

Особенности полиморфизма генов *GH/HaeIII*, *GDF9/BstH1I* у молодняка овец дагестанской горной породы

Александр Иванович Суrow, Закир Камилович Гаджиев, Евгения Семёновна Суржикова, Светлана Николаевна Шумаенко, Дарья Дмитриевна Евлагина
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставропольский край, г. Михайловск, Россия
e-mail: immunogenetika@yandex.ru

Аннотация. С целью повышения эффективности селекционного процесса изучается полиморфизм генов, связанных с формированием продуктивных признаков животных. В статье приведены результаты ДНК-генотипирования и показатели живой массы ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы в возрастной динамике. Животные-носители желательного селекционно значимого аллеля *GH^B*, имеющие гетерозиготный генотип *GH^{AB}*, превосходили своих сверстников, являющихся носителями гомозиготного генотипа *GH^{AA}*, по живой массе в 2-месячном возрасте на 2,9 %, в 4-месячном – на 3,5 %, в 8-месячном – на 5,4 %. Показатель живой массы животных-носителей желательного селекционно значимого аллеля *GDF9^A* с гетерозиготным *GDF9^{AG}* и гомозиготным *GDF9^{AA}* генотипом был в несколько раз больше, чем у сверстников, носителей гомозиготного генотипа *GDF9^{GG}*. Разница составила в 2-месячном возрасте 5,0 и 10,1 %; в 4-месячном – 2,0 и 5,7 %; в 8-месячном – 2,4 и 6,1 % соответственно. В ходе исследования выявлены комплексные генотипы, аллельный профиль которых представлен одной (*GH^{AA}GDF9^{AG}*), двумя (*GH^{AA}GDF9^{AA}*), тремя (*GH^{AB}GDF9^{AA}*) селекционно значимыми маркерными аллелями. Большая величина живой массы отмечена у животных, являющихся носителями комплексных генотипов *GH^{AA}GDF9^{AG}*, *GH^{AA}GDF9^{AA}* и *GH^{AB}GDF9^{AA}*: в 2-месячном возрасте – 14,8; 14,5; 15,3 кг; в 4-месячном – 26,4; 26,2 и 26,9 кг; в 8-месячном – 33,6; 33,8 и 34,9 кг по сравнению со сверстниками, носителями комплексного генотипа *GH^{AA}GDF9^{GG}*, – 14,3; 25,8 и 32,8 кг соответственно.

Ключевые слова: полиморфизм; овцы; генотип; порода; *GH/HaeIII*; *GDF9/BstH1I*.

Для цитирования: Суrow А. И., Гаджиев З. К., Суржикова Е. С., Шумаенко С. Н., Евлагина Д. Д. Особенности полиморфизма генов *GH/HaeIII*, *GDF9/BstH1I* у молодняка овец дагестанской горной породы // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 89–92. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp89-92>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Specific features of polymorphism of *GH/HaeIII* and *GDF9/BstH1I* genes in Dagestan mountain sheep replacements

Alexander I. Surov, Zakir K. Gadzhiev, Evgenie S. Surzhikova, Svetlana N. Shumachenko, Darya D. Evlagina
Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center”, Stavropol Territory, Mikhailovsk, Russia
e-mail: immunogenetika@yandex.ru

Abstract. Polymorphism of the genes associated with the formation of productive traits of animals is studied in order to increase the breeding efficiency. The article presents the results of DNA genotyping and live weight indices of replacements of the Dagestan mountain sheep in the age dynamics. The animals carrying the desirable breeding-relevant allele *GH^B* and having heterozygous genotype *GH^{AB}* surpassed their peers carrying homozygous genotype *GH^{AA}* in live weight by 2.9 % at the age of 2 months, by 3.5 % at the age of 4 months, and by 5.4 % at the age of 8 months. The index of live weight of the animals carrying the desirable breeding-relevant allele *GDF9^A* with heterozygous genotype *GDF9^{AG}* and homozygous genotype *GDF9^{AA}* was several times higher than the one of their peers carrying homozygous genotype *GDF9^{GG}*; they differed by 5.0 and 10.1% at the age of 2 months, by 2.0 and 5.7% at the age of 4 months, and by 2.4 and 6.1% at the age of 8 months, respectively. The study revealed complex genotypes with the allelic profile represented by one (*GH^{AA}GDF9^{AG}*), two (*GH^{AA}GDF9^{AA}*), and three (*GH^{AB}GDF9^{AA}*) selection-relevant marker alleles. It was noted that greater values of live weight were in the animals carrying complex genotypes *GH^{AA}GDF9^{AA}*, *GH^{AA}GDF9^{AG}* and *GH^{AB}GDF9^{AA}*, amounting to 14.8, 14.5, 15.3 kg at the age of 2 months, 26.4, 26.2 and 26.9 kg at the age of 4 months, and 33.6, 33.8 and 34.9 kg at the age of 8 months, respectively, against the peers carrying complex genotype *GH^{AA}GDF9^{GG}*, amounting to 14.3, 25.8 and 32.8 kg, respectively.

Keywords: polymorphism; sheep; genotype; breed; *GH/HaeIII*; *GDF9/BstH1I*.

For citation: Surov A. I., Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Shumachenko S. N., Evlagina D. D. Specific Features of Polymorphism of *GH/HaeIII* and *GDF9/BstH1I* Genes in Dagestan Mountain Sheep Replacements. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10): (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp89-92>.

Введение. В современном овцеводстве большое значение имеют интенсивность роста и живая масса ягнят. Были установлены тесные взаимосвязи между товарным весом и различными признаками роста ягнят, включая массу при рождении, отъеме, среднесуточный прирост [1, 2]. Следовательно, отбор по этим признакам на ранних стадиях жизни животного может привести к общему повышению продуктивности.

Признаки роста существенно зависят от различных факторов: окружающей среды, типа рождения (одиночные или двойные), массы овцематки, времени года окота. Показатели роста также находятся под контролем многих генов, которые можно использовать для селекции и отбора отдельных животных на основе их фенотипической экспрессии [3].

В настоящее время существует возможность прямой оценки генетического фона с использованием молекулярных методов. Это возможно с помощью так называемой маркерной селекции (MAS). Многообещающими





генами-кандидатами, представляющими интерес в исследованиях, связанных с продуктивностью животных, являются ген гормона роста (*GH*) и дифференциального фактора роста (*GDF9*) [4, 5, 6]. Ген *GH* продуцирует белок, обладающий широким спектром биологической активности и влияющий на все клетки организма. Изучение полиморфизма у разных пород овец показало статистически значимую связь генотипов *GH/HaeIII* с мясостовыми признаками [7, 8].

Ген фактор дифференцировки роста 9 (*GDF9*) у овец расположен на 5-й хромосоме, играет важную роль в поддержании нормального фолликулогенеза яичников. Белковый продукт гена – гликопротеин *GDF9* – структурно подобен трансформирующему фактору роста бета (TGFB). Анализ литературных источников показал, что имеются данные о влиянии полиморфных вариантов гена *GDF9* на живую массу [9, 10, 11].

Возможность прямой оценки генетического фона с использованием молекулярных методов и контроль живой массы ягнят раннего возраста в определенные периоды времени позволяют точно характеризовать влияние генетических маркеров на интенсивность роста молодняка.

Цель исследования – выявить комплексные генотипы у молодняка овец дагестанской горной породы по ДНК-маркерам и оценить их влияние на рост и развитие.

Методика исследований. Объектом исследования являлись овцы породы дагестанская горная, разводимой в КХ «Агрофирма Чох» Гунибского района Республики Дагестан.

Исследования по ДНК-типированию овец по генам *GH/HaeIII*, *GDF9/BstHNI* проводили в аккредитованной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» методом полимиразно-цепной реакции (ПЦР-ПДРФ) на программируемом четырехканальном термоциклере «ТЕРЦИК» фирмы «ДНК-технология» (Россия). При этом использовали коммерческий набор и синтезированные в научно-производственной лаборатории «Синтол» (Москва) специфические праймеры для генов *GH/HaeIII*: F: 5'-gaaacctcctcctcgcgcc - 3' R: 5'-ccagggtctaggaagccaca - 3' (амплификационный фрагмент – 934 п.н.); *GDF9/BstHNI*: F: 5'-gaagactggtatgggaaatg - 3' R: 5'-ccaatctgctctacacacct - 3' (амплификационный фрагмент – 462 п.н.) [5, 8].

Путем индивидуального взвешивания определяли живую массу подопытных животных на электронных весах утром до кормления с точностью до 0,5 кг.

Результаты исследований. В результате молекулярно-генетического анализа с использованием ПЦР-ПДРФ у ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы выявлены аллельные варианты генов гормона роста и дифференциального фактора роста. Анализ результатов показал, что полиморфизм гена *GH/HaeIII* в исследуемой популяции овец представлен двумя аллелями *GH^A* и *GH^B* с низкой (0,10) частотой встречаемости аллеля *GH^B*, но высокой (0,90) *GH^A*-аллеля. В выборке наблюдается явное преимущество животных, являющихся носителями гомозиготного генотипа *GH^{AA}*, над гетерозиготным *GH^{AB}* вариантом: 81,0 против 19,0 %, при отсутствии животных-носителей селекционно значимого гомозиготного *GH^{BB}* генотипа (табл. 1).

Таблица 1

Аллельный спектр генов *GH/HaeIII*, *GDF9/BstHNI* популяций ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы

Ген-маркер					
<i>GH/HaeIII</i>			<i>GDF9/BstHNI</i>		
Частота встречаемости аллеля					
<i>GH^A</i>	<i>GH^B</i>	<i>GDF9^A</i>	<i>GDF9^G</i>		
0,90	0,10	0,26	0,74		
Частота встречаемости генотипов, %					
<i>GH^{AA}</i>	<i>GH^{AB}</i>	<i>GH^{BB}</i>	<i>GDF9^{AA}</i>	<i>GDF9^{AG}</i>	<i>GDF9^{GG}</i>
81,0	19,0	0	19,0	14,0	67,0

При изучении полиморфизма в локусе гена *GDF9/BstHNI*, представленного также двумя аллелями *GDF9^A* и *GDF9^G*, выявлена значительная варибельность в частоте их встречаемости, составившей для аллеля *GDF9^A* 0,26 и 0,74 – *GDF9^G*, что нашло отражение в частоте встречаемости животных-носителей гомозиготных *GDF9^{AA}*, *GDF9^{GG}* и гетерозиготного *GDF9^{AG}* генотипов, составившей 19,0; 67,0 и 14,0 % соответственно.

Для изучения особенностей роста, развития, формирования мясной продуктивности у ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы были изучены показатели живой массы (прирост, среднесуточный прирост). Во все исследуемые периоды онтогенеза у ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы было выявлено превосходство по величине живой массы с желательными генотипами *GH^{AB}* и *GDF9^{AA}* по сравнению с другими животными (табл. 2).

В ранней период онтогенеза (2-месячный возраст) животные-носители селекционно значимого аллеля, имеющие гетерозиготный генотип *GH^{AB}*, превосходили своих сверстников, носителей гомозиготного генотипа *GH^{AA}*, по живой массе на 2,9 %. Выявленная закономерность сохранилась и в последующие возрастные периоды. В 4 месяца, в период отъема, это превосходство составило 3,5 %; в 8 месяцев – 5,4 %.

При сопоставлении и анализе величины живой массы разных генотипов по гену *GDF9/BstHNI* установлено, что масса животных-носителей гетерозиготного *GDF9^{AG}* и гомозиготного *GDF9^{AA}* была в несколько раз больше, чем у сверстников, являющихся носителями гомозиготного генотипа *GDF9^{GG}*. Разница составила в 2-месячном возрасте 5,0 и 10,1 %; в 4-месячном – 2,0 и 5,7 %; в 8-месячном – 2,4 и 6,1 % соответственно.

Показатели живой массы ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы разных генотипов ($n = 36$)

Ген/Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса, кг			Среднесуточный прирост, г		
		возраст, мес.					
		2	4	8	0–2	2–4	4–8
<i>GH/HaeIII</i>							
GH^{AA} ($n = 29$)	3,5±0,03	13,8±0,34	25,5±0,12	31,6±0,21	171,7	195,0	53,3
GH^{AB} ($n = 7$)	3,7±0,06	14,2±0,93	26,4±0,35	33,3±0,73	175,0	203,3	57,5
<i>GDF9/BstHHI</i>							
$GDF9^{AA}$ ($n = 7$)	3,8±0,98	15,3±0,33	26,0±0,78	34,9±0,31	191,7	178,3	74,2
$GDF9^{AG}$ ($n = 5$)	3,7±0,67	14,6±0,29	25,1±0,66	33,7±0,29	181,7	175,0	71,7
$GDF9^{GG}$ ($n = 24$)	3,6±0,45	13,9±0,23	24,6±0,25	32,9±0,18	171,7	178,3	69,2

Анализ динамики среднесуточных приростов (фактор, наиболее полно отражающего продуктивные качества молодняка) показал общую для всех животных разных генотипов закономерность – увеличение среднесуточных приростов до 8-месячного возраста. Однако было установлено, что большая величина живой массы у животных-носителей генотипов GH^{AB} и $GDF9^{AA}$ сопровождалась более высокими показателями среднесуточных приростов. Они составили в 2 месяца 175,0 и 191,7 г; в 4 месяца – 203,3 и 178,3 г; в 8 месяцев – 57,5 и 74,2 г, против сверстников, у которых отсутствует в геноме селекционно значимая аллель GH^{AA} и $GDF9^{GG}$, – 171,7 и 171,7 г; 195,0 и 178,3 г; 53,3 и 69,2 г соответственно.

Комплексное маркирование селекционно значимого признака по нескольким генам более эффективно, поэтому одной из задач данного исследования стало определение и сравнение генетической структуры у ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы по комплексным генотипам изучаемых генов *GH/HaeIII* и *GDF9/BstHHI*. Поскольку распределение частот встречаемости аллелей соответствует соотношению частот встречаемости генотипов, а в данной выборке животных редко встречается аллель GH^B и отсутствует гомозиготный генотип GH^{BB} гена гормона роста, из теоретически возможных 9 комплексных генотипов выявлено 4, с разной частотой встречаемости маркерных аллелей (см. рисунок).

Оценка исследуемого поголовья показала, что наиболее часто встречались животные-носители комплексных генотипов, в аллельном спектре которых отсутствовали маркерные аллели. Частота встречаемости комплексного генотипа $GH^{AA}GDF9^{GG}$ составила 66,7 % (24 гол.).

Комплексные генотипы, аллельный профиль которых представлен одной ($GH^{AA}GDF9^{AG}$), двумя ($GH^{AA}GDF9^{AA}$) и тремя ($GH^{AB}GDF9^{AA}$) маркерными аллелями, выявлены у 13,9 % ($n = 5$), 8,3 % ($n = 3$) и 11,1 % ($n = 4$) животных соответственно.

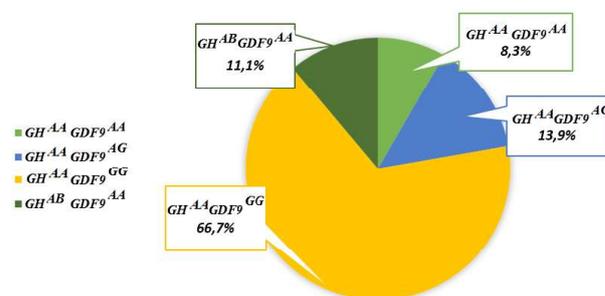
Анализ динамики живой массы, среднесуточных приростов показал, что носители комплексных генотипов, у которых присутствуют селекционно значимые аллели, имели преимущество по данным показателям (табл. 3).

Таблица 3

Показатели живой массы, среднесуточного прироста овец дагестанской горной породы разных комплексных генотипов ($n = 36$)

Комплексные генотипы	Живая масса при рождении, кг	Живая масса, кг			Среднесуточный прирост, г		
		возраст, мес.					
		2	4	8	0–2	2–4	4–8
$GH^{AA}GDF9^{AA}$ ($n = 3$)	3,7±0,89	14,8±0,74	26,4±0,23	33,6±1,01	185,0	193,3	60,0
$GH^{AA}GDF9^{AG}$ ($n = 5$)	3,7±0,78	14,5±0,56	26,2±0,35	33,8±0,88	180,0	195,0	63,3
$GH^{AA}GDF9^{GG}$ ($n = 24$)	3,6±0,49	14,3±0,09	25,8±0,26	32,8±0,81	178,3	191,7	58,3
$GH^{AB}GDF9^{AA}$ ($n = 4$)	3,8±0,62	15,3±0,33	26,9±0,28	34,9±0,82	191,7	193,3	66,7

Большая величина живой массы отмечена у животных-носителей комплексных генотипов $GH^{AA}GDF9^{AA}$, $GH^{AA}GDF9^{AG}$ и $GH^{AB}GDF9^{AA}$. Она составила в 2-месячном возрасте 14,8; 14,5; 15,3 кг; в 4-месячном – 26,4; 26,2 и 26,9 кг; в 8-месячном – 33,6; 33,8 и 34,9 кг соответственно, против сверстников, являющихся носителями комплексного генотипа $GH^{AA}GDF9^{GG}$, не имеющего селекционно значимых аллелей, – 14,3; 25,8 и 32,8 кг соответственно.



Встречаемость комплексных генотипов *GH/HaeIII* и *GDF9/BstHHI* популяции ремонтного молодняка овец дагестанской горной породы ($n = 36$)



При сопоставлении и анализе величины живой массы разных генотипов по гену *GDF9/BstHHI* было установлено, что животные-носители комплексных генотипов *GH^{AA}GDF9^{AA}*, *GH^{AA}GDF9^{AG}* и *GH^{AB}GDF9^{AA}* по величине среднесуточного прироста превосходили сверстников-носителей комплексного генотипа *GH^{AA}GDF9^{GG}* в 2-месячном возрасте на 3,8; 1,0 и 7,5 %; в 4-месячном – 0,8; 1,7 и 0,7 %; в 8-месячном – 2,9; 8,6 и 14,4 % соответственно.

Заключение. В результате проведенных генетических исследований был определен полиморфизм генов гормона роста (*GH/HaeIII*) и дифференциального фактора роста (*GDF9/BstHHI*) ремонтного молодняка дагестанской горной породы. Также были выявлены комплексные генотипы, изучена взаимосвязь между генотипами и живой массой животных в определенные периоды времени.

Полученные данные свидетельствуют о том, что для повышения живой массы у овец дагестанской горной породы предпочтителен отбор животных-носителей с желательным генотипом, которые имеют селекционно значимую аллель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханбабаев В. В., Пахомова Е. В., Сычева И. Н. Мясная продуктивность овец дагестанской горной породы в возрастной динамике // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 2. С. 29–31.
2. Анализ полиморфизма генов CAST, GH и GDF9 у овец дагестанской горной породы / А. М. Абдулмуслимов [и др.] // Зоотехния. 2020. № 11. С. 5–8.
3. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец дагестанской горной породы / А. А. Оздемиров [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16. № 2. С. 39–44.
4. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец горно-алтайской породы / М. И. Селионова [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. №1. С. 92–00.
5. Особенности полиморфизма генов GH-HaeIII, CAST-MspI у овец разных пород / А. И. Сувор [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 81–84. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp81-84.
6. Полиморфизм генов GH, CAST у овец в связи с показателями резистентности / Л. Н. Чижова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 75–77.
7. Сердюк Г. Н., Пritужалова А. О. ДНК-маркеры в селекции овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. №. 2. С. 10–11.
8. Полиморфизм генов соматотропина (GH), кальпастатина (CAST), дифференциального фактора роста (GDF 9) у овец татарстанской породы / В. П. Лушников [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. №1. С. 2–3.
9. Effect of the gene GDF9 on the weight of lambs at birth / L. Getmantseva et al. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 25. No. 1. P.153–157.
10. Selionova M. I., Podkorytov N. A. Polymorphism of the gene GDF9 in sheep of Prikatun type of Altai Mountains breed and its correlation with indices of meat rate productivity // Theory and Practice of Meat Processing. 2021. Vol. 6. No. 1. P. 4–9. doi: 10.21323/2414-438X-2021-6-1-4-9.
11. Polymorphism detection of gene GDF9 and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (*Ovis aries*) / F. Wang et al. // Animals. 2021. Vol. 11. No. 2. P. 1–11. doi: 10.3390/ani11020571.

REFERENCE

1. Khanbabaev V. V., Pakhomova E. V., Sycheva I. N. Meat productivity of sheep of Dagestan mountain breed in age dynamics. *Sheep, goats, wool business*. 2020;(2):29–31. (In Russ.).
2. Analysis of polymorphism of CAST, GH and GDF9 genes in sheep of Dagestan mountain breed / A. M. Abdulmuslimov et al. *Animal science*. 2020;(11): 5–8. (In Russ.).
3. Polymorphism of CAST, GH, GDF9 genes of sheep of Dagestan mountain breed / A. A. Ozdemirov et al. *South of Russia: ecology, development*. 2021;16(2):. 39–44. (In Russ.).
4. Polymorphism of CAST, GH, GDF9 genes of sheep of the Gorno-Altai breed / M. I. Selionova et al. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 2020;50(1): 92–100. (In Russ.).
5. Features of polymorphism of GH-HaeIII, CAST-MspI genes in sheep of different breeds / A. I. Surov et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;(7):81–84. DOI 10.28983/asj.y2022i7pp81-84. (In Russ.).
6. Polymorphism of GH, CST genes in sheep in connection with resistance indicators / L. N. Chizhova et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2020;(12):75–77. (In Russ.).
7. Serdyuk G. N., Prituzhalova A.O. DNA markers in sheep breeding. *Sheep, goats, wool business*. 2019;(2):10–11. (In Russ.).
8. Polymorphism of somatotropin (GH), calpastatin (CAST), differential growth factor (GDF 9) genes in sheep of the Tatarstan breed / V. P. Lushnikov et al. *Sheep, goats, wool business*. 2020;(1):2–3. (In Russ.).
9. Effect of the gene GDF9 on the weight of lambs at birth / L. Getmantseva et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019;25(1):153–157.
10. Selionova M. I., Podkorytov N.A. Polymorphism of the gene GDF9 in sheep of Prikatun type of Altai Mountains breed and its correlation with indices of meat rate productivity. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2021;6(1):4–9. doi: 10.21323/2414-438X-2021-6-1-4-9.
11. Polymorphism detection of gene GDF9 and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (*Ovis aries*) / F. Wang et al. *Animals*. 2021;11(2):1–11. doi: 10.3390/ani11020571.

Статья поступила в редакцию 08.09.2022; одобрена после рецензирования 17.09.2022; принята к публикации 28.09.2022.
The article was submitted 08.09.2022; approved after reviewing 17.09.2022; accepted for publication 28.09.2022.

