تولیدات دامی
دوره ۱۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۷۰-۱۶۱

استفاده از شبیه‌سازی تصادفی برای تعیین برنامهٔ به‌گزینی مناسب در گاو نژاد سیستانی

فاطمه میر[۱]، محمد رکوعی[۲]*، غلامرضا داشاب[۳]، هادی فرجی‌آروق[۴]

۱. کارشناس ارشد، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۳. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۴. استادیار، پژوهشکدهٔ دام‌های خاص، دانشگاه زابل، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۰۵

چکیده

هدف از انجام تحقیق حاضر، کمک به طراحی برنامهٔ به‌گزینی پایه برای گاوهای سیستانی با استفاده از شبیه‌سازی تصادفی بود. بدین‌منظور سه اندازهٔ جمعیت (۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ رأس)، سه سطح تعداد گله (۵، ۱۰، و ۲۰)، دو سطح شدت انتخاب (زیاد و کم)، و دو سطح روش آمیزش (تصادفی و حداقل هم‌تباری) با هم ترکیب و درمجموع ۳۶ راهبرد در مدت ۳۰ سال شبیه‌سازی مقایسه شد. نتایج نشان داد که اثر همهٔ عوامل بر پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد (به استثنای روش آمیزش و شدت انتخاب) و وزن یک‌سالگی، تغییر سالانهٔ هم‌خونی (به استثنای تعداد گله)، فاصلهٔ نسل (به استثنای روش آمیزش و شدت انتخاب)، و صحت انتخاب نرها و ماده‌ها معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). پیشرفت ژنتیکی سالانه در حالت شدت انتخاب زیاد، اندازهٔ جمعیت ۲۰۰۰، و تعداد گلهٔ کم (۵ گله) در مقایسه با شدت انتخاب کم، اندازهٔ جمعیت ۵۰۰، و تعداد گلهٔ بیشتر (۲۰ گله) به‌ترتیب ۸/۵، ۹۳/۲، و ۳۸درصد بیشتر بود. در آمیزش با حداقل هم‌تباری باوجود کمتربودن پیشرفت ژنتیکی (۱۱درصد)، افزایش سالانهٔ هم‌خونی در مقایسه با آمیزش تصادفی کمتر بود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در برنامه‌های به‌گزینی گاو سیستانی باید تعداد گلهٔ کم، اندازهٔ جمعیت بزرگ، و شدت انتخاب زیاد باشد و برای کنترل هم‌خونی جمعیت، آمیزش با روش حداقل هم‌تباری انجام گیرد.

کلیدواژه‌ها: آمیزش تصادفی، اندازهٔ جمعیت، تعداد گله، شبیه‌سازی، گاو سیستانی.

* نویسنده مسئول Email: Rokouei@uoz.ac.ir

مقدمه

گاو سیستانی از مهم‌ترین نژادهای بومی کشور با تیپ گوشتی است. پرورش و نگهداری گاو سیستانی در منطقهٔ سیستان اغلب در محوطه‌هایی است که در قسمتی از آن سایه‌بان تعبیه شده است، اکثر این جایگاه‌ها شکل باز و نیمه‌باز دارند. تعداد این گاو از سال ۱۳۵۵ تاکنون با کاهش ۹۳درصدی از ۱/۵ میلیون رأس به ۱۰۰ هزار رأس تقلیل یافته است. این نژاد در سطح استان در گله‌های کوچک روستایی و در برخی گله‌ها تا حدود ۱۰۰ رأس پرورش داده می‌شود. ایستگاهی تحقیقاتی برای پرورش گاو سیستانی در شهرستان زهک دایر است که از سال ۱۳۶۷ فعالیت خود را آغاز کرده و در حال حاضر با داشتن نزدیک به ۲۶۶ رأس، یکی از مراکز فعال در پرورش گاو سیستانی است.

در گوساله‌های نژاد سیستانی در صورت استفاده از جیرهٔ غذایی مناسب، افزایش وزن روزانه در طول ۶ ماه پرواربندی ۱/۱۰۰ کیلوگرم است. درضمن در طول مدت ۲۲۰ روز ۱۲۶۲ کیلوگرم شیر (۵/۷ کیلوگرم در روز) در شرایط پرورش سنتی تولید می‌کند. سن مناسب شروع پروار ۱۲-۱۰ماهگی و طول دورهٔ پروار ۶ ماه است (۴). به‌دلیل اهمیت پرورش گاو سیستانی ازنظر هزینه‌های مصرفی، ارزیابی و بهینه‌سازی برنامه‌های اجرایی پرورش نژاد اهمیت دارد.

انتخاب و روش آمیزش والدین دو مؤلفهٔ اصلی در برنامهٔ اصلاح نژاد هستند و باید ازنظر پیشرفت ژنتیکی و میزان هم‌خونی بهینه شوند (۱۶). در برنامه‌ریزی برای انتخاب حیوانات، میزان افزایش هم‌تباری جمعیت، و تعداد حیوانات مشخص می‌گردد ولی در مرحلهٔ آمیزش حیوانات انتخاب‌شده برای تولید نسل بعد با روش‌های گوناگون آمیزش می‌یابند (۲۱).

برای تعیین برنامهٔ انتخاب مناسب برای گاوها با روش‌های عملی و آزمایشگاهی به زمان و هزینهٔ زیاد نیاز است. بنابراین از ابزارهای مناسب برای این کار استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی است که به دو صورت مدل‌های تصادفی (شبیه‌سازی تصادفی) یا مدل‌های قطعی (شبیه‌سازی قطعی) انجام می‌شود (۲۲).

تأثیر تعداد گله، شدت انتخاب، و اندازهٔ جمعیت بر مقدار پیشرفت ژنتیکی و تغییر هم‌خونی مشاهده شده است (۲، ۳، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۹، و ۲۳). پیشرفت ژنتیکی در صورت استفاده از آمیزش با حداقل هم‌تباری افزایش و هم‌خونی کاهش می‌یابد (۳، ۱۲، ۱۶، و ۲۰). در یک تحقیق استفاده از آمیزش با حداقل هم‌تباری، تغییر هم‌خونی جمعیت کم بود ولی پیشرفت ژنتیکی بالا نشد (۱). برای حفظ یک نژاد دام راهکارهای متعددی وجود دارد که کارایی هر کدام به شرایط منطقه و وضعیت نژاد موردنظر بستگی دارد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر شدت انتخاب، تعداد گله، اندازهٔ جمعیت، و نوع آمیزش بر پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل و صفات، میزان تغییر هم‌خونی سالانه، و فاصلهٔ نسل در جمعیت گاو سیستانی با استفاده از شبیه‌سازی تصادفی است، تا نتایج حاصل در مدیریت ایستگاه تحقیقاتی گاو سیستانی واقع در زهک استفاده شود.

مواد و روش‌ها

در شروع شبیه‌سازی، جمعیتی پایه با ساختار سنی مبتنی بر سن تولیدمثل هر جنس شبیه‌سازی شد. بیشترین سن استفاده‌شده برای تشکیل جمعیت پایه به تفکیک جنس نر و ماده به‌ترتیب ۶ و ۵ سال درنظر گرفته شد. مؤلفه‌های واریانس-کوواریانس استفاده‌شده برای شبیه‌سازی جمعیت براساس اطلاعات گزارش‌شده برای گاوهای گوشتی در تحقیقات بود (۱۸). ماتریس میانگین صفات وزن تولد و یک‌سالگی، اطلاعات تولیدمثل، و دامنهٔ سن استفاده‌شده برای شبیه‌سازی‌ها از اطلاعات در دسترس برای گاوهای

سیستانی ساخته شد. تمام شبیه‌سازی‌ها مبتنی بر دو گروه انتخابی حیوانات نر و ماده انجام شد. تعداد حیوانات نر انتخاب‌شده با توجه به شدت انتخاب و جمعیت شبیه‌سازی‌شده متفاوت بود. در راهبردهایی با شدت انتخاب زیاد، برای جمعیت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ رأسی به‌ترتیب ۱۰، ۲۰، و ۴۰ گاو نر در هر سال و برای راهبردهای با شدت انتخاب کم، برای این جمعیت‌ها به‌ترتیب ۲۰، ۴۰، و ۸۰ گاو نر در هر سال انتخاب شد. فاصلهٔ زایش برای جمعیت شبیه‌سازی‌شده یک سال و بیشترین سن درنظر گرفته‌شده برای استفاده از گاوهای ماده و نر هشت سال منظور شد که به‌صورت تصادفی هر سال ۱۵درصد از این حیوانات از گله‌ها حذف شدند. احتمال زایش جنس نر و ماده در همهٔ راهبردها مساوی نیم و در هر زایش یک فرزند متولد شد. برای هر سال، چهار فصل متفاوت درنظر گرفته شد.

در دو مسیر انتخابی نرها و ماده‌ها، انتخاب حیوانات به‌صورت سطوح حذف مستقل یا انتخاب برشی و براساس شاخص شایستگی کل انجام شد. شاخص شایستگی کل شامل صفات وزن تولد و یک‌سالگی بود. ضرایب اقتصادی برای این صفات در شاخص شایستگی کل یکسان درنظر گرفته شد. انتخاب نرها بین‌گله‌ای و ماده‌ها درون‌گله‌ای انجام شد. نرها در یک‌سالگی به‌عنوان مولد انتخاب و حداکثر سن استفاده در گله ۵سالگی درنظر گرفته شد. دامنهٔ سنی ماده‌های مولد ۲ تا ۸سالگی منظور شد. بنابراین ترکیب سنی در نرها در پنج گروه و ماده‌ها در هشت گروه سنی منظور شد، اما تعداد افراد در گروه‌های سنی در راهبردها، سال‌ها، و تکرارهای گوناگون متفاوت بود، زیرا انتخاب حیوانات در راهبردهای متفاوت براساس شاخص شایستگی کل انجام شد و ممکن است در سال‌ها و راهبردهای گوناگون، تعداد متفاوتی حیوان از گروه‌های سنی متفاوت انتخاب شود. در شدت انتخاب زیاد و کم، هر گاو نر به‌ترتیب با ۵۰ و ۲۵ گاو ماده آمیزش داده شد.

در شبیه‌سازی‌ها، ارزش اصلاحی حیوانات با روش بهترین پیش‌بینی نااریب خطی و تجزیه و تحلیل دوصفتی برآورد شد. مدل آماری دوصفتی استفاده‌شده برای تجزیه و تحلیل در شکل ماتریسی به‌صورت رابطهٔ ۱بود:

$$y_i=X_ib_i+Z_iu_i+e_i \qquad (1)$$

در این رابطه: y_i بردار مشاهدات برای صفت iام (وزن تولد و یک‌سالگی)، b_i بردار تأثیرات ثابت برای صفت iام (گلهـفصلـسال)، u_i بردار تأثیرات افزایشی حیوان برای صفت iام، و e_i، بردار پیامدهای تصادفی باقیمانده برای صفت iام است. همچنین X_i و Z_i ماتریس‌های ضرایب که رکوردهای صفت iام را به‌ترتیب به تأثیرات ثابت و افزایشی مرتبط می‌کنند. ارزش‌های اصلاحی با مدل دام دوصفته با برنامهٔ DMU برآورد شد (۱۴) و شاخص شایستگی کل براساس ضرایب اقتصادی صفات پیش‌بینی گردید.

چهار عامل روش آمیزش، شدت انتخاب، اندازهٔ جمعیت، و تعداد گله در تنظیم راهبردها درنظر گرفته شد. برای بررسی اثر این عوامل، سه اندازهٔ متفاوت جمعیت ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ رأس شبیه‌سازی شد و هر سه جمعیت بین ۵، ۱۰، و ۲۰ گله به‌صورت تصادفی پخش شدند. اندازهٔ گله‌ها براساس تعداد ۵ گله برای جمعیت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ رأس به‌ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰، و ۴۰۰ رأس، برای تعداد ۱۰ گله به‌ترتیب ۵۰، ۱۰۰، و ۲۰۰ و برای تعداد ۲۰ گله به‌ترتیب ۲۵، ۵۰، و ۱۰۰ رأس بودند. تمامی راهبردهای شبیه‌سازی‌شده با دو شدت انتخاب زیاد و کم انجام شد. در شدت انتخاب زیاد ۴درصد حیوانات نر و برای شدت انتخاب کمتر ۸درصد از حیوانات نر به تعداد مساوی با حیوانات ماده آمیزش داده شد. تعیین شدت انتخاب در راهبردها بیشتر ازطریق نرها بود و ماده‌ها در راهبردها به‌طور یکسان در حدود ۸۰درصد انتخاب شدند.

دو سطح آمیزش تصادفی و حداقل هم‌تباری نیز برای تعیین اثر نوع آمیزش درنظر گرفته شد. به این ترتیب، در مجموع تعداد ۳۶ راهبرد کلی برای ۳۰ سال با ۵ تکرار با برنامهٔ کامپیوتری ADAM انجام شد (۱۷).

بعد از اجرای همهٔ راهبردها، میانگین شایستگی ژنتیکی کل و هم‌خونی برای جمعیت در تمام حیوانات ناشی از ۵ تکرار در هر سال محاسبه و از رگرسیون میانگین شایستگی ژنتیکی کل و هم‌خونی بر سال شبیه‌سازی، میزان پیشرفت ژنتیکی، و هم‌خونی سالانه برای هر راهبرد محاسبه شد. میانگین فاصلهٔ نسل، صحت، و شدت انتخاب حیوانات نر و ماده با استفاده از فاصلهٔ نسل، صحت، و شدت انتخاب مولدهای نر و ماده محاسبه شد. در هر تکرار و هر سال تعیین میزان پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، تغییر سالانه هم‌خونی، میانگین فاصلهٔ نسل، میانگین صحت، و شدت انتخاب مولدهای نر و ماده در سطوح گوناگون عوامل با آنالیز واریانس و آزمون دانکن و با بسته نرم‌افزاری Agricolae در R.3.0.1 مقایسه شد (۷).

نتایج و بحث

میانگین و خطای معیار پیشرفت ژنتیکی سالانه و تغییر هم‌خونی سالانه برای میانگین تمام راهبردها در دو روش آمیزش در جدول ۱ ارائه شده است. پیشرفت ژنتیکی سالانه در حالت آمیزش تصادفی در مقایسه با آمیزش با حداقل هم‌تباری ۱۱درصد بیشتر بود (P<۰/۰۱). در روش آمیزش تصادفی با وجود بیشتربودن پیشرفت ژنتیکی، میزان هم‌خونی در مقایسه با آمیزش با حداقل هم‌تباری بیشتر بود. در روش استفاده از آمیزش با حداقل هم‌تباری به‌جای آمیزش تصادفی تغییر در هم‌خونی سالانه ۱۸درصد کمتر بود (P<۰/۰۱). چون در آمیزش تصادفی پیشرفت ژنتیکی و تغییر هم‌خونی سالانه در مقایسه با آمیزش با حداقل هم‌تباری بیشتر است با محاسبهٔ نسبت پیشرفت ژنتیکی سالانه به تغییر هم‌خونی سالانه به‌عنوان معیار مقایسه دو روش آمیزش مشخص می‌شود که این معیار (نسبت پیشرفت ژنتیکی سالانه به تغییر هم‌خونی سالانه) برای آمیزش تصادفی ۱/۵۲ و در آمیزش با حداقل هم‌تباری ۱/۶۵ است پس با این معیار می‌توان نتیجه‌گیری کرد که آمیزش با حداقل هم‌تباری در مقایسه با آمیزش تصادفی بهتر است.

جدول ۱. میانگین و خطای معیار پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، تغییر هم‌خونی سالانه، میانگین فاصلهٔ نسل، میانگین صحت، و شدت انتخاب برای نوع آمیزش

فراسنجه	آمیزش تصادفی	آمیزش با حداقل هم‌تباری
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل	۰/۵۱۷ (۰/۰۳۶)[a]	۰/۴۶۱ (۰/۰۳۴)[b]
تغییر هم خونی سالانه (درصد)	۰/۳۴۰ (۰/۰۳۸)[a]	۰/۲۷۸ (۰/۰۳۲)[b]
فاصلهٔ نسل (سال)	۴/۲۴۱ (۰/۰۱۰)	۴/۲۳۳ (۰/۰۱۰)
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد (کیلوگرم)	۰/۰۶۷ (۰/۰۰۴)	۰/۰۶۱ (۰/۰۰۶)
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یکسالگی (کیلوگرم)	۰/۴۵۲ (۰/۰۳۲)[a]	۰/۴۰۱ (۰/۰۳۰)[b]
شدت انتخاب نرها	۱/۶۶۹ (۰/۰۳۷)	۱/۶۷۲ (۰/۰۳۶)
صحت انتخاب نرها	۰/۱۴۷ (۰/۰۱۱)[a]	۰/۱۳۵ (۰/۰۱۰)[b]
شدت انتخاب ماده‌ها	۰/۰۳۱ (۰/۰۱۲)	۰/۰۳۴ (۰/۰۱۲)
صحت انتخاب ماده‌ها	۰/۱۵۹ (۰/۰۱۰)[a]	۰/۱۳۷(۰/۰۰۹)[b]

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیر مشابه در هر ردیف، معنی‌دار است (P<۰/۰۱).

تفاوت فاصلهٔ نسل، پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد، شدت انتخاب نرها و ماده‌ها در آمیزش تصادفی، و حداقل هم‌تباری معنی‌دار نبود (جدول ۱). بالابودن پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی و صحت انتخاب نرها و ماده‌ها در روش آمیزش تصادفی در مقایسه با حداقل هم‌تباری معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). زیادبودن صحت انتخاب نرها و ماده‌ها در روش آمیزشی تصادفی در مقایسه با حداقل هم‌تباری می‌تواند ناشی از این باشد که در آمیزش تصادفی محدودیتی در آمیزش حیوانات نیست ولی در روش هم‌تباری، حیوانات با کمترین هم‌تباری آمیزش دارند.

استفاده از آمیزش با حداقل هم‌تباری از روش‌های آمیزشی است که کمترین هم‌خونی را به وجود می‌آورد ولی پیشرفت ژنتیکی در مقایسه با آمیزش تصادفی بیشتر است (۶). آمیزش با حداقل هم‌تباری با وجود کاهش تغییر هم‌خونی لزوماً باعث افزایش پیشرفت ژنتیکی نمی‌شود (۱۵). در تحقیق حاضر، در آمیزش با حداقل هم‌تباری تغییر هم‌خونی سالانه کمتر بود ولی پیشرفت ژنتیکی بیشتر نبود. آمیزش با حداقل هم‌تباری با به‌تأخیرانداختن شروع هم‌خونی در نسل‌های بعدی و تغییر کمتر هم‌خونی پس از شروع هم‌خونی، باعث ایجاد هم‌خونی کمتر در جمعیت می‌شود (۶ و ۲۰). افزایش پیشرفت ژنتیکی درنتیجهٔ استفاده از آمیزش با حداقل هم‌تباری به‌جای آمیزش تصادفی در دامنهٔ ۱ تا ۳درصد گزارش شده است (۳، ۱۲، و ۱۶). کم‌بودن پیشرفت ژنتیکی سالانه در حالت آمیزش با حداقل هم‌تباری در مقایسه با آمیزش تصادفی در این تحقیق، با سایر گزارش‌ها همخوانی دارد (۱). زیادبودن مقدار تغییر هم‌خونی در آمیزش تصادفی در مقایسه با آمیزش با حداقل هم‌تباری ۱۶درصد گزارش شده است که کمتر از نتایج این تحقیق است (۱۲).

چون هدف از آمیزش حداقل هم‌تباری محدودکردن مقدار هم‌خونی است، با محدودکردن مقدار هم‌خونی، تأثیر منفی آن کم می‌شود و افزایش پیشرفت ژنتیکی به‌دلیل کاهش تأثیر منفی هم‌خونی بر میانگین و واریانس در بلندمدت مورد انتظار است (۱). آمیزش‌های غیرتصادفی (آمیزش‌های کنترل‌کنندهٔ هم‌خونی) باعث کاهش مقدار هم‌خونی می‌شوند ولی همیشه افزایش پیشرفت ژنتیکی در این آمیزش‌ها وجود نخواهد داشت (۱۵). عدم تأثیر روش آمیزش بر فاصلهٔ نسل و شدت انتخاب نرها در گاوهای هلشتاین گزارش شده است که موافق با نتایج این تحقیق است (۳). متفاوت‌بودن درصد تغییر نتایج تحقیق حاضر با سایر گزارش‌ها می‌تواند به‌دلیل متفاوت‌بودن ساختار جمعیت و گله‌های شبیه‌سازی‌شده و تعداد سال‌های شبیه‌سازی باشد.

اثر شدت انتخاب بر پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل و پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی، تغییر هم‌خونی سالانه، صحت، و شدت انتخاب نرها معنی‌دار (P<۰/۰۱) ولی بر فاصلهٔ نسل، پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد، و شدت انتخاب ماده‌ها معنی‌دار نبود (P>۰/۰۱) (جدول ۲). دلیل واضحی برای عدم تأثیر شدت انتخاب زیاد بر وزن تولد پیدا نشد ولی می‌تواند ناشی از تأثیر افت ناشی از هم‌خونی در شدت انتخاب زیاد به‌دلیل داشتن مقدار هم‌خونی بالا باشد. از طرفی پایین‌بودن مقدار تنوع وزن تولد (در حد گرم) در مقابل وزن یک‌سالگی (در حد کیلوگرم) و تأثیر آشکار افت هم‌خونی برای وزن تولد می‌تواند دلیل دیگری برای بالابودن مقدار پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی و کم‌بودن پیشرفت ژنتیکی وزن تولد در شدت انتخاب زیاد باشد. شدت انتخاب زیاد ۸/۵درصد پیشرفت ژنتیکی و ۷۱/۹درصد تغییر هم‌خونی سالانهٔ بیشتری در مقایسه با شدت انتخاب کم داشت (جدول ۲). بنابراین به‌دلیل تأثیر منفی هم‌خونی (پس‌روی هم‌خونی) بر پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ صفات، پیشرفت

ژنتیکی شایستگی کل در شدت انتخاب زیاد، احتمال کاهش پیشرفت ژنتیکی در انتخاب طولانی‌مدت در مقایسه با شدت انتخاب کم وجود دارد. همچنین صحت انتخاب در نرها و ماده‌ها در شدت انتخاب کم به‌ترتیب ۱۸/۶ و ۱۱/۴درصد بیشتر از شدت انتخاب زیاد بود که می‌تواند در بلندمدت باعث بیشترشدن پیشرفت ژنتیکی در شدت انتخاب کم شود. طبق دیگر گزارش‌ها، افزایش بیش از حد شدت انتخاب می‌تواند به کاهش صحت انتخاب بینجامد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (۸).

در یک تحقیق شبیه‌سازی تصادفی، استفاده از تعداد نرهای گوناگون به‌عنوان تغییر شدت انتخاب بررسی شد. پیشرفت ژنتیکی در موقع انتخاب چهار گاو نر ۳/۶۲ انحراف معیار در سال بود ولی با افزایش تعداد گاو نر به ۶۴ رأس، میزان پیشرفت ژنتیکی به ۲/۹۶ انحراف معیار کاهش یافت. با کاهش تعداد حیوانات انتخاب‌شده بعد از ۱۰ سال انتخاب، هم‌خونی از ۰/۰۵ به ۰/۴۲درصد افزایش یافت (۱۹). با افزایش تعداد افراد ماده (شدت انتخاب کم)، پیشرفت ژنتیکی در ۱۵ سال اول انتخاب از ۰/۱۹۴ به ۰/۱۳۲ کاهش یافت و روند کاهشی پیشرفت ژنتیکی برای سال‌های ۱۵ تا ۲۵ نیز دیده شد (از ۰/۱۹۴ به ۰/۱۲۵ کاهش یافت). پیشرفت ژنتیکی در سال آخر برای شدت انتخاب زیاد و کم به‌ترتیب ۴/۶ و ۳/۰۵ و میزان هم‌خونی به‌ترتیب ۴۲/۹۳ و ۲۳/۶۷درصد بود (۲۳). افزایش پیشرفت ژنتیکی سالانه شایستگی کل و کاهش صحت انتخاب در نرها و ماده‌ها در شدت انتخاب زیاد در مقایسه با شدت انتخاب کم در سایر تحقیقات گزارش شده است (۳). دلیل بالابودن صحت انتخاب در شدت انتخاب کم به‌خوبی روشن نیست ولی افزایش شدت انتخاب می‌تواند با کاهش صحت و کاهش شدت همراه باشد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. دلیل این امر افزایش تعداد رکوردها برای ارزیابی نرها در شدت انتخاب کم بیان شده است (۶). میزان افزایش هم‌خونی در شدت انتخاب زیاد در مقایسه با شدت انتخاب کم ۶۰درصد مشاهده شده است (۲).

جدول ۲. میانگین و خطای معیار پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، تغییر هم‌خونی سالانه، میانگین فاصلهٔ نسل، میانگین صحت، و شدت انتخاب برای سطوح شدت انتخاب

فراسنجه	زیاد	کم
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل	۰/۵۰۹ (۰/۰۳۶)[a]	۰/۴۶۹ (۰/۰۳۵)[b]
تغییر هم‌خونی سالانه (درصد)	۰/۴۲۸ (۰/۰۳۴)[a]	۰/۲۴۹ (۰/۰۲۸)[b]
فاصلهٔ نسل (سال)	۴/۲۲۹ (۰/۰۰۹)	۴/۲۴۵ (۰/۰۱۰)
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد (کیلوگرم)	۰/۰۶۳ (۰/۰۰۶)	۰/۰۶۵ (۰/۰۰۵)
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی (کیلوگرم)	۰/۴۵۱ (۰/۰۳۱)[a]	۰/۴۰۲ (۰/۰۳۲)[b]
شدت انتخاب نرها	۲/۸۲۱ (۰/۰۰۰۴)[a]	۱/۵۲۰ (۰/۰۰۷)[b]
صحت انتخاب نرها	۰/۱۲۹ (۰/۰۰۹)[b]	۰/۱۵۳ (۰/۰۱۱)[a]
شدت انتخاب ماده‌ها	۰/۰۴۷ (۰/۰۱۶)	۰/۰۱۸ (۰/۰۰۴)
صحت انتخاب ماده‌ها	۰/۱۴۰ (۰/۰۰۹)[b]	۰/۱۵۶ (۰/۰۱۰)[a]

a-b: تفاوت ارقام با حروف غیرمشابه در هر ردیف، معنی‌دار است (P<۰/۰۱).

نتایج تحقیق حاضر برای افزایش هم‌خونی سالانه، پیشرفت ژنتیکی سالانه، و کاهش صحت انتخاب برای نرها و ماده‌ها در شدت انتخاب زیاد مشابه سایر گزارش‌ها است. دلیل متفاوت‌بودن میزان تغییرات این تحقیق در مقایسه با نتایج گزارش‌شده برای سطوح گوناگون شدت انتخاب می‌تواند ناشی از متفاوت‌بودن ساختار جمعیت شبیه‌سازی‌شده و شدت انتخاب خیلی بالای درنظرگرفته‌شده برای سطوح شدت انتخاب زیاد در این تحقیق باشد.

نتایج مربوط به سطوح گوناگون اندازهٔ جمعیت در جدول ۳ ارائه شده است. با افزایش اندازهٔ جمعیت‌ها پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل افزایش یافت. تفاوت همهٔ پارامترها بین اندازه‌های گوناگون جمعیت‌ها (به‌جز شدت انتخاب نرها و ماده‌ها) معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). پیشرفت ژنتیکی سالانه در جمعیت ۲۰۰۰ رأسی در مقایسه با جمعیت ۱۰۰۰ و ۵۰۰ رأسی به‌ترتیب ۵۹/۶ و ۷۱/۹درصد بیشتر بود (P<۰/۰۱). تغییر هم‌خونی سالانه در جمعیت ۲۰۰۰ رأسی در مقایسه با جمعیت ۱۰۰۰ و ۵۰۰ رأسی به‌ترتیب به میزان ۳۳/۶ و ۵۴درصد کمتر بود (P<۰/۰۱). فاصلهٔ نسل برای جمعیت ۲۰۰۰ رأس در مقایسه با جمعیت‌های دیگر کم بود و ازنظر آماری در مقایسه با جمعیت ۵۰۰ رأسی تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۱). کاهش هم‌خونی (کاهش افت ناشی از هم‌خونی و کاهش روند کاهشی تنوع ژنتیکی) و فاصلهٔ نسل برای جمعیت‌های بزرگ می‌تواند دلیلی برای افزایش پیشرفت ژنتیکی سالانه در این جمعیت‌ها باشد. بالابودن پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ صفات وزن تولد و یک‌سالگی برای جمعیت بزرگ در مقایسه با جمعیت کوچک نیز مشاهده شد (جدول ۳). صحت انتخاب برای نرها و ماده‌ها در جمعیت ۲۰۰۰ رأسی از سایر جمعیت‌ها بالاتر بود (P<۰/۰۱) که می‌تواند دلیل دیگر برای بیشتربودن پیشرفت ژنتیکی سالانه در این جمعیت‌ها باشد (جدول ۳). دلیل پایین‌بودن فاصلهٔ نسل در جمعیت بزرگ می‌تواند ناشی از این باشد که با بالارفتن اندازهٔ جمعیت تنوع ژنتیکی بیشتر شده و تعداد افراد ممتاز جایگزین زیاد می‌شود، بنابراین لازم نیست افراد مدت زیادی در گله بمانند. افزایش اطلاعات لازم برای ارزیابی ژنتیکی با افزایش اندازهٔ جمعیت می‌تواند دلیلی برای بالابودن صحت انتخاب در جمعیت‌هایی با اندازهٔ بزرگ باشد.

جدول ۳. میانگین و خطای معیار پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، تغییر هم‌خونی سالانه، میانگین صحت، و شدت انتخاب برای سطوح اندازهٔ جمعیت

فراسنجه	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل	۰/۳۲۴ (۰/۰۱۳)^{c}	۰/۵۱۷ (۰/۰۳۰)^{b}	۰/۶۲۶ (۰/۰۲۸)^{a}
تغییر هم‌خونی سالانه (درصد)	۰/۴۷۸ (۰/۰۳۸)^{a}	۰/۳۱۷ (۰/۰۳۰)^{b}	۰/۲۲۱ (۰/۰۳۶)^{c}
فاصلهٔ نسل (سال)	۴/۲۷۳ (۰/۰۰۶)^{a}	۴/۲۳۱ (۰/۰۱۱)^{b}	۴/۲۰۸ (۰/۰۱۱)^{b}
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد (کیلوگرم)	۰/۰۴۵ (۰/۰۰۶)^{b}	۰/۰۶۹ (۰/۰۰۴)^{a}	۰/۰۷۹ (۰/۰۰۵)^{a}
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی (کیلوگرم)	۰/۲۸۲ (۰/۰۱۱)^{c}	۰/۴۵۲ (۰/۰۲۷)^{b}	۰/۵۴۵ (۰/۰۲۴)^{a}
شدت انتخاب نرها	۱/۶۶۹ (۰/۰۴۶)	۱/۶۷۹ (۰/۰۴۳)	۱/۶۶۴ (۰/۰۴۸)
صحت انتخاب نرها	۰/۱۰۱ (۰/۰۰۶)^{c}	۰/۱۴۲ (۰/۰۱۰)^{b}	۰/۱۸۰ (۰/۰۰۹)^{a}
شدت انتخاب ماده‌ها	۰/۰۱۶ (۰/۰۰۱)	۰/۰۳۸ (۰/۰۱۲)	۰/۰۴۳ (۰/۰۲۲)
صحت انتخاب ماده‌ها	۰/۱۱۲ (۰/۰۰۶)^{c}	۰/۱۴۹ (۰/۰۰۹)^{b}	۰/۱۸۳ (۰/۰۰۹)^{a}

a-c: تفاوت ارقام با حروف غیر مشابه در هر ردیف، معنی‌دار است (P<۰/۰۱).

افزایش پیشرفت ژنتیکی سالانه با افزایش اندازهٔ جمعیت در موش مشاهده شده است (۱۱) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. بین اندازهٔ جمعیت و تنوع ژنتیکی رابطهٔ مستقیمی وجود دارد و با افزایش اندازهٔ جمعیت تنوع ژنتیکی بیشتر می‌شود (۹). اگر تنوع ژنتیکی برای صفتی در جامعه خیلی بالا باشد و فقط افراد ممتاز براساس اندازه‌گیری‌های دقیق صفت انتخاب شوند، افراد انتخاب‌شده و نتاج آنها به مراتب بهتر از میانگین است و تغییر ژنتیکی سریع‌تر انجام می‌گیرد. اگر تنوع ژنتیکی کم باشد، حتی برترین افراد و نتاج آنها فقط مقدار کمی بهتر از میانگین است، بنابراین تغییر ژنتیکی کندتر خواهد بود (۱۳).

بیشتربودن تغییر هم‌خونی سالانه برای جمعیت‌های کوچک قابل انتظار است. در اندازهٔ جمعیت نامحدود که افراد به‌صورت تصادفی آمیزش می‌کنند، نیروهای تکاملی همچون جهش، مهاجرت، و انتخاب مهم نیستند و ساختار ژنتیکی جمعیت به همان فرم در نسل بعد باقی می‌ماند. به هر حال به واسطهٔ اندازهٔ بزرگ جمعیت، احتمال آمیزش خویشاوندی کمتر است (۵). دلیل بالابودن فاصلهٔ نسل در جمعیت کوچک می‌تواند ناشی از بالارفتن تنوع ژنتیکی با افزایش اندازهٔ جمعیت باشد، بنابراین تعداد افراد ممتاز جایگزین بیشتر می‌شود و ضرورتی ندارد که افراد مدت زیادی در گله بمانند.

پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل برای تعداد گلهٔ ۵ در مقایسه با سایر تعداد گله‌ها بیشتر بود، اختلاف پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل بین سطوح تعداد گله معنی‌دار است (P<۰/۰۱). تغییر هم‌خونی سالانه بین تعداد گله‌ها معنی‌دار نبود. پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ صفات وزن تولد و وزن یک‌سالگی بین سطوح تعداد گله‌ها روندی مشابه پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل دارند. تعداد گله‌ها بر شدت انتخاب نرها و ماده‌ها تأثیر معنی‌دار ندارد ولی صحت انتخاب در نرها و ماده‌ها برای تعداد گلهٔ ۵ در مقایسه با ۱۰ و ۲۰ بیشتر است و اختلاف صحت انتخاب برای نرها و ماده‌ها بین سطوح گوناگون تعداد گله معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بالابودن صحت انتخاب و تغییر هم‌خونی کم در تعداد گلهٔ ۵ می‌تواند دلیلی بر بالابودن پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل در آن باشد. در تعداد گلهٔ کم در این تحقیق، اندازهٔ گله بزرگتر است و بزرگ‌بودن اندازهٔ گله‌ها باعث بیشترشدن تنوع ژنتیکی و افزایش تعداد افراد ممتاز برای جایگزینی حیوانات می‌شود بنابراین حیوانات مدت کمتری در گله می‌مانند و باعث کاهش فاصلهٔ نسل می‌شود.

جدول ۴. میانگین و خطای معیار پیشرفت ژنتیکی سالانه برای شایستگی کل، تغییر هم‌خونی سالانه، میانگین فاصلهٔ نسلی، میانگین صحت، و شدت انتخاب برای سطوح تعداد گله

فراسنجه	۵	۱۰	۲۰
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ شایستگی کل	۰/۵۶۴ (۰/۰۴۸)[a]	۰/۴۹۵ (۰/۰۳۸)[b]	۰/۴۰۸ (۰/۰۳۴)[c]
تغییر هم‌خونی سالانه (درصد)	۰/۳۳۷ (۰/۰۴۷)	۰/۳۴۶ (۰/۰۴۶)	۰/۳۳۳ (۰/۰۴۹)
فاصلهٔ نسل (سال)	۴/۲۲۵ (۰/۰۱۰)[b]	۴/۲۲۴ (۰/۰۱۵)[b]	۴/۲۶۲ (۰/۰۰۸)[a]
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن تولد (کیلوگرم)	۰/۰۷۸ (۰/۰۰۶)[a]	۰/۰۶۱ (۰/۰۰۵)[b]	۰/۰۵۳ (۰/۰۰۷)[b]
پیشرفت ژنتیکی سالانهٔ وزن یک‌سالگی (کیلوگرم)	۰/۴۸۵ (۰/۰۴۳)[a]	۰/۴۳۴ (۰/۰۳۵)[b]	۰/۳۶۱ (۰/۰۳۰)[c]
شدت انتخاب نرها	۱/۶۷۶ (۰/۰۴۴)	۱/۶۶۶ (۰/۰۴۷)	۱/۶۷۰ (۰/۰۴۶)
صحت انتخاب نرها	۰/۱۶۸ (۰/۰۱۳)[a]	۰/۱۴۳ (۰/۰۱۰)[b]	۰/۱۱۳ (۰/۰۱۰)[c]
شدت انتخاب ماده‌ها	۰/۰۲۸ (۰/۰۱۰)	۰/۰۴۷ (۰/۰۲۲)	۰/۰۲۳ (۰/۰۰۹)
صحت انتخاب ماده‌ها	۰/۱۷۱ (۰/۰۱۳)[a]	۰/۱۵۱ (۰/۰۰۹)[b]	۰/۱۲۲ (۰/۰۱۰)[c]

a-c: تفاوت ارقام با حروف غیر مشابه در هر ردیف، معنی‌دار است (P<۰/۰۱).

در تحقیق حاضر، جمعیت شبیه‌سازی‌شده در بین گله‌ها توزیع می‌شود، بنابراین برای تعداد گلهٔ کم، اندازهٔ گله‌ها بزرگ، و تعداد گلهٔ زیاد اندازهٔ گله‌ها کوچک است. پس می‌توان گفت که پیشرفت ژنتیکی با کاهش اندازهٔ گله‌ها کم می‌شود که این نتیجه با دیگر نتایج ارائه‌شده مطابقت دارد (۱۰). در بررسی همبستگی بین صحت برآورد ارزش اصلاحی و اندازهٔ گله به روش شبیه‌سازی گزارش شد که همبستگی بین ارزش اصلاحی برآوردشده و حقیقی برای گله‌های با اندازهٔ کوچک کمتر است و پیشرفت ژنتیکی با افزایش اندازهٔ گله افزایش می‌یابد (۱۰). در جمعیت‌های کوچک به‌دلیل افزایش احتمال آمیزش‌های خویشاوندی، افزایش هم‌خونی جمعیت در صورت عدم کنترل هم‌خونی، وجود خواهد داشت. در تحقیق حاضر افزایش جزئی هم‌خونی برای تعداد گلهٔ ۱۰ (اندازهٔ گلهٔ کوچک) در مقایسه با اندازهٔ گلهٔ ۵، می‌تواند به‌دلیل افزایش احتمال آمیزش‌های خویشاوندی باشد. افزایش پیشرفت ژنتیکی سالانه، صحت انتخاب با افزایش اندازهٔ گله (تعداد گلهٔ کم) برای تحقیق حاضر با سایر گزارش‌ها همخوانی دارد (۳).

براساس نتایج تحقیق حاضر، پیشنهاد می‌شود اندازهٔ جمعیت و اندازهٔ گله‌ها برای گاوهای سیستانی بزرگ درنظر گرفته شود. همچنین برای کنترل هم‌خونی در جمعیت گاوهای سیستانی بهتر است از آمیزش‌های کنترل‌شده مانند آمیزش با حداقل هم‌تباری استفاده شود. برای این منظور باید شدت انتخاب درنظرگرفته‌شده برای مسیرهای انتخابی به‌دقت انتخاب شود و تا حد لازم از شدت‌های خیلی زیاد استفاده نشود یا در صورت استفاده از این شدت انتخاب‌ها از آمیزش‌های کنترل‌شده استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از برنامه‌نویسان نرم‌افزارهای ADAM و DMU بابت اجازهٔ استفاده از این نرم‌افزارها قدردانی می‌شود.

منابع

۱. رکوعی م (۱۳۸۸) تجزیه و تحلیل هم‌خونی و ارتباط آن با صفات تولیدی، تولیدمثل و ماندگاری گاوهای شیری ایران. رسالهٔ دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

۲. فرجی‌آروق ه، اسلمی‌نژاد ع ا، طهمورث‌پور م، رکوعی م و شریعتی م م (۱۳۹۳) ارزیابی روند هم‌خونی جمعیت گاوهای شیری با تغییر نوع آمیزش، شدت انتخاب و استفاده از انتقال جنین با استفاده از شبیه‌سازی تصادفی. پژوهش در نشخوارکنندگان. ۲(۳): ۱۲۱-۱۳۸.

۳. فرجی‌آروق ه (۱۳۹۳) تعیین سیستم انتخابی مناسب برای گاوهای هلشتاین ایران به روش شبیه‌سازی تصادفی. رسالهٔ دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.

۴. منصوری ه و سرحدی ف (۱۳۸۷) معرفی استعدادهای گاو سیستانی به عنوان یکی از ذخایر ژنتیکی دامی کشور، اولین همایش ملی تحقیقات گاو سیستانی، دانشگاه زابل.

5. Caballero A (1994) Developments in the prediction of effective population size. Heredity. 73(6): 657-679.

6. Caballero A, Santiago E and Toro MA (1996) Systems of mating to reduce inbreeding in selected populations. Animal Science. 62: 431-442.

7. De Mendiburu F (2014) Agricolae: statistical procedures for agricultural research. R package Version 1: 1-6.

8. Falconer DS and Mackay TFC (1996) Introduction to quantitative genetics. Fourth Edition, Longman. p. 469.

9. Frankhan R, Jones LP and Barker JSF (1968) The effects of population size and selection intensity in selection for a quantitative character in Drosophila. I. Short-term response to selection. Genetic Research. 12: 237-248.

10. Gierdziewicz M (1993) Effect of herd size on estimating cattle breeding value. Animal Science Paper and Reports. 11(1): 5-11.

11. Hanrahan JP, Eisen EJ and Legates JE (1972) Effects of population size and selection intensity on short- term response to selection for post weaning gain in mice. Genetics. 73: 513-530.

12. Henryon M, Sorensen AC and Berg P (2009) Mating animals by minimizing the covariance between ancestral contributions generates less inbreeding without compromising genetic gain in breeding schemes with truncation selection. Animal. 3(10): 1339-1346.

13. Lesley JF (1984) Genetics of livestock improvement (3 Ed). New Jersey 07632 U.S.A. 482 p.

14. Madsen P and Jensen J (2006) A User's Guide to DMU: A package for analyzing multivariate mixed models, Version 6. Danish Institute of Agricultural Sciences, Dept. of Animal Breeding and Genetics, Research Centre Foulum.

15. Meuwissen TH (1997) Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. Journal of Animal Science. 75(4): 934-940.

16. Nirea KG, Sonesson AK, Woolliams JA and Meuwissen TH (2012) Effect of non-random mating on genomic and BLUP selection schemes. Genetic Selection Evolution. 44(1):1-7.

17. Pedersen L, Sørensen A, Henryon M Ansari-Mahyari S and Berg P (2009) ADAM: A computer program to simulate selective breeding schemes for animals. Livestock Science. 121: 343-344.

18. Pico BA (2004) Estimation of genetic parameters for growth traits in South African Brahman cattle. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, Ph.D. Dissertation.

19. Quinton M and Smith C (1995) Comparison of evaluation-selection systems for maximizing genetic response at the same level of inbreeding. Journal of Animal Science. 73: 2208-2212.

20. Sonesson AK and Meuwissen THE (2000) Mating schemes for optimum contribution selection with constrained rates of inbreeding. Genetic Selection Evolution. 32: 231-248.

21. Sonesson AK and Meuwissen THE (2002) Non-random mating for selection with restricted rates of inbreeding and overlapping generations. Genetic Selection Evolution. 34: 23-39.

22. Van Der Werf J (2006) Optimizing design of breeding programs. Armidale Animal Breeding Summer Course 65-101.

23. Villanueva B, Woolliams JA and Simm G (1994) Strategies for controlling rates of inbreeding in MOET nucleus schemes for beef cattle. Genetic Selection Evolution. 26: 517-535.