

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.22/28.082.12 (571.150)
DOI: 10.53083/1996-4277-2021-203-09-44-49

А.И. Афанасьева, В.А. Сарычев, В.А. Плешаков
A.I. Afanasyeva, V.A. Sarychev, V.A. Pleshakov

АЛЛЕЛЬНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА (CSN3) У БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЧЕРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ

КАППА-CASEIN (CSN3) GENE ALLELIC POLYMORPHISM IN BLACK-PIED SEED BULLS

Ключевые слова: генотип, полиморфизм гена каппа-казеина, CSN3, быки-производители, линии, чёрно-пёстрая порода.

Ведущую роль в повышении молочной продуктивности коров играют быки-производители, от которых зависит 90-96% генетического прогресса в стаде. Это обусловлено тем, что в данной группе животных достоверно ведётся генетическая оценка используемых особей, и наиболее интенсивно выбраковываются из воспроизводства худшие и посредственные по племенным качествам животные. Поэтому при чистопородном разведении животных и выборе быков-производителей для стада необходимо учитывать сведения о генотипах аллелей молочных белков, в частности, гена каппа-казеина (CSN3). Экспериментальные исследования проведены в АО «Племпредприятие «Барнаульское». Установлено, что преобладающим генотипом у быков-производителей черно-пестрой породы является генотип CSN3AA, частота которого достигает 0,578, альтернативный генотип CSN3BB встречается у единичных животных. На долю аллеля А приходится 0,756, а В – 0,245. Среди быков-производителей черно-пестрой породы статистического достоверного сдвига генетического равновесия ни по одному из 3 генотипов локуса гена каппа-казеина не обнаружено. Проведенные исследования по полиморфизму гена каппа-казеина у быков-производителей с учетом линейной принадлежности выявили, что только в линии Вис Бэк Айдиал имеется генотип ВВ, связанный с технологическими свойствами молока, в то время как у быков линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг он отсутствует. У быков-производителей всех линий преобладает генотип CSN3AA, наибольшая частота в линии Рефлекшн Соверинг – 0,625, а наименьшая в линии Вис Бэк Айдиал – 0,542. Различия в частотах встречаемости аллелей между линиями, по-видимому, связаны с особенностями происхождения быков-производителей

и направленностью селекционно-племенной работы с черно-пёстрым скотом.

Keywords: genotype, kappa-casein gene polymorphism, CSN3 gene, seed bulls, lines, Black Pied cattle breed.

The leading role in increasing dairy cow performance is played by seed bulls; 90-96% of the herd genetic progress depends on them. This is due to the fact that for this group of animals the genetic evaluation of the individuals used is reliably carried out and the worst and moderate animals in terms of breeding qualities are most intensively culled from reproduction. Therefore, when pure-breeding and choosing seed bulls for the herd, the information on the genotypes of milk protein alleles, in particular the kappa-casein gene (CSN3), should be taken into account. The experimental studies were carried out in the livestock breeding operation of the AO "Plempredpriyatiye Barnaulskoye". It has been found that the prevailing genotype in the Black Pied seed bulls is the CSNAA genotype; its frequency reaches 0.578; the alternative CSN3BB genotype is found in single animals. The allele A accounts for 0.756, and B - 0.245. Among the Black Pied seed bulls, no statistically significant shift in genetic equilibrium was found for any of the three genotypes of kappa-casein gene locus. The studies of the polymorphism of the kappa-casein gene in the seed bulls taking into account their line belonging have revealed that only in the Vis Back Ideal line there is a BB genotype associated with the processing properties of milk, while it lacks in the bulls of the Montwick Chieftain and Reflection Sovering lines. The genotype CSN3AA prevails in the seed bulls of all lines; the highest frequency occurs in the Reflection Sovering line - 0.625, and the lowest in the Vis Back Ideal line - 0.542. The differences in the allele frequencies between the lines, apparently, are associated with the peculiarities of the origin of the seed bulls and the direction of the selective breeding work with the Black Pied cattle.

Афанасьева Антонина Ивановна, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: antonina59-09@mail.ru.

Сарычев Владислав Андреевич, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: smy-asau@yandex.ru.

Плешаков Владимир Александрович, к.с.-х.н., руководитель, Ассоциация «АлтайМясПлем», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: plembull22@mail.ru.

Afanasyeva Antonina Ivanovna, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: antonina59-09@mail.ru.

Sarychev Vladislav Andreyevich, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: smy-asau@yandex.ru.

Pleshakov Vladimir Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Chairman, Association "AltayMyasPlem", Barnaul, Russian Federation, e-mail: plembull22@mail.ru.

Введение

Повышение генетического потенциала скота молочного направления продуктивности во многом обеспечивается использованием биопродукции, полученной от быков-производителей, обладающих ценным генетическим потенциалом, хорошим здоровьем и высоким уровнем метаболизма. Важное значение имеет при этом своевременная выбраковка животных, не отвечающих требованиям улучшателей. В мировой практике и, в последние десятилетия, в Российской Федерации с целью раннего выявления генетического потенциала быков-производителей используется генетическое тестирование животных, способствующее проведению целенаправленной селекционно-племенной работе со стадом в конкретных регионах страны.

Во многих странах для повышения молочной продуктивности коров проводится тестирование быков-производителей по генам, определяющим синтез молочных белков, качество и технологические свойства молока, к числу которых относится локус молочного белка – каппа-казеина (CSN3) [1, 2].

В связи с важностью гена каппа-казеина при выборе быков-производителей для чистопородного разведения животных необходимо учитывать сведения о генотипах аллелей молочных белков.

Таким образом, использование результатов генетического тестирования позволяет систематизировать отбор животных с желательным генотипом, повысить долю животных с высокой продуктивностью в последующих поколениях и обеспечивает повышение эффективности всей селекционной работы [3, 4].

Цель исследования – изучить аллельный полиморфизм гена каппа-казеина (CSN3) у быков-производителей черно-пестрой породы.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в производственных условиях АО Племпредприятие «Барнаульское» на быках-производителях черно-пестрой породы (n=45). Работа выполнена в соответствии с грантом, предоставленным управлением Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям (протокол президиума Совета по развитию биотехнологий при Губернаторе Алтайского края от 31.03.2021 № 05-Прот-11, тема: «Разработка способов повышения молочной продуктивности и воспроизводительной способности крупного рогатого скота с использованием биотехнологических методов генетического мониторинга и природных биостимуляторов»).

Генетические исследования проведены в лаборатории биотехнологии Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук.

С использованием комбинированного щелочного метода выделяли ДНК из крови животных. Определение полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) осуществляли методами ПЦР ПДРФ анализа с заключительной детекцией продуктов амплификации и рестрикции в горизонтальном геле-электрофорезе [5].

Частоту встречаемости генотипов и отдельных аллелей и ошибку определяли по формуле:

$$N = \frac{n}{p},$$

где N – общее число особей;

p – частота определённого генотипа;

n – количество особей с определённым генотипом.

Частоту определяли по формулам:

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

где P_A – частота аллеля А;

q_B – частота аллеля В;

N – общее число аллелей.

Стандартная ошибка средней величины оценок представляет собой корень квадратный из дисперсии. Дисперсию частоты аллеля определяют по формуле:

$$V(q) = \frac{q(1-q)}{2N}$$

Расчёт ожидаемой частоты генотипов в исследуемой популяции проводили согласно закону Харди-Вайнберга, статистическую обработку – с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

Результаты исследования

Одним из наиболее широко используемых в селекционной работе методов является тестирование биоматериала по локусу гена каппа-казеина (CSN3), что связано с его особым положением среди остальных казеиновых фракций. Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что генотипирование крупного рогатого скота по основным генам, контролирующим синтез белков молока и использование этих результатов при проведении селекционно-племенной работы, приводит к значительному повышению количественных и качественных показателей молочной продуктивности коров [7].

Ген CSN3 у крупного рогатого скота располагается в 6-й хромосоме и состоит из 5 экзонов. Точечные мутации в экзоне IV гена CSN3 определяют два аллельных варианта – А и В [8]. Варианты А и В отличаются аминокислотами 136 и 148. В положении 136 треонин заменяется изолейцином, а в положении 148 аспарагиновая кислота заменяется аланином для А и В соответственно. В фенотипе у гетерозиготы проявляются оба аллеля, то есть наблюдается кодоминантный тип наследования признака. Наиболее распространены в породах аллели А и В. Причем лучшие технологические свойства молока (консистенция казеинового сгустка, время

сычужного свертывания), меньшие его затраты на производство сыра и творога, а также более высокое качество этих продуктов отмечают у коров с генотипом ВВ [8-12]. Генотип CSN3 AA характеризуется высокой удойностью и термостойкостью, при этом гетерозиготный АВ является промежуточным [13, 14].

В связи с этим нами была проведена оценка современного состояния племенных ресурсов быков-производителей черно-пестрой породы, используемых в производственных условиях АО «Племпредприятие «Барнаульское» по гену каппа-казеина (табл. 1).

Установлено, что преобладающим генотипом у быков-производителей черно-пестрой породы является генотип CSN3^{AA}, частота которого достигает 0,578, тогда как альтернативный генотип CSN3^{BB} встречается у единичных животных. Соответственно, на долю аллеля А приходится 0,756, а В – 0,245.

Анализ генетического равновесия генотипов локуса гена каппа-казеина у быков-производителей черно-пестрой породы АО «Племпредприятие «Барнаульское» позволил установить отсутствие статистически значимых сдвигов.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследований Е.С. Усенбекова [14] и В.С. Матюкова [15], которые установили, что у быков-производителей черно-пестрой и голштинской пород частота аллеля В составляет от 0,054 до 0,204, а аллеля А – 0,62. Генотип каппа-казеина ВВ у быков голштинской породы вообще не обнаружен.

Сходные данные получены и зарубежными исследователями. Показано, что аллель А часто присутствует среди различных популяций молочного скота, частота встречаемости составляла от 0,62 до 0,86, а аллеля В – от 0,14 до 0,38 [13, 16, 17]. В России наблюдается значительное снижение доли генотипов с аллелем В у большинства пород молочного направления продуктивности [8-12].

Таблица 1

Генотипы быков-производителей черно-пестрой породы по гену каппа-казеина (CSN3)

Хозяйство	Частота генотипов			Частота аллелей		χ ²
	AA	AB	BB	A	B	
АО «Племпредприятие «Барнаульское»	0,578±0,0027	0,356±0,0025	0,07±0,0007	0,756±0,0020	0,245±0,0021	0,0631

Таблица 2

Полиморфизм гена каппа-казеина (CSN3) у быков-производителей с учетом линейной принадлежности

Линия	n	Частота генотипов			Частота аллелей		χ ²
		AA	AB	BB	A	B	
Вис Бэк Айдиал1013415	24	0,542 ±0,0047	0,334 ± 0,0042	0,125 ±0,0021	0,695 ±0,0040	0,304 ±0,0041	0,733
Монтвик Чифтейн 95679	5	0,60 ±0,024	0,40 ±0,024	-	0,75 ±0,0187	0,25 ±0,0187	0,667
Рефлекшн Соверинг198998	16	0,625 ±0,0073	0,375 ±0,0077	-	0,875 ±0,0034	0,125 ±0,0034	0,163

Проведенные исследования по полиморфизму гена каппа-казеина у быков-производителей с учетом линейной принадлежности выявили, что только в линии Вис Бэк Айдиал имеется гомозиготный генотип BB, связанный с технологическими свойствами молока, в то время как у быков линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг он отсутствует (табл. 2). Следует отметить, что у быков-производителей всех линий преобладает генотип CSN3^{AA}, наибольший в линии Рефлекшн Соверинг – 0,625, а наименьшая в линии Вис Бэк Айдиал – 0,542. Различия в частотах встречаемости аллелей между линиями, по-видимому, связаны с особенностями в методах селекционно-племенной работы, проводимой в хозяйствах.

Полученные нами данные согласуются с результатами целого ряда отечественных учёных и зарубежных исследователей [19, 20], которые указывают на то, что концентрация ценного В-аллеля каппа-казеина, определяющего сыропригодность молока, в отечественных стадах чёрно-пёстрого скота очень низкая. Генетическое тестирование быков-производителей, выявление и использование животных с генотипом CSN3^{BB} в селекции, может поддержать распространение В-аллеля в маточном поголовье, сохранить генетическое разнообразие, а также улучшить качественные показатели молока, в том числе и сыропригодность.

Выводы

Анализ генетического равновесия 3 генотипов локуса гена каппа-казеина у быков-производителей черно-пестрой породы АО «Племпредприятие «Барнаульское» позволил

установить отсутствие статистически значимых сдвигов.

У быков-производителей черно-пестрой породы всех линий преобладает генотип CSN3^{AA}. Только в линии Вис Бэк Айдиал установлен гомозиготный генотип BB, связанный с технологическими свойствами молока, у быков линий Монтвик Чифтейн и Рефлекшн Соверинг он отсутствует.

Библиографический список

1. Калашникова, Л. А. Селекция XXI-века: использование ДНК-технологий / Л. А. Калашникова, И. М. Дунин, В. И. Глазко. – Москва: ВНИИплем, 2001. – С. 3-4. – Текст: непосредственный.
2. Самусенко, Л. Д. Генотип коров – основа качества молока / Л. Д. Самусенко, С. Н. Химичева. – Текст: непосредственный // Молоко и молочные продукты. Производство и реализация. – 2012. – № 2. – С. 17-19.
3. Afanasyeva, A., Sarychev, V., Goncharenko, G. (2019). Phenotypic effects of polymorphism of the calpastatin gene (CAST), associated with growth and development indicators, in West Siberian mutton breed. Doi: 10.2991/ispc-19.2019.26.
4. Иммуно и генетические особенности западно-сибирской мясной породы овец Алтая / А. И. Афанасьева, В. А. Сарычев, Г. М. Гончаренко [и др.]. – Текст: непосредственный // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: материалы Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 3-5.
5. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / Л. А. Калашникова, Я. А. Хабихрахманова, И. Ю. Павлова [и др.]. – Лесные

Поляны, 2015. – 33 с. – Текст: непосредственный.

6. Denicourt, D., Sabour, M.P. and McAllister, A.J. (1990). Detection of bovine k-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method. *Animal Genetics*. 21: 215-216. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1990.tb03228.x>

7. Афанасьев, М. П. Генетическая структура, белковый состав и технологические свойства молока холмогорской, венгерской голштинофризской пород скота и их помесей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Афанасьев Михаил Павлович. – Казань, 1996. – 24 с. – Текст: непосредственный.

8. Бурый скот России / И. М. Дунин, С. Н. Харитонов, А. Н. Ермилов [и др.]. – Москва: ВНИИплем, 1998. – 101 с. – Текст: непосредственный.

9. Зиновьева, Н. А. Применение ДНК-диагностики для анализа генов-кандидатов локусов количественных признаков сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь, Д. А. Фролкин. – Текст: непосредственный // Животноводство XXI век: научные труды ВИЖа. – Дубровицы, Московская обл., 2001. – Вып. 61. – С. 218-224.

10. Стрекозов, Н. И. Интенсификация молочного скотоводства России / Н. И. Стрекозов, В. К. Чернушенко, В. И. Цысь. – Смоленск, 1997. – 240 с. – Текст: непосредственный.

11. Neamt, R.I., Saplacan, G., Acantical, S., et al. (2017). The influence of CSN3 and LGB polymorphism on milk production and chemical composition in Romanian Simmental cattle. *Acta Biochim. Pol.* 64 (3): 493-497. DOI: 10.18388/abp.2016_1454.

12. Curi, R.A., Oliveira, H.N.D., Gimenes, M.A., Silveira, A.C., Lopes, C.R. (2005). Effects of CSN3 and LGB gene polymorphisms on production traits in beef cattle. *Gen. Mol. Biol.* 28: 262-266.

13. Hamza, A., Wang, X., Yang, Z., et al. (2010). Kappa Casein Gene Polymorphism in Holstein Chinese Cattle. *Pakistan Veterinary Journal*. 30: 203-206.

14. Матюков, В. С. Внутрипопуляционная дифференциация чистопородного холмогорского скота по генным частотам локуса каппа-казеина / В. С. Матюков. – Текст: непосредственный // Цитология и генетика. – 2004. – Т. 38, № 2. – С. 46-50.

15. Усенбеков, Е. С. Генотипирование крупного рогатого скота по локусам каппа-казеина, бе-

та-лактоглобулина и мутации *Vlad*: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Усенбеков Есенгали Серикович. – Санкт-Петербург, 1995. – 16 с. – Текст: непосредственный.

16. Pinder, S.J., Perry B.N., Skidmore C.J., Savva D. (1991). Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of the polymerase chain reaction. *Animal Genetics*. 22: 11-20.

17. Sabour M.P., Lin C.Y., Lee A.J., McAllister A.J. (1996). Association between milk protein genetic variants and genetic values of Canadian Holstein bulls for milk yield traits. *J. Dairy Sci.* 79 (6): 1050-6. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76458-5.

18. Полиморфизм гена каппа-казеина симментальских животных отечественной и австрийской селекции / А. А. Немцов, Н. А. Зиновьева, И. Ф. Юмагузин [и др.]. – Текст: электронный // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimorfizm-gena-kappakazeina-simmentalskih-zhivotnyh-otechestvennoy-i-avstriyskoj-seleksii> (дата обращения: 04.06.2021).

19. Овсянникова, Г. В. Полиморфизм гена каппа-казеина и его связь с технологическими свойствами молока у красно-пестрого скота / Г. В. Овсянникова, Е. Ю. Бородина // Студенческий научный форум – 2016. VIII Международная студенческая электронная научная конференция, электронное издание. – 2016. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862> (дата обращения: 04.06.2021).

20. Alipanah, M., Kalashnikova, L., Rodionov, G. (2005). Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds Black and Red Pied cattle. *Iran J. Biotechnol.* 3: 191-194.

References

1. Kalashnikova L.A. Seleksiia KhKhl veka: ispolzovanie DNK-tehnologii / L.A. Kalashnikova, I.M. Dunin, V.I. Glazko. – Moskva: VNIIPlem, 2001. – S. 3-4.

2. Samusenko L.D Genotip korov – osnova kachestva moloka / L.D. Samusenko, S.N. Khimicheva // Moloko i molochnye produkty. Proizvodstvo i realizatsiia. – 2012. – No. 2. – S. 17-19.

3. Afanasyeva, A., Sarychev, V., Goncharenko, G. (2019). Phenotypic effects of polymorphism of the calpastatin gene (CAST), associated with

growth and development indicators, in West Siberian mutton breed. Doi: 10.2991/isp-19.2019.26.

4. Afanaseva A.I. Immuno i geneticheskie osobennosti zapadno-sibirskoi miasnoi porody ovets Altaia / A.I. Afanaseva, V.A. Sarychev, G.M. Goncharenko, N.B. Grishina, T.S. Khoroshilova, I.V. Romanchuk // Kormoproizvodstvo, produktivnost, dolgoletie i blagopoluchie zivotnykh. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – 2018. – S. 3-5.

5. Kalashnikova L.A. Rekomendatsii po genomnoi otsenke krupnogo rogatogo skota / L.A. Kalashnikova, Ia.A. Khabibrakhmanova, I.Iu. Pavlova, T.B. Ganchenkova, M.I. Dunin, I.E. Pridanova. – Lesnye poliany, 2015. – 33 s.

6. Denicourt, D., Sabour, M.P. and McAllister, A.J. (1990). Detection of bovine k-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method. *Animal Genetics*. 21: 215-216. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1990.tb03228.x>

7. Afanasev M.P. Geneticheskaya struktura, belkovyi sostav i tekhnologicheskie svoystva moloka kholmogorskoi, vengerskoi golshtino-frizskoi porod skota i ikh pomesei: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Kazan, 1996. – 24 s.

8. Dunin I.M. Buryi skot Rossii / I.M. Dunin, S.N. Kharitonov, A.N. Ermilov, A.T. Speranskii, A.A. Kondrashev. – Moskva: VNIIPlem, 1998. – 101 s.

9. Zinoveva N.A., Primenenie DNK-diagnostiki dlia analiza genov-kandidatov lokusov kolichestvennykh priznakov selskokhoziaistvennykh zivotnykh / N.A. Zinoveva, E.A. Gladyr, D.A. Frolkin // Zhivotnovodstvo XXI vek /Nauch. tr. VIZha. – Vyp. 61. – Dubrovitsy, Moskovskaia obl., 2001. – S. 218-224.

10. Strekozov N.I. Intensifikatsiia molochnogo skotovodstva Rossii / N.I. Strekozov, V.K. Chernushenko, V.I. Tsys. – Smolensk, 1997. – 240 s.

11. Neamt, R.I., Saplacan, G., Acanticali, S., et al. (2017). The influence of CSN3 and LGB polymorphism on milk production and chemical composition in Romanian Simmental cattle. *Acta Biochim. Pol.* 64 (3): 493-497. DOI: 10.18388/abp.2016_1454.

12. Curi, R.A., Oliveira, H.N.D., Gimenes, M.A., Silveira, A.C., Lopes, C.R. (2005). Effects of CSN3

and LGB gene polymorphisms on production traits in beef cattle. *Gen. Mol. Biol.* 28: 262-266.

13. Hamza, A., Wang, X., Yang, Z., et al. (2010). Kappa Casein Gene Polymorphism in Holstein Chinese Cattle. *Pakistan Veterinary Journal*. 30: 203-206.

14. Matiukov, V.S. Vnutripopuliatsionnaya differentsiatsiia chistoporodnogo kholmogorskogo skota po gennym chastotam lokusa kappa-kazeina / V.S. Matiukov // Tsitologiya i genetika. – 2004. – T. 38. – No. 2. – S. 46-50.

15. Usenbekov, E.S. Genotipirovanie krupnogo rogatogo skota po lokusam kappa-kazeina, betalaktoglobulina i mutatsii Blad: avtoref. dis. kand. nauk: / Usenbekov E.S. – Sankt-Peterburg, 1995. – 16 s.

16. Pinder, S.J., Perry B.N., Skidmore C.J., Savva D. (1991). Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of the polymerase chain reaction. *Animal Genetics*. 22: 11-20.

17. Sabour M.P., Lin C.Y., Lee A.J., McAllister A.J. (1996). Association between milk protein genetic variants and genetic values of Canadian Holstein bulls for milk yield traits. *J. Dairy Sci.* 79 (6): 1050-6. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76458-5.

18. Nemtsov A.A. Polimorfizm gena kappa-kazeina simmentalskikh zivotnykh otechestvennoi i avstriiskoi selektsii / A.A. Nemtsov, N.A. Zinoveva, I.F. Iumaguzin, V.P. Goriaminskii, N.Sh. Garipova // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. – 2007. – No. 2.

19. Ovsianikova G.V. Polimorfizm gena kappa-kazeina i ego sviaz s tekhnologicheskimi svoystvami moloka u krasno-pestrogo skota / G.V. Ovsianikova, E.Iu. Borodina // Studencheskii nauchnyi forum – 2016. VIII Mezhdunarodnaia studencheskaia elektronnaia nauchnaia konferentsiia, elektronnoe izdanie. – 2016. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862> (data obrashcheniia: 04.06.2021).

20. Alipanah, M., Kalashnikova, L., Rodionov, G. (2005). Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds Black and Red Pied cattle. *Iran J. Biotechnol.* 3: 191-194.

