

УДК 636.082.11:636.22/.28.082.11

DOI: 10.33284/2658-3135-102-4-123

Сравнительная характеристика популяции тёлочек брединского мясного типа симментальской породы по некоторым биологическим показателям

С.Р. Калдыгулов¹, М.Д. Кадышева¹, С.Д. Тюлебаев¹, В.И. Косилов², Ф.С. Амиршоев³

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

²Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)

³Институт животноводства Таджикской академии сельскохозяйственных наук (Республика Таджикистан)

Аннотация. Проведено сравнительное изучение биологических характеристик молодняка брединского мясного типа двух популяций, находящихся в России и Казахстане, на предмет определения в генотипе состояния аллельных форм некоторых маркерных генов и элементного статуса по шерсти в зависимости от места разведения. При генотипировании был применён метод ПЦР в реальном времени с использованием олигонуклеотидных праймеров (GenBank), по каждому праймеру в отдельности в соответствующих последовательностях. Элементный состав определялся в лабораторных условиях на образцах шерсти животных с использованием квадрупольного масс-спектрометра методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП). Исследованиями выявлены частоты генотипов и аллелей по маркерным генам CAPN1, TG5, BGL, имеющим отношение к качественным показателям мяса, при этом обнаружено некоторое смещение генотипов сравниваемых популяций по гену CAPN1 ($\chi^2=8,52$) и по гену TG5 ($\chi^2=4,73$). Обнаружена разница по элементному составу шерсти животных разных популяций, обусловленная депрессивным влиянием на окружающую среду, а также последствиями деятельности токсичных производств в одном из рассматриваемых зон. Отмечается, что показатели по содержанию Co, Cr, Ni, Pb, V превышают эталонные интервалы для зоны Южного Урала, разработанные нашими учёными, от 1,6 раза по Co до 5,7 раза – по V. Согласно данным нормам, содержание химических элементов в шерсти животных ООО «Совхоз Брединский» соответствовало выявленным центилям (25-75 %).

Ключевые слова: крупный рогатый скот, симментальская порода, брединский мясной тип, молодняк, ген, генотип, аллель, частота генотипов и аллелей, шерсть, химический элемент.

UDC 636.082.11:636.22/.28.082.11

Comparative characteristics of heifers population of Bredy beef type of the Simmental breed according to some biological indicators

Samat R Kaldygulov¹, Marvat D Kadyшева¹, Sayasat D Tyulebaev¹, Vladimir I Kosilov², Fayzullo S Amirshoev³

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

²Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)

³Institute of Animal Breeding, Tajik Academy of Agricultural Sciences (Republic of Tajikistan, Dushanbe)

Summary. A comparative study of biological characteristics of young cattle of Bredy beef type of two populations located in Russia and Kazakhstan was carried out to determine the state of allelic forms of some marker genes and elemental status according coat depending on the breeding site. During genotyping, a real-time PCR method using oligonucleotide primers (GenBank) was used, for each primer individually in the corresponding sequences. The elemental composition was determined in laboratory conditions on animal hair samples using a quadrupole mass spectrometer using inductively coupled plasma mass spectrometry (IC-ICP). Studies have revealed the frequencies of genotypes and alleles for marker genes CAPN1, TG5, BGL, which are related to meat quality indicators, while a certain shift in genotypes of the compared populations was found for the CAPN1 gene ($\chi^2 = 8.52$) and the TG5 gene ($\chi^2 = 4.73$). A differ-

ence in the elemental composition of wool of animals from different populations was found, due to a depressive effect on the environment, as well as the consequences of toxic activities in one of the zones under consideration. It is noted that indicators according to the content of Co, Cr, Ni, Pb, V exceed the reference intervals for the zone of the South Urals developed by our scientists, from 1.6 times for Co to 5.7 times for V. According to these standards, the content of chemical elements in the coat of animals, Sovkhoz Bredinsky LLC corresponded to the identified centiles (25-75%).

Key words: cattle, Simmental breed, Bredy beef type, young animals, gene, genotype, allele, frequency of genotypes and alleles, wool, chemical element.

Введение.

Величайшие открытия последних десятилетий в области молекулярной генетики, включая расшифровку генома человека и других живых организмов, приоткрыли беспрецедентные возможности в различных сферах деятельности человека: здравоохранении, экологии, сельском хозяйстве, пищевой индустрии и т. д. (Yadav BR and Mitra A, 1999). В сфере животноводства, например, впервые появилась возможность влиять на селекцию не только через отбор, но и точно, используя генетические маркеры, что значительно сокращает сроки селекции и совершенствования пород и типов скота, позволяет управлять генетическим процессом создания строго заданных параметров продуктивности, качества продукции и других хозяйственно и культурно значимых признаков (Beuzen ND et al., 2000; Kiplagat SK et al., 2012). Кроме того, различные формы и направления генетического мониторинга обеспечивают контроль сужения биологического разнообразия живого, в том числе пород и типов скота. С другой стороны, на состояние организма животного влияют внешняя среда и обмен веществ, обеспечивающие жизнедеятельность этого организма. В этом плане перспективным направлением является изучение микроэлементного состава организма животных, по которому можно судить о взаимоотношениях среда-животное, потенциальных резервах организма как по недостатку, так и излишкам элементов, взаимовлияния элементов (Miroshnikov S et al., 2015; Miroshnikov SA et al., 2017; Скальный А.В. и др., 2014; Ревич Б.А., 2004; Skalny AV et al., 2015; Мирошников С.А. и др., 2019; Miroshnikov S et al., 2019).

Брединский мясной тип симментальского скота, созданный в 2006 году в Челябинской и Оренбургской областях, имеет тенденцию к распространению не только в Российской Федерации. Популяция этого типа симменталов имеется и в Республике Казахстан (Мазуровский Л.З. и др. 1995; Тюлебаев С.Д. и Кадышева М.Д., 2005; Каюмов Ф.Г. и др. 2008). Так, племенное стадо брединского мясного типа разводится в КХ «Реймкул» Актюбинской области, некогда закупившее тёлочек с территории России (ОПХ «Экспериментальное»). Изучение продуктивности и научное обоснование адаптационных, акклиматизационных качеств животных нового типа в новых условиях разведения видится интересным и требует внимания исследователей.

Цель исследования.

Сравнительное изучение биологических характеристик популяции брединского мясного типа симменталов в Российской Федерации и Республике Казахстан, заключающееся в определении состояния аллельных форм некоторых маркерных генов, а также элементного статуса в зависимости от места разведения.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Тёлки брединского мясного типа разных популяций в возрасте 15-16 мес.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Эксперименты были проведены в хозяйствах, занимающихся разведением мясных симменталов: ООО «Совхоз Брединский» (Россия) – 40 голов тёлочек, К/Х «Реймкул» (Республика Казахстан) – 37 голов. В качестве биосубстратов у животных были взяты на анализ кровь и шерсть в области холки. Для проведения молекулярно-генетических исследований кровь отбиралась отдельно в вакуумные пробирки APExLAB с антикоагулянтом (EDTA). Суммарная ДНК выделялась с помощью набора реагентов для выделения геномной ДНК «ДНК-Экстран» («Синтол», Россия). Для выявления генотипов животных по запланированным SNP-маркерам: CAPN1, GDF5, TG5, BGL был применён метод ПЦР в реальном времени с использованием олигонуклеотидных праймеров (GenBank), по каждому праймеру в отдельности в соответствующих последовательностях.

ДНК-маркер/ DNA marker	Последовательность праймера/ Primer sequence
CAPN1	F: 5'-AGCAGCCCACCATCAGAGAAA – 3' R: 5'- TCAGCTGGTTCGCGCAGAT – 3'
TG5	F: 5'-GTGAAAATCTTGTGGAGGCTGTA-3' R: 5'-GGGGATGACTACGAGTATGACTG-3'
GDF5	F: 5'-TGTCCGATGCTGACAGAAAGG-3' R: 5'-GAGTGAGGTTAATCCCAGATACCA-3'
BGL	F: 5'-CTCTGACCTGTCCTTGTC-3' R: 5'-CAATAGGAGGCCTTCTTCCA-3'

Шерсть в области холки выстригались у молодняка с целью определения элементного состава по 25 показателям.

Размещённые в агарозном геле фрагменты вырезались из агарозного геля и чистились с помощью набора для выделения из геля Wizard PCR Preps DNA Purification System (Promega) по инструкции фирмы-производителя. Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p = n/N,$$

где p – частота генотипа, n – количество особей, имеющих определённый генотип, N – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле:

$$P_A = (2n_{AA} + n_{AB}) \div 2N,$$

$$q_B = (2n_{BB} + n_{AB}) \div 2N,$$

где P_A – частота аллеля А, q_B – частота аллеля В, N – общее число аллелей.

По закону Харди-Вайнберга рассчитывали ожидаемые частоты генотипов в исследуемой популяции.

Оборудование и технические средства. Исследования проводились по стандартизованным методикам в Испытательном центре ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU21ПФ59 от 02.12.15). Секвенирование проводилось на автоматическом ДНК секвенаторе Applied Biosystems 3130 с использованием стандартного протокола с прямого и обратного праймеров. Элементный состав шерсти 12 образцов определялся по 25 показателям на оборудовании ООО Микронутриенты (г. Москва, Россия) на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (PerkinElmer, США) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП), остальное – на оборудовании Испытательного центра ЦКП БСТ РАН атомно-абсорбционным спектрофотометром «Формула ФМ-400» (зав. № 401.00908) (аттестат о поверке № 9/10-5-2019 от 11.01.2019 г.) по 12 химическим элементам.

Статистическая обработка. При обработке экспериментальных данных использованы методы вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office», с применением программы «Excel» («Microsoft», США), с обработкой данных в программе «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Статистическое сравнение результатов было проведено с использованием параметрического метода критерия Стьюдента. Параметр $P \leq 0,05$ принимался как предел значимости.

Результаты исследования.

Проведённый нами генетический мониторинг микропопуляции по показателю полиморфизма гена CAPN1 показал, что животные К/Х «Реймкул» по гетерогенности превосходят аналогов из ООО «Совхоз Брединский» (табл. 1). В частности, тёлки из I популяции не имели ни одного желательного генотипа, тогда как во II популяции 5,4 % животных обладали данным генотипом. Доля гетерозиготных генотипов по данному гену во II микропопуляции на 22,6 % превосходила аналогичный показатель в альтернативной группе. Молодняк ООО «Совхоз Брединский» по доле гомозиготного генотипа GG гена CAPN1 имел преимущество над животными II популяции на 28,0 %. Соответствующий расклад наблюдаем по частотам аллелей в популяции, где желательная аллель С больше проявлялась в микропопуляции животных, принадлежащих К/Х «Реймкул».

Таблица 1. Показатели полиморфизма гена CAPN1 в микропопуляциях мясных симменталов
Table 1. Indicators of CAPN1 gene polymorphism in micropopulations of Simmentals

Место проведения мониторинга/ Site for monitoring	Микропопуляция/ Micropopulation	n	Частота встречаемости генотипов/Genotype frequency						Частота аллеля/ Allele frequency	
			GG		GC		CC		G	C
			n	%	n	%	n	%		
ООО «Совхоз Брединский»/ LLC "Sovkhoz Bredinsky" К/Х «Реймкул»/ Peasant farm "Reimkul"	I									
		40	35	87,5	5	12,5	0	0	0,9375	0,0625
	II	37	22	59,5	13	35,1	2	5,4	0,7705	0,2295

Анализ показателей полиморфизма гена TG 5, имеющего отношение к липидному обмену в организме животных, также указывает на некоторые различия в проявлении его состояния в зависимости от эколого-генетической принадлежности исследуемых индивидов (табл. 2). Несмотря на близкую частоту аллелей генотипы имеют явные признаки различий. Так, по инертному генотипу CC животные ООО «Совхоз Брединский» превосходили аналогов на 8,7 %, а по желательному генотипу TT – на 2,1 %. При этом в I микропопуляции не оказалось ни одной головы гетерозиготного генотипа CT, тогда как во II микропопуляции их доля составляла 10,8 %.

Таблица 2. Показатели полиморфизма гена TG5 в микропопуляциях мясных симменталов
Table 2. Indicators of polymorphism of TG5 gene in micropopulations of Simmentals

Место проведения мониторинга/ Site for monitoring	Микропопуляция/ Micropopulation	n	Частота встречаемости генотипов/Genotype frequency						Частота аллеля/ Allele frequency	
			CC		CT		TT		C	T
			n	%	n	%	n	%		
ООО «Совхоз Брединский»/ LLC "Sovkhoz Bredinsky" К/Х «Реймкул»/ Peasant farm "Reimkul"	I									
		40	37	92,5	0	0	3	7,5	0,925	0,075
	II	37	31	83,8	4	10,8	2	5,4	0,892	0,108

Показатель полиморфизма гена GDF5 (дифференцирующий фактор роста), ассоциированный с основными обменными процессами при формировании скелета и мышечной ткани, в выборке изучаемых микропопуляций не проявился.

Незначительное проявление гетерозиготного генотипа СА в микропопуляции К/Х «Реймкул» выявлено при проведении ПЦР по определению полиморфизма гена β -лактоглобулина BGL, ответственного за белково-молочность, жирномолочность и процессы в физиологии скормливания (табл. 3). Тогда как в выборке молодняка из ООО «Совхоз Брединский» полиморфизма выявлено не было.

Таблица 3. Показатели полиморфизма гена BGL в микропопуляциях мясных симменталов

Table 3. Indicators of polymorphism of BGL gene in micropopulations of Simmentals

Место проведения мониторинга/ Site for monitoring	Популяция/ Population	n	Частота встречаемости генотипов/Genotype frequency						Частота аллеля/ Allele frequency	
			CC		CA		AA		C A	
			n	%	n	%	n	%	C	A
ООО «Совхоз Брединский»/ LLC “Sovkhoz Bredinsky” К/Х «Реймкул»/ Peasant farm “Reimkul”	I									
		40	40	100	0	0	0	0	1,0	0,0
	II									
		37	35	94,6	2	5,4	0	0	0,973	0,027

Важным при сравнении двух микропопуляций брединского мясного типа моментом является сравнение внешних экологических факторов, окружающих животных. В этом плане интересен элементный состав волос или шерсти, по которому можно судить о поступлении в организм тяжёлых металлов, имея в виду стабильность волоса как наиболее приемлемого индикатора элементного обмена/, и проявление особых закономерностей, нарушающих нормальное распределение элементов в организме при высокой концентрации токсичных. Элементный статус животных брединского мясного типа приведён в таблице 4. Как видно, концентрация химических элементов в шерсти молодняка ООО «Совхоз Брединский» и К/Х «Реймкул» весьма разнится, что связано с неблагоприятной экологической обстановкой вокруг Алгинского химического завода, функционирующего с 1939 года, и разработкой Актюбинского фосфоритоносного бассейна, вблизи которого расположено одно из пастбищных угодий К/Х «Реймкул». Сравнение полученных результатов показало, что недостоверные различия по накоплению элементов в шерсти животных разных популяций отмечены по следующим элементам: Hg, I, Si, Zn. По остальным элементам показатели достоверно различаются в пользу молодняка К/Х «Реймкул» за исключением двух элементов: Na и K, содержание которых было больше в биосубстратах животных из России. При этом десятикратное превышение в шерсти казахстанских животных замечено по содержанию Co, Cr, Ni, Pb, V. Отмечаем, что данные показатели превышают эталонные интервалы для зоны Южного Урала, разработанные нашими учёными, от 1,6 раза по Co до 5,7 раза – по V. Согласно данным нормам, содержание химических элементов в шерсти животных ООО «Совхоз Брединский» соответствовало выявленным центилям (25-75 %). Различия между микропопуляциями выявлены и по накоплению в шерсти некоторых макроэлементов: Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, содержание которых в шерсти животных из Казахстана было значительно больше.

Таблица 4. Элементный статус тёлочек брединского мясного типа
Table 4. Elemental status of heifers of Bredy beef type

Элемент/ Element	Микропопуляция/ Micropopulation		Предел верхних центилей/ Upper centillium limit
	ООО «Совхоз Брединский»/ LLC “Sovkhoz Bredinsky”	К/Х «Реймкул»/ Peasant farm “Reimkul”	
Эссенциальные элементы/Essential elements			
P	190,0±12,04	468,4±120,04*	-
B	2,89±0,21	4,204±0,41***	18,20
Ca	1165,8±114,79	4559,8±194,42***	-
Co	0,083±0,015	1,07±0,25**	0,668
Cr	0,34±0,06	3,51±0,512***	1,580
Cu	6,21±1,145	17,19±1,46***	11,16
Fe	144,2±30,36	1731±290,84	1368,0
I	1,26±0,089	1,16±0,15	2,43
K	2840,7±438,3	1398,4 ±334,17*	-
Li	1,03±0,10	1,69±0,159**	1,180
Mg	265,28±40,39	941,2±170,95**	-
Mn	16,13±4,55	79,90±9,71***	122,0
Na	1571,57±212,83	597,8±55,78**	-
Se	0,23±0,065	0,598±0,045**	1,320
Si	4,18±0,51	14,3±7,82	121,0
Zn	117,72±10,5	114,4±8,62	231,0
V	0,68±0,12	8,48±1,71**	1,480
Токсичные элементы/Toxic elements			
As	0,17±0,01	0,538±0,14*	0,381
Cd	0,008±0,002	0,066±0,01***	0,149
Hg	0,023±0,003	0,028±0,005	0,153
Ni	0,52±0,27	9,06±2,03**	2,10
Pb	0,141±0,028	1,37±0,308**	0,787
Sn	0,019±0,007	0,046±0,005*	0,170
Sr	5,95±0,82	25,65±1,75***	35,60

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0.05$; ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

Обсуждение полученных результатов.

Сохранение присущего для ООО «Экспериментальное» генофонда брединского мясного типа и автономное его разведение в условиях К/Х «Реймкул», с одной стороны, и давление селекции, связанной с объединением брединского и баганского мясных типов и использованием канадских мясных симменталов при создании новой породы в ООО «Совхоз Брединский», с другой, привели к некоторому смещению равновесия по исследуемым генам в изучаемых популяциях. Так, общий критерий согласия Пирсона по гену CAPN1 составил 8,52, что соответствует достоверной разнице эмпирических рядов двух микропопуляций по первому порогу $P \leq 0,05$, а по гену TG5 показатель χ^2 составил 4,73 и не подтвердил гипотезу о разности микропопуляций по состоянию полиморфизма данного гена.

Автономное разведение брединского мясного типа на территории Казахстана не имело долгосрочной основы, чтобы говорить о геномном смещении в популяции типа, однако селекционный процесс в Российской Федерации и размеры выборки животных, подвергшихся мониторингу, указывают на некоторые характерные изменения в популяциях по аллельному составу и полиморфизму некоторых генов (SNP), что согласуется с мнением других авторов о влиянии селекционного процесса на генотип (Georges M et al., 2019; Kolosova MA et al., 2019).

В целом высокие значения концентрации макроэлементов в шерсти животных обеих микропопуляций могут быть вызваны активным периодом роста молодняка и становлением функции воспроизводства. Однако значительное его преобладание у животных К/Х «Реймкул», возможно, связано с существованием уже доказанного антагонизма между эссенциальными и токсичными элементами (Goldhaber SB et al., 2003; Donat K et al., 2016; Ghorbani A et al., 2015). Наши данные согласуются с этими выводами. Так, например, почти четырёхкратное превышение Са в шерсти молодняка из Республики Казахстан, возможно, связано не с его активным усвоением и избытком во внешней среде, а с повышенным выведением его из организма под влиянием токсичного действия на механизмы усвоения Са, избыточных концентраций Pb, Ni или V. Остаются и другие вопросы, требующие своего разрешения в результате всестороннего анализа полученных данных.

Выводы.

Таким образом, выявлены состояния полиморфизма некоторых генов в среде симменталов мясного типа, согласно которым частота желательных аллелей по гену CAPN1 (0,0625-0,2295) и гену TG5 (0,075-0,108) позволяют вести селекцию по ассоциированным с этими маркерами признакам. При этом, в сравниваемых популяциях отмечено незначительное смещение равновесия по данным генам, что указывает на имеющуюся изменчивость, которую необходимо использовать в результате обмена генетическим материалом, для создания новых генотипов и совершенствования породы. Изученный нами элементный статус мясного типа симменталов разных микропопуляций подчёркивает значение экологических факторов места разведения и единство закономерности взаимодействия макро- и микроэлементов в организме животных в соответствующих условиях окружающей среды.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0012)

Литература

1. Мазуровский Л.З., Кадисова Г.Н., Тюлебаев С.Д. Мясные качества симменталов // Зоотехния. 1995. № 3. С. 9-11. [Mazurovskii LZ, Kadisova GN, Tyulebaev SD. Myasnye kachestva simmentalov. Zootekhiya. 1995;3:9-11. (In Russ)].
2. Первый племязавод по разведению «Брединского мясного» типа симменталов / Ф.Г. Каюмов, С.М. Канатпаев, С.Д. Тюлебаев, М.Д. Кадышева // Вестник мясного скотоводства. 2008. Вып. 61. Т. I. С. 117-119. [Kayumov FG, Kanatpaev SM, Tyulebaev SD, Kadyшева MD. Pervyi plemzavod po razvedeniyu «Bredinskogo myasnogo» tipa simmentalov. Herald of Beef Cattle Breeding. 2008;61(I): 117-119. (In Russ)].
3. Ревич Б.А. Биомониторинг токсичных веществ в организме человека // Гигиена и санитария. 2004. № 6. С. 26-30. [Revich BA. Biomonitoring of toxic substances in the human body. Hygiene and Sanitation. 2004;6:26-30. (In Russ)].
4. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации / А.В. Скальный, С.А. Мирошников, С.В. Нотова, И.П. Болодурина, С.В. Мирошников, И.Э. Алиджанова. Экология человека. 2014. № 9. С. 14-17. [Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, Bolodurina IP, Miroshnikov SV, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. Human Ecology. 2014;9:14-17. (In Russ)].
5. Референтные интервалы концентраций химических элементов в шерсти молочных коров / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, М.Я. Курилкина, Е.А. Тяпугин, Х.Х. Тагиров // Животноводство и кормопроизводство 2019. Т. 102. № 3. С. 33-45. [Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa, Tyapugin EA, Tagirov KhKh. Reference ranges of concentrations of chemical elements in the wool of dairy cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(3):33-45. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-3-33.

6. Тюлебаев С., Кадышева М. Создание внутрипородного типа мясных симменталов // Молочное и мясное скотоводство. 2005. № 6. С. 21-23. [Tyulebaev S, Kadysheva M. Cozdanie vnutripodnogo tipa myasnykh simmentalov. Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2005;6:21-23. (In Russ)].
7. Beuzen ND, Stear MJ, Chang KC. Molecular markers and their use in animal breeding. Vet J. 2000;160(1):42-52. doi: <https://doi.org/10.1053/tvj.2000.0468>
8. Donat K, Siebert W, Menzer E, Söllner-Donat S. Long-term trends in the metabolic profile test results in German Holstein dairy herds in Thuringia, Germany. Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere. 2016;44(2):73-82. doi: [10.15653/TPG-150948](https://doi.org/10.15653/TPG-150948)
9. Georges M, Charlier C, Hayes B. Harnessing genomic information for livestock improvement. Nature Reviews Genetics. 2019;20(3):135-156. doi: [10.1038/s41576-018-0082-2](https://doi.org/10.1038/s41576-018-0082-2)
10. Ghorbani A, Mohit A, Darmani Kuhi H. Effects of dietary mineral intake on hair and serum mineral contents of horses. Journal of Equine Veterinary Science. 2015;35(4):295-300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.01.018>
11. Goldhaber SB. Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity. Regul Toxicol Pharmacol. 2003. 38(2):232-242. doi: [https://doi.org/10.1016/S0273-2300\(02\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0273-2300(02)00020-X)
12. Kiplagat SK, Limo MK, Kosgey IS. Genetic improvement of livestock for milk production. Milk Production – Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health. Chaiyabutr N, editor. Winchester: Intech Open; 2012:77-96. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/50761>
13. Kolosova MA, Getmantseva LV, Bakoev SY, Kolosov AY, Bakoev NF, et al. Associations of mtDNA haplotypes with productive traits in pigs. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. 2019;30(4):807-813. doi: <https://doi.org/10.1007/s12210-019-00853-1>
14. Miroshnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Bolodurina I, Arapova O, Duskaev G. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. Pakistan Journal of Nutrition. 2015;14(9):632-636. doi: <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
15. Miroshnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poberukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(18):18554-18564. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05163-5>
16. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Bolodurina IP, Kalashnikov VV, Grabeklis AR, Tinkov AA, Skalny AV. The reference intervals of hair trace element content in hereford cows and heifers (Bos taurus). Biol Trace Elem Res. 2017;180(1):56-62. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
17. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, Serebryansky EP, Demidov VA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. Environ Monit Assess. 2015;187(11):677. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4903-x>
18. Yadav BR, Mitra A. One day symposium on emerging DNA technologies for the next millennium. CCMB/CDFD, Hyderabad, 23 February, Abstract. 1999:9.

References

1. Mazurovsky L.Z., Kadisova G.N., Tyulebaev S.D. Beef qualities of Simmental. Zootekhnika. 1995;3:9-11.
2. Kayumov FG, Kanatpaev SM, Tyulebaev SD, Kadysheva MD. The first breeding plant for breeding "Bredy beef" type of Simmental. Herald of Beef Cattle Breeding. 2008;61(I): 117-119.
3. Revich BA. Biomonitoring of toxic substances in the human body. Hygiene and Sanitation. 2004;6:26-30.
4. Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, Bolodurina IP, Miroshnikov SV, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. Human Ecology. 2014;9:14-17.
5. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa, Tyapugin EA, Tagirov KhKh. Reference ranges of concentrations of chemical elements in the wool of dairy cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(3):33-45. doi: [10.33284/2658-3135-102-3-33](https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-3-33)
6. Tyulebaev S, Kadysheva M. Development of interbreed beef type of Simmental. Dairy and Beef Cattle Breeding. 2005;6:21-23.
7. Beuzen ND, Stear MJ, Chang KC. Molecular markers and their use in animal breeding. Vet J. 2000;160(1):42-52. doi: <https://doi.org/10.1053/tvj.2000.0468>

8. Donat K, Siebert W, Menzer E, Söllner-Donat S. Long-term trends in the metabolic profile test results in German Holstein dairy herds in Thuringia, Germany. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2016;44(2):73-82. doi: 10.15653/TPG-150948
9. Georges M, Charlier C, Hayes B. Harnessing genomic information for livestock improvement. *Nature Reviews Genetics*. 2019;20(3):135-156. doi: 10.1038/s41576-018-0082-2
10. Ghorbani A, Mohit A, Darmani Kuhi H. Effects of dietary mineral intake on hair and serum mineral contents of horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2015;35(4):295-300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.01.018>
11. Goldhaber SB. Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2003. 38(2):232-242. doi: [https://doi.org/10.1016/S0273-2300\(02\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0273-2300(02)00020-X)
12. Kiplagat SK, Limo MK, Kosgey IS. Genetic improvement of livestock for milk production. *Milk Production – Advanced Genetic Traits, Cellular Mechanism, Animal Management and Health*. Chaiyabutr N, editor. Winchester: Intech Open; 2012:77-96. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/50761>
13. Kolosova MA, Getmantseva LV, Bakoev SY, Kolosov AY, Bakoev NF, et. al. Associations of mtDNA haplotypes with productive traits in pigs. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2019;30(4):807-813. doi: <https://doi.org/10.1007/s12210-019-00853-1>
14. Miroshnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Bolodurina I, Arapova O, Duskaev G. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015;14(9):632-636. doi: <https://dx.doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
15. Miroshnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poherukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(18):18554-18564. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05163-5>
16. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Bolodurina IP, Kalashnikov VV, Grabeklis AR, Tinkov AA, Skalny AV. The reference intervals of hair trace element content in hereford cows and heifers (*Bos taurus*). *Biol Trace Elem Res*. 2017;180(1):56-62. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
17. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, Serebryansky EP, Demidov VA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4903-x>
18. Yadav BR, Mitra A. One day symposium on emerging DNA technologies for the next millennium. CCMB/CDFD, Hyderabad, 23 February, Abstract. 1999:9.

Калдыгулов Самат Рейович, соискатель отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74, e-mail: vniims.or@mail.ru

Тюлебаев Саясат Джаксылыкович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74, e-mail: vniims.or@mail.ru

Кадышева Марват Дусангалиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532) 43-46-74, e-mail: vniims.or@mail.ru

Косилов Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18,

Амиршоев Файзулло Сафарович, доктор биологических наук, профессор, директор Института животноводства Таджикской академии сельскохозяйственных наук, 734067, г. Душанбе, ул. Гипрозем, 17, тел.: 810992372310607

Поступила в редакцию 25 ноября 2019 г.; принята после решения редколлегии 16 декабря 2019 г.; опубликована 31 декабря 2019 г. / Received: 25 November 2019; Accepted: 16 December 2019; Published: 31 December 2019