

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 26-31
Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (1-41): 26-31

Научная статья
УДК 636.2.034
Код ВАК 06.02.10

DOI: 10.52463/22274227_2022_41_26

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СИММЕНТАЛЬСКОГО СКОТА ПО ГЕНУ КАППА-КАЗЕИНА И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Анастасия Андреевна Зырянова¹, Михаил Юрьевич Севостьянов², Олег Александрович Шевкунов³✉

^{1,2}Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

¹agata.lis.00@mail.ru

²sevamiha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9869-6496>

³xoshyn@gmail.com

Аннотация. Цель исследований – изучение генетической структуры симментальского скота по гену каппа-казеина и её влияние на молочную продуктивность с использованием молекулярно-генетических методов анализа. В работе представлено исследование крупного рогатого скота симментальской породы по гену каппа-казеина в условиях Уральского федерального округа. **Методика.** Объектом исследований являлся крупный рогатый скот симментальской породы в количестве 101 головы из репродуктора и племенного завода Уральского региона. Для генотипирования использованы образцы крови животных, которые сопровождаются ветеринарной справкой о благополучии крупного рогатого скота в хозяйствах. Выделение ДНК из цельной крови соответствует протоколу производителя «ДНК-Экстран-1» (ООО «НПФ Синтол», Россия). Тестирование животных по гену каппа-казеина проводили методами ПЦР-ПДРФ, опираясь на методические рекомендации ФГБНУ ВНИИплем. При постановке ПЦР использовались следующие праймеры: CSN1: ata-gcc-aaa-tat-atc-cca-att-cag-t; CSN2: ttt-att-aat-aag-tcc-atg-aat-ctt-g. Полученный продукт подвергали рестрикции, используя рестриктазу Hind III. Фрагменты рестрикции выдерживали в электрофорезе в 3% агарозном геле. Для визуализации фрагментов в агарозный гель вносили раствор бромистого этидия. Результаты фиксировали с помощью трансиллюминатора Gel Doc (BioRad). **Результаты.** Для изучения генетической структуры симментальского скота по гену каппа-казеина мы отобрали из репродуктора 59 коров и нетелей, из племенного завода – 42. В ходе опыта обнаружили, что в двух предприятиях у коров и нетелей чаще всего встречается генотип AA – 73 головы (72,3%), в

отличие от генотипа АВ – 28 голов (27,7%). Желательный генотип ВВ у изучаемой выборки животных Уральской селекции не обнаружен. Частота встречаемости А-аллеля скота обоих предприятий составила 86%, В-аллеля – 14%. Анализ молочной продуктивности коров репродуктора и племенного завода показал превосходство животных по белковомолочности с генотипом АВ. Так, в репродукторе у коров с генотипом АВ содержание белка в молоке находится в пределах 3,39%, у коров с генотипом AA – 3,33%. В племенном заводе – 3,26% и 3,20% соответственно. Изучая наследуемость генотипов дочерями от быков-производителей, проследили тенденцию повышения белковомолочности у коров с генотипами АВ. У быка № 40238 массовая доля белка в молоке у коров-дочерей с генотипом АВ равна 3,30%, у особей с генотипом AA – 3,21%. У быка № 83 – 3,19% и 3,17% соответственно. **Научная новизна.** Крупный рогатый скот симментальской породы универсален в использовании, в связи с чем представляет большой интерес для исследователей. На Урале нами впервые генотипированы коровы и нетели данной породы. Результаты исследования позволяют предположить, на каком этапе находится селекция по белковомолочности животных симментальской породы.

Ключевые слова: каппа-казеин, полиморфизм, ДНК-технологии, симментальский скот, молочная продуктивность.

Для цитирования: Зырянова А.А., Севостьянов М.Ю., Шевкунов О.А. Генетическая структура симментальского скота по гену каппа-казеина и её влияние на молочную продуктивность // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 26-31. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_26

Scientific article

GENETIC STRUCTURE OF SIMMENTAL CATTLE ACCORDING TO THE GENE OF KAPPA-CASEIN AND ITS INFLUENCE ON MILK PRODUCTIVITY

Anastasiya A. Zyryanova¹, Mikhail Yu. Sevostyanov², Oleg A. Shevkunov³✉

^{1,2}Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

³Urals State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

¹agata.lis.00@mail.ru

²sevamiha@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9869-6496>

³xoshyn@gmail.com

Abstract. The purpose of the research is to study the genetic structure of Simmental cattle by the kappa-casein gene and its effect on milk productivity using the molecular genetic methods of analysis. The paper presents a study of Simmental cattle by the kappa-casein gene in the conditions of the Ural federal district. **Methodology.** The object of the research was Simmental cattle in the amount of 101 heads from a reproducer and a pedigree plant of the Ural region. For genotyping blood samples of the animals were used, which were accompanied by the veterinary certificate on the welfare of cattle on the farms. Isolation of DNA from the whole blood complies with the protocol of the manufacturer DNA-Extran-1 (OOO NPF Syntol, Russia). Testing of animals for the kappa-casein gene was carried out by PCR-RFLP methods based on the methodological recommendations of the All-Russian Scientific Research Institute of the Russian Academy of Sciences. When setting up PCR, the following primers were used: CSN1: ata-gcc-aaa-tat-atc-cca-att-cag-t; CSN2: ttt-att-aat-aag-tcc-atg-aat-ctt-g. The resulting product was subjected to the restriction using the restriction enzyme Hind III. Restriction fragments were kept in electrophoresis in 3% agarose gel. To visualize the fragments, an ethidium bromide solution was added to the agarose gel. The results were recorded using a Gel Doc transilluminator (BioRad). **Results.** To study the genetic structure of Simmental cattle based on the kappa-casein gene we selected 59 cows and heifers from a reproducer and 42 cows from a breeding plant. During the experiment we found that in two enterprises in cows and heifers the most common genotype is AA - cows 73 (72.3%), in contrast

Введение. Приоритетной задачей развития животноводства на современном этапе является обеспечение населения продуктами питания. На протяжении последних десятилетий вопросу продовольственной безопасности страны уделяется особое внимание. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации обеспеченность молоком и молокопродуктами (в пересчете на молоко) должна составлять не менее 90%, а фактическое потребление – 64,6%. Для обеспечения населения страны молоком в достаточном количестве необходимо рациональное использование продуктивного потенциала молочного скота в условиях интенсивных технологий промышленного производства молока [1-5].

Основой повышения удоев коров является интенсификация молочного скотоводства, которая определяется улучшением качественного состава поголовья животных, использованием их генетического потенциала и рациональными технологическими приемами его реализации [6].

В последнее время ученые начали доказывать важность использования молочного белка. В программах по развитию скотоводства немалое значение придается массовой доле белка и его выходу, что связано с глубокой переработкой молока. Химический состав молока крупного рогатого скота имеет первостепенное значение, потому что в зависимости от него находится эффективность производства молока, себестоимость и цена [7-9].

В нашей стране в селекционном процессе крупного рогатого скота молочного направления начали применять молекулярно-генетические маркеры с целью улучшения технологических свойств молока и его качественных показателей. Благодаря маркерам селекционеры могут полу-

чить данные о полиморфизме и вариантах генов, которые отвечают за желательный признак или комплекс признаков. Многие исследователи считают геномную оценку очень значимой, приравнивая к искусственному осеменению. Применяя молекулярно-генетические методы для прогнозирования уровня и направления продуктивности крупного рогатого скота, прогресс селекционного процесса может возрасти на 50%, что существенно повлияет на экономический эффект [10].

to the genotype AB - 28 cows (27.7%). The desired BB genotype was not found in the studied sample of animals of the Ural selection. The frequency of the allele A to both companies cattle was 86%, the B allele - 14%. The Analysis of milk productivity of cows of a reproducer and a breeding farm showed the superiority in the protein content in the milk of animals with the AB genotype. So, in the reproducer in cows with the AB genotype, the protein content of milk is within 3.39%, in cows with the AA genotype - 3.33%. In the breeding plant - 3.26% and 3.20%, respectively. Studying the heritability of genotypes by daughters from breeding bulls, we traced the tendency to increase milk protein in cows with AB genotypes. The breeding bull No. 40238 the mass fraction of protein in milk in daughters with the AB genotype is 3.30%, in cows with the AA genotype - 3.21%. The breeding bull No. 83 - 3.19% and 3.17%, respectively. **Scientific novelty.** Simmental cattle are versatile in use, and therefore are of great interest to researchers. For the first time in the Urals we have genotyped cows and heifers of this breed. The results of the study will make it possible to suggest at what stage the selection of animals of the Simmental breed for protein-milk content is.

Keywords: kappa-casein, polymorphism, DNA technologies, Simmental cattle, dairy productivity.

For citation: Zyryanova A.A., Sevostyanov M. Yu., Shevkunov O.A. Genetic structure of Simmental cattle according to the gene of kappa-casein and its influence on milk productivity. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (1-41): 26-31. (In Russ) https://doi.org/10.5246/3/22274227_2022_41_26

читать данные о полиморфизме и вариантах генов, которые отвечают за желательный признак или комплекс признаков. Многие исследователи считают геномную оценку очень значимой, приравнивая к искусственному осеменению. Применяя молекулярно-генетические методы для прогнозирования уровня и направления продуктивности крупного рогатого скота, прогресс селекционного процесса может возрасти на 50%, что существенно повлияет на экономический эффект [10].

ДНК-маркеры рассматриваются на уровне ДНК. Ученые проявляют интерес к ДНК-маркерам QTL (Quantitative Trait Loci), определяющим количественные признаки на уровне их локусов в ДНК. Скот можно оценить по признакам, фенотипически поздно проявляющимся или проявляющимся только у одного пола, а также по признакам, проявление которых находится в зависимости от внешних факторов. Генотипирование животных позволяет оценить ситуацию в генетической структуре данной популяции.

Установить аллельный полиморфизм генов, отвечающих за хозяйственно-полезные признаки продуктивности крупного рогатого скота, можно с использованием метода ПЦР-ПДРФ. Использование этого метода занимает достаточно много времени и позволяет изучить небольшое количество исследуемых образцов, но тем не менее является простым. Основой метода ПЦР-ПДРФ является амплификация экзона IV. В нем расположены аллельные замены, которые проверяются с помощью рестрикции продуктов амплификации различными эндонуклеазами. После чего рестриктазы находят особые участки ДНК (сайты узнавания) и разрезают их в двухцепочечной ДНК на определенное число фрагментов необходимого размера. В процессе электрофореза

в агарозном геле фрагменты разделяются в зависимости от молекулярной массы. Крупные фрагменты перемещаются медленнее. Наличие какого-либо аллеля у животного устанавливают путем определения длины рестрикционных фрагментов.

Большое значение имеют исследования, посвященные полиморфизму аллельных вариантов молочных белков, например каппа-казеин (CSN3), бета-казеин (CSN2), бета-лактоглобулин (BLG) и так далее. Использование ДНК-технологий в совокупности с традиционными селекционными мероприятиями может увеличить эффективность работы в области геномного усовершенствования животных [11, 12].

Селекцию крупного рогатого скота необходимо вести не только на обильно- и жирномолочность, но и на повышенное содержание белка в молоке. Основным белком молока является казеин, который представляет большой интерес для молочной промышленности. Содержание казеина в молоке колеблется от 2,1 до 2,9%. Каппа-казеин в основном белке молока занимает особенное место и составляет 11% от общего состава казеина. Каппа-казеин разрушается под влиянием сычужного фермента, что особенно важно при производстве творога и сыров [13, 14].

Содержание общего белка в молоке коров находится в зависимости от генотипа животного по гену каппа-казеина. У крупного рогатого скота чаще всего встречаются А и В аллельные варианты. Практикой доказано, что аллель В гена CSN3 ассоциируется с более высоким содержанием белка в молоке. Считается, что выход твердых сыров, творога и коагуляционные свойства молока находятся в зависимости от генотипа крупного рогатого скота по гену каппа-казеина. Практикой выявлено, что более высококачественная белково-молочная продукция чаще всего производится из молока коров с гомозиготным генотипом ВВ [15].

В России существует большой генотипный фонд пород крупного рогатого скота. В настоящее время всё больше внимания привлекает к себе симментальский скот из-за универсальности использования и хорошей способности к акклиматизации. Животные данной породы отличаются оптимальным сочетанием молочной и мясной продуктивности. В Уральском федеральном округе нами впервые было проведено генотипирование особей данной породы по гену CSN3 [16].

Целью являлось изучение генетической структуры симментальского скота по гену каппа-казеина и её влияния на молочную продуктивность с использованием молекулярно-генетических методов анализа, в связи с чем были решены следующие задачи: молекулярно-гене-

тическими методами генотипировать симментальский скот по гену каппа-казеина; определить взаимосвязь молочной продуктивности коров с разными генотипами каппа-казеина; изучить наследование генотипов по гену каппа-казеина дочерним потомством от быков-производителей и связь генотипов с молочной продуктивностью.

Методика. Исследование проводилось в отделе животноводства и иммуногенетической экспертизы Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания по теме «Изучение селекционно-генетических характеристик крупного рогатого скота Уральского региона с использованием биотехнологических методов в целях создания новых селекционных форм животных, обладающих высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности, качества молока и продолжительности хозяйственного использования».

Объектом исследований являлся крупный рогатый скот симментальской породы в количестве 101 головы из репродуктора и племенного завода Уральского региона. Для генотипирования использованы образцы крови животных, которые сопровождаются ветеринарной справкой о благополучии крупного рогатого скота в хозяйствах.

Выделение ДНК из цельной крови соответствует протоколу производителя «ДНК-Экстран-1» (ООО «НПФ Синтол», Россия). Тестирование животных по гену каппа-казеина проводили методами ПЦР-ПДРФ, опираясь на методические рекомендации ФГБНУ ВНИИплем [17]. При постановке ПЦР использовались следующие праймеры:

- CSN1: ata-gcc-aaa-tat-atc-cca-att-cag-t;
- CSN2: ttt-att-aat-aag-tcc-atg-aat-ctt-g.

Полученный продукт подвергали рестрикции, используя рестриктазу Hind III. Фрагменты рестрикции выдерживали в электрофорезе в 3% агарозном геле. Для визуализации фрагментов в агарозный гель вносили раствор бромистого этидия. Результаты фиксировали с помощью трансиллюминатора Gel Doc (BioRad).

Частоту встречаемости генотипов определяли по следующей формуле:

$$P = \frac{n}{N} \cdot 100, \quad (1)$$

где P – частота определенного генотипа, %; n – количество животных, имеющих определенный генотип; N – общее число животных.

Частоту определенных аллелей устанавливали по формулам:

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

$$QB = \frac{(2n_{BB} + n_{AB})}{2N}, \quad (3)$$

где PA – частота аллеля A; QB – частота аллеля B; 2N – общее число аллелей [3].

Изучены показатели удоя за 305 дней первой лактации, жирномолочности (МДЖ, %), белкомолочности (МДБ, %). Выход питательных веществ с молоком за лактацию (ПВ) рассчитан по формуле:

$$ПВ = (\text{Удой, кг} \times \text{МДЖ, \%}) + (\text{Удой, кг} \times \text{МДБ, \%}) / 100 \quad (4)$$

Данные по молочной продуктивности приведены из информативной базы данных ИАС СЕЛЭКС – Племенной учет в хозяйствах. Определяя достоверность полученных результатов исследований, опирались на табличные данные критерия по Стьюденту. Статистическая обработка данных была проведена в программе Excel.

Результаты. У изучаемого поголовья коров и нетелей симментальской породы Уральского региона были определены генотипы AA и AB. Желательного гомозиготного генотипа BB не обнаружено. В племенном репродукторе генотип AA имеет 38 особей (64,4%), а AB – 21 (35,6%). В племенном заводе гомозиготным генотипом AA обладает 35 (83,3%) коров, а гетерозиготным – 7 (16,7%). В репродукторе и племенном заводе частота встречаемости A-аллеля составляет 82% и 92%, соответственно, B-аллеля – 18% и 8%. В целом по двум хозяйствам преимущественно распространен генотип AA – 73 головы (72,3%). Гетерозиготный генотип AB встречается в значительно меньших количествах – 28 особей (27,7%) (таблица 1).

Таблица 1 – Полиморфизм гена каппа-казеина у симментальского скота

Предприятия	Количество, гол.	Встречаемость генотипов						Встречаемость аллелей, %	
		генотип AA		генотип AB		генотип BB		A	B
		голов	%	голов	%	голов	%		
Племенной репродуктор	59	38	64,4	21	35,6	0	0	82	18
Племенной завод	42	35	83,3	7	16,7	0	0	92	8
Всего	101	73	72,3	28	27,7	0	0	86	14

В процессе исследования определяли взаимосвязь обильномолочности, жирномолочности и белкомолочности по первой лактации 52 коров с различными генотипами по гену каппа-казеина.

Проведенные исследования показали

определенные различия по продуктивности животных, обладающих гомозиготным генотипом AA и гетерозиготным генотипом AB гена каппа-казеина. В то же время статистически значимых различий по удою и жирномолочности не обнаружено, что можно объяснить небольшим количеством животных, обладающих гетерозиготным генотипом AB. Однако наблюдается тенденция повышения белкомолочности у коров симментальской породы с генотипом AB по каппа-казеину (таблица 2).

Таблица 2 – Связь молочной продуктивности симментальского скота с генотипом по гену CSN3 (M±m)

Предприятие	Генотипы	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	Выход ПВ, кг
Репродуктор (n-23)	AA	14	7124 ±243	3,84 ±0,04	3,33 ±0,03	510,79
	AB	9	6249 ±375	3,79 ±0,05	3,39 ±0,04	448,67
Племенной завод (n-29)	AA	24	6924 ±332	4,23 ±0,03	3,20 ±0,02	514,45
	AB	5	7241 ±866	4,37 ±0,06	3,26 ±0,04	552,48
Всего	AA	38	6998 ±229	4,08 ±0,04	3,25 ±0,02	512,95
	AB	14	6604 ±394	4,00 ±0,08	3,34 ±0,03	484,73

В ходе исследовательской работы изучали наследование генотипов по каппа-казеину дочерним потомством от отцов-быков. В двух предприятиях использовалось несколько быков-производителей, которые являлись отцами изучаемого поголовья коров. Анализируя наследуемость генотипов коровами-дочерьми, было взято 2 быка-производителя с наибольшим количеством потомков, генотипы которых зафиксированы в программе ИАС СЕЛЭКС – Племенной учет в хозяйствах. У быка с инвентарным номером 83 с гомозиготным генотипом AA 11 дочерей (91,60%), с гетерозиготным генотипом – 1 потомок (8,33%). У быка № 40238 с генотипом AA – 11 (78,50%) и 3 (21,43%) соответственно (таблица 3).

Проведена оценка молочной продуктивности коров-дочерей в зависимости от унаследованных генотипов (таблица 4).

У быка № 40238 оказалось 3 потомка с генотипом AB. У быка № 83 – 1 потомок с гетерозиготным генотипом. У животных с гетерозиготным генотипом AB сохраняется тенденция повышения белкомолочности. У коров-дочерей с генотипом AB быка № 40238 содержание белка в молоке выше на 0,09%. У потомков с гетерозиготным генотипом быка № 83 белкомолочность выше на 0,02%.

Таблица 3 – Наследование генотипов по гену каппа-казеина дочерним потомством от быков-производителей

Инд. № быка-производителя	Количество дочерей	Генотипы коров-дочерей			
		АА		АВ	
		n	%	n	%
40238	14	11	78,50	3	21,43
83	12	11	91,60	1	8,33

Таблица 4 – Связь показателей молочной продуктивности коров-дочерей в зависимости от наследуемого генотипа по CSN3 от отцов-быков

Инд. № быка-производителя	Молочная продуктивность коров-дочерей по генотипам					
	Удой, кг		МДЖ, %		МДБ, %	
	АА	АВ	АА	АВ	АА	АВ
40238	7565 ±307	7256 ±1288	4,06 ±0,06	4,13 ±0,20	3,21 ±0,04	3,30 ±0,08
83	6714 ±668	6332 ±0,00	4,12 ±0,07	4,23 ±0,00	3,17 ±0,02	3,19 ±0,00

Выводы. Таким образом, в ходе опыта было обнаружено, что в племенном заводе и репродукторе наиболее часто у животных встречается генотип АА – 73 головы (72,3%), реже генотип АВ – 28 голов (27,7%). Особи с генотипом ВВ в изученной выборке отсутствуют. Частота встречаемости А-аллеля составила 86%, В-аллеля – 14%. Было выявлено, что в репродукторе у коров с генотипом АВ содержание белка в молоке равно 3,39%, у коров с генотип АА меньше – 3,33%. В племенном заводе 3,26% и 3,20% соответственно. Тенденция повышенной белковомолочности у животных с генотипом АВ сохранена у коров, наследуемых генотипы от быков-производителей. Так, у быка № 40238 массовая доля белка в молоке у коров-дочерей с генотипом АВ равна 3,30%, у особей с генотипом АА – 3,21%. У быка № 83 – 3,19% и 3,17% соответственно.

По результатам проведённых исследований и полученных данных можно сделать заключение, что направленная селекция крупного рогатого скота симментальской породы в Уральском федеральном округе по гену каппа-казеина только начинает развиваться и в дальнейшем приведёт к повышению качественного состава молока.

Список источников

- 1 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Костомахин Н.М., Морозов В.А. Практическое обоснование применения современных энергетических добавок в молочном скотоводстве // Главный зоотехник. 2019. № 10. С. 3-10.
- 2 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Костомахин Н.М., Морозов В.А. Эффективность обогащения рационов высокопродуктивных коров энергетическими добавками "Лакто с" и Extima 100 // Главный зоотехник. 2019. № 4. С. 15-22.

3 Морозова Л.А., Миколайчик И.Н., Морозов В.А., Булыгина Е.Н. Оптимизация энергетического питания у высокопродуктивных коров в транзитный период // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4 (32). С. 30-34.

4 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Абилова Г.У., Субботина Н.А. Биологические и продуктивные показатели стельных сухостойных коров при скармливании иммунобиологических добавок // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 2 (18). С. 44-47.

5 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Морозов В.А. Коррекция продуктивного и биохимического профиля у высокопродуктивных коров с помощью энергетических добавок // Вестник КрасГАУ. 2019. № 8 (149). С. 103-110.

6 Морозова Л.А., Миколайчик И.Н., Чумаков В.Г., Дускаев Г.К., Абилова Г.У. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров, получавших биотехнологические добавки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 235-237.

7 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Морозов В.А. Повышение генетического потенциала высокопродуктивных коров за счет использования в рационах энергетических добавок // Аграрный вестник Урала. 2019. № 1 (180). С. 21-26.

8 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Морозов В.А., Булыгина Е.Н. Экономическая эффективность производства молока при использовании коровами черно-пестрой породы энергетических добавок // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева (05 ноября 2020 г.). Курган, 2020. С. 507-512.

9 Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Костомахин Н.М., Булыгина Е.Н. Зоотехническая и экономическая оценка применения энергетических добавок в рационах высокопродуктивных коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 4. С. 20-26.

10 Использование ДНК-маркеров при оценке и совершенствовании крупного рогатого скота в Республике Татарстан: монография / Р.Р. Шайдуллин [и др.]. Казань: КГАУ, 2018. 192 с.

11 Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных: учебное пособие. М.: Колос, 1970. 424 с.

12 Генетическая структура популяции голштинизированного черно-пестрого скота на территории Урала / М.В. Модоров [и др.] // Генетика. 2021. Т. 57. № 4. С. 437-444.

13 Mikolaychik I.N., Gorelik O.V., Nenahov V.V., Morozova L.A., Safronov S.L. The relationship between the duration of the service period and the milk yield of the holsteinized black-mottled breed // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2021. P. 42016.

14 Morozova L., Mikolaychik I., Rebezov M., Fedoseeva N., Derkho M., Fatkullin R., Saken A.K., Safronov S., Kosilov V. Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Т. 12. № Suppl.ry 1. Pp. 2181-2190.

15 Лоретц О.Г., Матушкина Е.В. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока // Аграрный вестник Урала. 2014. № 3. С. 23-26.

16 Ткаченко И.В. Севостьянов М.Ю., Грин А.А. Полиморфизм генов каппа-казеина, бета-лактоглобулина и соматотропина у высокопродуктивных коров уральского типа // Вопросы нормативно-правового регулирования ветеринарии. 2020. № 1. С. 328-331.

17 Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / Л.А. Калашникова [и др.]. М.: Лесные Поляны. 2015. 34 с.

References

1 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Kostomakhin N.M., Morozov V.A. Prakticheskoe obosnovanie primeneniya sovremennykh energeticheskikh dobavok v molochnom skotovodstve [Practical substantiation of the use of modern energy supplements in dairy cattle breeding]. *Glavnyi zootekhnik*. 2019; (10): 3-10. (In Russ).

2 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Kostomakhin N.M., Morozov V.A. Effektivnost' obogashcheniya ratsionov vysokoproduktivnykh korov energeticheskimi dobavkami "Lakto s" i Extima 100 [Efficiency of enrichment of diets of highly productive cows with energy additives "Lakto s" and Extima 100]. *Glavnyi zootekhnik*. 2019; (4): 15-22. (In Russ).

3 Morozova L.A., Mikolaychik I.N., Morozov V.A., Bulygina E.N. Optimizatsiya energeticheskogo pitaniya u vysokoproduktivnykh korov v tranzitnyi period [Optimization of energy nutrition in highly productive cows during the transit period]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2019; (4-32): 30-34. (In Russ).

4 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Abileva G.U., Subbotina N.A. Biologicheskie i produktivnye pokazateli stel'nykh sukhostoinnykh korov pri skarmivanii immunobiologicheskikh dobavok [Biological and productive indicators of pregnant dry cows when feeding immunobiological additives]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2016; (2-18): 44-47. (In Russ).

5 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Morozov V.A. Korrektsiya produktivnogo i biokhimicheskogo profilya u vysokoproduktivnykh korov s pomoshch'yu energeticheskikh dobavok [Correction of the productive and biochemical profile in highly productive cows using energy supplements]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2019; (8-149): 103-110. (In Russ).

6 Morozova L.A., Mikolaychik I.N., Chumakov V.G., Duskaev G.K., Abileva G.U. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva korov, poluchavshikh biotekhnologicheskikh dobavki [Milk productivity and reproductive qualities of cows receiving biotechnological additives]. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; (5-73): 235-237. (In Russ).

7 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Morozov V.A. Povyshenie geneticheskogo potentsiala vysokoproduktivnykh korov za schet ispol'zovaniya v ratsionakh energeticheskikh dobavok [Increasing the genetic potential of highly productive cows through the use of energy supplements in their diets]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2019; (1-180): 21-26. (In Russ).

8 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Morozov V.A., Bulygina E.N. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva moloka pri ispol'zovanii korovami cherno-pestroi porody energeticheskikh dobavok [Economic efficiency of milk production using energy additives by black-and-white cows]. *Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 125th anniversary of the birth of Terenty Semenovich Maltsev "Development and implementation of modern high-tech technologies for modernizing the agro-industrial complex"* (November 05, 2020). Kurgan. 2020: 507-512. (In Russ).

9 Mikolaychik I.N., Morozova L.A., Kostomakhin N.M., Bulygina E.N. Zootehnicheskaya i ekonomicheskaya otsenka primeneniya energeticheskikh dobavok v ratsionakh vysokoproduktivnykh korov [Zootechnical and economic assessment of the use of energy additives in the diets of highly productive cows]. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2020; (4): 20-26. (In Russ).

10 Shaidullin R.R., et al. Ispol'zovanie DNK-markerov pri otsenke i sovershenstvovanii krupnogo rogatogo skota v Respublike Tatarstan [The use of DNA markers in the assessment and improvement of cattle in the Republic of Tatarstan]: monograph. Kazan: KGAU; 2018. (In Russ).

11 Merkurieva E.K. Biometriya v selektsii i genetike sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh [Biometrics in breeding and genetics of farm animals]: textbook. Moscow: Kolos; 1970. (In Russ).

12 Modorov M.V., et al. Geneticheskaya struktura populyatsii golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota na territorii Urals [Genetic structure of the Holsteinized black-and-white cattle population in the Urals]. *Russian Journal of Genetics*. 2021; (57-4): 437-444. (In Russ).

13 Mikolaychik I.N., Gorelik O.V., Nenahov V.V., Morozova L.A., Safronov S.L. The relationship between the duration of the service period and the milk yield of the holsteinized black-mottled breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk. 2021: 42016.

14 Morozova L., Mikolaychik I., Rebezov M., Fedoseeva N., Derkho M., Fatkullin R., Saken A.K., Safronov S., Kosilov V. Improving the physiological and biochemical status of high-yielding cows through complete feeding. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; (12-Suppl.ry 1): 2181-2190.

15 Loretz O.G., Matushkina E.V. Vliyanie genotipa kappa-kazeina na tekhnologicheskoe svoystvo moloka [Influence of the kappa-casein genotype on the technological properties of milk]. *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2014; (3): 23-26. (In Russ).

16 Tkachenko I.V. Sevostyanov M.Yu., Grin A.A. Polimorfizm genov kappa-kazeina, beta-laktoglobulina i somatotropina u vysokoproduktivnykh korov ural'skogo tipa [Polymorphism of the genes of kappa-casein, beta-lactoglobulin and somatotropin in highly productive cows of the Ural type]. *Regulatory Issues in Veterinary Medicine*. 2020; (1): 328-331. (In Russ).

17 Kalashnikov L.A., et al. Rekomendatsii po genomnoi otsenke krupnogo rogatogo skota [Recommendations for genomic assessment of cattle]. Moscow: Lesnye Polyany; 2015. (In Russ).

Информация об авторах

А.А. Зырянова – AuthorID 1123090;

М.Ю. Севостьянов – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 431652;

О.А. Шевкунов – AuthorID 956848.

Information about the authors

A.A. Zyryanova – AuthorID 1123090;

M.Yu. Sevostyanov – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 431652;

O.A. Shevkunov – AuthorID 956848.

Статья поступила в редакцию 29.09.2021; одобрена после рецензирования 21.10.2021; принята к публикации 24.02.2022.

The article was submitted 29.09.2021; approved after reviewing 21.10.2021; accepted for publication 24.02.2022.