

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 61-70.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 61-70.

Научная статья
УДК 636.088.31
doi:10.33284/2658-3135-107-2-61

Формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов

Александра Андреевна Сафронова¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия
¹safronovaalex03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8609-8640>

Аннотация. Создание объективных методов оценки и улучшения количественных и качественных показателей мясной продуктивности сельскохозяйственных животных должно основываться на комплексном анализе генетических, физиологических и биохимических параметров организма. Целью исследования являлось изучение особенностей формирования мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов по генам гормона роста и тиреоглобулина. Герефордские бычки (n=9) выращивались в одинаковых условиях кормления и содержания до 21-месячного возраста. Для генотипирования по полиморфизмам генов гормона роста GH L127V и тиреоглобулина TG5 C422T проводили ПЦР-ПДРФ. У подопытных животных определяли убойные показатели, химический, жирнокислотный и аминокислотный составы мяса. Значительное влияние полиморфизма GH L127V отмечалось на массу туши ($P \leq 0,05$) и аминокислотный состав мяса. Полиморфизм TG5 C422T оказывал значительное ($P \leq 0,05$) влияние на дифференциацию бычков по соотношению полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Таким образом, генетическая изменчивость бычков по генам гормона роста и тиреоглобулина может быть использована для улучшения как количественных, так и качественных показателей мясной продуктивности герефордского скота при маркер-зависимой селекции.

Ключевые слова: бычки, герефордская порода, генотип, показатели убоя, химический состав, аминокислоты, жирнокислотный профиль

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2023-2025 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2021-0001).

Для цитирования: Сафронова А.А. Формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 61-70. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-61>

Original article

The development of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes

Alexandra A Safronova¹

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
¹safronovaalex03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8609-8640>

Abstract. Establishment of objective methods for evaluation and improvement of quantitative and qualitative indicators of meat productivity of farm animals should be based on comprehensive genetic, physiological and biochemical analysis of the organism. The aim of the research was to study the peculiar-

ities of the formation of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes for growth hormone and thyroglobulin genes. Hereford bulls (n=9) were reared under the same feeding and housing conditions until 21 months of age. PCR-PDRF was performed for genotyping by polymorphisms of GH L127V growth hormone and TG5 C422T thyroglobulin genes. Slaughter indices, chemical, fatty acid and amino acid composition of meat were determined in experimental animals. A significant effect of GH L127V polymorphism was observed on carcass weight ($P \leq 0.05$) and amino acid composition of meat. TG5 C422T polymorphism had a significant ($P \leq 0.05$) effect on differentiation of bulls in terms of the ratio of polyunsaturated to saturated fatty acids. Thus, genetic variability of bulls on growth hormone and thyroglobulin genes can be used to improve both quantitative and qualitative indicators of meat productivity of Hereford cattle at marker-assisted selection.

Keywords: bulls, Hereford breed, genotype, slaughter traits, chemical composition, amino acids, fatty acid profile

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2025 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2021-0001).

For citation: Safronova AA. The development of meat productivity and beef quality in Hereford bulls of various genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):61-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-61>

Введение.

В числе приоритетных задач развития сельского хозяйства совершенствование отечественного генофонда мясных пород скота занимает ведущее место для обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации программы импортозамещения (Dzhulamanov KM et al., 2022). Создание высокоэффективной специализированной отрасли мясного скотоводства необходимо ориентировать на интенсификацию отбора носителей желательных генотипов, ассоциированных с адаптационными и продуктивными качествами, формирование на этой основе референтных популяций и их масштабирование на целые регионы с использованием современных биотехнологических методов воспроизводства (Gerasimov NP et al., 2023). В связи с этим проблема изучения генома мясного скота на основе высокополиморфных генетических маркеров хозяйственно-ценных признаков имеет высокое народнохозяйственное и государственное значение. Совершенствование породных ресурсов направлено на формирование таких популяций, которые в конкретных природно-хозяйственных условиях проявляют максимальную продуктивность при эффективном использовании имеющихся средств. Отбор и подбор ориентирован на поддержание и улучшение внутрипородной структуры интенсивным использованием выдающихся животных в системе воспроизводства стада (Джуламанов К.М. и др., 2020). Для ускорения селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве необходима комплектация стад высокоценными животными, которые превосходят по генетическому потенциалу продуктивности предыдущее поколение. При этом оценку и отбор перспективного молодняка экономически целесообразно проводить на ранних этапах развития, что предполагает широкое внедрение прогнозирования племенной ценности животных на основе идентификации функциональных полиморфизмов в генах, ассоциируемых с формированием мясной продуктивности и качества говядины (Kök S and Varur G, 2021). Ежегодный эффект селекции от целенаправленного использования «желательных» генотипов повышается на 15-30 % относительно классических приёмов отбора (Столповский Ю.А. и др., 2020). Генотипирование как метод комплексного изучения генотипа отдельных особей прочно вошло в систему селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве (Kostusiak P et al., 2023). В настоящее время его используют для подтверждения достоверности происхождения племенных животных, выявления носителей наследственных заболеваний, а также проведения маркерной селекции по генам, ассоциируемым с хозяйственно-полезными признаками у мясного скота. Полиморфизмы гена гормона роста (GH) связаны с изменчивостью роста, развития, количественными и качественными показателями мясной продуктивности. Нуклеотидные замены в последовательности гена тиреоглобулина ассоциированы с особенностями жирового обмена у крупного рогатого скота (Макаев Ш.А. и Герасимов Н.П., 2020; Zalewska M et al., 2021).

Цель исследования.

Изучить формирование мясной продуктивности и качества мяса у герефордских бычков разных генотипов по генам гормона роста и тиреоглобулина.

Материал и методы исследования.

Объект исследования. Бычки (n=9) герефордской породы скота из ООО «Агрофирма Калининская» Челябинской области.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), Руководство по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Бычков разных генотипов выращивали при одинаковых условиях кормления и содержания до 21-месячного возраста, после чего провели контрольный убой.

Для генотипирования по полиморфизмам генов GH L127V гормона роста и TG5 C422T тиреоглобулина у подопытных бычков проводили забор крови из ярёмной вены. Выделение ДНК проводилось с использованием реагентов «DIAtom™ DNA Prep» (IsoGeneLab, Москва, Россия). Для проведения ПЦР-ПДРФ применялись наборы «GenePakPCRCore» (IsoGeneLab, Москва, Россия) на программируемом термоциклере «Терцик» (ДНК-технология, Россия). Для амплификации участков использовались праймеры (НПФ «Литех», Россия): GH L127V – F: 5'-gct-gct-cct-gag-ggc-cct-tcg-3' и R: 5'-gcg-gcg-gca-ctt-cat-gac-cct-3'; TG5 C422T – F: 5'-ggg-gat-gac-tac-gag-tat-gac-tg-3' и R: 5'-gtg-aaa-ata-ttc-tgg-agg-ctg-ta-3'.

ПЦР-программа: 1) для гена GH: «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 гена TG5: «горячий старт» - 4 мин. при 94 °С; 35 циклов: денатурация – 60 с при 94 °С, отжиг – 60 с при 62 °С, синтез – 60 с при 72 °С; достройка – 4 мин при 72 °С.

Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали эндонуклеазы: GH – AluI, TG5 – BstX2I. Расщепление продуктов проводили при 37 °С, генотипы идентифицировали методом гель-электрофорез с визуализацией под УФ-светом. 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 тиреоглобулина: TG5^{TT} – 473, 75 п.н.; TG5^{CT} – 473, 295, 178, 75 п.н.; TG5^{CC} – 295, 178, 75 п.н.

Среднюю пробу мяса-фарша в количестве 400 г отбирали из левой полутуши. Из этой же полутуши перед обвалкой взяли путём поперечного среза мышцы пробу (200 г) длиннейшей мышцы спины на уровне 9-11 рёбер.

Определение содержания сухого вещества проводили путём высушивания образцов в сушильном шкафу при 100 °С. Органическое вещество определяли озолением высушенного образца при 550 °С. Для изучения аминокислотного состава белков говядины использовали систему капиллярного электрофореза с применением анализатора «Капель-105М» (Россия). Жирнокислотный состав липидов мяса определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл-2000 М» (Россия).

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены с использованием приборной базы ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>).

Статистическая обработка. Анализ данных проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) по алгоритмам описательной статисти-

стики. 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 исследования.

Носители V-аллели гена GH проявляли высокую интенсивность весового роста в период откорма, что выражалось в превосходстве по предубойной массе на 43,0-63,0 кг (7,60-11,13 %; $P \geq 0,05$) по сравнению с бычками с LL-генотипом (табл. 1). Также V-аллель у герефордского скота ассоциировалась с повышенной массой туши, причём VV-гомозиготы значительно превосходили LL-особей на 45,0 кг (13,61 %; $P \leq 0,05$). Такой же ранг распределения генотипов при полиморфизме GH L127V установлен по выходу туши. Более интенсивный процесс накопления внутреннего жира фиксировался у гетерозиготных бычков, которые превосходили гомозиготных сверстников по массе жира на 0,7-1,2 кг (4,40-7,79 %; $P \geq 0,05$) и его выходу – на 0,2 % ($P \geq 0,05$).

Таблица 1. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на динамику показателей убой герефордских бычков ($X \pm Sx$)

Table 1. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on slaughter performance dynamics in Hereford bulls ($X \pm Sx$)

Показатель / Indicator	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
Предубойная масса, кг / <i>Preslaughter weight, kg</i>	566,0±24,03	609,0±23,46	629,0±5,51	607,7±22,51	597,3±26,77	599,0±30,66
Масса туши, кг / <i>Carcass weight, kg</i>	330,7±13,72 ^a	363,0±16,09	375,7±6,36 ^a	364,7±16,70	350,3±17,75	354,3±19,43
Выход туши, % / <i>Carcass yield, %</i>	58,4±0,34	59,6±0,36	59,7±0,80	60,0±0,55	58,6±0,61	59,1±0,50
Масса внутреннего жира, кг / <i>Internal fat weight, kg</i>	15,4±0,49	16,6±0,91	15,9±1,08	16,7±0,78	15,2±0,57	16,0±1,04
Выход внутреннего жира, % / <i>Internal fat yield, %</i>	2,73±0,15	2,73±0,17	2,53±0,19	2,76±0,19	2,56±0,22	2,66±0,09

Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются при ^a – $P \leq 0,05$

Note: means with the same indices in a row differ with ^a – $P \leq 0.05$

Полиморфизм TG5 C422T не оказывал значительного влияния на изменчивость показателей убой у герефордских бычков. У носителей CC-генотипа зафиксирована наивысшая величина абсолютно по всем признакам убой, а минимальные значения установлены у гетерозиготных животных.

Несмотря на незначительные различия по химическому составу мяса, обусловленные полиморфизмами генов GH и TG5, необходимо отметить имеющиеся тенденции по накоплению питательных веществ в тушах бычков разных генотипов (табл. 2). LL-генотип ассоциировался с повышенным жиронакоплением на 1,11-1,42 % и минимальным синтезом белка – на 0,82-1,25 % по сравнению с носителями V-аллели. В свою очередь гетерозиготные бычки отличались максимальным содержанием белка и наименьшей долей жира в средней пробе мяса-фарша.

Таблица 2. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на химический состав мяса-фарша у геррефордских бычков (X±Sx), %

Table 2. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on chemical composition of meat in Hereford bulls (X±Sx), %

Показатель / Indicator	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
Влага/Moisture	69,94±1,11	70,10±1,81	70,22±1,15	70,62±1,31	69,70±1,65	69,94±1,10
Жир / Fat	11,06±1,74	9,64±1,56	9,95±1,04	9,44±1,24	10,38±1,20	10,82±1,91
Белок / Protein	18,11±0,79	19,36±0,27	18,93±0,14	19,03±0,11	19,02±0,45	18,35±0,87
Зола / Ash	0,89±0,02	0,90±0,02	0,90±0,01	0,91±0,01	0,89±0,01	0,89±0,02

Т-аллель при полиморфизме гена TG5 ассоциировалась с более интенсивным липогенезом и меньшим синтезом белка в мякотной части туши геррефордских бычков, а в гомозиготном состоянии данные эффекты усиливались. Так, между двумя альтернативными гомозиготными генотипами разница по содержанию жира в мясе достигала 1,38 %, белка – 0,68 %. Промежуточный характер накопления питательных веществ в мякоти туши установлен у гетерозиготных животных.

Генетические особенности молодняка по полиморфизму гена GH не оказали значительного влияния на жирнокислотный состав говядины (табл. 3). Тенденция к высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот на 0,44 % (P=0,055) и меньшему на 0,46 % (P≥0,05) насыщенным выявлена у носителей LL-генотипа относительно альтернативного гомозиготного варианта гена. Это выражалось в лучшем соотношении ПНЖК/НЖК на 0,010 ед. (P=0,06). Преимущество в ПНЖК у бычков с LL-вариантом гена GH обеспечивалось благодаря повышенному синтезу линолевой на 0,20-0,30 % (P=0,10) и линоленовой на 0,06-0,13 % (P≥0,05) жирных кислот по сравнению со сверстниками.

Таблица 3. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на жирнокислотный состав мяса геррефордских бычков (X±Sx), %

Table 3. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on fatty acid composition of meat in Hereford bulls (X±Sx), %

Жирная кислота / Fatty acid	GH			TG5		
	LL	LV	VV	CC	CT	TT
НЖК / SFA	49,17±0,524	49,30±1,026	49,63±0,498	50,03±0,186	49,57±0,593	48,50±0,794
МНЖК / MUFA	45,67±0,694	45,87±1,009	45,63±0,393	45,30±0,100	45,47±0,581	46,40±0,985
ПНЖК / PUFA	5,17±0,176	4,83±0,067	4,73±0,120	4,67±0,088	4,97±0,067	5,10±0,200
ПНЖК/НЖК / PUFA/SFA	0,105	0,098	0,095	0,093 ^b	0,100	0,105 ^b

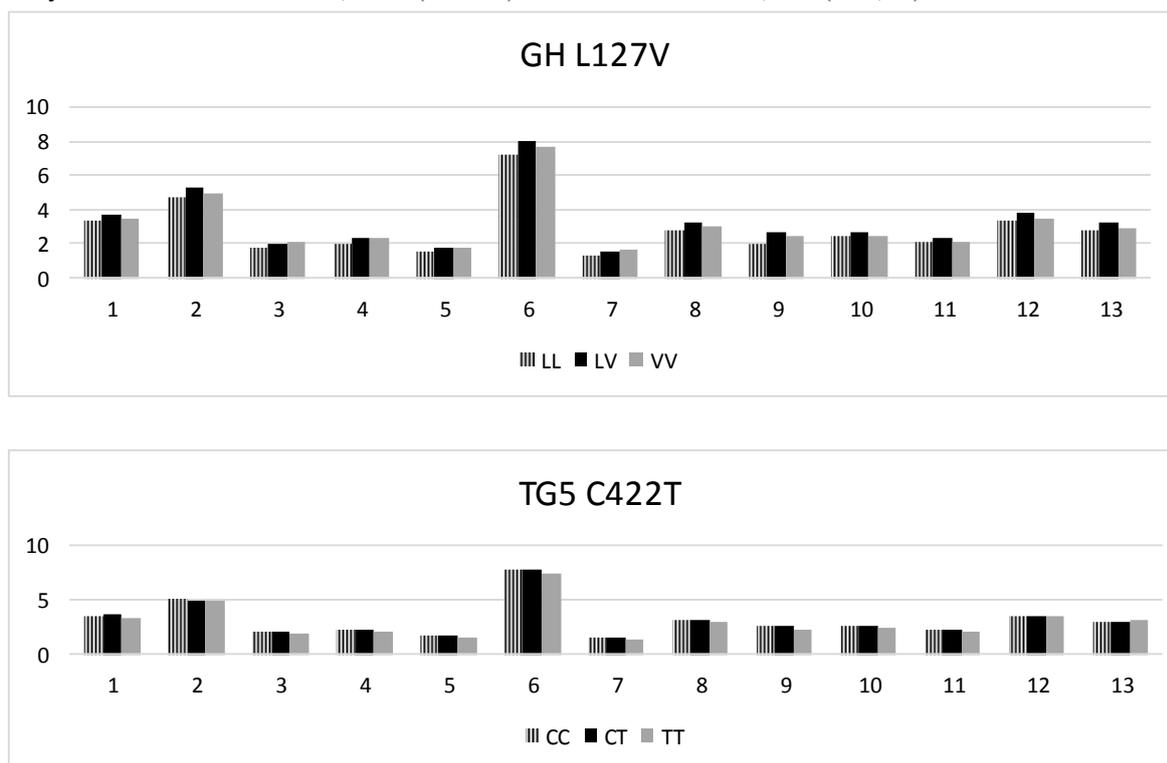
Примечание: значения с одинаковыми индексами в строке различаются при ^b – P≤0,01

Note: means with the same indices in a row differ with ^b – P≤0.01

Вариабельность жирнокислотного состава мяса геррефордских бычков определялась полиморфизмом гена TG5. При этом Т-аллель ассоциировалась с повышенным содержанием ненасыщенных ЖК и меньшим насыщенным ЖК в структуре липидов мышечной ткани. Причём при гомозиготизации аллели данные эффекты усиливаются. Так, носители СС-генотипа превосходили по количеству насыщенным ЖК на 0,46-1,53 % (P≥0,05) сверстников с Т-аллелью. Разница между гомозиготными генотипами по синтезу мононенасыщенных ЖК составляла 1,10 % (P≥0,05), а по полиненасыщенным – 0,43 % (P=0,06). Выявленный ранг распределения генотипов по жирнокислот-

ному профилю мяса обеспечил молодняку с ТТ-вариантом гена TG5 значительное превосходство по ПНЖК/НЖК соотношению, которое составляло 0,012 ед. ($P \leq 0,01$).

Полиморфизм гена GH у герефордских бычков обуславливал значительную разницу по содержанию аргинина на 0,31 % ($P \leq 0,05$) и серина на 0,27 % ($P \leq 0,05$) между гетерозиготным и LL-генотипами, а также по метионину на 0,29 % ($P \leq 0,05$) между гомозиготными особями (рис. 1). Кроме того, носители LL-варианта характеризовались минимальным содержанием абсолютно всех изучаемых аминокислот в мышечной ткани. Гетерозиготный молодняк превосходил LL-гомозигот по сумме незаменимых на 3,09 % ($P=0,10$) и заменимых – на 1,9 % ($P \leq 0,05$) аминокислот.



Примечание: 1 – Аргинин, 2 – Лизин, 3 – Тирозин, 4 – Фенилаланин, 5 – Гистидин, 6 – Лейцин + Изолейцин, 7 – Метионин, 8 – Валин, 9 – Пролин, 10 – Треонин, 11 – Серин, 12 – Аланин, 13 – Глицин

Note: 1 – Arginine, 2 – Lysine, 3 – Tyrosine, 4 – Phenylalanine, 5 – Histidine, 6 – Leucine + Isoleucine, 7 – Methionine, 8 – Valine, 9 – Proline, 10 – Threonine, 11 – Serine, 12 – Alanine, 13 – Glycine

Рисунок 1. Влияние полиморфизмов генов GH и TG5 на аминокислотный состав мяса герефордских бычков

Figure 1. The effect of GH and TG5 gene polymorphisms on amino acid composition of meat in Hereford bulls

Значительных различий по аминокислотному составу мяса между герефордскими бычками при группировке в зависимости от полиморфизма гена TG5 не выявлено. Молодняк с ТТ-вариантом уступал по сумме незаменимых аминокислот на 1,17-1,28 % ($P \geq 0,05$) и заменимых – на 0,53-0,55 % ($P \geq 0,05$) гетерозиготным и гомозиготным носителям С-аллели.

Обсуждение полученных результатов.

В нашем исследовании проведён анализ влияния локусов генов TG5 и GH на формирование мясной продуктивности и качества говядины, а также гормонального статуса герефордских бычков

разных генотипов. По данным Karisa BK с коллегами (2013), влияние локуса количественного признака (QTL) на изменчивость отдельного селекционируемого показателя у мясного скота может достигать 19,7 %. В нашем опыте, несмотря на заметные различия по показателям убоя между бычками разных генотипов по гену GH, не выявлено статистически достоверного влияния нуклеотидной замены в гене на общую фенотипическую изменчивость признаков в силу небольшой выборки животных. Тем не менее установлена тенденция генетической детерминации предубойной живой массы на 47,2 % ($P=0,15$) и массы туши – на 52,5 % ($P=0,11$) у герефордов. Дифференциация бычков по генотипам гена GH обусловила значительную разницу по массе туши на 13,61 % ($P\leq 0,05$) между гомозиготными животными с формированием промежуточного варианта у гетерозиготных особей, что свидетельствует об аддитивном эффекте нуклеотидной замены в локусе гена. Влияние полиморфизма GH L127V на изменчивость показателей убоя у крупного рогатого скота отмечено в работах многих авторов (Sedykh TA et al., 2020; Miroshnikov SA et al., 2021; Gerasimov N et al., 2023). Однако сведения об ассоциации конкретных аллелей с развитием мясных качеств весьма противоречивы. Так, в исследованиях Gerasimov N с соавторами (2023) носители V-аллели проявили лучшую способность к весовому росту, от них получены более массивные туши. В то же время в других работах (Sedykh TA et al., 2020; Miroshnikov SA et al., 2021) выявлено положительное влияние L-аллели на выраженность показателей убоя у мясного скота. По-видимому, взаимосвязь полиморфизма GH L127V с характеристикой туш мясного скота имеет породную и популяционную специфичность. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования связи между геном гормона роста и убойными качествами для разработки программы селекции мясных пород.

По данным Sycheva I с соавторами (2023), замена в нуклеотидной последовательности C→T в гене тиреоглобулина не сопровождалась заметным изменением в показателях убоя у симментальских бычков. Это в полной мере согласовывалось с результатами убоя герефордских бычков в наших исследованиях. У носителей CC-генотипа отмечалась тенденция к повышенному выходу туши на 1,4 % ($P=0,14$) относительно гетерозиготных сверстников. Ardicli S с коллегами (2023) отмечали значительную связь TG5 гена с формированием предубойной массы и массой туши с преимуществом CC-генотипа относительно симменталов других вариантов гена. Макаев ShA с соавторами (2021) сообщают, что потомство от казахских белоголовых быков с генотипом TG5^{CC} превосходило сверстников как по абсолютной массе жировой ткани, так и по её доли в анатомических частях туши. В наших исследованиях подтверждалась тенденция к превосходству TG5^{CC} носителей по развитию показателей убоя у герефордов.

Изучаемые полиморфизмы генов гормона роста и тиреоглобулина оказывали незначительное влияние на накопление питательных веществ в мясе. Дифференциация бычков по полиморфизму GH L127V обуславливала вариабельность содержания белка в говядине на 35,87 % и жира – на 7,84 %. Влияние гена TG5 (с.-422C>T) на химический состав мяса герефордов было ниже и колебалось от 13,40 % по белку и 6,94 % по жиру. Однако Dolmatova I с коллегами (2020) выявили существенную ассоциацию ($P\leq 0,05$) полиморфизма гена TG5 с содержанием внутримышечного жира у герефордского молодняка. Согласно их данным, носители TT-генотипа отличались лучшей способностью к синтезу жира в мышечной ткани. В свою очередь при откорме герефордских и лимузинских бычков с LL-генотипом по гену гормона роста отмечалось повышенное жиронакопление в тушах (Sedykh TA et al., 2020), что подтверждалось в наших исследованиях.

По данным Lapshina AA с соавторами (2021) содержание полиненасыщенных жирных кислот отрицательно коррелирует с предубойной массой и массой туши. Кроме того, высокая интенсивность жиронакопления у крупного рогатого скота сопряжено с изменениями структуры липидов мышечной ткани, повышается синтез насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот. В наших исследованиях носители генотипа GH^{VV} при более массивных тушах отличались минимальным соотношением ПНЖК/НЖК. Бычки с TT-вариантом гена TG5 сочетали умеренную способность к жиронакоплению (по массе и выходу внутреннего жира) с максимальным соотношением ПНЖК/НЖК в мясе, значительно ($P\leq 0,01$) превосходя гомозиготных аналогов на 0,012 ед. Значи-

тельное влияние полиморфизма гена тиреоглобулина на вариабельность жирнокислотного состава сыворотки крови отмечалось у герефордского скота (Selionova MI et al., 2019).

Заключение.

Генотипирование по генам GH и TG5 и последующий убой герефордских бычков позволили изучить формирование мясной продуктивности и качества говядины во взаимосвязи с генотипом. Значительное влияние полиморфизма GH L127V отмечалось на массу туши ($P \leq 0,05$) и аминокислотный состав мяса. Полиморфизм TG5 (с.-422C>T) оказывал значительное ($P \leq 0,05$) влияние на дифференциацию бычков по соотношению полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Таким образом, генетическая изменчивость бычков по генам гормона роста и тиреоглобулина может быть использована для улучшения как количественных, так и качественных показателей мясной продуктивности герефордского скота при маркер-зависимой селекции.

Список источников

1. Джуламанов К.М., Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипов бычков по генам CAPN1, CAST и TG5 на аминокислотный и жирнокислотный составы мяса у потомков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 74-84. [Dzhulamanov K, Makaev Sh, Gerasimov N. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh White-Headed breed. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):74-84. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
2. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипа бычков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST и TG5 на качественные показатели мяса у потомков // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 102-113. [Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-Headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):102-113. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Столповский Ю.А., Пискунов А.К., Свищева Г.Р. Геномная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития // Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1006-1017. [Stolpovsky YA, Piskunov AK, Svishcheva GR. Genomic selection. I: Latest trends and possible ways of development. Russian Journal of Genetics. 2020;56(9):1044-1054. (In Russ.)]. doi: 10.31857/S0016675820090143 doi: 10.1134/S1022795420090148
4. Ardicli S, Dincel D, Samli H, et al. Association of polymorphisms in lipid and energy metabolism-related genes with fattening performance in Simmental cattle. Anim Biotechnol. 2023;34(8):3428-3440. doi: 10.1080/10495398.2022.2152557
5. Dolmatova I, Sedykh T, Valitov F, Gizatullin R, Khaziev D, Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. Veterinary World. 2020;13(10):2046-2052. doi: 10.14202/vetworld.2020.2046-2052
6. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Evaluation of the gene pool by GH L127V and GHR F279Y polymorphisms in Kazakh White-Headed cattle. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022;12(227):35-41. doi: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-35-41
7. Gerasimov NP, Dzhulamanov KM, Lebedev SV, Kolpakov VI. Effect of IGF-1 C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle. Veterinary World. 2023;16(8):1584-1592. doi: 10.14202/vetworld.2023.1584-1592
8. Karisa BK, Thomson J, Wang Z, Bruce HL, Plastow GS, Moore SS. Candidate genes and biological pathways associated with carcass quality traits in beef cattle. Can J Anim Sci. 2013;93(3):295-306. doi: 10.4141/cjas2012-136
9. Kök S, Vapur G. Effects of leptin and thyroglobulin gene polymorphisms on beef quality in Holstein breed bulls in Turkey. Turk J Vet Anim Sci. 2021;45(2):238-247. doi: 10.3906/vet-2009-12

10. Kostusiak P, Slószar J, Gołebiewski M, Grodkowski G, Puppel K. Polymorphism of genes and their impact on beef quality. *Curr Issues Mol Biol.* 2023;45(6):4749-4762. doi: 10.3390/cimb45060302
11. Lapshina A, Makaev S, Lebedev S, Dzhulamanov K, Gerasimov N. The relationship of quantitative and qualitative indicators of meat productivity in Kazakh white-headed bulls. *J Anim Sci.* 2021;99(S3):260-261. doi: 10.1093/jas/skab235.476
12. 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
13. Miroschnikov 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
14. Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, et al. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russ Agricult Sci.* 2020;46:289-294. doi: 10.3103/S1068367420030167
15. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012079
16. Sycheva I, Latynina E, Mamedov A, Tsbizova O, Kozak Yu, Svistounov D, Bystrenina I, Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Veterinary World.* 2023;16(8):1647-1654. doi: 10.14202/vetworld.2023.1647-1654
17. Zalewska M, Puppel K, Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle — A review. *Anim Biosci.* 2021;34(9):1425-1438. doi: 10.5713/ab.20.0672

References

1. Dzhulamanov K, Makaev Sh, Gerasimov N. Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh White-Headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(4):74-84. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-74
2. Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-Headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):102-113. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Stolpovsky YA, Piskunov AK, Svishcheva GR. Genomic selection. I: Latest trends and possible ways of development. *Russian Journal of Genetics.* 2020;56(9):1044-1054. doi: 10.31857/S0016675820090143 doi: 10.1134/S1022795420090148
4. Ardicli S, Dincel D, Samli H, et al. Association of polymorphisms in lipid and energy metabolism-related genes with fattening performance in Simmental cattle. *Anim Biotechnol.* 2023;34(8):3428-3440. doi: 10.1080/10495398.2022.2152557
5. Dolmatova I, Sedykh T, Valitov F, Gizatullin R, Khaziev D, Kharlamov A. Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk- and meat-producing ability. *Veterinary World.* 2020;13(10):2046-2052. doi: 10.14202/vetworld.2020.2046-2052
6. Dzhulamanov KM, Makaev ShA, Gerasimov NP. Evaluation of the gene pool by GH L127V and GHR F279Y polymorphisms in Kazakh White-Headed cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2022;12(227):35-41. doi: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-35-41
7. Gerasimov NP, Dzhulamanov KM, Lebedev SV, Kolpakov VI. Effect of IGF-1 C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle. *Veterinary World.* 2023;16(8):1584-1592. doi: 10.14202/vetworld.2023.1584-1592

8. Karisa BK, Thomson J, Wang Z, Bruce HL, Plastow GS, Moore SS. Candidate genes and biological pathways associated with carcass quality traits in beef cattle. *Can J Anim Sci.* 2013;93(3):295-306. doi: 10.4141/cjas2012-136
9. Kök S, Vapur G. Effects of leptin and thyroglobulin gene polymorphisms on beef quality in Holstein breed bulls in Turkey. *Turk J Vet Anim Sci.* 2021;45(2):238-247. doi: 10.3906/vet-2009-12
10. Kostusiak P, Ślósarz J, Gołębiewski M, Grodkowski G, Puppel K. Polymorphism of genes and their impact on beef quality. *Curr Issues Mol Biol* 2023;45(6):4749-4762. doi: 10.3390/cimb45060302
11. Lapshina A, Makaev S, Lebedev S, Dzhulamanov K, Gerasimov N. The relationship of quantitative and qualitative indicators of meat productivity in Kazakh white-headed bulls. *J Anim Sci.* 2021;99(S3):260-261. doi: 10.1093/jas/skab235.476
12. 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
13. 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
14. Sedykh TA, Gizatullin RS, Dolmatova IYu, et al. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality. *Russ Agricult Sci.* 2020;46:289-294. doi: 10.3103/S1068367420030167
15. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012079
16. Sycheva I, Latynina E, Mamedov A, Tsibizova O, Kozak Yu, Svistounov D, Bystrenina I, Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Veterinary World.* 2023;16(8):1647-1654. doi: 10.14202/vetworld.2023.1647-1654
17. Zalewska M, Puppel K, Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle — A review. *Anim Biosci.* 2021;34(9):1425-1438. doi: 10.5713/ab.20.0672

Информация об авторах:

Александра Андреевна Сафронова, лаборант-исследователь селекционно-генетического центра по мясным породам скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Information about the authors:

Aleksandra A Safronova, research assistant of the Breeding and Genetic Center for Beef Cattle, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya st., 460000, Orenburg.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 31.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.