

Марина Владимировна Позовникова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, кандидат биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Тярлево

E-mail: pozovnikova@gmail.com

Виктория Борисовна Лейбова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, старший научный сотрудник отдела воспроизводства сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Тярлево

E-mail: leib1406@yandex.ru

Валентина Ивановна Тыщенко

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, кандидат биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Тярлево

E-mail: tinatvi@mail.ru

Артем Павлович Дысин

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, лаборант-исследователь лаборатории молекулярной генетики, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Тярлево

E-mail: artemdysin@mail.ru

Наталья Викторовна Дементьева

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, кандидат биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, Тярлево

E-mail: dementevan@mail.ru

СВЯЗЬ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОЗ ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОЛИМОРФНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНА IGF-I

Цель исследования – изучение полиморфизма SNPsg.5752G > C и A224G гена IGF-I коз зааненской породы и анализ ассоциаций их генотипов с уровнем молочной продуктивности, репродуктивными качествами и динамикой живой массы. Задачи исследования: провести генотипирование животных по SNPs g.5752G>C и A224G гена IGF-I ПЦР-ПДРФ методом; определить частоту встречаемости аллельных вариантов и генотипов в анализируемой выборке животных; изучить связь значимых ассоциаций аллельных вариантов с хозяйственно ценными признаками коз. Исследование проводили на базе ЗАО ПЗ «Приневское» (Ленинградская область). Для исследования было отобрано 47 коз зааненской породы, рожденных в январе 2018 г. Определение полиморфизма гена IGF-1 осуществляли методом ПЦР-ПДРФ. Для выявления связи полиморфных вариантов гена IGF-I с полезными хозяйственными признаками были собраны данные по молочной продуктивности коз в первую лактацию (удой за 100 и 200 дней лактации, коэффициент устойчивости лактации, процентное содержание жира и белка в молоке). Показатели репродукции представлены возрастом 1-го окота,

количеством козлят в помете, индексом осеменения во втором случном сезоне (периоде размножения), продолжительностью сервис-периода и интервалом между первым и вторым окотом. В изученной популяции коз отмечена высокая частота генотипа BB (0,872) и аллеля B (0,936) по SNPg.5752G > C. По SNPA224G гена IGF-I все животные были носителями генотипа GG. Поэтому поиск ассоциаций проводили только по SNP g.5752G > C гена IGF-I. Козы с генотипом BB отличались высокими показателями по удою ($P < 0,05$). Козы с генотипом AB были более скороспелые, о чем свидетельствовали сроки первого окота ($P < 0,05$). Выявлена положительная связь генотипа AB с процентным содержанием жира в молоке ($P < 0,05$). Полученные данные могут быть применены при отборе животных в рамках маркер-сопутствующей селекции.

Ключевые слова: молочные козы, козы зааненской породы, SNP, полиморфизм, ПЦР-ПДРФ метод, ген IGF-1.

Marina V. Pozovnikova

All-Russia Research Institute of Genetics and Farm Animals Breeding - Branch of Federal Research center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, senior staff scientist of the laboratory of molecular genetics, candidate of biological sciences, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo
E-mail: pozovnikova@gmail.com

Victoria B. Leybova

All-Russia Research Institute of Genetics and Farm Animals Breeding – Branch of Federal Research center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, senior staff scientist of the department of reproduction of farm animals, candidate of biological sciences, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo
E-mail:leib1406@yandex.ru

Valentina I. Tyshchenko

All-Russia Research Institute of Genetics and Farm Animals Breeding – Branch of Federal Research center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, senior staff scientist of the laboratory of molecular genetics, candidate of biological sciences, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo
E-mail: tinatvi@mail.ru

Artem P. Dysin

All-Russia Research Institute of Genetics and Farm Animals Breeding – Branch of Federal Research center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, laboratory researcher of the laboratory of molecular genetics, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo
E-mail: artemdysin@mail.ru

Natalya V. Dementyeva

All-Russia Research Institute of Genetics and Farm Animals Breeding – Branch of Federal Research center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, leading staff scientist of the laboratory of molecular genetics, candidate of biological sciences, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo
E-mail: dementevan@mail.ru

THE RELATIONS OF ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS OF THE SAANEN GOATS WITH DIFFERENT POLYMORPHIC VARIANTS OF THE IGF-I GENE

The aim of the research was to study the SNPsg.5752G> C and A224G polymorphism of the IGF-I gene of Saanen goats and to analyze the associations of their genotypes with the level of milk production, reproductive qualities, and dynamics of live weight. The research problems were to carry out genotyping of animals on SNPs g.5752G> C and A224G of the gene of IGF-I PCR-PDRF by the method; to determine the frequency of the occurrence of allelic options and genotypes in analyzed selection of animals; to study the relationship of significant associations of allelic options with economically valuable signs of the goats. The research was conducted on the basis of JSC PZ 'Prinevskoe' (Leningrad Region). For the research 47 Saanen breed goats born in January, 2018 were selected. The determination of polymorphism of the gene of IGF-1 was carried out by PCR-PDRF method. For the identification of the connection of polymorphic

options of the gene of *IGF-I* with useful and economic signs data on dairy efficiency of goats in the first lactation were collected (the yield of milk in 100 and 200 days of lactation, the coefficient of stability of lactation, the percentage of fat and protein in milk). Reproduction indicators are represented by the age of the 1st lambing, the number of kids in the litter, the insemination index in the second breeding season (breeding season), the duration of the service period and the interval between the first and second lambing. In the studied population of the goats, high frequency of the BB genotype (0.872) and the B allele (0.936) according to SNP g.5752G > C was noted. According to SNP A224G of the *IGF-I* gene, all the animals were the carriers of the GG genotype. Therefore, the search for the associations was performed only for SNP g.5752G > C of the *IGF-I* gene. The goats with the BB genotype were distinguished by high milk yield ($P < 0.05$). The goats with the AB genotype were more early maturing, as evidenced by the timing of the first lambing ($P < 0.05$). Positive relationship between the AB genotype and the percentage of fat in milk was revealed ($P < 0.05$). The data obtained can be applied to the selection of animals in the framework of marker-accompanying selection.

Keywords: dairy goats, Saanen breed goats, SNP, polymorphism, PCR-PDRF-method, *IGF-I* gene.

Введение. Зааненская порода коз относится к высокопродуктивной молочной породе и в России наиболее распространена. Генетическое разнообразие и структура российской популяции зааненской породы подтверждают ее уникальность [1].

Полипептидный гормон *IGF-I* является основным медиатором пренатального и постнатального роста [2]. Он имеет низкую тканевую специфичность и в ответ на стимуляцию гормоном роста ведет себя как эндокринный, паракринный и аутокринный гормон в периферических тканях [3]. Из-за значимой роли гена *IGF-I* в пренатальном и постнатальном периоде он рассматривается как ген-кандидат, связанный с формированием основных хозяйственно ценных признаков у мелкого рогатого скота, таких как рост и развитие [4], молочная продуктивность и репродуктивные качества [5].

Ген *IGF-I* у коз находится на пятой хромосоме и включает шесть экзонов и пять интронов [6]. Анализ литературных данных показал, что в гене *IGF-I* были идентифицированы значимые SNPs g.5752G > C (район 4-го экзона и частично 4-го интрона) и A224G (5' некодирующая область гена) [7, 8], ассоциированные с хозяйственно ценными признаками коз. Другими авторами также было показано значимое влияние полиморфных вариантов гена *IGF-I* на рост и развитие таких пород, как Курдская [9], аборигенные египетские и индийские породы коз [10, 11].

Цель исследования: анализ полиморфизма SNPs g.5752G > C и A224G гена *IGF-I* и анализ ассоциаций генотипов с уровнем молочной про-

дуктивности, репродуктивными качествами и динамикой живой массы коз зааненской породы.

Задачи исследования: провести генотипирование животных по SNPs g.5752G > C и A224G гена *IGF-I* ПЦР-ПДРФ методом; определить частоту встречаемости аллельных вариантов и генотипов в анализируемой выборке животных; изучить связь значимых ассоциаций аллельных вариантов с хозяйственно ценными признаками коз.

Материалы и методы исследования. Исследование проводили на базе ЗАО ПЗ «Приневское» (Ленинградская область). Для исследования было отобрано 47 коз зааненской породы, рожденных в январе 2018 года.

Определение полиморфизма гена *IGF-I* осуществляли методом ПЦР-ПДРФ (табл. 1).

Данные по продуктивным и репродуктивным показателям были взяты из базы данных зоотехнического учета племпредприятия. Учитывали данные по удою за 100 и 200 дней первой лактации, процентное содержание жира и процентное содержание белка в молоке, коэффициент устойчивости лактации, возраст 1-го окота, количество козлят в помете, продолжительность сервис-периода, интервал между окотами, индекс осеменения после 1-й лактации. Взвешивание животных проводилось ежемесячно. Учитывалась живая масса коз от рождения до достижения возраста 9 месяцев (до начала периода размножения). На момент исследования все козы содержались в одинаковых условиях кормления и содержания.

**Условия проведения ПЦР-ПДРФ
для определения полиморфизма по гену *IGF-I***

SNP	Праймеры	Амплификат п.н.	Рестриктаза	Генотип (длина фрагментов рестрикции)	Ссылка на источник
g.5752G>C	F - CACAGCGTATTATCCCAC R - GACACTATGAGCCAGAAG	363 п.н.	<i>Hae III</i>	AA 363 п.н. AB 363, 264 и 99 п.н. BB 264 и 99 п.н.	[7]
A224G	F -TGAGGGGAGCCAATTACAAAGC R -CCGGGCATGAAGACACACAT	294 п.н.	<i>BstC8I</i>	AA 268 и 26 п.н. AG 268, 196, 72 и 26 п.н. GG 196, 72 и 26 п.н.	[8]

Статистический анализ был выполнен с использованием программ AtteStat и Microsoft Office Excel 2010. Оценивали встречаемость аллелей и генотипов, а также значение χ^2 для проверки генетического равновесия в изучаемой выборке коз. Анализ достоверности средних значений проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA).

Результаты исследования и их обсуждения. Амплифицированные продукты ПЦР SNPs g.5752G > C (363 п.н.) и A224G (294 п.н.) гена *IGF-I* обрабатывали рестриктазами *Hae III* и *BstC8I* соответственно и визуализировали на 2 % агарозном геле. На рисунке 1 показаны результаты анализа ПЦР-ПДРФ по SNP g.5752G > C. Иден-

тифицировано только два генотипа – BB с частотой 0,872 и генотип AB с частотой 0,128. Встречаемость аллелей A и B по SNP g.5752G > C гена *IGF-I* составила 0,064 и 0,936 соответственно. Хотя аллель A был определен как редкий и животных с генотипом AA обнаружено не было, не наблюдался сдвиг генетического равновесия в анализируемой популяции по SNP g.5752G > C гена *IGF-I* ($\chi^2=0,211$).

По SNP A224G гена *IGF-I* изучаемая выборка коз была мономорфна по аллелю G и все животные имели генотип GG (рис. 2). Поэтому сравнительный анализ средних значений хозяйственно ценных показателей коз проводили только по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*.

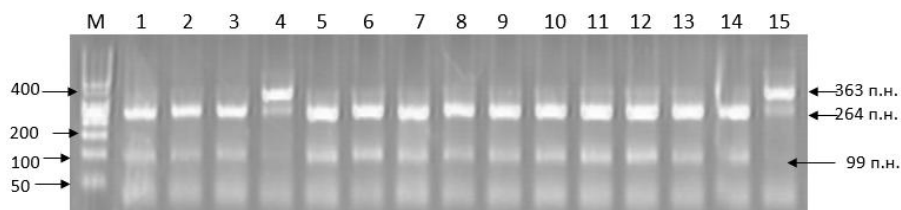


Рис. 1. Электрофореграмма *HaeIII*-рестриктов ПЦР SNP g.5752G > C гена *IGF-I*: М – маркер молекулярных масс 100 bp+50 bp (НПО «СибЭнзим», Россия); дорожки 1–3, 5–14 – генотип BB (264 и 99 п.н.); дорожки 4, 15 – генотип AB (363, 264 и 99 п.н.)

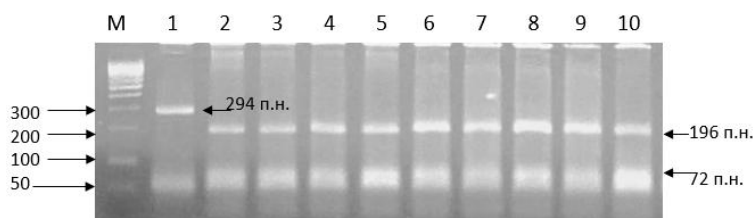


Рис. 2. Электрофореграмма *BstC8I*-рестриктов ПЦР SNP A224G гена *IGF-I*: М – маркер молекулярных масс 100 bp + 50 bp (НПО «СибЭнзим», Россия); дорожка 1 – ПЦР-продукт (294 п.н.); дорожки 2–10 – генотип GG (196, 72 и 26 п.н.)

Данные таблицы 2 показывают, что козы с генотипом BB по SNP g.5752G > C гена *IGF-I* достоверно превосходили своих сверстниц с генотипом AB по удою за 100 (+63,2 кг) и 200 дней (+124 кг) первой лактации ($P < 0,05$), но уступали по показателям процентного содержания жира (-0,34 % при $P < 0,05$). Аллель B по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*, по-видимому, потенциально увеличивает удои, и поэтому животные с генотипом BB предпочтительны в программе разведения коз зааненской породы.

Анализ репродуктивных качеств показал (табл. 3), что для коз с генотипом AB характерен более ранний срок первого окота ($P < 0,05$). По остальным показателям не выявлено значимых различий между анализируемыми группами животных.

Также была проведена оценка изменчивости живой массы коз зааненской породы в зависимости от генотипа гена *IGF-I*. Сравнительный анализ не выявил достоверных различий между группами (табл. 4).

Таблица 2

Молочная продуктивность коз зааненской породы с различными генотипами по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*

Показатель	Генотип	
	AB (n=6)	BB (n=41)
Удой за 100 дн. лактации, кг	175,3±27,1 ^a	238,5±7,7 ^b
Удой за 200 дн. лактации, кг	341,6±54,9 ^a	465,6±17,3 ^b
Коэффициент устойчивости лактации, %	92,8±7,6	95,3±3,3
Жир, % Массовая доля жира, %	3,91±0,08 ^a	3,57±0,05 ^b
Белок, % Массовая доля белка, %	3,25±0,02	3,10±0,04

Примечание: a, b – различия достоверны при $P < 0,05$.

Таблица 3

Репродуктивные показатели коз зааненской породы с различными генотипами по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*

Показатель	Генотип	
	AB (n=6)	BB (n=41)
Возраст 1-го окота, дн.	408,5±16,9 ^a	476,1±15,4 ^b
Кол-во козлят в помете, гол.	1,66±0,2	1,77±0,07
Индекс осеменения после 1-го окота	1,66±0,33	1,56±0,1
Сервис-период, дн.	188,0±19,8	202,3±7,5
Интервал между окотами, дн.	333,3±24,6	347,5±8,1

Примечание: a, b – различия достоверны при $P < 0,05$.

Таблица 4

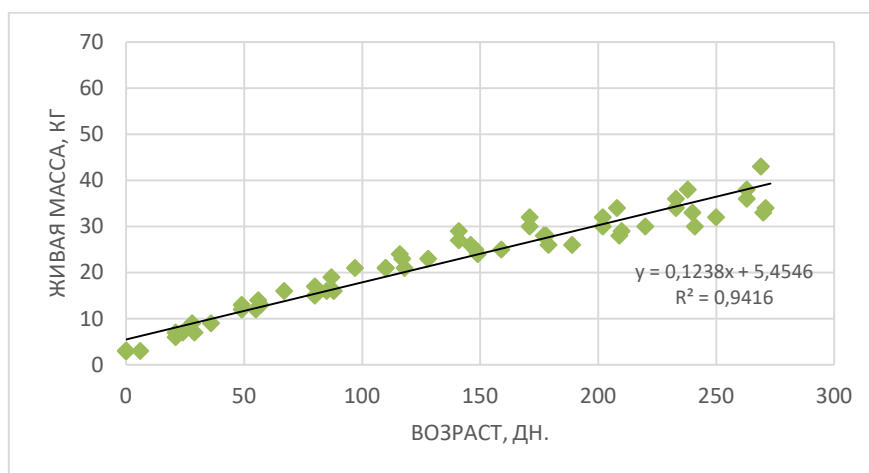
Показатели живой массы коз зааненской породы с различными генотипами по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*

Возраст	Живая масса, кг	
	Генотип AB	Генотип BB
1	2	3
При рождении	3,0±0,1	2,9±0,1
1 мес.	7,2±0,4	8,1±0,3
2 мес.	12,8±0,3	13,7±0,4

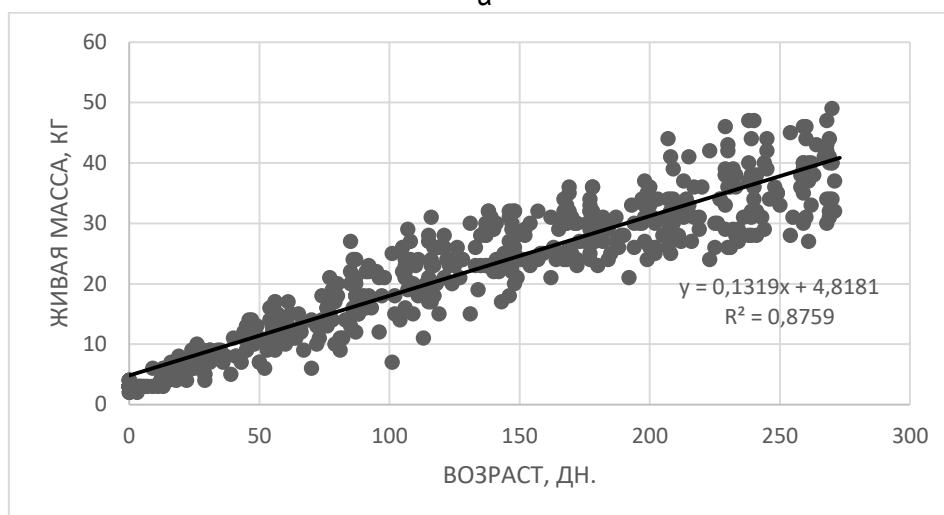
1	2	3
3 мес.	16,6±0,6	19,1±0,6
4 мес.	22,0±0,6	22,7±0,8
5 мес.	26,2±0,8	26,6±0,8
6 мес.	28,8±0,1	29,4±0,7
7 мес.	30,6±1,1	32,2±1,1
8 мес.	34,2±1,7	36,7±1,2
9 мес.	36,8±1,7	38,5±1,1

Для сглаживания полученных экспериментальных данных построены линии тренда для всех групп животных (рис. 3). При этом мы опирались на величину достоверности аппроксимации R², максимальное значение которой было получено при линейном виде линий тренда второй степени. Результаты показали, что измен-

чивость прироста живой массы животных с генотипом BB выше, чем у животных с генотипом AB гена *IGF-I*. Данный метод оценки был использован в других исследованиях для оценки ответа организма животного на влияние различных факторов внешней среды в разные возрастные и временные периоды [12].



а



б

Рис. 3. Динамика показателей живой массы коз зааненской породы с различными генотипами по SNP g.5752G>C гена *IGF-I*: а – генотип AB SNP g.5752G>C гена *IGF-I*; б – генотип BB SNP g.5752G>C гена *IGF-I*

Заключение. Сочетание молекулярного и статистического анализа ассоциаций полиморфизмов генов с хозяйственно ценными признаками могут быть полезными инструментами в программах разведения коз зааненской породы. Изучение гена *IGF-I* представляет интерес для понимания генетических факторов, связанных с изменчивостью в динамике развития, продуктивных и репродуктивных качествах коз молочных пород. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что козы с генотипом AB SNP g.5752G > C гена *IGF-I* отличаются высоким процентным содержанием жира в молоке, имеют более ранние сроки первого окота. Однако при селекции, направленной на повышение удоя, предпочтительны животные с генотипом BB по SNP g.5752G > C гена *IGF-I*.

Литература

1. Денискова Т., Доцев А., Форнара М. и др. Геномная архитектура российской популяции зааненских коз в аспекте генофонда породы из пяти стран мира // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 2. С. 285–294.
2. Baker J., Liu J.P., Robertson E.J., Efstratiadis A. Role of insulin-like growth factors in embryonic and postnatal growth // Cell. 1993. Vol. 75. No 1. P. 73–82.
3. Pang A.L.Y., Martin M.M., Martin A.L., Chan W.Y. Molecular basis of diseases of the endocrine system // In Molecular Pathology. 2009. P. 435–463.
4. Lestari D.A., Oikawa T., Sutopo S., Purbowati E., Setiaji A., Kurnianto E. Effect of insulin-like growth factor 1 gene on growth traits of Kejobong goat and its growth analysis // Veterinary World. 2020. Vol. 13. No 1. P. 127–133.
5. Sebastiano L., Consuelo M.M., Luisa P., Giovanni C., Michella N., Vincenzo C. Polymorphism of insulin-like growth factor 1 gene and its relationship with reproductive performances and milk yield in Sarda dairy sheep // Veterinary and Animal Science. 2020. No 9. P. 100084.
6. Mikawa S., Yoshikawa G.I., Aoki H., Yamano Y., Sakai H., Komano T. Dynamic aspects in the expression of the goat insulin-like growth factor-I (*IGF-I*) gene: diversity in transcription and post-transcription // Biosci Biotechnol Biochem. 1995. Vol. 59. No 1. P. 87–92.
7. Liu W., Fang G., Fang Y., Tian K., Huang X., Yao X., Wang M., Yu H., Huang Y., Xin J., Xin Y., Yu S., Chen H. The polymorphism of a mutation of *IGF-1* gene on two goat breeds in China // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2010. Vol. 9. № 4. P. 790–794.
8. Naicy T., Venkatachalapathy R.T., Aravindakshan T.V., Kurian E. Association of a *Cac8l* polymorphism in the *IGF1* gene with growth traits in Indian goats // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2017. Vol. 15. No 1. P. 7–11.
9. Rasouli S., Abdolmohammadi A., Zebarjadi A., Mostafaei A. Evaluation of Polymorphism in *IGF-I* and *IGFB-3* Genes and their Relationship with Twinning Rate and Growth Traits in Markhoz Goats // Annals of Animal Science. 2017. Vol. 17. No 1. P. 23.
10. Othman O.E., Abdel-Samad M.F., El-Maaty N.A.A. Evaluation of insulin-like growth factor-I gene polymorphism in Egyptian small ruminant breeds // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15. No 48. P. 2714–2719.
11. Sharma A., Dutt G., Jayakumar S., Saroha V., Dixit S.P. Sequence characterization and genetic variability analysis of *GHR*, *IGF1*, and *IGFBP-3* genes in nine Indian goat breeds // Journal of Applied Animal Research. 2014. Vol. 42. No 3. P. 361–365.
12. Дроворуб А.А. Аппроксимация показателей прироста живой массы молодняка коз зааненской породы // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 60–61.

Literatura

1. Deniskova T., Docev A., Fornara M. i dr. Genomnaja arhitektura rossijskoj populjacii zaanenskih koz v aspekte genofonda porody iz pjati stran mira // Sel'skohozjajstvennaja biologija. 2020. T. 55, № 2. S. 285–294.
2. Baker J., Liu J.P., Robertson E.J., Efstratiadis A. Role of insulin-like growth factors in embryonic and postnatal growth // Cell. 1993. Vol. 75. No 1. P. 73–82.
3. Pang A.L.Y., Martin M.M., Martin A.L., Chan W.Y. Molecular basis of diseases of the

- endocrine system // In *Molecular Pathology*. 2009. P. 435–463.
4. *Lestari D.A., Oikawa T., Sutopo S., Purbowati E., Setiaji A., Kumianto E.* Effect of insulin-like growth factor 1 gene on growth traits of Kejobong goat and its growth analysis // *Veterinary World*. 2020. Vol. 13. No 1. P. 127–133.
 5. *Sebastiano L., Consuelo M.M., Luisa P., Giovanni C., Michella N., Vincenzo C.* Polymorphism of insulin-like growth factor 1 gene and its relationship with reproductive performances and milk yield in Sarda dairy sheep // *Veterinary and Animal Science*. 2020. No 9. P. 100084.
 6. *Mikawa S., Yoshikawa G.I., Aoki H., Yamano Y., Sakai H., Komano T.* Dynamic aspects in the expression of the goat insulin-like growth factor-I (IGF-I) gene: diversity in transcription and post-transcription // *Biosci Biotechnol Biochem*. 1995. Vol. 59. No 1. P. 87–92.
 7. *Liu W., Fang G., Fang Y., Tian K., Huang X., Yao X., Wang M., Yu H., Huang Y., Xin J., Xin Y., Yu S., Chen H.* The polymorphism of a mutation of IGF-1 gene on two goat breeds in China // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010. Vol. 9. № 4. P. 790–794.
 8. *Naicy T., Venkatachalapathy R.T., Aravindakshan T.V., Kurian E.* Association of a Cac8I polymorphism in the IGF1 gene with growth traits in Indian goats // *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2017. Vol. 15. No 1. P. 7–11.
 9. *Rasouli S., Abdolmohammadi A., Zebarjadi A., Mostafaei A.* Evaluation of Polymorphism in IGF-I and IGFB-3 Genes and their Relationship with Twinning Rate and Growth Traits in Markhoz Goats // *Annals of Animal Science*. 2017. Vol. 17. No 1. P. 23.
 10. *Othman O.E., Abdel-Samad M.F., El-Maaty N.A.A.* Evaluation of insulin-like growth factor-I gene polymorphism in Egyptian small ruminant breeds // *African Journal of Biotechnology*. 2016. Vol. 15. No 48. P. 2714–2719.
 11. *Sharma A., Dutt G., Jayakumar S., Saroha V., Dixit S.P.* Sequence characterization and genetic variability analysis of GHR, IGF1, and IGFBP-3 genes in nine Indian goat breeds // *Journal of Applied Animal Research*. 2014. Vol. 42. No 3. P. 361–365.
 12. *Drovorub A.A.* Approksimacija pokazatelej prirosta zhivoj massy molodnjaka koz zaanenskoj porodoy // *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2013. № 5. S. 60–61.

