15(2) 113-120, Summer 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Simulation of the open nucleus group breeding scheme for genetic improvement of six-month weight of Kermani sheep breed

Heshmatollah Askari Hemmat *

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Key Words

Deterministic simulation
Group breeding
Open nucleus
Six-month weight
Kermani sheep

Abstract

Introduction: The main objective of the present simulation study was to determine the most appropriate relative nucleus size and transfer rate of the replacement ewes from the base commercial flocks to the nucleus in an open nucleus group breeding scheme for improvement of six-month weight of Kermani sheep.

Material & methods: Modeling the structure of the breeding pyramid including flocks in nucleus and base tiers including 5000 ewes and 143 rams with overlapping generations, 6 ewe age groups and 3 ram age groups in both nucleus and base tiers, the birth of first progeny at 2 years old, selection of replacements by the method of "progeny selection" for 6-month weight, transfer of replacements between two tiers in 5 and 6 selection paths, provision of all replacement rams in two tiers from nucleus, without- and with the transferring of ewes from nucleus was carried out, and it was simulated using a deterministic approach with account of the selection effect on the genetic variance and progress. Eight relative nucleus sizes considered at intervals of 0.02, from 0.04 to 0.18, for each of which the optimal transfer rate from the base to the nucleus was obtained. The annual genetic progress and the genetic lag of base flocks with optimal ewe transfer rate to nucleus calculated for each relative nucleus size and the most suitable relative nucleus size was determined.

Results: The best relative nucleus size was 0.12, but the most appropriate economic relative nucleus size was 0.08, 400 ewes in nucleus and 4600 in base flocks with 64 young ewes to be transferred to nucleus and 3.51 years genetic lag for base compared to nucleus predicted. When reducing the relative nucleus size to 0.08, 33% of relative nucleus size reduced and 5% was added to the base relative size. The increase in number of young ewes for transferring to nucleus was 3 heads. The genetic lag of base flocks increased by 0.36 years. The advantage of selection in the open nucleus scheme at the relative nucleus size of 0.12 in comparison to selection in all community flocks without a nucleus investigated.

Conclusion: Deterministic simulation was quite effective for determining the most suitable nucleus size leading to genetic improvement of six-month weight quite close to optimal state, reducing costs of scheme and including as many sheep as possible in base.

* Corresponding Author's email: askarihe@uk.ac.ir
Received: 20 February 2023; Reviewed: 23 March 2023; Revised: 28 May 2023; Accepted: 1 July 2023
(DOI): 10.22034/AEJ.2023.415493.3031

مقاله پژوهشی

شبیه‌سازی طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای بهبود ژنتیکی وزن شش ماهگی گوسفند نژاد کرمانی

حشمت‌اله عسکری‌همت*

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

کلمات کلیدی

اصلاح نژاد گروهی
شبیه‌سازی قطعی
گوسفند کرمانی
وزن شش‌ماهگی
هستهٔ باز

چکیده

مقدمه: هدف اصلی این مطالعه استفاده از شبیه‌سازی در جهت تعیین مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته و نرخ انتقال میش‌های جایگزین از گله‌های تجاری پایه به هسته در یک طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای بهبود ژنتیکی وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی بود.

مواد و روش‌ها: مدل‌سازی ساختارهرم اصلاح‌نژادی شامل گله‌هایی در لایه‌های هسته و پایه با ۵۰۰۰ رأس‌میش و ۱۴۳ رأس قوچ با نسل‌هایی هم‌پوشان، ٦ گروه سنی میش و ۳ گروه سنی قوچ در هر دولایهٔ هسته پایه، تولد اولین فرزندان در ۲ سالگی، انتخاب جایگزین‌ها به‌روش "انتخاب فرزندان" برای وزن ٦ ماهگی، انتقال جایگزین‌ها بین دولایه در مسیرهای انتخابی ۵ و ٦ گانه، تأمین تمام قوچ‌های جایگزین در دولایه از هسته، بدونِ- و با انتقال میش از هسته به پایه انجام و با احتساب اثرانتخاب بر واریانس و پیشرفت‌ژنتیکی، با رویکردقطعی‌شبیه‌سازی شد. تعداد ۸ اندازه نسبی هسته به فواصل ۰/۰۲، از ۰/۰٤ تا ۰/۱۸ منظور و برای هر یک نرخ انتقال بهینه میش از پایه به هسته با استفاده از گزینهٔ راه‌حل تکاملی موجود در افزونه داخلی Solver ضمیمه برنامه Excel به‌دست آمد. پیشرفت ژنتیکی سالیانه و تأخیر ژنتیکی گله‌های پایه با نرخ بهینه انتقال میش به هسته برای هراندازه نسبی هسته محاسبه و مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته تعیین شد.

نتایج: بهترین اندازه نسبی هسته ۰/۱۲ بود، اما مناسب‌ترین اندازه نسبی اقتصادی هسته ۰/۰۸ بود، تعداد ٤۰۰ میش در هسته و ٤٦۰۰ رأس در گله‌های پایه با ٦٤ میش جوان برای انتقال به هسته و ۳/۵۱ سال تأخیر ژنتیکی پایه نسبت به هسته پیش‌بینی شد. هم‌چنین، در کاهش اندازه نسبی هستهٔ ۰/۰۸، ۳۳ درصد از اندازه نسبی هسته کاسته و به‌اندازه نسبی پایه ۵ درصد افزوده شد. افزایش تعداد میش‌های جوان انتقالی به هسته ۳ رأس بود. تأخیر ژنتیکی گله‌های پایه ۰/۳٦ سال بیش‌تر شد. مزیت انتخاب در طرح هسته‌باز در اندازه نسبی هستهٔ ۰/۱۲ در مقایسه با انتخاب در تمام گله‌های مردمی بدون هسته بررسی شد.

بحث و نتیجه‌گیری: شبیه‌سازی‌قطعی برای تعیین مناسب‌ترین اندازه هسته که منجر به پیشرفت ژنتیکیِ وزن شش‌ماهگی کاملاً نزدیک به حالت بهینه، کاهش هزینه‌های طرح و شمول تعداد هرچه بیش‌تر گوسفندان در پایه خواهد شد، کاملاً مؤثر بود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: askarihe@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۳ فروردین ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۷ خرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ تیر ۱۴۰۲
(DOI): 10.22034/AEJ.2023.415493.3031

مقدمه

در پرورش دام، اصلاح نژاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. معمولاً برنامه‌ریزی و تمرکز بر بهبود ژنتیکی (۲) در مراکز اصلاح‌نژادی که از امکانات فنی و مالی و وجود افراد متخصص برخوردارند، انجام می‌شود. از چند دهه قبل، طرح مبتنی بر هسته خصوصاً هستهٔ باز در پرورش گوسفند در کشورهایی ازجمله استرالیا و نیوزیلند (۱)، آفریقای جنوبی (۳)، مکزیک (۴) و برخی از دیگر کشورها، به مورد اجرا گذارده شده است. باوجود ابداع روش‌های پیشرفته ارزیابی ژنتیکی دام‌ها ازجمله بهترین پیش‌بینی ناریب خطی (BLUP: Best Linear Unbiased Prediction) هنوز در بسیاری از مناطق دنیا ازجمله کشور ایران امکان ارزیابی دام‌ها در سطح سامانه‌های روستایی و مرتعی خرده مالک با استفاده از این روش عملی نشده است. طرح اصلاح نژادی گروهی هسته باز (Open Nucleus Group Breeding Scheme) (۵، ۶، ۷، ۸، ۹) شامل یک هرم جمعیتی با دولایه هسته (Nucleus) و پایه (Base) است. این طرح نمونه‌ای از بهترین طرح‌های اصلاح نژادی برای سامانه‌های کشاورزی خرده‌مالک است که در ضمن، مشوقی برای انجام کار گروهی و افزایش ارتباطات حرفه‌ای بین دامپروران و در نتیجه تبادل بهتر اطلاعات درخصوص نوآوری‌های تخصصی مرتبط با پرورش و اصلاح دام‌ها با یکدیگر هم خواهد بود. طرح هسته‌باز با مشارکت دامپروران علاقه‌مند عضو طرح از طریق ایجاد هستهٔ اصلاح نژادی و گزینش جایگزین‌های سالیانه برای هسته و پایه براساس رکوردهای سادهٔ شخصی و کم‌هزینه دام‌ها در سامانه‌های پرورشی روستایی و مرتعی میتواند بسیار مفید واقع شود. با مدیریت هدفمند آمیزش‌های تصادفیِ گروه‌های منتخب دامی در هسته و پایه، طرح هسته‌باز در مناطق مختلف پرورش گوسفند قابل‌اجرا است. در صورت اجرای صحیحِ طرح یادشده بلافاصله پس از ایجاد هسته اولیه که شامل ممتازترین دام‌های منطقه جغرافیایی محل پرورش است، پیشرفت ژنتیکی اولیهٔ قابل‌توجهی برای گله‌های دامپروران عضو طرح، و در درازمدت نیز پیشرفت تجمعی بسیار قابل‌ملاحظه‌ای حاصل خواهد شد. یکی از اهداف اصلی از اجرای طرح اصلاح‌نژادی مبتنی بر هستهٔ باز کاهش ثبت رکورد در جمعیت تجاری پایه از طریق محدود کردن رکوردبرداری‌ها (تنها در گله‌های عضو طرح) است و در این طرح، انتخاب حیوانات از داخل گله‌ها، که می‌توان هر کدام را یک خانواده بزرگ دامی محسوب کرد، صحت انتخاب را افزایش می‌دهد (۱۰). یک نوع طرح دیگر مبتنی بر هسته، طرح هسته‌باز پراکنده (Dispersed open nucleus breeding system) است. در طرح نامبرده میش‌های ممتاز می‌توانند (با صرف‌نظر از موقعیت جغرافیایی محل پرورش خود) از طریق توزیع اسپرم در گله‌های محل تولدشان تلقیح شوند (۱۰، ۱۱).

در طرح هسته‌باز اندازه‌گیری میزان تولید در پایه هم لازم می‌باشد اما با توجه به ماهیت طرح، شدت انتخاب در هسته بیش‌تر است و نرخ انتقال دام‌ها (معمولاً میش‌ها) از پایه به هسته به میزان تفاوت برتری ژنتیکی هسته نسبت به پایه و هم‌چنین به تفاوت میزان توزیع ارزش‌های ژنتیکی افزایشی آن‌ها بستگی دارد (۱۰) که مورد اخیر مرتبط با صحت ارزیابی صفت برای اهداف انتخابی است. میزان پیشرفت ژنتیکی در یک طرح بهینهٔ دارای هستهٔ باز و پایه (بدون لایه تکثیری) نسبت به هستهٔ بسته ۱۰ الی ۱۵ درصد بیش‌تر و نرخ هم‌خونی ۵۰ درصد کم‌تر می‌باشد، هسته ۱۰ درصد از کل جمعیت دولایه را دارا است و نیمی از جایگزین‌های هسته از پایه تأمین می‌شوند (۵، ۱۲). این ویژگی‌ها (کلی بوده و) برای حالتی مصداق دارد که صحت انتخاب در هسته و پایه برابر باشد و در صورت برآورد صحیح‌تر ارزش اصلاحی دام‌های هسته (در مقایسه با پایه)، میزان باز بودن هسته برای وارد کردن بخشی از جایگزین‌ها از پایه کاهش خواهد یافت (۱۳). با تداوم اجرای طرح هسته‌باز به‌مدت چندسال و رسیدن طرح به حالت تعادل و با توجه به تجمعی بودن میزان پیشرفت ژنتیکی حاصله، صفت مورد نظر در بازه زمانی نه‌چندان بلندمدت از روند ژنتیکی مطلوبی برخوردار خواهد شد. هدف اصلی از شبیه‌سازی حاضر تعیین مناسب‌ترین اندازه هسته و نرخ انتقال میش‌های ممتاز از گله‌های تجاری مردمی به هسته در یک طرح اصلاح نژادی گروهی مبتنی بر هستهٔ باز برای بهبود ژنتیکی وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی بود.

مواد و روش‌ها

یک طرح اصلاح نژادی هسته‌باز گروهی با مدل‌سازی براساس (۱۴) به‌منظور بهبود ژنتیکی وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی با نسل‌های هم‌پوشان (Overlapping generations) و به‌روش "انتخاب فرزندان" (Progeny selection) با رویکرد قطعی (Deterministic approach) شبیه‌سازی (Simulation) شد. در شبیه‌سازی حاضر، در وهلهٔ اول، تعداد بهینهٔ میش‌ها در هسته (و لذا اندازه نسبی بهینهٔ هسته و نرخ انتقال بهینهٔ میش از پایه به هسته) تعیین شد. سپس، برخی تعدیلات خصوصاً برای یافتن مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته که منجر به تسهیل و اقتصادی‌تر شدن اجرای طرح، همراه با پیشرفت ژنتیکیِ سالیانه‌ای بسیار نزدیک به حالت بهینه خواهد شد، صورت گرفت. تعداد کل جمعیت میش‌های هسته و پایه ۵۰۰۰ رأس و اندازه هسته برای تعیین اندازه مناسب در بهینه‌سازی، قابل‌تغییر بود. منشأ تأمین سالیانه کسری از میش‌های جایگزین مورد نیاز در هسته، جمعیت گله‌های مردمی پایه بود و تمام قوچ‌های جایگزینِ مورد نیاز در پایه متولد هسته بودند. لذا، از قوچ‌های متولد شده در پایه در هیچ‌یک از

دو لایه هسته و پایه استفاده نشد. دیگر آمار حیاتی برای هر دولایه به‌شرح زیر بود. اولین بره‌زایی میش‌ها در سن ۲ سالگی بود که برای ۶ سال تولیدی (از ۲ تا ۷ سالگی) و قوچها برای ۳ سال تولیدی (تا ۴ سالگی) در گله‌ها نگه‌داری شدند. سن قوچها نیز در زمان تولد بره‌های حاصل از اولین جفت‌گیری در هسته و پایه ۲ سالگی بود. نسبت بره‌های نر به ماده در گله‌های گوسفند بیش‌تر است (۲۶)، اما در مطالعه حاضر این نسبت یکسان درنظر گرفته شد. مجموع درصد تلفات، حذفی‌ها به‌دلایل مختلف و میش‌های فروشی در داخل هر یک از گروه‌های سنی در هرسال تولیدی ۲۰ درصد و این موارد برای قوچها ۵ درصد بود. تعداد ۰/۸۵ میش و قوچ جوانِ در دسترس برای انتخاب از بین آن‌ها به‌عنوان جایگزین‌های سالیانه وجود داشت و از میش‌های مازاد بر انتخاب در هسته، در پایه استفاده نشد. در ضمن، نسبت تعداد میش به قوچ در گله‌ها برابر با ۳۵ بود. صحت انتخاب و انحراف معیار ژنتیکی افزایشی در هسته و پایه براساس (۱۵) به‌ترتیب برابر با ۷۰ درصد و ۲/۲۳۵ کیلوگرم منظور شد. در شبیه سازی به‌عمل آمده، پس از مدل‌سازی طرح هسته‌باز، به‌منظور تعیین تعداد بهینهٔ میش‌های مولد در هسته که از ویژگی‌های هر طرح است اقدام به‌عمل آمد. تعداد ۸ اندازه نسبی هسته در محدوده‌ای که اندازه نسبیِ بهینهٔ هسته محتمل بود، با فاصله دلخواهِ ۰/۰۲، از ۰/۰۴ تا ۰/۱۸درنظر گرفته شد. برای هر یک از این اندازه‌های نسبی هسته، نرخ انتقال بهینهٔ میش از پایه به هسته، که به بیش‌ترین میزان از پیشرفت ژنتیکی منجر خواهد شد، با استفاده از گزینهٔ راه‌حل تکاملی (Evolutionary solving method) موجود در افزونه داخلی Solver (Excel's internal Solver Add-In) ضمیمه برنامه‌اِکسل به‌دست آمد. سپس، مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته برای اجرای طرح، مشخص گردید. پیش‌بینی میزان پیشرفت ژنتیکی سالیانه (G_{yr}) برای طرح شبیه‌سازی‌شدهٔ هسته‌باز در حالت تعادل (Equilibrium)، با استفاده از "اختلاف انتخاب‌ها" (Selection (differential) و انواع فواصل نسلی محاسبه‌شده برای والدینِ جایگزین‌های مورد استفاده در هر دو لایه و جایگزین نمودن در معادلهٔ مربوطه، صورت گرفت (۵، ۷، ۱۴). اختلاف انتخاب ژنتیکی (افزایشی) یا پیشرفت ژنتیکی در یک نسل برای هر یک از مسیرهای انتخابی چندگانهٔ انتخاب نرها و ماده‌های جایگزین (در هسته و در پایه، در زمان انتخاب و تأمین دام‌های جایگزین از خود لایه مربوطه یا از لایه دیگر و یا ترکیبی از این دو حالت)، براساس معادله زیر محاسبه شد: $D = i\, r_{A\wedge A}\, \sigma_A$

در این معادله، D اختلاف انتخاب ژنتیکی (پس از تصحیح از طریق اعمال نمودن صحت انتخاب) یا پیشرفت ژنتیکی حاصل از انتخاب جایگزین‌های مربوطه در یک نسل، i شدت انتخاب جایگزین‌های منتخب در مسیر مربوطه و $r_{A\wedge A}$ همبستگی بین تخمین ارزش ژنتیکی افزایشی و ارزش ژنتیکی افزایشی حقیقیِ (صحت انتخابِ) جایگزین‌های منتخب و σ_A انحراف معیار ژنتیکی افزایشی است. به‌منظور دخالت دادن تأثیر انتخاب در کاهش واریانس و پیشرفت ژنتیکی به‌علت انتخاب در طرح هسته باز و با توجه به وراثت‌پذیری نسبتاً بالای وزن ۶ ماهگی (در گوسفند نژاد کرمانی) که با کاهش واریانس مرتبط است، معادله پیش‌بینی پیشرفت ژنتیکی (۷) پس از تعدیل به‌صورت زیر، مورد استفاده قرار گرفت.

$$G_{yr} = 0.8\frac{g\,C_N + (1-g)\,C_B}{g\,L_N + (1-g)\,L_B}$$

در اینجا g، C_N، C_B، L_N و L_B به‌ترتیب نسبت جایگزین‌های مبادله شده نر و ماده بین دولایه با منشأ هسته، میانگین اختلاف انتخاب ژنتیکی نرها و ماده‌ها در هسته، میانگین اختلاف انتخاب ژنتیکی نرها و ماده‌ها در پایه، میانگین وزنی فاصله نسلی والدین در هسته در زمان تولد فرزندان جایگزین شونده آن‌ها، میانگین وزنی فاصله نسلی والدین در پایه در زمان تولد فرزندان جایگزین شونده آن‌ها می‌باشد. مقدار g براساس معادله مربوطه محاسبه شد (۱۴):

$$g = \frac{w + y}{w + y + v + x}$$

در این معادله، x، y، v و w به‌ترتیب نسبت میش‌های جایگزین مورد استفاده در هسته که در پایه متولد شده‌اند، نسبت میش‌های جایگزین پایه که در هسته متولدشده‌اند، نسبت قوچهای جایگزین هسته که در پایه متولد شده‌اند، و نسبت قوچهای جایگزین پایه که در هسته متولد شده‌اند، می‌باشند.

تأخیر ژنتیکی پایه یعنی تفاوت میانگین ژنتیکی بین پایه و هسته بر اساس معادله زیر محاسبه شد:

$$A_G = \frac{2(L_B\, Gyr - C_B)}{w + y}$$

که در اینجا، A_G اختلاف میانگین ژنتیکی پایه و هسته است. تأخیر ژنتیکی پایه برحسب سال با تقسیم کردن تأخیر ژنتیکی پایه بر پیشرفت ژنتیکی سالیانه (Gyr) (۱۴)، به‌دست آمد:

$$Lag = \frac{A_G}{Gyr}$$

در معادله فوق، Lag میزان تأخیر ژنتیکی پایه و به‌عبارت‌دیگر میزان عقب بودن بهبود ژنتیکی دام‌های پایه در مقایسه با دام‌های هسته برحسب سال، می‌باشد.

نتایج

در شبیه‌سازی به‌عمل‌آمده از ساختار سنی و جمعیتی گله‌های گوسفند نژاد کرمانی، مهم‌ترین پارامترهای مدنظر عبارت بودند از

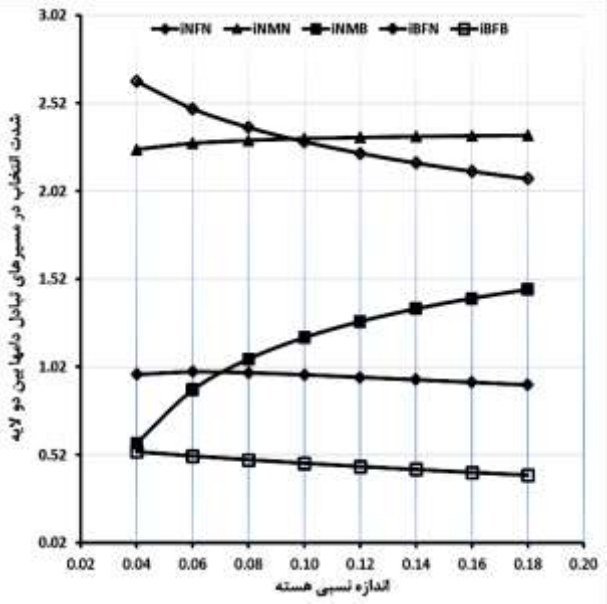
اندازه نسبی هسته، نرخ انتقال میش و تعداد آن‌ها از پایه به هسته، پیشرفت ژنتیکی وزن شش‌ماهگی در سال، میانگین شدت انتخاب جایگزین‌های منتخب از هر دو لایه برای استفاده در هسته و در پایه و تأخیر ژنتیکی گله‌های عضو طرح. دو پارامتر مهم مورد نظر یعنی اندازه هسته و نرخ انتقال میش‌های جوان جایگزین از پایه به هسته به‌عنوان درصدی از میش‌های جوان موردنیاز برای جایگزینی در آن لایه به این‌علت که به‌منظور کاهش هزینه‌های نگه‌داری برای بررسی و انتقال منظور شده بودند بیش‌تر از بقیه‌موارد موردنظر قرار داشتند. نتایج‌حاصل از شبیه‌سازی در ارتباط با بررسی تأثیر توأمان ترکیباتی از اندازه هسته و نرخ انتقال میش‌های ممتاز جوان جایگزین از پایه به هسته بر پیشرفت ژنتیکی وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی، به‌منظور تسهیل تعیین مناسب‌ترین اندازه هسته و نرخ مربوطهٔ انتقال میش از پایه به هسته در حالت تحت بهینه، در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: رابطه بین اندازه نسبی هسته و نرخ انتقال میش‌های جوان جایگزین از پایه به هسته و برخی از دیگر پارامترهای مرتبط، حاصل از شبیه‌سازی طرح اصلاح نژادی هسته‌باز برای گوسفند نژاد کرمانی، با رویکرد قطعی

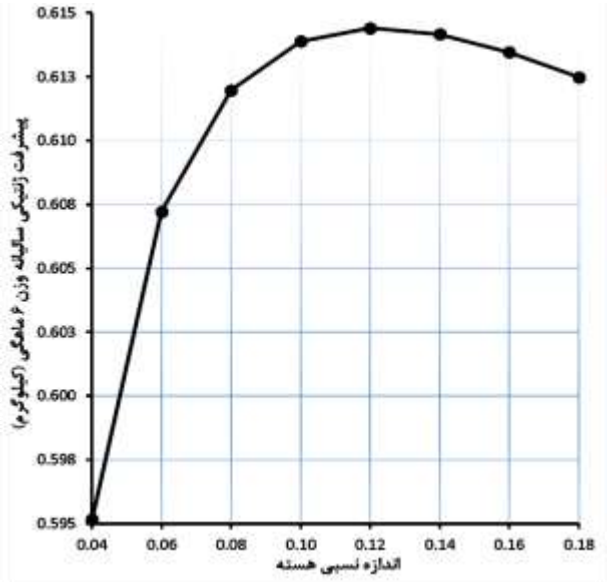
Lag/Lag_{Opt}	$No.E_{BtN}$	x	$Bsize/Bsize_{Opt}$	$Bsize$	$Nsize/Nsize_{Opt}$	$Nsize$	$Rel.NSize$
۱/۳۹	۶۴	۰/۳۹۱	۱/۰۹	۴۸۰۰	۰/۳۳	۲۰۰	۰/۰۴
۱/۲۱	۶۵	۰/۴۰۱	۱/۰۷	۴۷۰۰	۰/۵۰	۳۰۰	۰/۰۶
۱/۱۱	۶۴	۰/۳۹۵	۱/۰۵	۴۶۰۰	۰/۶۷	۴۰۰	۰/۰۸
۱/۰۵	۶۳	۰/۳۸۵	۱/۰۲	۴۵۰۰	۰/۸۳	۵۰۰	۰/۱۰
۱/۰۰	۶۱	۰/۳۷۲	۱/۰۰	۴۴۰۰	۱/۰۰	۶۰۰	۰/۱۲
۰/۹۶	۵۸	۰/۳۹۵	۰/۹۸	۴۳۰۰	۱/۱۷	۷۰۰	۰/۱۴
۰/۹۳	۵۶	۰/۳۴۵	۰/۹۵	۴۲۰۰	۱/۳۳	۸۰۰	۰/۱۶
۰/۹۱	۵۴	۰/۳۳۲	۰/۹۳	۴۱۰۰	۱/۵۰	۹۰۰	۰/۱۸

$Rel.Nsize$ = اندازه نسبی هسته (نسبت تعداد میش‌های هسته به‌کل جمعیت میش‌های هسته و پایه)، $Nsize$ = اندازه مطلق هسته (تعداد رأس)، $Nsize/Nsize_{Opt}$ = نسبت اندازه مطلق هسته به‌اندازه مطلق هسته در حالت بهینه، $Bsize$ = اندازه مطلق پایه (تعداد رأس)، $Bsize/Bsize_{Opt}$ = نسبت اندازه مطلق پایه به‌اندازه مطلق پایه در حالت بهینه، x = نرخ انتقال میش‌های جوان جایگزین از پایه به هسته (به‌عنوان درصدی از میش‌های جوانِ جایگزین موردنیاز در هسته)، $No.E_{BtN}$ = تعداد میش‌های جوان جایگزین انتقالی از پایه به هسته، Lag/Lag_{Opt} = نسبت تأخیر ژنتیکی پایه، به تأخیر ژنتیکی در حالت بهینه.

در شبیه‌سازی به‌عمل‌آمده، به‌علت عدم‌استفاده‌از قوچ‌های متولد پایه تنها۶ مسیر از ۸ نوع‌مسیر انتخابی‌در طرح هسته‌باز وجود داشت. این مسیرها چنین بودند: مسیر انتخابیِ نرهای هسته برای استفاده به‌عنوان نرهای جایگزین در هسته (Nucleus :NMN Males used in Nucleus)، نرهای هسته برای استفاده در پایه (Nucleus :NMB Males used in Base)، ماده‌های هسته برای استفاده در هسته (Nucleus Females used in Nucleus :NFN)، ماده‌های هسته برای استفاده‌در پایه (Nucleus Females used in Base :NFB)، ماده‌های پایه برای انتقال به هسته (Base Females used in Nucleus :BFN) و ماده‌های پایه برای استفاده در پایه (Base Females used :BFB in Base). انتخاب در مسیر NFB فقط در حالتی که از دام‌های مازاد بر انتخابِ هسته‌در پایه استفاده‌شد، صورت گرفت. اطلاعات خروجی حاصل از شبیه‌سازی در ارتباط با "شدت انتخاب"های مربوط به ۵ مسیر انتخابی در شکل ۱ نمایش داده شده است. این پارامترها، در شبیه‌سازی‌اصلی تنها‌متغیرهای‌قابل‌بهینه‌سازی‌از‌مجموعه پارامترهای مؤثر بر بهبود ژنتیکیِ وزن ۶ ماهگی در معادله کلیدی پیشرفت ژنتیکی، در مسیر مربوطه بودند. با تغییر اندازه هسته، نسبت‌های انتخاب در هر مسیر تغییر و لذا، "شدت انتخاب"ها هم تغییر کردند. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود زمانی شدت انتخاب ماده‌های‌هسته‌برای جایگزینی در هسته به‌میزان بسیاراندکی افزایش یافت، سپس که اندازه هسته از ۰/۰۴ به ۰/۰۶ افزایش یافت، روند کاهشی ملایمی به خود گرفت و شدت انتخاب ماده‌های پایه برای هسته و برای پایه با روند کاهشی ملایمی مواجه شد. هم‌چنین، شدت انتخاب نرهای هسته برای استفاده در هسته افزایش ملایمی داشت اما شدت انتخاب نرهای هسته برای پایه افزایش زیادی داشت و سپس در اندازه هسته ۰/۰۸ روند افزایش آن اندکی کندتر شد و هم‌چنان تا اندازه هسته ۰/۱۸ روند افزایشی قابل‌ملاحظه خود را حفظ کرد. با توجه به تبادلات بین دو لایه و اختلاط ژنوم دام‌های هسته و پایه، برآیند "شدت انتخاب"ها با روند نمایش داده‌شده در بالا در دولایه منجر به بیش‌ترین پیشرفت ژنتیکی وزن شش‌ماهگی در اندازه نسبی هستهٔ ۰/۱۲ شد که در شکل ۲ قابل‌مشاهده است.

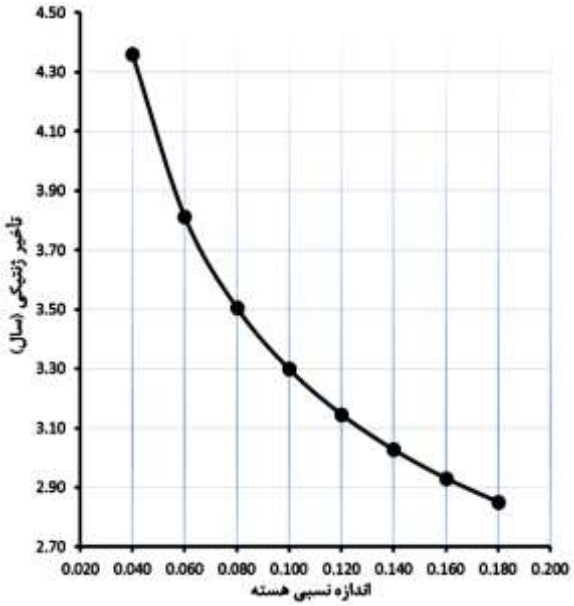


شکل ۱: روند تغییرات انواع شدت انتخاب در مسیرهای پنج‌گانه حاصل از شبیه‌سازی طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای بهبود وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی



شکل ۲: میزان پیشرفت ژنتیکی سالیانه در اندازه‌های مختلف هسته، حاصل از شبیه‌سازی طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای بهبود وزن شش‌ماهگی گوسفند نژاد کرمانی

با توجه به داده‌های جدول ۱، در اندازه نسبی هستهٔ ۰/۱۲ با بیش‌ترین پیشرفت ژنتیکی، تعداد ۶۰۰ رأس میش در هسته و ۴۴۰۰ رأس در پایه وجود داشت. نرخ انتقال میش‌های ممتاز جوان جایگزین از پایه به‌منظور تأمین بخشی از جایگزین‌های میشِ جوان مورد نیاز در هسته ۶۱ رأس و میزان تأخیر در بهبود ژنتیکی گله‌های مردمی نسبت به هسته برابر با ۳/۱۵ سال بود. این میزان از تأخیر ژنتیکی در پایه و دیگر مقادیر تأخیر ژنتیکی پایه برای اندازه‌های نسبی مختلف هستهٔ باز در شکل ۳ نمایش داده‌شده است. در شکل ۳ ملاحظه می‌شود که با افزایش اندازه نسبی هسته از میزان تأخیر ژنتیکی در گله‌های پایه کاسته می‌شود. این کاهش در تأخیر ژنتیکی پایه با افزایش اندازه نسبی هسته کم‌تر می‌شود. به‌منظور تسهیل اجرای طرح و کاهش هزینه‌های مربوطه، مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته و نرخ انتقال میش از پایه به هسته که مقادیر تحت بهینه‌ای (Suboptimal) در هر ترکیبِ موردبررسی داشتند و در ضمن کاهش محسوسی هم در پیشرفت ژنتیکی ایجاد نمی‌شد، مورد بازبینی قرار گرفت. با در نظر گرفتن این اهداف، مناسب‌ترین اندازه نسبی هسته ۰/۰۸ تعیین شد که در آن اندازه، تعداد ۴۰۰ میش در هسته و ۴۶۰۰ رأس در گله‌های مردمی با تعداد ۶۴ میش ممتاز جوان برای انتقال به هسته و ۳/۵۱ سال تأخیر ژنتیکی پایه نسبت به هسته پیش‌بینی شد. در صورت اجرای طرح هسته‌باز با ویژگی‌های یادشدهٔ تحت بهینه، با اندازه نسبی هستهٔ ۰/۰۸، کاهش در پیشرفت ژنتیکی سالیانه در مقایسه با اندازه نسبیِ ۰/۱۲ بسیار ناچیز و فقط در حد ۲ گرم پیش‌بینی می‌شود، اما از طرف دیگر ۳۳ درصد از اندازه نسبی هسته کاسته و به‌اندازه نسبی پایه ۵ درصد افزوده می‌شود که هر دو مورد اخیر از مزایای تعدیل اندازه نسبی هسته می‌باشند. هم‌چنین، میزان افزایش در تعداد میش‌های جوان و ممتاز انتقالی به هسته فقط ۳ رأس خواهد بود که بسیار کم‌هزینه است و در تأخیر ژنتیکی گله‌های مردمیِ پایه نیز فقط ۱۱ درصد، برابر با ۰/۳۶ سال افزایش پیش‌بینی می‌شود که چندان محسوس نخواهد بود (جدول ۱). در شرایط در نظر گرفته‌شده در شبیه‌سازی به‌شرح قبلی، مزیت طرح هسته‌باز نسبت به حالت فرضی انتخاب در تمامی گله‌های مردمی و بدون هر نوع هستهٔ اصلاح نژادی برای وزن شش‌ماهگی، در حدود ۹ درصد بود. در پژوهش حاضر، در یک شبیه‌سازی دیگر با انتقال میش‌های جوان مازاد بر انتخاب در هسته به پایه در شرایطی یکسان باحالت قبل (و با اندازه نسبی هستهٔ ۰/۱۲)، این مزیت تقریباً ۱۰/۴ درصد برآورد شد که قابل‌توجه است. در این حالت، نرخ انتقال میش‌های ممتاز جوانِ جایگزین از پایه به هسته، از ۰/۳۷۲ به ۰/۴۴۸ افزایش و تأخیر ژنتیکی پایه به ۲/۹۰ سال کاهش یافت.



شکل ۳: رابطه بین اندازه نسبی هسته و تأخیر ژنتیکی گله‌های مردمی در شبیه‌سازی طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای گوسفند نژاد کرمانی

بحث

یکی از صفات موردنظر در اصلاح‌نژاد و پرورش گوسفند کرمانی وزن ۶ ماهگی است که تقریبا در این سن بره‌های موردنیاز برای نگه‌داری به‌عنوان جایگزین‌های گله را می‌توان تعیین و تعداد مازاد بر نیاز را از چرخه تولیدمثلی خارج کرد. علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های مطلوبِ ژنتیکی به‌شرحی که خواهد آمد، اندازه‌گیری این صفت آسان و کم‌هزینه بوده و هم‌چنین در زمان مناسبی برای دامپروران پس از تولد بره‌ها قابل اندازه‌گیری است. با توجه به گزارش‌ها، وزن شش ماهگی در گوسفند کرمانی وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارد (۵، ۱۶)، میزان آن در مقایسه با وراثت‌پذیری دیگر صفات مرتبط با رشد به‌جز وزن ۳ ماهگی (وزن‌های تولد، ۹ و ۱۲ ماهگی) بیش‌تر است و در ضمن، همبستگی ژنتیکی آن با صفات رشدِ ۳، ۹ و۱۲ ماهگی بسیار بالا است. به‌علاوه، وزن شش‌ماهگی نسبت به وزن ۳ ماهگی به‌میزان کم‌تری تحت تأثیر اثرات مادری است. لذا، این صفت برای بهبود از طریق اجرای طرح هسته‌باز مناسب تشخیص داده شد و در شبیه‌سازی با رویکرد قطعی مورد استفاده قرار گرفت. در مدل‌سازی طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز، ترکیب و مشخصات گله شامل سن در زمان اولین بره‌زایی، نرخ ماندگاری از یک گروه سنی تا گروه سنی مسن‌تر در گله، تعداد مولدین در هر گروه سنی، بیش‌ترین سن استفاده از مولدین در گله (سن حذف)، نرخ آمیزشی میش به قوچ و تعداد گوسفندان جوانِ در دسترس برای انتخابِ جایگزین‌ها، پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی لازم، و مجموع مولدین در هسته و پایه مهم‌ترین اطلاعات ورودی برای گوسفند نژاد کرمانی در برنامه شبیه‌سازی بودند.

چنان‌چه سنِ اولین جفتگیری، پایین، (به‌طور مثال ۱۲ ماهگی) و بره‌زایی در ۱۷ ماهگی باشد، فاصله بین دو نسل کاهش یافته و به پیشرفت ژنتیکی افزوده خواهد شد. اما، از دیدگاه اصلاح نژادی، سن پایین برای شروع تولیدمثل زمانی قابل‌قبول خواهد بود که میش‌های جایگزینِ جوان به‌وزن مطلوبی رسیده باشند تا جثه آن‌ها به‌مرور زمان کوچک نشود. لذا، در ایران به‌طور معمول، اولین جفتگیری گوسفندان در ۱۸ ماهگی است (۲۵). با توجه به نکته یادشده، در شبیه‌سازی حاضر نیز سن گوسفندان نژاد کرمانی در اولین بره‌زایی ۲ سالگی در نظر گرفته شد. رعایت این نکته، فرصتی را برای بره‌های متولد شده از مادرانی با سن و جثه مناسب فراهم می‌کند تا استعداد ژنتیکی بالقوهٔ وزن شش‌ماهگی خود را به‌میزان هرچه‌بیش‌تری بروز دهند. در نتیجه، کاهش در وراثت‌پذیری وزن شش‌ماهگی به‌علت اثر محیطی مادری از نوع یادشده محتمل نبوده و لذا، انتخاب بره‌ها در این سن، از قابلیت‌اطمینان (Reliability) بالاتری برخوردار خواهد بود. گزارش حاصل از یک تحقیق بیانگر این موضوع است که یک هستهٔ کوچک‌تر دارای ساختار سنی موثرتر و کارایی بیش‌تر، روش انتخاب مناسب‌تر و صحت انتخاب بالاتر است (۱۷). در شبیه‌سازی اصلی مورد نظر در پژوهش حاضر با اهداف یاد شده، از میش‌های مازاد بر انتخاب جایگزین‌های هسته در پایه استفاده به‌عمل نیامد. لذا، بررسی تاثیر اندازه نسبی هسته بر نرخ انتقال میش‌های جوان جایگزین از پایه به هسته مستقل از اثر ورود این میش‌های جایگزین به پایه و امکان ایجاد تعدیل در اندازه نسبی هسته به‌راحتی امکان‌پذیر شد. در نتایج حاصل از شبیه‌سازی (شکل ۲) ملاحظه می‌شود که افزایش اندازه نسبی هسته فقط تا میزان مشخصی (۰/۱۲) منجر به افزایش پیشرفت ژنتیکی می‌شود و سپس کاهش می‌یابد که با گزارشات مطابقت داشته (۱۸، ۱۷، ۵) و خلاف گزارش در مورد گاومیش مصری که بیان داشتند در یک شبیه‌سازی تصادفی/احتمالی (Stochastic simulation) با بزرگ‌تر شدن اندازه هسته به پیشرفت ژنتیکی افزوده خواهد شد (۱۹)، می‌باشد. با افزایش اندازه نسبی هسته، شدت انتخاب نرهای هسته برای جایگزینی در پایه و نرهای هسته برای جایگزینی در هسته بیش‌ترین افزایش را داشتند که این افزایش برای نرهای هسته انتقالی به پایه بسیار زیادتر بود. این روند به‌طرز مشابهی اما با شیب ملایم‌تر و در جهت معکوس برای ماده‌های پایه انتقالی به هسته، کاهشی بود. دلیل این‌گونه روندها با تغییر تعداد دام‌های هسته و پایه مرتبط است. با افزایش اندازه نسبی هسته، تعداد ماده‌های هسته افزایش و تعداد ماده‌های پایه کاهش می‌یابد. در نتیجه، نسبت انتخاب در پایه افزایش و شدت انتخاب ماده‌های پایه برای انتقال به هسته و هم‌چنین برای استفاده در خود پایه به‌ترتیب با شیبی ملایم و با شیبی قابل توجه، کاهش می‌یابد. به‌علاوه، شدت انتخاب ماده‌های هسته برای جایگزینی در خود هسته هم به‌علت ثابت بودن نرخ انتقال ماده‌ها از پایه به هسته و الزاماً افزایش نسبت انتخاب در هسته برای جبران کمبود جایگزین‌های موردنیاز در هسته، باعث می‌شود شدت انتخاب

ماده‌های هسته برای استفاده در خود هسته نیز با شیب ملایمی کم‌تر شود. هم‌چنین، زمانی که اندازه نسبی هسته افزایش می‌یابد، تعداد نرهای جوان در دسترس برای انتخاب از بین آن‌ها به‌منظور جایگزینی سالیانه افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد میش‌های هسته نرخ میش به قوچ و در نتیجه تعداد قوچ‌های جایگزین مورد نیاز در هسته ثابت می‌ماند. اما به‌علت غیرخطی بودن رابطه بین تعداد جمعیت در دسترس (خصوصاً جمعیت‌های کوچک) برای انتخاب و شدت انتخابِ حاصل از یک نسبت انتخابِ ثابت، میزان شدت انتخاب قوچ‌های جایگزین برای استفاده در خود هسته به‌علت بزرگ‌تر شدن اندازه جمعیت در دسترس با همان نسبت انتخاب قبلی، با شیب نسبتاً ملایمی افزایش می‌یابد. در همین وضعیت، به‌علت کم‌تر شدن تعداد ماده‌های پایه و کاهش تعداد نرهای جایگزینِ در دسترس مورد نیاز در آن لایه که تمام آن‌ها از هسته تأمین می‌شوند، تعداد کم‌تری قوچِ جایگزین از بین تعداد بیش‌تری از قوچ‌های جوان در دسترس در هسته، انتخاب می‌شوند. به‌همین علت، شدت انتخاب در مسیر انتقالی نرهای هسته برای انتقال به پایه بیش‌ترین شیب را دارا می‌باشد. در اتیوپی، برخی از محققین یک برنامه اصلاح نژادی مردم نهاد (مردمی) پراکنده (Dispersed community-based breeding program) با ۵۷۷ رأس بز ماده در هسته و ۳۵۷۹ رأس در گله‌های پایه را برای اصلاح نژاد بز برانا پیشنهاد دادند (۲۱). برای ایجاد هسته اصلاح نژادی، در ابتدا بهترین دام‌های در دسترس در منطقه انتخاب می‌شوند و به‌علت وجود اختلاف انتخابِ (Selection differential) این دام‌های ممتاز به‌میزان زیاد با میانگین جمعیت گله‌های مردمی، پیشرفت ژنتیکی در صفت مورد نظر در ابتدا به‌سرعت حاصل شده و لذا، باعث ایجاد تأخیر ژنتیکی بین هسته و گله‌های تجاری مردمی (جمعیت پایه) می‌شود. بعد از این مرحله، با انتقال دام‌های ممتاز از هسته به پایه و بهبود ژنتیکی دام‌ها در پایه این تاخیر ژنتیکی سریعاً برطرف می‌شود (۱۰، ۲۲). جهش ابتدایی در بهبود ارزش اصلاحی دام‌ها در هسته به‌علت گردآوری ممتازترین دام‌های گله‌های مردمی در مرحله آغازینِ اجرای چنین طرحی به بهبودی قابل‌توجهی در میزان تولید گله‌های مردمیِ عضو طرح در کوتاه‌مدت منجر خواهد شد. چنان‌چه در پایه دام‌هایی (به‌طور معمول، میش‌ها) ارزش اصلاحی بالاتری نسبت به برخی دام‌های هسته داشته باشند به هسته منتقل می‌شوند. یک نکته قابل توجه این‌که در صورت وجود تفاوت ارزش اصلاحی بین دولایه به‌میزان خیلی زیاد، ممکن است در عین‌حال در پایه تعدادی از دام‌ها که از برتری ژنتیکی بالاتری نسبت به برخی از دام‌های هسته برخوردار هستند وجود داشته باشند (۱۲) و لذا به تعداد لازم به‌عنوان درصدی از جایگزین‌های هسته منظور می‌شوند. در طرح اصلاح نژادیِ دارای هستهٔ باز ارزیابی جایگزین‌های ورودی از پایه به هسته در شرایط محیطی نظیر شرایط پایه امکان‌پذیر است و به‌علت وجود آمیزش‌های جورشده (بین هسته و پایه و هم‌چنین در داخل هر لایه، با آمیزش‌های تصادفی در داخل هر لایه) که منجر به افزایش تنوع ژنتیکی می‌شود، میزان بهبود ژنتیکی بیش‌تر است (۱۰). درصورتی‌که شرایط محیطی هسته و پایه تفاوت زیادی با هم داشته باشند میزان مؤثر بودن گزینش جایگزین‌ها در هسته کاهش یافته و به‌میزان اثر متقابل ژنوتیپ‌های منتخب در هسته و پایه بستگی خواهد داشت. لذا، شرایط محیطی هسته بایستی مشابه شرایط محیطی پایه باشد. اندازهٔ جمعیت هسته به بیش‌ترین میزان به حداقل تعداد نرها و ماده‌هایی که برای حفظ یک اندازهٔ موثر (Effective population size) جمعیت به‌میزان مشخص پرورش داده می‌شوند بستگی دارد (۲۳). پیشرفت ژنتیکی سالیانه وزن ۶ ماهگی در طرح اصلاح نژادی گروهی هسته‌باز برای گوسفند نژاد کرمانی نسبت به گله‌های تجاری عادی غیرعضو طرح، با فرض این‌که در تمام آن‌ها انتخاب برای وزن ۶ ماهگی انجام می‌شود بررسی شد که به‌شرح زیر می‌باشد. دو محقق، پس از یک بررسی نتیجه‌گیری کردند میزان پیشرفت ژنتیکی برای گله‌های عادی گوسفند و گاو گوشتی در طرح‌های هسته‌باز برای صفات با وراثت‌پذیری بالا در حدود ۲۰ درصد و برای صفات با وراثت پذیری پایین به‌میزان کم‌تری بالاتر از میزان واقعی تخمین زده می‌شود (۷). محققین یادشده هم‌چنین بیان داشتند که، به هرحال، مزیت هستهٔ باز اصلاح نژادی نسبت به هستهٔ بسته براساس نظریه ثبات واریانس به‌میزان خوبی تقریب زده می‌شود (۷). براساس یک مطالعه، اریبی برآورد پیشرفت ژنتیکی ناشی از نادیده گرفتن کاهش واریانس ژنتیکی در طرح هسته‌باز از حداقل ۱۰ تا حداکثر ۳۶ درصد است (۲۴). با فرض برآورد ضریب وراثت‌پذیریِ وزن شش‌ماهگی گوسفند کرمانی مورد استفاده در شبیه‌سازی حاضر با صحت بالا، با توجه به تعلق داشتن شمار قابل توجهی از گله‌های کوچک تا نسبتاً کوچک به دامپروران خرده‌مالک عضو طرح و وجود شرایط محیطی بسیار متنوع در آن‌ها به‌نظر می‌رسد وراثت‌پذیری صفت مورد انتخاب، کم‌تر از میزان برآورد شده خواهد بود. در نتیجه، برآورد پیشرفت ژنتیکی می‌تواند به این علت هم کاهش یابد که تفکیک عوامل اصلی کاهش پیشرفت و میزان اثر آن در گله‌های مردمی عملاً امکان‌پذیر نیست. لذا، با توجه به ضریب وراثت‌پذیری نسبتاً بالای گزارش‌شده برای وزن شش‌ماهگی در گوسفند کرمانی (۱۵)، کاهش پیشرفت ژنتیکیِ حالت تعادل در طرح هسته‌باز در اثر کاهش واریانس به‌علت انتخاب برای نژاد یاد شده و ناهمگنیِ محیط پرورش، مجموعاً به‌میزان ۲۰ درصد منظور شد و بالاخره، مزیت طرح هسته‌باز پس از تصحیح برای ۲۰ درصد تخمین بالاتر، نسبت به‌حالت انتخاب برای وزن شش‌ماهگی در جمعیت گله‌های تجاری بدون هرگونه هستهٔ اصلاح نژادی نیز برآورد شد. با فرض کاهش واریانس ژنتیکی در این گله‌های تجاری در دراز مدت و در نتیجهٔ کاهش پیشرفت ژنتیکی به‌مقدار یاد شده، مزیت طرح هسته‌باز در دو حالت بدون انتقال میش‌های جوانِ مازاد بر انتخاب در هسته به پایه و هم‌چنین با انتقال این دسته از میش‌ها به پایه در شرایط یکسان، با استفاده از شبیه‌سازی برآورد شد. اندازه نسبی هسته در هردو حالت برابر با ۰/۱۲ بود. در تمامی موارد، انتخابِ بهترین جایگزین‌های نر و ماده، ابتدا برای استفاده در هسته و سپس

برای پایه بود. مزیت باز نمودن هسته برای انتقال میش‌های جوان جایگزین از پایه به هسته در زمان استفاده از میش‌های جوان مازاد بر انتخابِ هسته درپایه، در حدود ۱/۴ درصد بیش‌تر بود. علت این میزان ازمزیتِ بیش‌تر، افزایش‌شدت‌انتخاب پایه به‌علت افزایش اندازه جمعیت میش‌های در دسترس این لایه برای انتخابِ جایگزین‌های مورداستفاده درهر دولایه می‌باشد. درضمن، استفاده از ژنوم مطلوب میش‌های جوانِ مازاد هسته در پایه که بخشی از نیازهای جایگزینیِ پایه را تشکیل می‌دادند، دلیلی دیگر بر افزایش پیشرفت ژنتیکی در این حالت بود. بنا به‌همین دلایل، در این حالت، به نرخ انتقال میش‌های ممتاز جوانِ جایگزین از پایه به هسته افزوده و از تأخیر ژنتیکی پایه، کاسته‌شد. حتی‌درصورت عملی شدن روش‌های ارزیابی ژنتیکی پیشرفته در سامانه‌های پرورش دام خرده‌مالک روستایی و مرتعی، به منظور کنترل جفتگیری‌ها و تخصیص جفت در قالب آمیزش‌های جورشدنی (Assortative mattings) دام‌ها پس از ارزیابی ژنتیکی (خواه به‌صورت انفرادی و خواه به‌صورت گروهی با آمیزش تصادفی)، اجرای طرح‌هایی از قبیل طرح هسته‌باز لازم خواهد بود. گروهی از محققین، پس از بررسی سیستم‌های اصلاح نژادی کم‌نهاده خرده‌مالک در محل برخی از کشاورزان گزارش کردند که چنین به نظر می‌رسد برنامه‌های اصلاح نژادی بر پایه سیستم‌های پرورشی خرده‌مالکِ کاملاً مستقل قابلیت اجرایی شدن را دارا نیستند (۲۰). هم‌چنین، این محققین پیشنهاد کردند که لازم است ارزیابی اجتماعی اقتصادیِ برنامه‌های اصلاح نژادی بر پایه سیستم‌های پرورشی خرده مالک رسماً انجام و مستندسازی شود تا دولت‌ها و دیگر نهادهای عمرانی قادر باشند سیستم‌های اصلاح نژادی خرده‌مالک بادوام را ایجاد کنند. از یک بررسی دیگر در ایران، چنین نتیجه‌گیری به‌عمل آمد که با سرمایه‌گذاری‌های فعلی در حوزه پرورش دام، وجود ظرفیت‌ها و امکانات و توانایی‌های بالقوهٔ موجود و بهبود زیرساخت‌ها، ارائه تسهیلات مناسب‌تر و تأمین اعتبار بیش‌تر از سوی نهادهای دولتیِ مربوطه، می‌توان باعث ایجاد بهبودی بیش‌تری در این حوزه شد (۲۷). در این ارتباط، ترویج برنامه‌های اصلاح‌نژادی گروهیِ هسته‌باز در پرورش و اصلاح‌نژاد گوسفند و حمایت‌های کافیِ سازمان‌های دولتی مربوطه از این برنامه‌ها، پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. **Tibbo, M., 2013.** Animal Breeding in Developing Countries Context. NCCR, Trade Regulation IP-9 Workshop on Animal Breeding, Innovation and Trade Proprietary Rights. World Trade Institute, Hallerstrasse. 6: 27-28. https:// dokumen.tips/documents/animal breeding in developing countries context m animal breeding in animal.html.
2. **Ball, A., 2011.** In: Practical Breeding Program Issues. Prime Lamb Breeding Systems. GENE 422/522. Lecture Topic 21. Univ. of New England, NSW, Australia.
3. **Dohne, M., 2023.** Eastern Dohne Central Nucleus. Dohne Merino Breed Society of South Africa. http://www. dohnemerino.org/edcn.
4. **Perezgrovas, R., Castro, H., Zaragoza, L. and RodrIguez, G., 2010.** Analysis of indigenous technical knowledge and inclusion of local people's expertise into a working selection index for Chiapas wool sheep.
5. **James, W., 1977.** Open nucleus breeding systems. Animal Production. 24: 287-305.
6. **James, W., 1978.** Effective size in open nucleus breeding schemes. Acta Agriculture Scandinavia. 28: 387-392.
7. **Mueller, J.P. and James, J.W., 1983.** Effects of reduced variance due to selection in open nucleus breeding systems. Australian Journal of Agricultural Research. 34: 53-62.
8. **Mueller, J.P., 2010.** Open nucleus breeding- maximizing community involvement. In: FAO. 2010. Breeding strategies for sustainable management of animal genetic resources, FAO Animal Production and Health Guidelines. Rome. 3: 80 p.
9. **Haileselassiem, K.W., Kebede, S.A., Ugre Letta, M. and Gebre Michael, S.G., 2022.** Optimization of alternative breeding schemes for the genetic improvement of common Tigray highland sheep in northern Ethiopia. Genetics Selection Evolution. 54: 63. https://doi.org/10.1186/s12711-022-00755-1.
10. **Kinghorn, B.P., 2000.** Nucleus breeding schemes. In: Animal Breeding, Use of New Technologies. The post graduate foundation in veterinary science, Univ. of Sydney, Australia. 327 p.
11. **Bourdon, R.M., 1997.** Understanding animal breeding. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, U.S.A. 523 p.
12. **Nicholas, F.W., 1996.** Introduction to veterinary genetics. Oxford Univ. Press Inc., New York. 317 p.
13. **Kinghorn, B.P., 1992.** Principles of genetic progress. In: Animal breeding, the modern approach. Postgraduate Foundation in Veterinary Science. Univ. of Sydney, Australia. 257 p.
14. **Mueller, J.P. and James, J.W., 1984.** Developments in open nucleus breeding systems. In: Proceedings of 2nd world congress on sheep and beef cattle breeding, Pretoria, R.S.A. 204-213.
15. **Kargar, N., Moradi Shahre babak, M., Moravej, H. and Rokuie, M., 2007.** The estimation of genetic parameters for growth and wool traits in Kermani sheep. Pajouhesh & Sazandegi. 73: 88-95. (In Persian)
16. **Kargar, N., Abbasi, M.A. and Shafiei, M., 2014.** Estimation of genetic parameters and trends for some economic traits in Kermani sheep. Applied Animal Science Research Journal. 12: 11-22. (In Persian)
17. **Hopkins, L., 1978.** Some optimum age structures and selection methods in open nucleus breeding schemes with overlapping generations. Animal production. 26: 267-276.
18. **Ebrahemian, N., Shadparvar, A.A., Ghavi-Hoseinzade1, N. and Askari-Hemamat, H., 2012.** Effect of population size on genetic gain in open nucleus breeding scheme. Fifth Congress of Iranian Animal Scienses' Society. Isfahan, Iran. 522-526. (In Persian)
19. **Abdel-Salam, S.A., Sayed, A.I., Manal, E. and Abou-Bakr, S.M., 2010.** Genetic gain in open nucleus breeding scheme to improve milk production. Livestock Science. 131: 162-167.
20. **Mueller, J.P., Rischkowsky, B., Haile, A., Phillipson, J., Mwai, O., Besbes, B., Valle-zarate, A. and Tibbo, M., 2015.** Community-based livestock breeding programs: essentials and examples. J. Anim. Breed. Genet. 155-168.
21. **Getachew, T., Rischkowsky, B., Rekik, M., Mueller, J., Tessema, T., Solomon, D. and Haile, A., 2022.** Optimizing breeding structures and related management in community-based goat breeding programs in the Borana pastoral system of Ethiopia. Livestock Science. 256: 104819. https://doi.org/ 101016/J.livsci.2021.104819
22. **Kosgey, I.S., 2004.** Breeding objectives and breeding strategies for small ruminants in the tropics. Ph. D. thesis, Wageningen University.
23. **Van der Werf, J., 2010.** Livestock straight-breeding structures for the sustainable intensification of extensive grazing systems. DLO-Institute of Animal Science and Health. Lelystad, the Netherlands.
24. **Shahverdi, F., Shadparvar, A.A. and Vatankhah, M., 2016.** Effect of trait heritability and nucleus size on the bias of estimates for genetic gain due to ignoring the selection effect in open nucleus breeding schemes. Animal Production Research. 6(2): 29-37. (In Persian)
25. **Saadat-Noori, M. and Siah-Mansoor, S., 1982.** Sheep Husbandry and Management. 1st d. Tehran: Ashrafi Publications. (In Persian)
26. **SeyedSharifi, R., Taher soula, H., Hedayat Evrigh, N., Seyfdavati, J., Abdi Benamar, H. and Boustan, A., 2019.** Economic analysis of the Moghani sheep during the annual production cycle in two different cultivating systems. Journal of Animal Environment. 10(4): 99-106. (In Persian)
27. **Fathi, M.R., Razi Moheb Saraj, S., Nasrollahi, M. and Maleki, M.H., 2022.** Future Study of Livestock Industry in Khorasan Razavi Province using the Critical Uncertainty Approach and the DEMATEL-MOORA Technique. Journal of Animal Environment. 13(4): 69-82. https://doi.org/10. 22034/AEJ.2020.253106.2374. (In Persian)