



ЭКСТЕРЬЕРНЫЙ ПРОФИЛЬ ЗААНЕНСКИХ КОЗЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ГЕНА *SPAG17*

✉ Позовникова М.В., Лейбова В.Б.

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики
и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального
исследовательского центра животноводства им. академика Л.К. Эрнста
Санкт-Петербург, Россия*

✉ e-mail: pozovnikova@gmail.com

Экстерьер формируется в процессе роста и развития животного и является отражением внешнего вида и пропорций тела. Значимую роль в формировании экстерьера играет генетический фактор. Белок спермо-ассоциированный антиген 17, кодируемый геном *SPAG17*, выполняет ряд важных биологических функций в процессе роста и развития организма млекопитающих, в том числе влияет на рост и развитие костей. Целью нашей работы был анализ полиморфных вариантов (indel) гена *SPAG17* в связи с показателями промеров тела половозрелых козлов зааненской породы. В выборку включены 43 козла в возрасте 3–5 лет, принадлежащих одному из племхозов Ленинградской области. Для выделения образцов ДНК использовали метод фенольной экстракции. Генотипирование проводили по rs659761737 (indel 14 п.н., интрон 22) и по rs647063466 (indel 17 п.н., интрон 47) гена *SPAG17* методом АС-ПЦР. Перед началом случного сезона однократно проводили обмер половозрелых козлов зааненской породы с вычислением индексов телосложения. Анализ частоты генотипов и аллелей показал, что по rs659761737 (indel 14 п.н.) генотип DD определен на уровне 0,186, ID – 0,419 и II – 0,395. Для rs647063466 (indel 17 п.н.) гена *SPAG17* отмечена противоположная картина. Частота генотипов DD, ID и II составила 0,326; 0,512 и 0,163 соответственно. Животные с генотипом II по rs659761737 (indel 14 п.н.) гена *SPAG17* имели достоверно высокие значения обхвата пясти ($p < 0,01$), особи с генотипом ID по rs647063466 (indel 17 п.н.) отличались высокими значениями индекса высоконогости ($p < 0,05$) и грудного индекса ($p < 0,05$). Полученные данные позволяют предположить, что изучаемые SNP гена *SPAG17* вносят существенный вклад в формирование экстерьерного профиля козлов зааненской породы.

Ключевые слова: зааненская порода коз, indel-полиморфизм, индекс, промеры тела

EXTERIOR PROFILE OF SAANEN GOATS WITH DIFFERENT GENOTYPES OF THE *SPAG17* GENE

Pozovnikova M.V., Leibova V.B.

✉ *Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst
Federal Research Center for Animal Husbandry
Saint Petersburg, Russia*

✉ e-mail: pozovnikova@gmail.com

The exterior is formed in the process of growth and development of the animal and is a reflection of the appearance and proportions of the body. Genetic factors play a significant role in the formation of the exterior. The protein sperm-associated antigen 17, encoded by the *SPAG17* gene, performs a number of important biological functions in the process of growth and development of the mammalian organism, as well as affecting the growth and development of bones. The aim of our

work was to analyze the polymorphic variants (indel) of the *SPAG17* gene in connection with the body measurements of mature Saanen goats. The sample included 43 goats aged 3-5 years from one of the breeding farms of the Leningrad region. Phenol extraction was used to isolate DNA samples. Genotyping was performed for rs659761737 (indel 14 bp, intron 22) and rs647063466 (indel 17 bp, intron 47) of the *SPAG17* gene by AS-PCR method. Before the start of the breeding season, sexually mature goats of the Saanen breed were once measured with the calculation of body built indices. The analysis of the genotypes and alleles frequency showed that, according to rs659761737 (indel 14 bp), the DD genotype was determined at the level of 0.186, ID - 0.419, and II - 0.395. For rs647063466 (indel 17 bp) of the *SPAG17* gene, the opposite pattern was observed. The frequency of DD, ID, and II genotypes was 0.326, 0.512, and 0.163, respectively. Animals with genotype II for rs659761737 (indel 14 bp) of the *SPAG17* gene had significantly high metacarpus girth values ($p < 0.01$), and the individuals with genotype ID for rs647063466 (indel 17 bp) were distinguished by high values of the index of leg height ($p < 0.05$) and chest index ($p < 0.05$). The obtained data suggest that the studied SNPs of the *SPAG17* gene make a significant contribution to the formation of the exterior profile of the Saanen goats.

Keywords: Saanen goats, indel-polymorphism, index, body measurements

Для цитирования: Позовникова М.В., Лейбова В.Б. Экстерьерный профиль зааненских козлов с различными генотипами гена *SPAG17* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-7>

For citation: Pozovnikova M.V., Leibova V.B. Exterior profile of Saanen goats with different genotypes of the *SPAG17* gene. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность.

Исследование выполнено в рамках ГЗ № 121052600354-7.

Acknowledgements.

The study was carried out as part of GO No. 121052600354-7.

ВВЕДЕНИЕ

Молочное козоводство России – успешно развивающаяся и перспективная отрасль молочного скотоводства. В 2020 г. среди всех пород коз 82,8% приходилось на животных зааненской породы при общей численности поголовья 17 901 гол¹. Для племенных животных важное значение имеет экстерьер, который формируется в процессе роста и развития животного и отражает внешний вид и пропорции тела. Экстерьер определяется породными особенностями и продуктивными качествами животного, а также является отражением биологической приспособленности организма к условиям окружающей среды. Племенное животное должно иметь правильные экстерьерные формы, отличаться крепкой конституцией².

Среди множества паратипических факторов ключевую регулирующую роль в формировании экстерьера играет генетический фактор. В настоящее время исследования по поиску и изучению генов-кандидатов, ассоциированных с различными фенотипами животных, актуальны, поскольку использование в селекции эффективных ДНК-маркеров может помочь селекционерам при отборе животных, обладающих высоким генетическим потенциалом [1].

Белок спермо-ассоциированный антиген 17, кодируемый геном *SPAG17*, выполняет множество биологических функций в процессе роста и развития организма млекопитающих. В ряде исследований показано, что он необходим для мужской фертильности, так как гомозиготные мутации в его

¹Сафина Г.Ф., Чернов В.В., Хатаев С.А., Хмелевская Г.Н., Степанова Н.Г., Пронин А.В., Баглай И.М. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019 год). Лесные Поляны: Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 2020. 344 с.

²Царегородцева Е., Тоцев В. Козоводство. Учеб. пособие для вузов. Litres, 2021. 361 с.

экзонах достоверно связаны с выраженной астенозооспермией [2]. Также он играет значимую роль в выживаемости новорожденных особей и влияет на рост и развитие костей [3]. Некоторые SNP гена *SPAG17* были ассоциированы с идиопатически низким ростом у людей [4]. Последние исследования, подтверждают, что некоторые полиморфные варианты этого гена ассоциированы с промерами тела [5] и фертильностью коз [6]. Таким образом, ген *SPAG17* можно считать перспективным геном-кандидатом в селекции сельскохозяйственных животных.

Цель работы – дать анализ полиморфных вариантов (indel) гена *SPAG17* в связи с показателями промеров тела половозрелых козлов зааненской породы.

Задачи исследования:

- выполнить обмер половозрелых козлов зааненской породы с вычислением индексов телосложения у половозрелых козлов;
- провести генотипирование животных по indel-полиморфным вариантам гена *SPAG17*; оценить частоту генотипов и аллелей;
- изучить связь различных генотипов гена *SPAG17* с показателями промеров и индексов телосложения животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования была ДНК, выделенная из венозной крови половозрелых козлов возраста 3–5 лет ($n = 43$), принадлежащих одному из племхозов Ленинградской области. Для выделения образцов ДНК использовали метод фенольной экстракции. Генотипирование по гену *SPAG17* по rs659761737 (indel 14 п.н.) и по

rs647063466 (indel 17 п.н.) проводили методом АС-ПЦР (см. табл. 1) [5]. ПЦР осуществляли на амплификаторе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США).

Промеры тела у козлов измеряли однократно перед началом случного сезона (июль). Измеряли в сантиметрах высоту в холке, высоту в крестце, глубину груди, ширину груди, обхват груди, обхват пясти, косую длину туловища. Дополнительно рассчитаны основные индексы телосложения в процентах³. На момент исследования все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Для обработки полученных цифровых данных использовали программу STATISTICA 13 Dell Inc (2016, software.dell.com). Достоверность различия сравниваемых значений оценивали с использованием критерия Краскела – Уолеса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Информацию по генотипам животных получали на основании анализа данных электрофореграмм (см. рис. 1, 2).

В анализируемой группе животных по двум изучаемым SNP определено три генотипа. По rs659761737 (indel 14 п.н.) для варианта Ins (аллель I) определялся фрагмент размером 183 п.н., для варианта Del (аллель D) – фрагмент размером 169 п.н. По rs647063466 (indel 17 п.н.) аллелю I соответствовал фрагмент длиной 241 п.н., для аллеля D – длиной 224 п.н. Анализ частоты генотипов и аллелей по гену *SPAG17* показал, что по rs659761737 определена низкая частота аллеля D и только 18,6% животных имели

Табл. 1. Характеристика праймеров, условия ПЦР

Table 1. Characterization of primers, PCR conditions

SNP	Праймер	Положение	Температура отжига праймеров	Аллель	Размер ПЦР-продукта
rs659761737 (indel 14 п.н.)	F:GAGGGAATGTGAGCAGGAT R:TTTGATGACAAGGAAGGGA	Интрон 22	58–60 °C	I D	183 п.о. 169 п.о.
rs647063466 (indel 17 п.н.)	F:AAGTTCAGGGAGTGTTAAGGA R:CTGTGCCAGACAGATGGTC	Интрон 47		I D	241 п.о. 224 п.о.

³Куликова Н.И. Овцеводство и козоводство: учеб.-метод. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2017. 193 с.

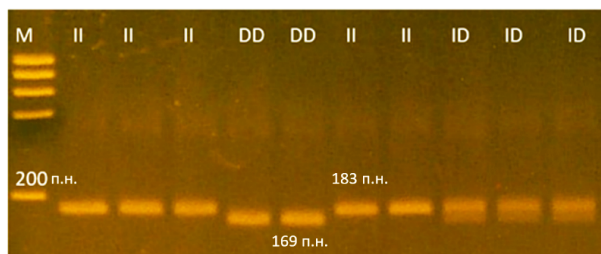


Рис. 1. Электрофореграмма фрагментов ДНК по rs659761737 гена *SPAG17* (indel 14 п.н.). М-маркер BIORON GmbH ДНК-маркер 100bp + (100bp plus DNA Ladder ready-to-use, Медиген)

Fig. 1. Electropherogram of DNA fragments at rs659761737 of the *SPAG17* gene (indel 14 bp). M-marker BIORON GmbH DNA marker 100bp+ (100bp plus DNA Ladder ready-to-use, Medigen)

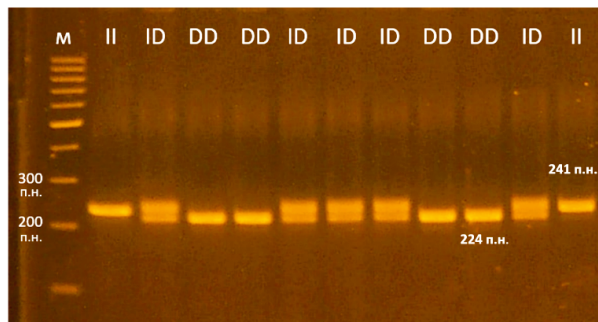


Рис. 2. Электрофореграмма фрагментов ДНК по rs647063466 гена *SPAG17* (indel 17 п.н.). М-маркер 50 + bp DNA Ladder (Евроген)

Fig. 2. Electropherogram of DNA fragments at rs647063466 of the *SPAG17* gene (indel 17 bp). M-marker 50 + bp DNA Ladder (Evrogen)

гомозиготный генотип DD (см. табл. 2). Для rs647063466 гена *SPAG17* наблюдалась противоположная картина и всего 16,3% особей имели гомозиготный генотип II.

Сравнительный анализ средних значений показателей промеров по rs659761737 гена *SPAG17* показал, что животные с генотипом II по показателю обхвата пясти достоверно превосходили животных других групп ($p < 0,01$, $p < 0,05$) (см. табл. 3).

Анализ данных по rs647063466 гена *SPAG17* показал, что животные с генотипом ID отличались меньшими значениями глубины груди ($p < 0,01$), но характеризовались большими значениями индексов грудного и высоконогости ($p < 0,05$) в сравнении с особями с генотипом DD (см. табл. 4).

Результаты наших исследований показали, что в анализируемой выборке козлов зааненской породы определена высокая частота

аллеля I по rs659761737 (indel 14 п.н.) и аллеля D по rs647063466 (indel 17 п.н.) гена *SPAG17*. Имеющиеся литературные данные указывают, что распределение частот аллелей зависит от породы и направления продуктивности коз, что может свидетельствовать о значительном вкладе анализируемых полиморфных вариантов гена *SPAG17* при формировании экстерьера животных. В исследованиях S. Zhang et al. (2019 г.) анализировали две местные популяции коз, таких как белые кашемировые козы мясошерстного типа продуктивности и хайнаньские черные козы мясного направления продуктивности. Результаты показали, что в группе белых кашемировых коз определена высокая частота аллеля D и генотипа DD как по indel 14 bp, так и по indel 17 bp гена *SPAG17* (0,917 и 0,847; 0,787 и 0,610 соответственно). Однако животные с генотипом II по

Табл. 2. Распределение частот генотипов и аллелей гена *SPAG17* в анализируемой группе животных
Table. 2. Frequency distribution of *SPAG17* genotypes and alleles in the analyzed group of animals

SNP	n	Частота генотипов		Частота аллелей	
rs659761737 (indel 14 п.н.)	8	DD	0,186	I	0,605
	18	ID	0,419	D	0,395
	17	II	0,395		
rs647063466 (indel 17 п.н.)	14	DD	0,326	I	0,419
	22	ID	0,512	D	0,581
	7	II	0,163		

Табл. 3. Средние значения промеров тела козлов с различными генотипами гена *SPAG17* (rs659761737, indel 14 bp)

Table 3. Mean measurements of the goats body with different genotypes of the *SPAG17* gene (rs659761737, indel 14 bp)

Показатель (Mean ± Std.Err)	Генотип		
	DD	ID	II
	<i>n</i> = 8	<i>n</i> = 18	<i>n</i> = 17
Высота, см:			
в холке	84,06 ± 2,00	89,10 ± 1,32	87,56 ± 1,87
в крестце	84,06 ± 2,00	87,17 ± 0,81	88,11 ± 1,38
Косая длина туловища, см	98,31 ± 2,60	100,53 ± 1,17	101,59 ± 1,56
Глубина груди, см	41,88 ± 1,59	42,50 ± 0,59	41,79 ± 0,49
Ширина груди, см	26,81 ± 0,70	26,88 ± 0,60	27,47 ± 0,52
Обхват, см:			
груди	112,75 ± 2,60	115,0 ± 1,088	114,18 ± 1,24
пясти	11,50 ± 0,19 ^{a, c}	12,03 ± 0,15 ^d	12,39 ± 0,19 ^b
Индекс, %:			
растянутости	117,12 ± 2,71	113,00 ± 1,07	117,05 ± 3,71
грудной	64,31 ± 1,40	63,26 ± 1,06	65,90 ± 1,51
высоконогости	49,96 ± 2,36	52,18 ± 0,80	51,85 ± 1,41
костистости	13,73 ± 0,38	13,56 ± 0,30	14,25 ± 0,36
компактности	114,97 ± 2,68	114,66 ± 1,37	112,65 ± 1,47
массивности	134,56 ± 4,14	129,52 ± 1,81	131,31 ± 3,07

Примечание. а, b при $p < 0,01$; c, d при $p < 0,05$.

Табл. 4. Средние значения промеров козлов с различными генотипами гена *SPAG17* (rs647063466, indel 17 bp)

Table 4. Mean measurements of the goats body with different genotypes of the *SPAG17* gene (rs647063466, indel 17 bp)

Показатель (Mean ± Std.Err)	Генотип		
	DD	ID	II
	<i>n</i> = 14	<i>n</i> = 22	<i>n</i> = 7
Высота, см:			
в холке	86,75 ± 2,22	87,97 ± 1,22	87,86 ± 2,43
в крестце	87,11 ± 1,10	86,50 ± 1,12	88,11 ± 2,30
Косая длина туловища, см	102,21 ± 1,49	100,09 ± 1,36	98,57 ± 2,09
Глубина груди, см	43,35 ± 0,83 ^b	41,02 ± 0,49 ^a	43,01 ± 0,89
Ширина груди, см	26,90 ± 0,44	26,99 ± 0,43	27,86 ± 1,45
Обхват, см:			
груди	114,07 ± 1,62	114,45 ± 1,12	114,21 ± 1,76
пясти	11,93 ± 0,22	12,21 ± 0,16	11,93 ± 0,23
Индекс, %			
растянутости	119,02 ± 4,23	113,96 ± 1,35	112,49 ± 2,61
грудной	62,23 ± 1,13 ^c	65,90 ± 1,07 ^d	64,64 ± 2,46
высоконогости	49,59 ± 1,69 ^c	53,20 ± 0,84 ^d	50,82 ± 1,65
костистости	13,89 ± 0,49	13,92 ± 0,21	13,65 ± 0,50
компактности	111,75 ± 1,61	114,61 ± 1,27	116,12 ± 2,60
массивности	132,57 ± 3,84	130,46 ± 1,66	130,58 ± 4,03

Примечание. а, b при $p < 0,01$; c, d при $p < 0,05$.

двум *indel*-полиморфизмам достоверно отличались более крупным телосложением и имели высокие значения по высоте в холке, ширине в груди и длине тела. Хайнаньские черные козы отличались равномерным распределением аллелей по анализируемым *indel*-полиморфным локусам. Животные с различными генотипами достоверно не различались по анализируемым показателям. Полученные в нашем исследовании данные показателей промеров тела половозрелых козлов зааненской породы свидетельствуют о том, что животные правильно развиты и соответствуют молочному типу продуктивности. По *indel* 14 п.н. гена *SPAG17* животные с генотипом II отличались достоверно высокими значениями обхвата пясти. По данному показателю судят по общей крепости конституции животного, с которой в той или иной мере могут быть связаны фертильность и жизнеспособность особей. По данным работы [7], показатель обхвата пясти быков имел значимую генетическую корреляцию с показателями удоя дочерей за 305 дней лактации ($r = 0,460$), что, по мнению автора, свидетельствует о том, что животные с крепкой конституцией имеют высокую адаптационную способность.

В нашем исследовании животные с генотипом ID по *indel* 17 п.н. гена *SPAG17* отличались высокими значениями индексов грудного и высоконогости, что указывает на то, что животные крупные и имеют хорошо развитую грудную клетку. Показатели промеров грудной клетки являются в первую очередь отражением интенсивности развития осевого скелета животного. Для коз молочных пород развитая грудная клетка свидетельствует о потенциале животных к высокой молочной продуктивности [8]. В исследованиях [7] показатель обхвата груди быков имел положительную корреляцию с удоем дочерей.

В племенном козоводстве показатели экстерьера животных являются отражением стандартов породы и неотъемлемой частью селекции при разработке критериев отбора и подбора. По данным исследования [9], у коз зааненской породы основные показателя

промеров имеют достоверно положительную связь с удоем животных. Подобные данные получены и на других породах коз. Линейные промеры тела положительно коррелировали с молочной продуктивностью у индонезийских коз Этава [10], аборигенных турецких коз Килис [11] и у бедуинских коз пустыни Сахара [12]. В связи с этим отбор на племя крупных особей позволит повысить молочную продуктивность стад.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Варианты *indel*-полиморфизма гена *SPAG17* ассоциированы с некоторыми показателями экстерьера половозрелых козлов зааненской породы. Животные с генотипом II по rs659761737 (*indel* 14 п.н.) гена *SPAG17* имели достоверно высокие значения обхвата пясти, особи с генотипом ID по rs647063466 (*indel* 17 п.н.) отличались высокими значениями индекса высоконогости и грудного индекса. Полученные данные позволяют предположить, что мутации *indel* в гене *SPAG17* можно использовать в качестве ДНК-маркера в рамках маркер-спутывающей селекции в козоводстве для получения крупных животных с высоким потенциалом молочной продуктивности. Однако эти данные являются предварительными, так как получены на небольшом поголовье козлов и требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zonaed Siddiki A.M.A.M., Miah G., Islam M.S., Kumkum M., Rumi M.H., Baten A., Hos-sain M.A Goat genomic resources: the search for genes associated with its economic traits // International Journal of Genomics. 2020. Vol. 1. P. 1–13. DOI: 10.1155/2020/5940205.
2. Xu X., Sha Y.W., Mei L.B., Ji Z.Y., Qiu P.P., Ji H., Wang T., Li L. A familial study of twins with severe asthenozoospermia identified a homozygous SPAG17 mutation by whole-exome sequencing // Clinical genetics. 2018. Vol. 93. N. 2. P. 345–349. DOI: 10.1111/cge.13059.
3. Teves M.E., Sundaresan G., Cohen D.J., Hyzy S.L., Kajan I., Maczisz M., Zhang Z., Costanzo R.M., Zweit J., Schwartz Z., Boyan B.D., Strauss III J.F. Spag17 deficiency results in skeletal malformations and bone abnor-

- malities // PLoS One. 2015. Vol. 10. N 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0125936.
4. Kim J., Lee H., Park T., Kim K., Lee J., Cho N., Shin C., Cho Y., Lee J., Han B., Yoo H., Lee J. Identification of 15 loci influencing height in a Korean population // Journal of Human Genetics. 2010. N 55. P. 27–31. DOI: 10.1038/jhg.2009.116.
5. Zhang S., Jiang E., Wang K., Zhang Y., Yan H., Qu L., Chen H., Lan X., Pan C. Two insertion/deletion variants within SPAG17 gene are associated with goat body measurement traits // Animals. 2019. Vol. 9. N 6. P. 379. DOI: 10.3390/ani9060379.
6. Zhang X., Zhang S., Tang Q., Jiang E., Wang K., Lan X., Pan C. Goat sperm associated antigen 17 protein gene (SPAG17): Small and large fragment genetic variation detection, association analysis, and mRNA expression in gonads // Genomics. 2020. Vol. 112. N 6. P. 5115–5121. DOI: 10.1016/j.ygeno.2020.09.029.
7. Ляшук Р.Н., Шендаков А.И., Шендакова Т.А. Селекционно-генетическая оценка быков-производителей по потенциалу молочной продуктивности // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 4. С. 23–29.
8. Владимиров Н., Зуева Е.М. Некоторые экстерьерные особенности молочных коз с учетом лактации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. Т. 1. № 147. С. 100–104.
9. Связенина М.А. Экстерьер и некоторые особенности продуктивности коз зааненской породы в Тюменской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (53). С. 154–159. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14154.
10. Winaya A., Prihartini I., Ramadhan S.W., Adhim A., Rico M. Linear Body Measurement of Indonesian Etawah Crossbred Goat [*Capra aegagrus hircus* (Linnaeus, 1758)] and Its Relationship with Milk Production Ability // Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences. 2017. Vol. 54. N 4. P. 301–309.
11. Tilki H.Y., Keskin M.K. Relationships between different body characteristics and milk yield traits in Kilis goats // Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 2021. Vol. 26. N 2. P. 272–277. DOI: 10.37908/mkutbd.893730.
12. Kouri F., Charallah S., Kouri A., Amirat Z., Khammar F. Milk production and its relationship with milk composition, body and udder morphological traits in Bedouin goat reared under arid conditions // Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2019. Vol. 41. N 1. DOI: 10.4025/actascianims.v41i1.42552.

REFERENCES

1. Zonaed Siddiki A.M.A.M., Miah G., Islam M.S., Kumkum M., Rumi M.H., Baten A., Hossain M.A. Goat genomic resources: the search for genes associated with its economic traits. *International Journal of Genomics*, 2020, vol. 1, pp. 1–13. DOI: 10.1155/2020/5940205.
2. Xu X., Sha Y.W., Mei L.B., Ji Z.Y., Qiu P.P., Ji H., Wang T., Li L. A familial study of twins with severe asthenozoospermia identified a homozygous SPAG17 mutation by whole-exome sequencing. *Clinical genetics*, 2018, vol. 93, no. 2, pp. 345–349. DOI: 10.1111/cge.13059.
3. Teves M.E., Sundaresan G., Cohen D.J., Hyzy S.L., Kajan I., Maczys M., Zhang Z., Costanzo R.M., Zweit J., Schwartz Z., Boyan B.D., Strauss III. J.F. Spag17 deficiency results in skeletal malformations and bone abnormalities. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0125936.
4. Kim J., Lee H., Park T., Kim K., Lee J., Cho N., Shin C., Cho Y., Lee J., Han B., Yoo H., Lee J. Identification of 15 loci influencing height in a Korean population. *Journal of Human Genetics*, 2010, no. 55, pp. 27–31. DOI: 10.1038/jhg.2009.116.
5. Zhang S., Jiang E., Wang K., Zhang Y., Yan H., Qu L., Chen H., Lan X., Pan C. Two insertion/deletion variants within SPAG17 gene are associated with goat body measurement traits. *Animals*, 2019, vol. 9, no. 6, pp. 379. DOI: 10.3390/ani9060379.
6. Zhang X., Zhang S., Tang Q., Jiang E., Wang K., Lan X., Pan C. Goat sperm associated antigen 17 protein gene (SPAG17): Small and large fragment genetic variation detection, association analysis, and mRNA expression in gonads. *Genomics*, 2020, vol. 112, no. 6. pp. 5115–5121. DOI: 10.1016/j.ygeno.2020.09.029.
7. Lyashuk R.N., Shendakov A.I., Shendakova T.A. Selective-genetic estimation of bulls on milk productivity potential. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2008, no. 4. pp. 23–29. (In Russian).

8. Vladimirov N., Zueva E.M. Some body conformation features of dairy goats considering lactation. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2017, vol. 1, no. 147. pp. 100–104. (In Russian).
9. Svyazhenina M.A. Exterior and some features of the saanen breed goats productivity in the Tyumen region. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 4 (53). pp. 154–159. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14154.
10. Winaya A., Prihartini I., Ramadhan S.W., Adhim A., Rico M. Linear Body Measurement of Indonesian Etawah Crossbred Goat [*Capra aegagrus hircus* (Linnaeus, 1758)] and Its Relationship with Milk Production Ability. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*, 2017. vol. 54. no. 4. pp. 301–309.
11. Tilki H.Y., Keskin M.K. Relationships between different body characteristics and milk yield traits in Kilis goats. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 2021, vol. 26, no. 2, pp. 272–277. DOI: 10.37908/mkutbd.893730.
12. Kouri F., Charallah S., Kouri A., Amirat Z., Khammar F. Milk production and its relationship with milk composition, body and udder morphological traits in Bedouin goat reared under arid conditions. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2019, vol. 41, no. 1. DOI: 10.4025/actascianims.v41i1.42552.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Позовникова М.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, 55а; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Лейбова В.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: leib1406@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Marina V. Pozovnikova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 55a, Moscow highway, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Victoria B. Leibova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: leib1406@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.06.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022