

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ КАЛЬПАСТАТИНА И СОМАТОТРОПИНА У ОВЕЦ КАЛМЫЦКОЙ КУРДЮЧНОЙ ПОРОДЫ И ПОМЕСЕЙ ($\frac{1}{2}$ КАЛМЫЦКАЯ КУРДЮЧНАЯ + $\frac{1}{2}$ ДОРПЕР)

Погодаев Владимир Аникеевич¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

Кононова Лидия Валентиновна¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник

Адучиев Батор Канурович², кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

¹ ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

546241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49,

тел.: 8(8652)71-57-32, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru

² ФГБНУ «Калмыцкий НИИСХ им. М.Б. Нармаева»

Ключевые слова: овцы, полиморфизм, генотипирование, аллели, генотипы, кальпастатин, соматотропин.

В статье представлены исследования полиморфизма генов CAST и GH, определяющих особенности проявления продуктивно-биологических характеристик овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая + $\frac{1}{2}$ дорпер. Биологическим материалом для изучения полиморфизма генов CAST и GH являлась кровь 10 голов помесного молодняка овец ($\frac{1}{2}$ калмыцкая + $\frac{1}{2}$ дорпер), принадлежащих ООО «Агрофирма «Адучи» Целинного района Калмыцкой Республики. Генотипирование проводилось в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2019 году. ДНК из цельной крови молодняка овец была выделена с использованием наборов реагентов Diatom™ DNA Prep 200 (IsoGeneLab, Россия) согласно инструкции, предоставленной фирмой-производителем. Полиморфизм гена кальпастатина представлен аллелями M и N, частота которых составила 0,65 и 0,35; генотипов MM, MN – 30 и 70% соответственно. Желательный генотип NN не выявлен. При этом прослеживается почти одинаковая частота встречаемости желательного аллеля N (0,35) гена кальпастатина и B (0,40) гормона роста. Соответственно равномерным было и распределение частот встречаемости аллелей M (0,65) и A (0,60). Частота встречаемости гетерозиготных генотипов по гену CAST составила 0,7. В то время по гену GH наблюдается следующее распределение частот генотипов. Частота встречаемости гомозиготного AA и гетерозиготного AB генотипов была равна и составила 0,4, при этом частота встречаемости желательного гомозиготного BB генотипа составила 0,2. Оценка генетической структуры исследуемого поголовья показала, что среди исследованных животных наиболее часто встречаются овцы с комплексным генотипом CAST^{MM}GH^{AB} (40%). На долю генотипов CAST^{MM}GH^{AA} и CAST^{MM}GH^{AA} приходится по 22,2%. По 10% приходится на генотипы CAST^{MM}GH^{BB} и CAST^{MN}GH^{BB}.

Введение

Одним из приоритетных направлений в овцеводстве, способствующих интенсификации отрасли, является внедрение современных методов генной диагностики (определение и выявление генов-маркеров хозяйственно-полезных признаков) [1-4].

Исследования полиморфизма потенциальных генов-маркеров биологических и продуктивных качеств овец сегодня очень актуальны и своевременны. В последнее время интерес ученых сосредоточен на генах или генных семействах, функции которых вносят значительный вклад в улучшение скорости роста, например, развитие мышц (миогенез) и метаболизм жировой ткани. Привлекательной оказалась группа генов, кодирующих факторы роста, их рецепторы, транспортные и регуляторные белки, то есть те, которые оказывают значительное воздействие на улучшение состава туши, каче-

ство мяса и эффективность производства баранины. К ним относятся одни из перспективных генов-кандидатов мясной продуктивности овец: ген кальпастатина (CAST) и ген гормона роста (GH) [5-7].

Кальпастатин кодирует полипептид, основной функцией которого является ингибирование кальпаинов в тканях млекопитающих, обуславливающий в свою очередь нежность мяса при созревании после убоя. Ген CAST у овец локализован на 5-ой хромосоме и имеет общий размер 89553 пар нуклеотидов. CAST рассматривают как маркер производительности по набору веса и качества мяса [8-9].

Гормон роста (соматотропин) координирует и регулирует скорость протекания обменных процессов, усиливает биосинтез белка, ДНК, РНК и гликогена и способствует мобилизации жиров из депо и распаду высших жирных кислот и глюкозы в тканях. Гормон роста имеет

Таблица 1
Последовательность олигонуклеотидных праймеров

Ген	Праймер	Длина фрагмента, п.н.
CAST	F: 5r-TGGGGCCCAATGACGCCATCGATG-3r R: 5r-GGTGGAGCAGCACTTCTGATCACC-3r.	622
GH	F: 5' -GGAGGCAGGAAGGGATGAA- 3' R: 5' -CCAAGGGAGGGAGAGACAGA- 3'	934

большое значение для регулирования ростовых процессов, клеточной пролиферации и дифференцировки. Так, суперэкспрессия гена соматотропина приводит к ускоренному росту и развитию организма животного, что дает основание рассматривать ген соматотропина в качестве маркера мясной продуктивности [10-13].

Цель работы – дать характеристику помесных овец (½ калмыцкая + ½ дорпер) на наличие полиморфных вариантов ДНК-маркеров по генам CAST и GH, а также определить частоту встречаемости аллелей и разных генотипов в исследуемой выборке.

Новизна проведенной работы заключается в том, что исследования полиморфизма генов CAST и GH, определяющих особенности проявления продуктивно-биологических характеристик овец с кровностью ½ калмыцкая + ½ дорпер, ранее не проводились.

Объекты и методы исследований

Биологическим материалом для изучения полиморфизма генов CAST и GH являлась кровь 10 голов помесного молодняка овец (½ калмыцкая + ½ дорпер), принадлежащих ООО «Агрофирма «Адучи» Целинного района Калмыцкой Республики. Генотипирование проводилось в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра.

ДНК из цельной крови молодняка овец была выделена с использованием наборов реагентов Diatom™ DNA Prep 200 (IsoGeneLab, Россия) согласно инструкции, предоставленной фирмой-производителем.

Генетический анализ проведен методом полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длины рестриционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ). Амплификация генов CAST и GH проведена на наборах «GenPak^R PCR Core» на четырёхканальном программируемом термостате «Терцик».

Последовательность праймеров для амплификации и условия проведения ПЦР представлены в таблицах 1 и 2.

Для рестрикции амплифицированных участков генов кальпастина и соматотропина были использованы эндонуклеазы MspI и HaeIII в соответствии с рекомендациями фирмы-производителя (ООО «СибЭнзим») (табл. 3).

Результаты исследований

ДНК-диагностикой с использованием ПЦР-ПДРФ выявлено наличие полиморфизма в локусах гена кальпастина и соматотропина у помесного молодняка овец (½ калмыцкая + ½ дорпер). Полиморфизм гена CAST представлен двумя аллелями: M и N, гена GH – аллелями A и B (табл. 4).

При этом прослеживается почти одинаковая частота встречаемости желательных аллелей N (0,35) гена кальпастина и B (0,40) гормона роста. Соответственно равномерным было и распределение частот встречаемости аллелей M (0,65) и A (0,60).

Однако при этом выявлены существенные различия в частоте распределения встречаемости гомозиготных и гетерозиготных генотипов в генах кальпастина и соматотропина. Так, по гену кальпастина частота встречаемости гомозиготного генотипа MM составила 0,3, а особей с желательным генотипом NN – не выявлено. Частота встречаемости гетерозиготных генотипов по гену CAST составила 0,7. В то же время по гену GH наблюдается следующее распределение частот генотипов. Частота встречаемости гомозиготного AA и гетерозиготного AB генотипов была равна и составила 0,4, при этом частота встречаемости желательного гомозиготного BB генотипа составила 0,2.

Таблица 2

Условия проведения ПЦР

Ген	Кальпастин (CAST)			Соматотропин (GH)			
	Этап	t, °C	Время	Кол-во циклов	t, °C	Время	Кол-во циклов
Предварительная денатурация		95	4 минуты		95	5 минут	1
Циклирование		94	45 секунд	35	95	45 секунд	33
		62	45 секунд		60	45 секунд	
		72	45 секунд		72	45 секунд	
Заключительный синтез		72	7 минут	1	72	10 минут	1

Для более глубокого анализа нами был проведён генетико-статистический анализ полученных результатов, численные значения которых приведены в таблице 5 [14-15].

Расчёт наблюдаемой (observed) гетерозиготности (Hobs) составил 0,70 по локусу CAST и 0,40 – по GH. В связи с тем, что ожидаемая (expected) гетерозиготность (Hex) менее чувствительна к размеру выборки и чаще используется при описании генетического разнообразия, был рассчитан и этот показатель. Ожидаемая гетерозиготность по локусам генов кальпастина и соматотропина получилась примерно одинаковой и составила 0,54 и 0,52 соответственно.

Наиболее высокий показатель уровня полиморфности Na (показатель числа эффективных аллелей) выявлен по локусу GH (1,92), по локусу CAST он составил 1,83. Аналогичная картина наблюдается по коэффициенту V (характеризует возможную степень реализации генетической изменчивости), более высокие показатели получены по локусу GH – 53%, против 51% – по локусу CAST.

Тест гетерозиготности показал фактическое преимущество количества гетерозигот по локусу гена CAST (+0,16 Ф>Т) и недостаток гетерозигот по локусу гена GH (–0,12 Ф<Т). Полученные результаты подтверждают и рассчитанный коэффициент эксцесса (F_{is}). Он показывает нехватку или избыток фактически наблюдаемой гетерозиготности в сравнении с теоретической. Индекс фиксации был наименьшим в локусе гена соматотропина (–0,23) и наибольшим - в локусе гена кальпаина (0,29).

Мера или величина информационного полиморфизма (polymorphism information content – PIC), как известно, в основном зависит от числа установленных (обнаруженных) аллелей и распределения их частот и эквивалентна генному разнообразию. Расчет значения PIC для генетических маркеров мясности, таких, как CAST (0,45) и GH (0,48) показал примерно равное их селекционное значение.

Из 9 теоретически возможных комплексных генотипов у исследуемых животных выявлено 5 (табл.6). Оценка генетической структуры исследуемого поголовья показала, что среди исследованных животных наиболее часто встречаются овцы с комплексным генотипом CAST^{MM}

GH^{AB} (4 головы или 40 %). На долю генотипов CAST^{MM} GH^{AA} и CAST^{MN} GH^{AA} приходится по 2 головы (или по 22,2%). По 1 голове или по 10% приходится на генотипы CAST^{MM} GH^{BB} и CAST^{MN} GH^{BB}. Животные с желательным генотипом CAST^{NN} GH^{BB} и с генотипами CAST^{NN} GH^{AB}, CAST^{NN} GH^{AA}, CAST^{MM} GH^{AB} в исследуемой выборке не установлены.

Таким образом, выявленная тенденция равномерного распределения аллелей в генах кальпастина и соматотропина не способствовала равномерному распределению генотипов. Так,

Таблица 3
Характеристика фрагментов аллельных вариантов генов кальпастина и гормона роста (соматотропин)

Ген	Эндонуклеаза рестрикции	Генотипы	Длина фрагментов рестрикции (п.н.)
CAST	MspI	MM	336, 286
		NN	622
		MN	622, 336, 286
GH	HaeIII	AA	277, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 8, 4
		BB	256, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 21, 8, 4
		AB	277, 256, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 21, 8, 4

Таблица 4
Результаты генотипирования помесного молодняка овец с кровностью (½ калмыцкая + ½ дорпер)

Ген	Частота встречаемости генотипов			Частота встречаемости аллелей	
	MM	NN	MN	M	N
Кальпастин (CAST)	0,3	–	0,7	0,65	0,35
Гормон роста (GH)	0,4	0,2	0,4	0,60	0,40

Таблица 5
Показатели генетической структуры исследуемых животных

Показатель	Кальпастин (CAST)	Гормон роста (GH)
Количество гомозигот (n)	3	6
Количество гетерозигот (n)	7	4
Наблюдаемая (observed) гетерозиготность (Hobs)	0,70	0,40
Ожидаемая (expected) гетерозиготность (Hex)	0,54	0,52
Индекс фиксации (F_{is})	0,296	–0,23
Степень гомозиготности (Ca), %	54,5	52,0
Уровень полиморфности (Na)	1,83	1,92
Степень генетической изменчивости (V), %	51,0	53,0
Тест гетерозиготности (ТГ)	+0,16 Ф>Т	–0,12 Ф<Т
Мера информационного полиморфизма (PIC)	0,45	0,48

Таблица 6

Распределение частоты встречаемости комплексных генотипов среди молодняка овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая + $\frac{1}{2}$ дорпер (n=10)

Комплексный генотип	Количество голов	Частота встречаемости, %
CAST ^{NN} GH ^{BB}	–	–
CAST ^{NN} GH ^{AB}	–	–
CAST ^{NN} GH ^{AA}	–	–
CAST ^{MM} GH ^{BB}	1	10
CAST ^{MM} GH ^{AB}	–	–
CAST ^{MM} GH ^{AA}	2	20
CAST ^{MN} GH ^{BB}	1	10
CAST ^{MN} GH ^{AB}	4	40
CAST ^{MN} GH ^{AA}	2	20

у исследованных животных по гену кальпастина отсутствовали животные желательного генотипа NN, количество гетерозиготных особей MN составило 70%, в то время, как по гормону роста количество желательных генотипов BB составило 20% и гетерозигот AB – 40%.

Выводы

Результаты исследований показали наличие полиморфизма генов кальпастина и соматотропина у молодняка овец с кровностью $\frac{1}{2}$ калмыцкая + $\frac{1}{2}$ дорпер. Полиморфизм гена кальпастина представлен аллелями M и N, частота которых составила 0,65 и 0,35; генотипов MM, MN – 30 и 70% соответственно. Желательный генотип NN не выявлен. По гену GH частота аллелей A и B составила – 0,60 и 0,40, генотипов AA, AB, BB – 40; 40 и 20% соответственно.

Генетико-статистическим анализом установлено примерно одинаковое селекционное значение маркеров мясности генов CAST (0,45) и GH (0,48), а проведенная оценка комплексных генотипов позволяет осуществлять более тонкий и точный анализ генетического потенциала животного.

Проведенная ДНК-диагностика по определению полиморфизма генов кальпастина и соматотропина может быть использована в конкретном хозяйстве для выявления генетически значимых животных. Полученный материал позволит пополнить теоретические данные о полиморфизме генов CAST и GH у овец.

Библиографический список

1. CAST / MspI gene polymorphism and its impact on growth traits of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the South European part of Russia / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, A.V. Randelin, V.N. Voronkova, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, S.Y. Bakoev, A.Y. Kolosov, L.V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. - 2016. - Т. 40, № 4. - С.399-405.

2. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Y. Kolosov // Small Ruminant Research. - 2017. - Т. 150. - С.11-14.

3. Информационное сопровождение селекционного процесса в овцеводстве: учебное пособие / Ю.А.Колосов, А.И.Бараников, В.Н.Василенко, Н.В.Михайлов; под общей редакцией Ю.А. Колосова. -Персиановский, 2012. - 55с.

4. Геномная селекция в овцеводстве / М.И. Селионова, Л.Н. Скорых, И.О. Фомина, Н.С. Сафонова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. - 2017. - Т. 1, № 10. - С.275-280.

5. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, Д.В. Коваленко, В.И. Трухачев. – Текст : электронный // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2016. - Т. 20, № 5. - С. 576-583. – URL: doi: 10.18699/VJ16.139.

6. Селионова М.И. Перспективы использования геномных технологий в селекции овец (Аналитический обзор) / М.И.Селионова, М.М.Айбазов, Т.В. Мамонтова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. - 2014. - Т. 3, № 7. - С. 107-112.

7. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I. Миостатин, кальпаин, кальпастин / В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов. - Текст : электронный // Сельскохозяйственная биология. - 2018. - Т. 53, № 6. - С. 1107-1119. - URL: doi:10.15389/agrobology.2018.6.1107rus.

8. Колосов, Ю.А. Полиморфизм гена CAST/ MspI у овец сальской породы / Ю.А. Колосов, Н.В. Широкова, Н.Ф. Бакоев // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. - 2015. - Т. 1, № 8. - С. 152-154.

9. Куликова, К.А. Полиморфизм гена кальпастина (CAST) у овец горного и степного внутрипородных типов тувинской короткожирнохвостой породы / К.А. Куликова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2018. - № 1 (45). - С. 84-89.

10. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Ю.А. Колосов, П.С. Кобыляцкий, Н.В. Широкова, Л.В. Гетманцева, Н.Ф. Бакоев // Дальневосточный аграрный вестник. - 2017. - № 2 (42). - С. 82-86.

11. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Н.В. Широкова, Ю.А. Колосов, Л.В. Гетманцева, П.С. Кобыляц-

кий // Научная жизнь. - 2017. - № 3. - С. 84-91.

12. Кононова, Л.В. Полиморфизм генетических маркеров CALP1 и GH у быков-производителей мясных пород / Л.В. Кононова, Г.Н. Шарко, Т.Н. Михайленко // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2018. - Т. 55, № 1. - С. 49-57.

13. Особенности полиморфизма генов гормона роста (GH), кальпаина (CAPN1) быков-производителей мясных пород / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, М.П. Дубовскова, Е.С. Суржикова, Л.В. Ко-

нонова, Г.Н. Шарко // Вестник мясного скотоводства. - 2017. - № 2 (98). - С. 65-72.

14. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г.Ф. Лакин. - М.: Высшая школа, 1990. - 352 с.

15. Биометрия: учебное пособие для вузов / П.С. Катмаков, В.П. Гавриленко, А.В. Бушов; под общей редакцией П.С. Катмакова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2019. - 177 с.

POLYMORPHISM OF CALPASTATINE GENES AND SOMATOTROPIN OF KALMYK FAT-TAILED BREED AND CROSSBREED (½ KALMYK ЗРАСТЕ FAT- BREED + ½ DORPER)

Pogodayev V. A.1, Kononova L. V.1, Aduchiyev B. K.2

1 FSBSI «North-Caucasian Fnc»

546241, Stavropol territory, c. Mikhaylovsk, st. Nikonova, h. 49,

tel.: 8(8652)71-57-32, e-mail:pogodaev_1954@mail.ru

2 FSBSI «Kalmyk Agricultural research institute named after M.B. Narmayev»

Key words: Sheep, polymorphism, genotyping, alleles, genotype, calpastatine, somatotropin.

In the article research of gene polymorphism CAST and GH is shown, specifying features of productive biological characteristics of sheep with the blood ½ kalmyk + ½ dorper. Biological material for the study of gene polymorphism CAST and GH was the blood of 10 units of mongrel young sheep (½ kalmyk + ½ dorper), belonging to LLC «Farm firm «Aduchi» of Tselin district in Kalmyk republic. Genotyping was conducted in laboratory of immune genetics and DNA-technologies All Russian research institute of sheep and goat breeding branch of FSBSI «North-Caucasian Fnc» in 2019. DNA of whole blood of young sheep was detached with the use of panel Diatom™ DNA Prep 200 (IsoGeneLab, Россия) as requested in instruction of given manufacturing company. Polymorphism of gene Calpastatine is shown by alleles M and N, frequency of which was 0,65 and 0,35; genotypes MM, MN – 30 and 70% appropriately. Positive genotype NN was not found. During it almost the same frequency of desirable allele N (0,35) calpastatine gene and B (0,40) growth hormone is followed. According to distribution of alleles M (0,65) and A (0,60) was uniform. Frequency of occurrence of heterozygous genotypes by gene CAST was 0,7. At that moment by gene GH the following frequency allocation of genotypes is seen. Degree of incidence of homozygous AA u heterozygous AB genotypes was equal and made 0,4, herewith degree of incidence of desired homozygous BB genotype was 0,2. Evaluation of genetic structure of studied stock showed, that among studied animals the most frequent are sheep with complex genotype CASTMN GHAB (40%). Portion of genotype CASTMM GHAA and CASTMN GHAA happens to 22,2%. To 10% happens to genotypes CASTMM GHBB and CASTMN GHBB.

Bibliography

- 1. CAST / Msp1 gene polymorphism and its impact on growth traits of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the South European part of Russia / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, A.V. Randelin, V.N. Voronkova, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, S.Y. Bakoev, A.Y. Kolosov, L.V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. - 2016. - T. 40, № 4. - С.399-405.*
- 2. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Y. Kolosov // Small Ruminant Research. - 2017. - T. 150. - С.11-14.*
- 3. Informational support of the breeding process in sheep: study guide / Yu. a. Kolosov, A. I. Barannikov, V. N. Vasilenko, N. I. Mikhailov; edited by Yu. a. Kolosov. –Persianovsky, 2012. - 55с.*
- 4. Genomic selection in sheep breeding / M. I. Selionova, L. N. Skorykh, I. O. Fominova, N. S. Safonova // Proceedings of the all-Russian research Institute of sheep and goat breeding. - 2017. - Vol. 1, No. 10. - P. 275-280.*
- 5. Genetic markers in sheep meat breeding / A.V. Deykin, M.I. Selionova, A.Yu. Krivoruchko, D.V. Kovalenko, V.I. Truhachev // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. - 2016; 20 (5):576-583. DOI 10.18699/VJ16.139*
- 6. Selionova, M. I. Perspective of use of genomic technologies in breeding sheep (Analytical review) / M. I. Selionova, M. Aibazov, T. V. Mamontova // Collection of scientific works of all-Russian scientific research Institute of sheep breeding and goat breeding. - 2014. - Vol. 3, No. 7. - P. 107-112.*
- 7. Genetic markers of sheep meat productivity (Ovis aries L.). Message I. Myostatin, calpain, calpastatin / V. I. Truhachev, M. I. Selionova, A. Y. Krivoruchko, A. M. M. Aibazov. - Text: electronic // Agricultural biology. - 2018. - Vol. 53, No. 6. - P. 1107-1119. Available from: doi:10.15389/agrobiol.2018.6.1107 rus.*
- 8. Kolosov, Yu. A. Polymorphism of CAST/Msp1 in sheep of salskaya breed / Y. A. Kolosov, N. I. Shirokova, N. F. Bakaev // Collection of scientific works of all-Russian scientific research Institute of sheep breeding and goat breeding. - 2015. - Vol. 1, No. 8. - P. 152-154.*
- 9. Kulikova, K. A. Polymorphism of calpastatin gene (CAST) in sheep of mountain and steppe intrabreed types of Tuvan short-tailed breed / K. A. Kulikova // Bulletin of the Bashkir state agrarian University. - 2018. - № 1 (45). - P. 84-89.*
- 10. Biotechnological methods of studying of polymorphism of growth hormone gene / Yu. A. Kolosov, P. S. Kobylecki, N. I. Shirokova, L. V. Getmantsev, N. F. Bakaev // Agrarian Bulletin of the far Eastern. - 2017. - No. 2 (42). P. 82-86.*
- 11. Biotechnological methods of studying of polymorphism of growth hormone gene / N.I. Shirokova, Yu. A. Kolosov, L. V. Getmanova, P. S. Kobylecki // Scientific life. - 2017. - No. 3. - P. 84-91.*
- 12. Kononova, L. V. Polymorphism of genetic markers CALP1 and GH in bulls-producers of meat breeds / L. V. Kononova, G. N. sharko, T. N. Mikhaylenko // "Proceedings of Gorsky State Agrarian University. - 2018. - Vol. 55, No. 1. - P. 49-57.*
- 13. Peculiarities of polymorphism in genes of growth hormone (GH), calpain (CAPN1) bulls of beef breeds / M. I. Selionova, L. N. Chizhov, M. P. Dubovskov, E. S. Surzhikova, L. V. Kononova, G. N. Charcot // Bulletin of beef cattle. - 2017. No. 2 (98). - P. 65-72.*