

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 77-90.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 1. P. 77-90.

Научная статья
УДК 636.082
doi:10.33284/2658-3135-106-1-77

Оценка племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы с учётом генотипов по полиморфизмам GHR F279Y и GH L127V

Николай Павлович Герасимов¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия
¹nick.gerasimov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-5150>

Аннотация. Генетический прогресс высокопродуктивного племенного стада мясного скота во многом определяется методом отбора ремонтных тёлочек. Целью работы являлась оценка племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы разных генотипов по полиморфизмам GHR F279Y и GH L127V, а также изучение эффективности традиционной и маркерной селекции в мясном скотоводстве. Племенную ценность тёлочек (n=22 гол.) определяли по результатам испытания по собственной продуктивности с 8- до 15-месячного возраста в зависимости от полиморфизмов GH L127V и GHR F279Y. Тёлочки разных генотипов неодинаково реализовывали свой генетический потенциал продуктивности. Гармоничное и типичное экстерьерно-конституциональное развитие, а также массивность в 15-месячном возрасте тёлочек с генотипом YY гена рецептора гормона роста позволило им получить наивысший комплексный индекс 102,9 %. Наименьший комплексный индекс (96,6 %) при ранжировании животных в соответствии с полиморфизмом GH L127V установлен у молодняка с GH^{LL} генотипом. В результате исследований были определены «желательные» аллели Y и V при полиморфизмах GHR F279Y и GH L127V, которые ассоциировались с высокой племенной ценностью молодняка казахской белоголовой породы. Отбор тёлочек с учётом данных аллелей повысил интенсивность селекции на 22,7 % и увеличил изменчивость признаков на 20,50-32,65 % по сравнению с традиционной системой отбора. Таким образом, из тёлочек с комплексным индексом более 100 % и «желательными» генетическими конструкциями по генам GH и GHR рекомендуется комплектовать селекционное ядро маточного стада казахской белоголовой породы.

Ключевые слова: тёлочки, казахская белоголовая порода, племенная ценность, генотип, аллель, полиморфизмы GH L127V и GHR F279Y

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2021-0001).

Для цитирования: Герасимов Н.П. Оценка племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы с учётом генотипов по полиморфизмам GHR F279Y и GH L127V // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 77-90. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-77>

Original article

The breeding value evaluation in Kazakh White-Headed heifers according to the genotypes of GHR F279Y and GH L127V polymorphisms

Nikolay P Gerasimov¹

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
¹nick.gerasimov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2295-5150>

Abstract. The genetic progress of a highly productive breeding beef herd is largely determined by the selection method of replacement heifers. The aim of the work was to evaluate the breeding value of Kazakh White-Headed heifers of different genotypes for GHR F279Y and GH L127V polymorphisms, as

well as to study the effectiveness of traditional and marker-assisted selection in beef cattle breeding. The breeding value of heifers (n=22 heads) was determined by the results of the test on their own productivity from 8 to 15 months of age, depending on the GH L127V and GHR F279Y polymorphisms. Heifers of various genotypes unequally realized their genetic potential of productivity. Harmonious and typical exterior-constitutional development, as well as massiveness allowed heifers with the YY genotype of the growth hormone receptor gene to obtain the highest complex index of 102.9 % at the age of 15 months. The lowest complex index (96.6 %) was found in young animals with GH^{LL} genotype when ranking animals in accordance with GH L127V polymorphism. As a result of the research, Y and V alleles were identified as “desirable” for the GHR F279Y and GH L127V polymorphisms, which were associated with a high breeding value in Kazakh white-headed breed. The heifers breeding taking into account these alleles increased the intensity of selection by 22.7 % and enhanced the variability of traits by 20.50-32.65 % compared to the traditional selection system. Thus, the breeding core of the Kazakh White-Headed mature herd is recommended to complete with heifers evaluated by a complex index of more than 100 % and "desirable" genetic structure for the GH and GHR genes.

Keywords: heifers, Kazakh White-Headed breed, breeding value, genotype, allele, GH L127V and GHR F279Y polymorphisms

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2021-0001).

For citation: Gerasimov NP. The breeding value evaluation in Kazakh White-Headed heifers according to the genotypes of GHR F279Y and GH L127V polymorphisms. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):77-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-77>

Введение.

Главной целью селекции в мясном скотоводстве являются оценка и последующее интенсивное использование лучших по племенной и хозяйственной ценности животных в воспроизводстве стада. Генетический прогресс молодого высокопродуктивного стада мясного скота во многом определяется методом отбора ремонтных тёлочек, который носит системный характер и включает в себя несколько последовательных этапов от отъёма до плодотворного осеменения (Хакимов И.Н. и др., 2021). В то же время период развития тёлочки составляет относительно небольшую часть жизни животного, однако особенности её развития, особенно на пубертатном этапе созревания, оказывают необратимое влияние на её племенное и хозяйственное использование как коровы (Freetly HC et al., 2021).

Казахская белоголовая порода длительное время совершенствовалась путём линейного разведения, что предполагало жёсткий отбор, прежде всего, в бычьей части племенного стада, контроль его генеалогической структуры, а первичную оценку молодняка осуществляли по его родословной (Хайнацкий В.Ю. и др., 2020). В итоге современное состояние генетических ресурсов казахской белоголовой породы имеет тенденцию к уменьшению разнообразия, что в конечном счёте сказывается на снижении вариативности фенотипа. Так, Солошенко В.А. с коллегами (2021) отмечали низкий уровень влияния генотипа на изменчивость основных селекционируемых признаков, что отражает высокую степень консолидации казахского белоголового скота. Выходом из этой ситуации может стать рациональное использование эколого-генетической изменчивости породы путём целенаправленной ротации зональных типов из других регионов страны при внутрилинейном подборе.

С развитием новых технологий полиморфизмы ДНК стали предпочтительными биологическими маркерами для исследований в области популяционной генетики, которые дополняют и выводят на новый уровень традиционные подходы к управлению генетическими ресурсами и расширению внутривидового разнообразия (Tait RG Jr et al., 2018). Так, использование молекулярно-генетических маркеров даёт развернутую характеристику индивидуальным и групповым особенностям животных в независимости от паратипических факторов.

В мясном скотоводстве отбор животных по интенсивности приростов живой массы, конституции и экстерьеру имеет важное значение в селекционно-племенной работе при производстве высококачественной говядины (Гюлебаев С.Д. и др., 2019; Джуламанов К.М. и др., 2022). Согласно многочисленным исследованиям, эти признаки имеют относительно высокую наследуемость (Хайнацкий В.Ю., 2019; Хакимов И.Н. и др., 2021). Это является свидетельством существования генетических факторов, детерминирующих перечисленные хозяйственно-полезные качества у крупного рогатого скота. Так, однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) в генах гормона роста (GH) и рецептора гормона роста (GHR), участвующих в соматотропной оси, ассоциируются с ростом и развитием, массой туши, площадью длиннейшей мышцы спины и другими селекционируемыми признаками у мясного скота (Бейшова И.С., 2018б; Дубовскова М.П., 2022). Ген гормона роста у крупного рогатого скота расположен на 19 хромосоме, имеет длину приблизительно 1793 п.н. и состоит из 5 экзонов и 4 интронов (Miroshnikov S.A. et al., 2021). В результате полиморфизма *GH g.2141C>G (GH L127V)* происходит несинонимичная замена аминокислот лейцина на валин (*Leu>Val*) в 127 кодоне гена. Ген *GHR* локализован на 20 хромосоме крупного рогатого скота и кодирует трансмембранный рецептор гормона роста, принадлежащий к большому суперсемейству рецепторов цитокинов и гемопоэтических факторов роста (Fedota OM et al., 2017; Nametov AM et al., 2019). Анализ мутаций выявил десять полиморфных участков в гене *GHR* крупного рогатого скота (Тарасова Е.И. и Нотова С.В., 2020). Замена нуклеотидов Т→А в экзоне 8 вызывает замену аминокислотной последовательности с фенилаланина на тирозин в положении 279 (*F279Y*).

Совмещение генетического мониторинга и традиционных зоотехнических методов повышает эффективность селекции в мясных стадах (Makaev ShA et al., 2021). В настоящее время сопоставление результатов оценки племенной ценности животных, проведённых по генотипу и фенотипу, является актуальным вопросом селекции (Сакса Е.И. и др., 2019).

Цель исследования.

Оценка племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы разных генотипов по полиморфизмам *GHR F279Y* и *GH L127V*, а также изучение эффективности традиционной и маркерной селекции в мясном скотоводстве.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Тёлки казахской белоголовой породы скота из СПК племзавод «Красный Октябрь» Волгоградской области.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Племенную ценность тёлочек (n=22 гол.) казахской белоголовой породы определяли по результатам испытания по собственной продуктивности с 8- до 15-месячного возраста (Амерханов Х.А. и др., 2012). Содержание поголовья было организовано согласно технологии, принятой в мясном скотоводстве: летом – на пастбище, зимой – в помещениях лёгкого типа с кормлением на выгульной площадке и свободным доступом к воде.

Прижизненную оценку мясных форм тёлочек проводили по 60-балльной шкале в возрасте 15 месяцев. Оценивали общее развитие животного (общий вид и выполненность мускулатуры) и стати телосложения в отдельности (грудь, холка, спина, поясница, крестец, окорок). Выраженность типа телосложения определяли по величине промера высота в крестце (мерной палкой Лидтина) и оценке конституции и экстерьера по 5-балльной шкале в 15-месячном возрасте. Комплексный индекс вычислялся как среднеарифметическое значение по всем индексам оцениваемых признаков

(живая масса в 15 мес., среднесуточный прирост 8-15 мес., оценка мясных форм, выраженность типа телосложения и экстерьер), которые выводили путём процентирования к среднему показателю по всем тёлкам.

Тёлок генотипировали по полиморфизмам *GH L127V* гена гормона роста и *GHR F279Y* гена рецептора гормона роста. Для генотипирования у животных проводили забор цельной крови, из которой изолировали ДНК, используя набор «DIAtom™DNAprep» (IsoGeneLab, Москва). Для проведения ПЦР применяли наборы «GenePakPCRCore» (IsoGeneLab, Москва). Для оценки полиморфизма генов гормона роста (*GH*) и рецептора гормона роста (*GHR*) проводили генотипирование методом ПЦР-ПДРФ на программируемом термоциклере «Терцик» (ДНК-технология, Россия) с использованием праймеров, синтезированных в НПФ «Литех»: *GH L127V* – (F: 5'- gct-gct-cct-gagcct-tcg -3' и R: 5'- gcg-gcg-gca-ctt-cat-gac-cct -3'), *GHR F279Y* – (F: 5'- ata-tgt-agc-agt-gac-aat-at -3' и R: 5'- acg-ttt-cac-tgg-gtt-gat-ga -3').

ПЦР-программа: 1) для полиморфизма *GH L127V*: «горячий старт» – 5 мин при +95 °С; 35 циклов: денатурация – 45 с при +94 °С, отжиг – 45 с при +65 °С, синтез – 45 с при +72 °С; достройка – 7 мин при +72 °С;

2) для полиморфизма *GHR F279Y*: «горячий старт» – 5 мин при +95 °С; 35 циклов: денатурация – 30 с при +95 °С, отжиг – 60 с при +60 °С, синтез – 30 с при +72 °С; достройка – 10 мин при +72 °С.

Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали рестриктазы: для *GH L127V* – *AluI*, для *GHR F279Y* – *SspI*.

Расщепление продуктов проводили при +37 °С. Идентификация продуктов для гена гормона роста: *GH^{VV}* – 223 п.н.; *GH^{LV}* – 223, 171, 52 п.н.; *GH^{LL}* – 171, 52 п.н.; для гена рецептора гормона роста: *GHR^{YY}* – 182 п.н.; *GHR^{FF}* – 158, 24 п.н.; *GHR^{FY}* – 182, 158, 24 п.н. Полученные продукты разделяли методом горизонтального электрофореза в 1х трис-боратного буфера при напряжении 80 В в 2,5 %-ном агарозном геле с окрашиванием бромистого этидия. После чего гель анализировали в ультрафиолетовом свете на трансиллюминаторе «UVT-1», фотографирование с помощью системы «VITran v.1.0». Определение длины фрагментов проводили с помощью маркера молекулярных масс «GenePakR DNA Ladder M 50» (IsoGene Lab, Москва).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнялись на оборудовании Лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (свидетельство ПЖ-77 № 008326 от 18.04.2018 г) и в ЦКП ФНЦ БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Для генотипирования использовали пробирки с 600 мкл этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), набор для выделения ДНК «DIAtom™DNAprep» (IsoGeneLab, Москва), наборы для проведения ПЦР «GenePakPCRCore» (IsoGeneLab, Москва), термоциклер «Терцик» (ДНК-технология, Россия), праймеры производства НПФ «Литех» (Россия), рестриктазы *AluI* и *SspI*, трансиллюминатор «UVT-1», систему «VITran v.1.0», маркер молекулярных масс «GenePakR DNA Ladder M 50» (IsoGene Lab, Москва).

Взвешивание тёлков производили на платформенных весах «ВСП4-Ж» (Россия), измерение высоты в крестце с помощью мерной палки Лидтина.

Статистическая обработка. Анализ данных проводили с использованием программ «Excel» («Microsoft», США) и «Statistica 10» («Stat Soft Inc.», США) по алгоритмам описательной статистики. Определение значимости различий между групповыми средними проводили по Критерию Фишера (F-критерий), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Тёлки разного генотипа по полиморфизмам *GHR F279Y* и *GH L127V* неодинаково реализовывали свой генетический потенциал племенной ценности (табл. 1). Так, при постановке на испытание по собственной продуктивности в 8-месячном возрасте гомозиготные животные *GHR^{YY}* превосходили по живой массе сверстниц 3,5-5,6 кг (1,64-2,66 %). Наименьшим весомым ростом на

начальном этапе контрольного выращивания отличались телки генотипа GHR^{FF}. В дальнейшем различия по живой массе между гомозиготными носителями F-аллели и их сверстницами увеличились до 15,5-16,2 кг (4,39-4,58 %). Таким образом, максимальный весовой рост в период проведения оценки племенной ценности фиксировался у особей с GHR^{YY} генотипом.

Таблица 1. Племенная ценность тёлочек казахской белоголовой породы разных генотипов по гену GHR (X±Sx)

Table 1. Breeding value of Kazakh White-Headed heifers of different genotypes for GHR gene (X±Sx)

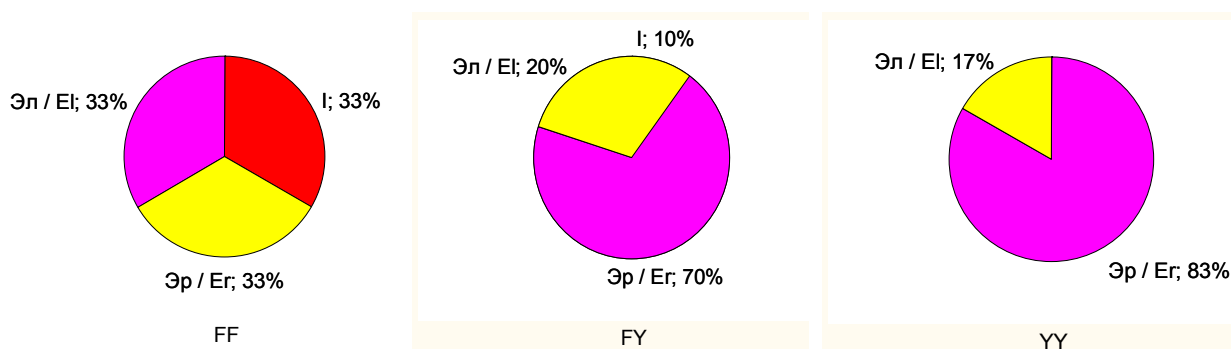
Показатель / Indicator	Генотип по GHR F279Y / Genotype for GHR F279Y		
	FF	FY	YY
п, гол. / n, heads	6	10	6
Живая масса в 8 мес, кг / Live weight at the age of 8 months, kg	210,7±6,0	212,8±3,4	216,3±5,7
Живая масса в 15 мес, кг / Live weight at the age of 15 months, kg	337,3±6,9	352,8±5,4	353,5±4,1
Среднесуточный прирост 8-15 мес, г / Average daily gain at the period of 8-15 months, g	594,7±49,6	657,4±20,5	644,0±31,3
Мясные формы, балл / Meat forms, point	52,3±1,4	55,2±1,0	55,1±0,6
Высота в крестце, см / Hip height, cm	118,7±1,3	120,3±1,1	121,2±0,6
Оценка экстерьера и телосложения, балл / Grade of exterior and body conformation, points	16,3±1,2 ^a	17,9±0,7	19,2±0,5 ^a
Общая оценка, балл / Total score, points	33,6±1,5	36,2±1,4	36,0±1,1
Комплексный индекс, % / Complex index, %	94,5±4,4	101,6±2,5	102,9±2,3

Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются ^a – P≤0,05

Note: values with the same index in a row differed with ^a – P≤0.05

Однако лидерство по среднесуточному приросту за период испытания по собственной продуктивности с 8 до 15 месяцев было на стороне гетерозиготных по гену рецептора гормона роста тёлочек. Они превосходили гомозиготных аналогов на 13,4-62,7 г (2,08-10,54 %). Животные с GHR^{FF} генотипом были оценены наименьшим баллом за прижизненное развитие мясных форм и уступали сверстницам-носителям Y-аллели на 2,8-2,9 балла (5,08-5,25 %). Гомозиготные GHR^{YY} особи отличались большей высокорослостью, превосходя тёлочек из других групп по высоте в крестце на 0,9-2,5 см (0,75-2,11 %). Разница по величине промера и высокая оценка за конституцию обеспечили им преимущество по выраженности экстерьера и телосложения, которое составляло 1,3-2,9 балла (7,26-17,79 %; P>0,05, P<0,05). В итоге гармоничное и типичное экстерьерно-конституциональное развитие, а также массивность в 15-месячном возрасте тёлочек с генотипом YY гена рецептора гормона роста позволило им получить наивысший комплексный индекс 102,9 %, что превышало показатели сверстниц на 1,3-8,4 %. Следует отметить, что лучшая выраженность мясных форм и интенсивность роста за период испытания по собственной продуктивности у гетерозиготной группы были недостаточны для создания конкуренции лидерам по результирующему показателю оценки племенной ценности. Однако носители двух разных аллелей по изучаемому полиморфизму также получили высокий (101,6 %) комплексный индекс.

Классная оценка тёлочек по комплексу признаков подтвердила значительный потенциал продуктивности животных с FY и YY генотипами по гену GHR (рис. 1). Об этом свидетельствует большая доля представителей высшего (элита-рекорд) класса, которая варьировала в пределах 70-83 %. В то время как в группе GHR^{FF} в эту категорию попали лишь 33 % молодняка. Такое же количество (33 %) тёлочек были оценены I классом, тогда как среди GHR^{YY} генотипа первоклассных животных не выявлено.



Генотип тёлков по GHR F279Y / Heifers genotype for GHR F279Y

Рис. 1 – Классность тёлков разных генотипов по гену GHR при оценке по собственной продуктивности

Figure 1 – The class of heifers of different genotypes for GHR gene when evaluated by their own productivity

Представители класса элита присутствовали во всех группах молодняка в разной пропорции. Минимальная доля (17 %) элитных тёлков установлена у гомозиготного GHR^{YY} варианта гена, а максимальная (33 %) – у альтернативного GHR^{FF} генотипа. Таким образом, замена в аминокислотной последовательности рецептора гормона роста с фенилаланина на тирозин в положении 279 (F279Y) была связана с повышением классности тёлков заволжского типа казахской белоголовой породы.

Генетические особенности по гену гормона роста также ассоциировались с внутривидовой изменчивостью фенотипических и племенных качеств тёлков (табл. 2). Лидерами по величине живой массы на всех этапах контроля были носители GH^{VV} генотипа. Так, в 8-месячном возрасте они превосходили сверстниц на 2,2-6,1 кг (1,03-2,90 %), а к 15 месяцам эта разница увеличилась до 4,3-14,2 кг (1,22-4,14 %).

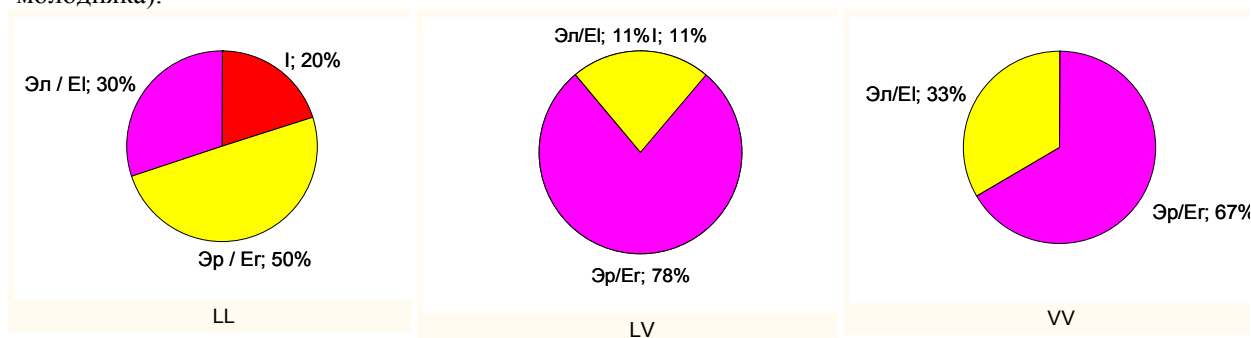
Таблица 2. Племенная ценность тёлков казахской белоголовой породы разных генотипов по гену GH (X±Sx)

Table 2. Breeding value of Kazakh White-Headed heifers of different genotypes for GH gene (X±Sx)

Показатель / Indicator	Генотип по GH L127V / Genotype for GH L127V		
	LL	LV	VV
п, гол. / n, heads	10	9	3
Живая масса в 8 мес, кг / Live weight at the age of 8 months, kg	214,5±3,9	210,6±4,8	216,7±3,0
Живая масса в 15 мес, кг / Live weight at the age of 15 months, kg	342,8±5,3	352,7±5,1	357,0±9,6
Среднесуточный прирост 8-15 мес, г / Average daily gain at the period of 8-15 months, g	602,4±27,3	667,3±29,2	658,7±32,8
Мясные формы, балл / Meat forms, point	53,3±0,9	54,8±1,0	56,5±1,8
Высота в крестце, см / Hip height, cm	118,9±1,0	121,0±0,9	121,3±1,2
Оценка экстерьера и телосложения, балл / Grade of exterior and body conformation, points	17,0±0,8	18,6±0,7	18,3±1,7
Общая оценка, балл / Total score, points	32,3±2,2	35,4±1,4	37,0±0,9
Комплексный индекс, % / Complex index, %	96,6±2,8	102,7±2,7	103,2±4,7

Однако наивысшая интенсивность весового роста за период оценки по собственной продуктивности была зафиксирована в гетерозиготной группе молодняка, который превосходил гомозиготных аналогов на 8,6-64,9 г (1,31-10,77 %). Лучше мясные формы были выражены у носителей GH^{VV} генотипа, межгрупповые различия составляли 1,7-3,2 балла (3,10-6,00 %) относительно сверстниц. Выгодное развитие крупного мясного типа у представителей этого генотипа подтверждалось также большими линейными размерами тела с преимуществом на 0,3-2,4 см (0,25-2,02 %). Однако это не позволило им получить максимальную оценку за экстерьер и телосложение, а лидерство по данному показателю было на стороне гетерозиготных тёлочек, превосходивших другие группы на 0,3-1,6 балла (1,64-9,41 %). Наименьший комплексный индекс (96,6 %) при ранжировании животных в соответствии с полиморфизмом $GH L127V$ установлен у молодняка с GH^{LL} генотипом. Они уступали носителям V-аллели на 6,1-6,6 % и отличались минимальной величиной по фенотипическим показателям за период проведения испытания по собственной продуктивности.

Межгрупповые особенности по формированию фенотипа определяли разницу по классной оценке генотипированных тёлочек (рис. 2). В частности различия были установлены по доле животных класса элита-рекорд, которая варьировала от 50 (у GH^{LL} генотипа) до 78 % (у гетерозиготного молодняка).



Генотип тёлочек по $GH L127V$ / *Heifers genotype for GH L127V*
Рис. 2 – Классность тёлочек разных генотипов по гену GH при оценке по собственной продуктивности

Figure 2 – The class of heifers of different genotypes for GH gene when evaluated by their own productivity

Среди гомозиготных носителей L-аллели I классом оценены 20 % животных, тогда как у сверстниц альтернативного GH^{VV} генотипа таких особей не выявлено. Следовательно, V-аллель при полиморфизме $GH L127V$ гена гормона роста сопряжена с формированием высокой племенной оценки у тёлочек казахской белоголовой породы.

В итоге проведено испытание по собственной продуктивности тёлочек ($n=22$) заволжского типа казахской белоголовой породы. По традиционной методике отбора молодняка мясного направления продуктивности на ремонт стада оставляют тёлочек с комплексным индексом не менее 100 %. В соответствии с этой системой в ремонтную группу попали 12 голов, а интенсивность отбора (i_T) при этом составила 54,5% (табл. 3). Селекционный дифференциал при традиционной селекционно-племенной работе составил по живой массе в 15 мес. – 10,4 кг, среднесуточному приросту – 54 г ($P \leq 0,05$), мясным формам – 2,0 балла ($P \leq 0,05$), высоте в крестце – 2,1 см ($P \leq 0,05$), оценке экстерьера и телосложения – 1,9 балла ($P \leq 0,01$) и комплексному индексу – 6,5 % ($P \leq 0,05$).

Необходимость в ускоренном совершенствовании генетического потенциала мясного скота вызвала потребность в переходе на MAS-селекцию, которая совмещает традиционную систему оценки племенной ценности с коррекцией по генотипической характеристике молодняка с учётом носительства «желательных» аллелей генов, ассоциируемых с продуктивностью животных. Так, в нашем исследовании в расчёт при отборе принималась во внимание племенная ценность тёлочек (комплексный индекс – не менее 100 %, класс – элита-рекорд) и генетический профиль по комплексу

генов GHR и GH. В результате в ремонтную группу были отобраны 7 голов с генетическими конструкциями FY/LV, YY/LV и FY/VV, которые имели Y-V «желательную» комбинацию аллелей в генотипе (рис. 3). При этом интенсивность отбора (i_{MAS}) составила 31,8 %, что усилило давление отбора по сравнению с традиционной системой селекции на 22,7 %. Прогнозируемый эффект селекции за одно поколение составит по живой массе ($h^2=0,35$) 3-4 кг и высоте в крестце ($h^2=0,50$) – 1 см.

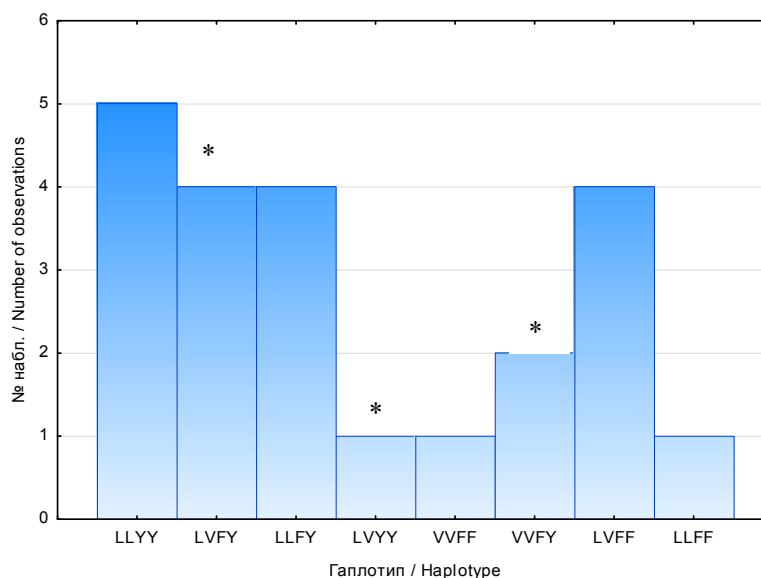
Таблица 3. Племенная ценность тёлочек казахской белоголовой породы при разных системах отбора ремонтных животных ($X \pm Sx$)

Table 3. Breeding value of Kazakh White-Headed heifers according to different systems of selection of replacement animals

Показатель / Indicator	Среднее по всем тёлочкам / Average for all heifers	Система отбора / System of selection	
		традиционная / traditional	MAS-селекция / MAS-selection
п, гол. / n, heads	22	12	7
Живая масса в 8 мес, кг / Live weight at the age of 8 months, kg	213,2±2,6	212,1±4,3	213,3±4,1
Живая масса в 15 мес, кг / Live weight at the age of 15 months, kg	348,8±3,5	359,2±3,6	361,0±5,6
Среднесуточный прирост 8-15 мес, г / Average daily gain at the period of 8-15 months, g	636,6±18,4 ^a	690,6±18,4 ^a	693,6±14,6
Мясные формы, балл / Meat forms, point	54,4±0,6 ^a	56,4±0,6 ^a	56,6±1,0
Высота в крестце, см / Hip height, cm	120,1±0,6 ^a	122,2±0,4 ^a	122,1±0,7
Оценка экстерьера и телосложения, балл / Grade of exterior and body conformation, points	17,8±0,5 ^{ab}	19,7±0,2 ^b	19,6±0,4 ^a
Общая оценка, балл / Total score, points	35,0±0,9 ^a	38,0±0,4 ^a	38,0±0,4
Комплексный индекс, % / Complex index, %	100±1,8 ^a	106,5±1,1 ^a	106,6±1,6 ^a

Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются ^a – P≤0,05; ^b – P≤0,01

Note: values with the same index in a row differed with ^a – P≤0.05; ^b – P≤0.01



Примечание: * – гаплотипы с «желательными» аллелями

Note: * – haplotypes with “desirable” alleles

Рис. 3 – Частота встречаемости гаплотипов GH/GHR среди тёлочек

Figure 3 – GH/GHR haplotypes frequency in heifers

Обсуждение полученных результатов.

Племенная ценность животных определяется наследственностью, которую они могут передавать потомству. Поэтому при оценке ремонтного молодняка отбор по фенотипу должен корректироваться информацией о генотипе в рамках стратегии маркер-ориентированной селекции. Кроме того, хозяйственно-полезные качества мясного скота детерминируются полигенно, что приводит к необходимости вовлекать в селекционную работу как можно больше генетических маркеров, объединённых биологической ролью (Бейшова И.С., 2018а). В нашей работе мы проследили особенности формирования племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы в зависимости от генотипов по полиморфизмам GHR F279Y и GH L127V, которые составляют единую соматотропную ось и обеспечивают рост и дифференцировку органов и тканей. В исследованиях особенностей весового роста у казахских белоголовых бычков Селионова М.И. и Плахтюкова В.Р. (2020) установили влияние нуклеотидной замены в гене гормона роста на изменчивость живой массы и среднесуточного прироста. При этом молодняк с генотипом VV имел достоверное ($P \leq 0,05-0,01$) преимущество по массе тела при отъёме и в годовалом возрасте, а также по интенсивности роста за период контрольного выращивания. Результаты этого ассоциативного анализа в полной мере согласуются с данными по испытанию казахских белоголовых тёлочек по собственной продуктивности, полученными в нашей работе. Так, особи с V-аллелью превосходили сверстниц по величине живой массы в 15 месяцев на 2,89-4,14 %, а по среднесуточному приросту – на 9,35-10,77 %. Напротив, Седых Т.А. с соавторами (2020) отмечали наивысшую массивность у носителей генотипа GH^{LL} среди бычков герефордской и лимузинской пород, которые достоверно превосходили сверстников на 4,95 и 4,18 % ($P < 0,01$) в 20-месячном возрасте.

Nametov AM с коллегами (2022) выделили желательный YY-генотип при полиморфизме GHR F279Y у бычков казахской белоголовой породы, которые превосходили гомозиготных FF-сверстников по живой массе в 18-месячном возрасте на 7,12 %, в 20-месячном – на 7,37 %. Между гомозиготными и гетерозиготными носителями Y-аллели разница по величине весового роста была минимальная. В свою очередь в исследованиях Dushayeva LZ с соавторами (2021) на абердин-ангусских бычках различия по живой массе между FF и YY генотипами были менее выражены в пределах 1,4-1,7 % в пользу GHR^{YY}. По среднесуточному приросту тёлки носители AA-генотипа (в нашем случае – YY) достоверно ($P \leq 0,05$) превосходили на TT-сверстниц (в нашем случае – FF) на 7 % (Fedota OM et al., 2017). Результаты наших исследований подтверждают выявленную ранее авторами тенденцию о более интенсивном весовом росте у носителей Y-аллели, а следовательно, её можно рассматривать в качестве «желательной» при селекции казахской белоголовой породы.

Степень генетического совершенствования племенного стада значительно определяется величиной селекционного дифференциала основных хозяйственно-полезных признаков у ремонтного поголовья (Романова Е.А. и Тулинова О.В., 2022; Терентьева Н.А. и др., 2022). В соответствии с рекомендациями Амерханова Х.А. с соавторами (2012), представляющими традиционную систему отбора племенных животных, в ремонтную группу отбираются тёлки мясных пород, оценённые комплексным индексом за собственную продуктивность не менее 100%. Этим условиям отвечали 12 голов испытанного молодняка. При геномной селекции вводится дополнительный критерий отбора, учитывающий селекционно обусловленные ДНК-маркеры. Это позволяет более эффективно отбирать животных на уровне стада и использовать их в подборе родительских пар для получения потомства с заданными племенными качествами (Сермягин А.А. и др., 2020). В нашем случае организованным фактором селекции являлось носительство комплекса «желательных» Y-V аллелей генов GHR и GH соответственно. Из числа отобранного согласно классической системе поголовья были выранжированы 5 тёлочек, не удовлетворяющих данному требованию. Хотя существенным образом на величину селекционного дифференциала MAS-селекция не оказала влияния (относительно традиционного отбора по живой массе – +1,8 кг, по среднесуточному приросту – +3 г, по оценке мясных форм – +0,2 балла, по типу телосложения – -0,1 балл, по комплексному индексу – +0,1 %), у отобранного поголовья наблюдается повышение частоты встречаемости «желательных» аллелей Y на 7 % и V – на 30 %, соответственно в генах GHR и GH. Следовательно,

выбранная нами стратегия отбора ремонтного молодняка направлена как на совершенствование генофонда, так и на улучшение племенных качеств казахской белоголовой породы.

Успех селекционной работы в мясном скотоводстве во многом определяется изменчивостью фенотипа. С повышением интенсивности отбора снижается доля животных, максимально превышающих по выраженности селекционных признаков средние показатели стада, а следовательно, уменьшается изменчивость продуктивных качеств племенного ядра (Хайнацкий В.Ю., 2019). Однако увеличение интенсивности селекции при включении дополнительного фактора отбора (носительство желательных генетических конструкций) положительно отразилось на изменчивости фенотипа и комплексного индекса у тёлочек. Так, внедрение элементов MAS-селекции при оценке молодняка по собственной продуктивности повысило стандартное отклонение (σ) большинства селекционируемых признаков на 20,50-32,65 %, а изменчивость комплексного индекса увеличилась на 6,65 % относительно традиционной системы отбора. Исключением в этом отношении стал среднесуточный прирост за период испытания (снижение составило 65,13 %). Попов Н.А. (2022) также отмечал, что положительного эффекта на расширение резервов генетической изменчивости при линейном разведении крупного рогатого скота можно добиться через селекцию маточной части стада.

Заключение.

В результате испытания тёлочек казахской белоголовой породы по собственной продуктивности были определены «желательные» аллели Y и V при полиморфизмах GHR F279Y и GH L127V, которые ассоциировались с высокой племенной ценностью молодняка. С учётом данных аллелей были отобраны 7 животных с комплексами FY/LV, YY/LV и FY/VV генотипов, что сопровождалось усилением интенсивности селекции на 22,7 % и увеличением фенотипической изменчивости признаков на 20,50-32,65 % по сравнению с традиционной системой отбора. Таким образом, из тёлочек с комплексным индексом более 100 % и «желательными» генетическими конструкциями по генам GH и GHR рекомендуется комплектовать быкопроизводящую группу маточного стада казахской белоголовой породы.

Список источников

1. Бейшова И.С. Полиморфизмы генов соматотропинового каскада, ассоциированные с мясной продуктивностью коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018а. № 1. С. 58-62. [Bejshova IS. Gene of somatotropin cascade polymorphisms, associated with beef productivity of Kazakh White-Headed breed cows. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2018a;1:58-62. (In Russ.)]. DOI: 10.12737/20419
2. Бейшова И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018б. № 1. С. 48-53. [Bejshova IS. Phenotypic effects of somatotropic cascade genes associated with beef productivity of Kazakh White-Headed breed cows. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2018b;1:48-53. (In Russ.)]. doi: 10.12737/20417
3. Дубовскова М.П. Генотипирование скота герефордской породы по генам GHR, IGF-1 и GDF5 // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 47-55. [Dubovckova MP. Genotyping of Hereford cattle for GHR, IGF-1 and GDF5 genes. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(3):47-55. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-47>
4. К созданию нового типа мясного скота для Северозапада и Центральных регионов РФ / С.Д. Тюлебаев, Ю.А. Столповский, А.А. Лукьянов, В.Г. Литовченко, А.В. Кошечева // Зоотехния. 2019. № 1. С. 7-10. [Tyulebaev SD, Stolpovskij YuA, Luk'janov AA, Litovchenko VG, Koshcheeva AV. To the creation of a new type of meat cattle for the Northwest and the Central regions of the Russian Federation. Zootechniya. 2019;1:7-10. (In Russ.)]. DOI: 10.25708/ZT.2018.62.34.002

5. Казахская белоголовая – первая отечественная специализированная порода мясного скота / В.Ю. Хайнацкий, В.А. Гонтюрев, К.М. Джуламанов, А.П. Искандерова, С.Д. Тюлебаев // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 7-10. [Hainatski VYu, Gontyurev VA, Dzhulamanov KM, Iskanderova AP, Tyulebaev SD. The Kazakh White-Headed breed – the first domestic specialized a breed of beef cattle. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;2:7-10. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.98.89.002

6. Оценка генеалогических линий крупного рогатого скота казахской белоголовой породы / В.А. Солошенко, В.А. Плешаков, Б.О. Инербаев, А.С. Дуров, И.А. Храмцова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 82-89. [Soloshenko VA, Pleshakov VA, Inerbaev BO, Durov AS, Khramtsova IA. Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed. Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(1):82-89. (*In Russ.*)]. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-10>

7. Оценка геномной вариабельности продуктивных признаков у животных голшти-низированной черно-пестрой породы на основе GWAS анализа и ROH паттернов / А.А. Сермягин, О.А. Быкова, О.Г. Лоретц, О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55(2). С. 257-274. [Sermyagin AA, Bykova OA, Lorets OG, Kostyunina OV, Zinovieva NA. Genomic variability assess for breeding traits in holsteinized Russian Black-and-White cattle using GWAS analysis and ROH patterns. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2020;55(2):257-274. (*In Russ.*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.257rus doi: 10.15389/agrobiology.2020.2.257eng

8. Оценка генотипа герефордского скота по племенным и продуктивным качествам / К.М. Джуламанов, А.А. Сафронова, С.А. Платонов, М.А. Кизаев // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2022. № 4(69). С. 63-69. [Dzhulamanov KM, Safronova AA, Platonov SA, Kizaev MA. Assessment of the genotype of Hereford cattle by breeding and productive qualities. Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philiprov. 2022;4(69):63-69. (*In Russ.*)]. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.008

9. Полиморфизм гена соматотропного гормона в связи с качеством туш мясного скота / Т.А. Седых, Р.С. Гизатуллин, И.Ю. Долматова, И.В. Гусев, Л.А. Калашникова // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 53-57. [Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, Gusev IV, Kalashnikova LA. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. Russian Agricultural Sciences. 2020;2:53-57. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57

10. Попов Н.А. Расширение изменчивости в популяции с использованием матерей быков из семейств // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 11-15. [Popov NA. Expansion of variability in the population using bull mothers from families. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;1:11-15. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2022.87.84.003

11. Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, В.И. Шаркаев и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 37 с. [Amerkhanov KhA, Dunin IM, Sharkaev VI, et al. Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh»; 2012:37 p. (*In Russ.*)].

12. Романова Е.А., Тулинова О.В. Оценка эффективности моделирования отбора коров айрширской породы по полифакторному селекционному индексу // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 3. С. 16-20. [Romanova EA, Tulinova OV. Selection of Airshire cows for different intensity by IAYRFI index. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;3:16-20. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2022.89.59.003

13. Сакса Е.И., Племяшов К.В., Масленникова Е.С. Племенная ценность быков, оцененных по геному и качеству потомства // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 7. С. 7-12. [Saksa EI, Plemiyashov KV, Maslennikova ES. The breeding value of bulls evaluated by the genome and quality of progeny. Dairy and Beef Cattle Farming. 2019;7:7-12. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2019.7.42225

14. Селионова М.И., Плахтыукова В.Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9-12. [Selionova MI, Plakhtyukova VR. Meat productivity of Kazakh Whiteheaded steers of different genotypes by genes CAPN1 and GH. Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;4:9-12. (*In Russ.*)]. doi: 10.33943/MMS.2020.96.35.003
15. Совершенствование продуктивных качеств коров и тёлочек казахской белоголовой породы в условиях Самарской области / И.Н. Хакимов, Г.С. Шарафутдинов, Р.М. Мударисов, Н.И. Кульмакова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 62-68. [Khakimov IN, Sharafutdinov GS, Mudarisov RM, Kulmakova NI. Improving productive ability of cows and heifers of Kazakh White-Headed breed in the Samara region. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2021;4:62-68. (*In Russ.*)]
16. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. [Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):58-80. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
17. Терентьева Н.А., Дунин И.М., Шичкин Г.И. Паратипические и генотипические факторы в оценке продуктивного долголетия коров красно-пестрой породы Красноярского края // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 6. С. 18-22. [Terentyeva NA, Dunin IM, Shichkin GI. Paratypical and genotypic factors in assessing the productive longevity of cows the Red-mottled breed of the Krasnoyarsk territory. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;6:18-22. (*In Russ.*)] DOI: 10.33943/MMS.2022.23.20.003
18. Хайнацкий В.Ю. Собственная продуктивность как критерий оценки племенной ценности быков в мясном скотоводстве // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 112-120. [Khaynatsky VYu. Own productivity as breeding value evaluation criterion of beef bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):112-120. (*In Russ.*)] doi: 10.33284/2658-3135-102-1-112
19. Dushayeva LZ, Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, Ulyanova TV, Kovalchuk AM, Tagirov KK, Yuldashbayev YA. Marking of meat productivity features in pairs of bGH, bGHR and bIGF-1 polymorphic genes in Aberdeen-Angus cattle. OnLine Journal of Biological Sciences. 2021;21(2):334-345. doi: 10.3844/ojbsci.2021.334.345
20. Fedota OM, Lysenko NG, Ruban SY, Kolisnyk OI, Goraychuk IV. The effects of polymorphisms in growth hormone and growth hormone receptor genes on production and reproduction traits in Aberdeen-Angus cattle (*Bos taurus* L., 1758). Cytology and Genetics. 2017;51(5):352-360. doi: <https://doi.org/10.3103/S0095452717050024>
21. Freetly HC, Cushman RA, Bennett GL. Production performance of cows raised with different postweaning growth patterns. Transl Anim Sci. 2021;5(3):txab031. doi: 10.1093/tas/txab031
22. Makaev ShA, Dzhulamanov KM, Gerasimov RP. Formation of adipose tissue in Kazakh White-Headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;848:012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
23. Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;624:012024. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012024
24. Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, Ulyanova TV, Kovalchuk AM, Nassambayev Ye, Abylgazinova AT, Batyrgaliev YeA, Murzabayev KE, Dushayeva LZ, Ginayatov NS. Determination of diplotypes associated with meat productivity in cattle breeds common in the territory of the Republic of Kazakhstan. OnLine Journal of Biological Sciences. 2022;22(3):287-298. doi: 10.3844/ojbsci.2022.287.298
25. Nametov AM, Beishova IS, Kovalchuk AM, Poddudinskaya TV, Belaya AV. Analysis of the genetic structure of the Hereford population bred in Kazakhstan. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019;7(Special Issue 1):71-77. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.71.77

26. Tait RG Jr, Cushman RA, McNeel AK, et al. μ -Calpain (CAPN1), calpastatin (CAST), and growth hormone receptor (GHR) genetic effects on Angus beef heifer performance traits and reproduction. *Theriogenology*. 2018;113:1-7. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.02.002

References

1. Bejshova IS. Gene of somatotropin cascade polymorphisms, associated with beef productivity of Kazakh White-Headed breed cows. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2018a;1:58-62. doi: 10.12737/20419
2. Bejshova IS. Phenotypic effects of somatotropic cascade genes associated with beef productivity of Kazakh White-Headed breed cows. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2018b;1:48-53. doi: 10.12737/20417
3. Dubovckova MP. Genotyping of Hereford cattle for GHR, IGF-1 and GDF5 genes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(3):47-55. doi: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-47>
4. Tyulebaev SD, Stolpovskij YuA, Luk'janov AA, Litovchenko VG, Koshcheeva AV. To the creation of a new type of meat cattle for the Northwest and the Central regions of the Russian Federation. *Zootechniya*. 2019;1:7-10. DOI: 10.25708/ZT.2018.62.34.002
5. Hainatski VYu, Gontyurev VA, Dzhulamanov KM, Iskanderova AP, Tyulebaev SD. The Kazakh White-Headed breed - the first domestic specialized a breed of beef cattle. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020;2:7-10. doi: 10.33943/MMS.2020.98.89.002
6. Soloshenko VA, Pleshakov VA, Inerbaev BO, Durov AS, Khramtsova IA. Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2021;51(1):82-89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-10>
7. Sermyagin AA, Bykova OA, Lorets OG, Kostyunina OV, Zinovieva NA. Genomic variability assess for breeding traits in holsteinized Russian Black-and-White cattle using GWAS analysis and ROH patterns. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2020;55(2):257-274. doi: 10.15389/agrobiolgy.2020.2.257rus doi: 10.15389/agrobiolgy.2020.2.257eng
8. Dzhulamanov KM, Safronova AA, Platonov SA, Kizaev MA. Assessment of the genotype of Hereford cattle by breeding and productive qualities. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2022;4(69):63-69. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.008
9. Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, Gusev IV, Kalashnikova LA. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russian Agricultural Sciences*. 2020;2:53-57. doi: 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57
10. Popov NA. Expansion of variability in the population using bull mothers from families. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2022;1:11-15. DOI: 10.33943/MMS.2022.87.84.003
11. Amerkhanov KhA, Dunin IM, Sharkaev VI, et al. The procedure and conditions for carrying out the assessment of purebred beef cattle. *Moscow: FSBSI Rosinformagroteh*; 2012:37 p.
12. Romanova EA, Tulinova OV. Selection of Airshire cows for different intensity by IAYRFI index. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2022;3:16-20. doi: 10.33943/MMS.2022.89.59.003
13. Saksa EI, Plemyashov KV, Maslennikova ES. The breeding value of bulls evaluated by the genome and quality of progeny. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2019;7:7-12. doi: 10.33943/MMS.2019.7.4.2225
14. Selionova MI, Plakhtyukova VR. Meat productivity of Kazakh Whiteheaded steers of different genotypes by genes CAPN1 and GH. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020;4:9-12. doi: 10.33943/MMS.2020.96.35.003
15. Khakimov IN, Sharafutdinov GS, Mudarisov RM, Kulmakova NI. Improving productive ability of cows and heifers of Kazakh White-Headed breed in the Samara region. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2021;4:62-68. (*In Russ.*)
16. Tarasova EI, Notova SV. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58

17. Terentyeva NA, Dunin IM, Shichkin GI. Paratypical and genotypic factors in assessing the productive longevity of cows the Red-mottled breed of the Krasnoyarsk territory. Dairy and Beef Cattle Farming. 2022;6:18-22. doi: 10.33943/MMS.2022.23.20.003
18. Khaynatsky VYu. Own productivity as breeding value evaluation criterion of beef bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):112-120. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-112
19. Dushayeva LZ, Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, Ulyanova TV, Kovalchuk AM, Tagirov KK, Yuldashbayev YA. Marking of meat productivity features in pairs of bGH, bGHR and bIGF-1 polymorphic genes in Aberdeen-Angus cattle. OnLine Journal of Biological Sciences. 2021;21(2):334-345. doi: 10.3844/ojbsci.2021.334.345
20. Fedota OM, Lysenko NG, Ruban SY, Kolisnyk OI, Goraychuk IV. The effects of polymorphisms in growth hormone and growth hormone receptor genes on production and reproduction traits in Aberdeen-Angus cattle (*Bos taurus* L., 1758). Cytology and Genetics. 2017;51(5):352-360. doi: <https://doi.org/10.3103/S0095452717050024>
21. Freetly HC, Cushman RA, Bennett GL. Production performance of cows raised with different postweaning growth patterns. Transl Anim Sci. 2021;5(3):txab031. doi: 10.1093/tas/txab031
22. Makaev ShA, Dzhulamanov KM, Gerasimov RP. Formation of adipose tissue in Kazakh White-Headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;848:012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
23. Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;624:012024. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012024
24. Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, Ulyanova TV, Kovalchuk AM, Nassambayev Ye, Abylgazinova AT, Batyrgaliev YeA, Murzabayev KE, Dushayeva LZ, Ginayatov NS. Determination of diplotypes associated with meat productivity in cattle breeds common in the territory of the Republic of Kazakhstan. OnLine Journal of Biological Sciences. 2022;22(3):287-298. doi: 10.3844/ojbsci.2022.287.298
25. Nametov AM, Beishova IS, Kovalchuk AM, Poddudinskaya TV, Belaya AV. Analysis of the genetic structure of the Hereford population bred in Kazakhstan. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019;7(Special Issue 1):71-77. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.71.77
26. Tait RG Jr, Cushman RA, McNeel AK, et al. μ -Calpain (CAPN1), calpastatin (CAST), and growth hormone receptor (GHR) genetic effects on Angus beef heifer performance traits and reproduction. Theriogenology. 2018;113:1-7. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.02.002

Информация об авторах:

Николай Павлович Герасимов, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел: 8-912-358-96-17.

Information about authors:

Nikolay P Gerasimov, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Breeding and Genetic Center for Beef Cattle Breeds, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-912-358-96-17.

Статья поступила в редакцию 03.02.2022; одобрена после рецензирования 13.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 03.02.2022; approved after reviewing 13.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.