van Wyk J. B., Fair M. D. and Cloete S. W. P. 2009. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Livestock Science*, 20: 218-224.
- Yamashita J., Oki H., Hasegawa T., Honda T. and Nomura T. 2010. Gene dropping analysis of ancestral contributions and allele survival in Japanese Thoroughbred population. *Journal of Equine Science*, 21: 39-45.
- Yavarifard R., Shadparvar A. and Ghavi Hosseinzadeh N. 2016. Inbreeding Effects on reproductive traits of Mehraban Sheep. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 81: 43-48.



Research paper

Heterogeneity in the effect of partial inbreeding of founder animals on birth weight and weaning weight of Baluchi lambs

S. Badereh¹, M. R. Sheikhlou^{2*}, A. Karimi²

1. MSc Student of Animal Breeding and Genetics, Department of Animal Science, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran

2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, Iran

(Received: 15-10-2020 – Accepted: 27-12-2020)

Abstract

Uneven distribution of recessive alleles among founder animals genomes leads to the heterogeneity of inbreeding depression among their descendants. In this study, pedigree information, birth weight, and weaning weight records of 4032 Baluchi sheep collected between 1989 to 2017 at the Baluchi sheep breeding station were used to assess the heterogeneity of inbreeding depression between founders of the population. The Wright inbreeding coefficient of the inbred animals was decomposed to the partial inbreeding of the four founder animals with the greatest contribution to the inbreeding of the population. Wright inbreeding coefficients and partial inbreeding coefficients of the founder animals were included as a covariate in the animal model, in two separate analyses. The regression coefficients of birth weight and weaning weight from Wright inbreeding were estimated to be -6.4 and -61.9 g, respectively. The effect of partial inbreeding from different founders on the studied traits was heterogeneous. The regression coefficient of birth weight on partial inbreeding of founder B was -79 g, while partial inbreeding from founder D caused an increase of 121 g in this trait. In weaning weight, partial inbreeding of founder D caused an increase of 83 g in this trait, while partial inbreeding of other founders did not affect this trait. The observed heterogeneity in the effects of partial inbreeding of the different animals can confirm the hypothesis that a few recessive alleles with major effects are contributing to the inbreeding depression of these traits. According to the results of this study, the heterogeneity of the effect of inbreeding of the founder animals should be considered in the genetic evaluation model of this breed.

Keywords: Baluchi sheep, Heterogeneity, Weaning weight, Birth weight, Partial inbreeding

*Corresponding author: MR.Sheikhlou@tabrizu.ac.ir