медоносной пчелы / В.Т. Какпаков, О.В. Кабашова, А.В. Бородачев [и др.] // Пчеловодство. – 1993. – № 8. – С. 4–6.

3. Auth C. A. Nitrogen vapor immersion: An accessible alternative for honey bee (Apis mellifera L.) semen cryopreservation / C. A. Auth, B. K. Hopkins // Cryobiology Journal. – 2021. – Vol. 100. – P. 12–18. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2021.04.006.

4. Boes J. Innovations in cryoconservation of animal genetic resources / J. Boes, P. Boettcher, M. Honkatukia // FAO Animal Production and Health Guidelines. – 2023. – No. 33. – Rome : FAO. – 78 p. – DOI: 10.4060/cc3078en. – URL: https://doi.org/10.4060/cc3078en (дата обращения: 01.04.2026).

5. Castillo A. Efecto de dos crioprotectores sobre la viabilidad espermática de zánganos de abejas melíferas (Apis mellifera L.) / A. Castillo, J.L. Emesto. – Lima : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2020. – 45 p. – URL: https://hdl.handle.net/20.500.12996/4353 (дата обращения: 01.04.2026).

6. Henry L. Effect of egg yolk on sperm cryopreservation of drone (Apis mellifera) / L. Henry, D.R. Álvaro, C.M. Karen [et al.] // Abanico Veterinario. – 2019. – Vol. 9, No. 1. – P. 1–11. – DOI: 10.21929/abavet2019.921.

7. Hopkins B. K. Sequential generations of honey bee (Apis mellifera) queens produced using cryopreserved semen / B. K. Hopkins, C. Herr, W. S. Sheppard // Reproduction, Fertility and Development. – 2012. – Vol. 24. – P. 1079–1083. – URL: https://www.researchgate.net/publication/ (дата обращения: 01.04.2026).

8. Rajamohan A. A non-activating diluents to prolong in vitro viability of Apis mellifera spermatozoa: Effects on cryopreservation and on egg fertilization / A. Rajamohan, R. G. Danka, B. K. Hopkins [et al.] // Cryobiology. – 2020. – Vol. 92. – P. 124–129. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2019.11.045.

9. Wegener J. In vivo validation of in vitro quality tests for cryopreserved honey bee semen / J. Wegener, T. May, U. Knollman [et al.] // Cryobiology Journal. – 2012. – Vol. 65. – P. 126–131. – DOI: 10.1016/j.cryobiol.2012.04.010.

10. Wegener J. Zwei Bieneninstitute legen in Deutschland eine neue Kryobank für Honigbienen an / J. Wegener, V. Viert, M. Meixner [et al.] // Deutsches Bienen Journal. – 2019. – Vol. 8. – P. 62.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-54
УДК 575.17:636.32/.38.034

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНОВ FASN И CSN3 КАК МАРКЕРОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ

Евлагина Дарья Дмитриевна, канд. биол. наук
Карпова Екатерина Дмитриевна, канд. биол. наук
Синякина Елена Владимировна, аспирант
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Российская Федерация

Проведён анализ полиморфизма генов FASN и CSN3 у овец пород лакон, дагестанская горная и их помесей (½ дагестанская горная × лакон). По гену FASN установлено доминирование С аллеля во всех группах при полной мономорфности у породы лакон, при этом редкий аллель Т встречается с низкой частотой и не оказывает достоверного влияния на удой. По гену CSN3 во всех выборках преобладает аллель А (частота 0,87–0,91), а различия по величине удоя между разными генотипами статистически незначимы. Следовательно, целесообразным проведение аналогичных исследований на более многочисленных популяциях, включая другие породы овец разного направления продуктивности.

Ключевые слова: аллельные варианты; гены; FASN; CSN3; овцы; продуктивность

MOLECULAR AND GENETIC ANALYSIS OF FASN AND CSN3 GENES AS MARKERS OF SHEEP MILK PRODUCTIVITY

Evlagina Daria Dmitrievna, PhD Biol. Sci.
Karpova Ekaterina Dmitrievna, PhD Biol. Sci.
Sinyakina Elena Vladimirovna, PhD Student
North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Russian Federation

An analysis of the *FASN* and *CSN3* gene polymorphisms was performed in Lacaune, Dagestan Mountain sheep, and their crossbreeds (½ Dagestan Mountain × Lacaune). For the *FASN* gene, a predominance of the C allele was observed in all groups, with complete monomorphism in the Lacaune breed; the rare T allele occurred at a low frequency and did not exert a significant effect on milk yield. For the *CSN3* gene, the A allele prevailed in all samples (frequency 0.87–0.91), and differences in milk yield between different genotypes were not statistically significant. Therefore, it is advisable to conduct further analogous studies on larger populations, including other sheep breeds of varying productivity directions.

Keywords: allelic variants; genes; *FASN*, *CSN3*, sheep; productivity

Молочное овцеводство представляет собой одно из динамично развивающихся и перспективных направлений животноводства, привлекающее всё большее внимание как исследователей, так и практиков. Интерес к этой отрасли обусловлен традиционным использованием овечьего молока для производства высококачественных сыров и кисломолочных продуктов [1, 4]. Генетический потенциал животных во многом определяется аллельным полиморфизмом генов-кандидатов. Среди генов ответственных за молочную продуктивность особый интерес представляют *FASN* (синтаза жирных кислот), участвующий в биосинтезе длинноцепочечных жирных кислот, и *CSN3* (каппа-казеин), кодирующий один из основных белков молочной фракции [6, 7]. Многочисленные исследования, выполненные на крупном рогатом скоте, свидетельствуют о наличии ассоциаций между полиморфными вариантами данных локусов и показателями молочной продуктивности [2, 3, 5]. В овцеводстве, однако, подобные работы немногочисленны, а их результаты нередко противоречивы, что обусловлено как породной спецификой, так и недостаточным объёмом выборок.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы явилось изучение полиморфизма генов *FASN*, *CSN3* у овец разных пород и оценка связи выявленных полиморфных вариантов с уровнем их молочной продуктивности. Полученные данные позволяют уточнить роль изученных генов в формировании признака у овцематок и могут быть использованы при планировании селекционных программ, направленных на повышение молочной продуктивности.

Методика исследований. Материалом для исследования послужили образцы крови, отобранные 39 овцематок породы лакон, 51 помесной особи (½ дагестанская горная × лакон) и 40 чистопородных животных дагестанской горной породы.

Генотипирование проведено методом ПЦР-ПДРФ по двум генам-кандидатам: *FASN* и *CSN3*. Выделение ДНК из образцов крови осуществляли на автоматизированной станции Nexor 96 (НПФ «НекстБио», Россия) с использованием коммерческого набора Magnoprime Vet (ООО «Диагностические системы», Россия). Постановку полимеразной цепной реакции выполняли на планшетном амплификаторе Thermal Cycler C1000 Touch PCR Gradient (Bio-Rad Laboratories, Inc., США) с применением наборов GenPak® PCR Core (ООО «Изоген», Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Условия амплификации, последовательности использованных праймеров (ООО НПФ «Синтол», Россия) и эндонуклеаз рестрикции (ООО «СибЭнзайм», Россия) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательности праймеров и эндонуклеаз рестрикции

Ген	Последовательность праймеров	Температура отжига	Рестриктаза
FASN	F:5'– tgagatggggcagcaggcct –3' R:5'– ggaacactgttcgcttgcggg –3'	60 °C	*BspAC I*
CSN3	F: 5'– tcccaatgttgtactttcttaacatc –3' R: 5'– gcgttgtcctctttgatgtctccttag –3'	58 °C	*Hae III*

Методом горизонтального электрофореза в агарозном геле определяли длины рестрикционных фрагментов в УФ-свете, контролем служил маркер молекулярной массы ДНК 50+ bp (ООО «Изоген», Россия). Показатели удоя определяли путём проведения проведения ежемесячных контрольных доек. Контрольные дойки осуществлялись дважды в сутки, с интервалом в 12 часов, доильным аппаратом Melasty Junior TJKKC2-PS, в течение всего лактационного периода.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ полиморфизма локуса гена *FASN* у чистопородных дагестанских горных овец показал, что аллель С доминировал (частота 0,99) (таблица 2).

Таблица 2 – Частота встречаемости аллелей и генотипов овцематок по генам FASN и CSN3

Порода	Показатель				
	Частота встречаемости аллеля		Частота встречаемости генотипа, %		
	Ген *FASN*				
	C	T	CC	CT	TT
дагестанская горная	0,99	0,01	97,5	2,5	0
помеси (½ дагестанская горная × лакон)	0,95	0,05	92,1	5,9	2,0
лакон	1,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Ген *CSN3*					
	A	B	AA	AB	BB
дагестанская горная	0,91	0,09			
помеси (½ дагестанская горная × лакон)	0,88	0,12			
лакон	0,87	0,13			

У дагестанских горных овец полиморфизм гена *FASN* отмечен преобладанием животных носителей гомозиготного СС генотипа – 97,5 % (n = 39), вследствие чего встречались единичные гетерозиготы СТ – 2,5 % (n = 1). Ген *FASN* у овец породы лакон оказался мономорфным по С аллелю. У овец породы лакон частота встречаемости гомозиготного СС генотипа составила 100,0 %. Частота аллелей в популяции помесных овец составили: С – 0,95, Т – 0,05, что соответствует низкому уровню полиморфизма данного локуса и подтверждает доминирование аллеля С как у чистопородных овец, так и у помесных животных. В выборке преобладал гомозиготный генотип СС, встречающийся у 47 животных (92,1 %), гетерозиготы СТ составили всего лишь 5,9 % (n = 3), а гомозиготный ТТ генотип был выявлен только у одного животного – 2,0 %.

Анализ полиморфизма гена *CSN3* во всех исследованных группах овец: лакон, дагестанской горной и помесных животных выявил доминирование аллеля А – 0,87; 0,91 и 0,88 соответственно. Частота встречаемости В аллеля оказалась ниже и составила 0,13; 0,09 и 0,12 соответственно.

У чистопородных овец дагестанской горной породы преобладали особи с гомозиготным АА генотипом – 87,5 % (n = 35), частота гетерозигот АВ составила 7,5 % (n = 3), а гомозигот ВВ – 5,0 % (n = 2). В выборке овец породы лакон распределение генотипов характеризовалось также преобладанием гомо-

зигот АА – 79,5 % (n = 31) тогда как гетерозиготный АВ генотип встречался с частотой 15,4 % (n = 6), а частота гомозиготного ВВ варианта составила 5,1 % (n = 2). Преобладание гомозигот АА по исследуемому гену отмечено и в выборке помесных животных, где их частота встречаемости составила 80,4 % (n = 41). Частота встречаемости особей-гетерозигот равно 13,7 % (n = 7), гомозигот ВВ – 5,9 % (n = 3).

В ходе исследования проведён анализ показателей молочной продуктивности у овец всех трёх групп в разрезе генотипов по двум генам. У овец породы лакон (n = 39) был выявлен только гомозиготный СС генотип по локусу гена *FASN*, следовательно, средний удой в этой группе составил 330,1 кг (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели молочной продуктивности у разных пород овец по гену FASN

Порода	Генотипы / удой, (кг)		
лакон (n = 39)	*CC* (n = 39)	*CT* (n = 0)	*TT* (n = 0)
	330,1±1,67	–	–
дагестанская горная (n = 40)	*CC* (n = 39)	*CT* (n = 1)	*TT* (n = 0)
	81,7±1,64	81,9	–
½ дагестанская горная × лакон (n = 51)	*CC* (n = 47)	*CT* (n = 3)	*TT* (n = 1)
	129,6±1,30	129,0±1,29	128,9

Среди дагестанских горных овец выявлено, что показатели удоя для генотипов СС и СТ оказались сопоставимыми: 81,7 и 81,9 кг соответственно, что свидетельствует об отсутствии выраженного влияния редкого аллеля Т на уровень молочной продуктивности у данной породы. В группе помесных (½ дагестанская горная × лакон) удой у носителей гомозиготного СС генотипа составил 129,6 кг, у животных с гетерозиготным СТ вариантом – 129,0 кг, и у гомозиготных овец по аллелю Т (генотип ТТ) – 128,9 кг. Различия между генотипами статистически незначимы, что позволяет предположить нейтральный характер полиморфизма *FASN* в отношении удоя у помесных животных.

При изучении влияния полиморфизм гена *CSN*3 на удой овец породы лакон установлено, что наибольший удой отмечен у гомозигот АА – 326,2 кг. У особей с гетерозиготным АВ генотипом он составил 324,3 кг, а у гомозигот с генотипом ВВ – 324,1 кг (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели молочной продуктивности у разных пород овец по гену CSN3

Порода	Генотипы / удой, (кг)		
лакон (n = 39)	*AA* (n = 31)	*AB* (n = 6)	*BB* (n = 2)
	326,2±1,06	324,3±1,28	324,1±4,10
дагестанская горная (n = 40)	*AA* (n = 35)	*AB* (n = 3)	*BB* (n = 2)
	83,4±1,51	81,2±1,13	82,9±1,04
½ дагестанская горная × лакон (n = 51)	*AA* (n = 41)	*AB* (n = 7)	*BB* (n = 3)
	130,1±1,10	129,4±1,12	129,6±1,22

Наблюдается тенденция к незначительному снижению удоя при наличии аллеля В, однако различия находятся в пределах ошибки среднего. У дагестанской горной породы средний удой для гомозиготных овец с гепотипами АА и ВВ составил: 83,4 и 82,9 кг, соответственно, тогда как у гетерозиготных животных данный показатель был ниже – 81,2 кг. В группе помесных животных (½ дагестанская горная × лакон) средняя величина удоя для гомозигот АА зафиксирована на уровне 130,1 кг. У особей с генотипом АВ этот показатель равнялся 129,4 кг, а у гомозигот ВВ – 129,6 кг. Полученные данные указывают на отсутствие достоверного влияния полиморфизма *CSN3* на величину удоя у помесных овец.

Выводы. Обобщение результатов про-

ведённого исследования позволяет сформулировать следующие выводы. По гену *FASN* порода лакон мономорфна (генотип CC, 100 %), тогда как у дагестанских горных овец и помесей выявлен низкий уровень полиморфизма с доминированием аллеля C (частота 0,95–0,99). По гену *CSN3* во всех исследуемых выборках преобладает аллель A (частота 0,87–0,91), а распределение генотипов соответствует доминированию гомозиготного AA генотипа. Достоверных различий по величине удоя между разными генотипами по двум генам в пределах каждой породной группы не установлено. Для подтверждения сделанных заключений представляется целесообразным проведение аналогичных исследований на более многочисленных популяциях, включая другие породы овец разного направления продуктивности.

Список литературы

1. Карпова Е. Д. Идентификация генетических маркеров в селекции молочного овцеводства с помощью молекулярно-генетических методов / Е. Д. Карпова, Л. В. Кононова, Д. Д. Евлагина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 4 (82). – С. 355–366. – DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-38.

2. Кононова Л. В. Полиморфизм генов бета-казеина (CSN2) и каппа-казеина (CSN3) у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности (обзор) / Л. В. Кононова, Д. Д. Евлагина, Г. П. Ковалева [и др.] // Главный зоотехник. – 2024. – № 10 (255). – С. 38–53. – DOI: 10.33920/sel-03-2410-04.

3. Романенкова О. С. Влияние однонуклеотидных полиморфизмов гена синтазы жирных кислот (FASN) на продуктивные показатели крупного рогатого скота молочных пород / О. С. Романенкова, А. А. Зимина, Е. Н. Коновалова // Вестник Курганской ГСХА. – 2025. – № 4 (56). – С. 50–60.

4. Современные подходы к оценке молочной продуктивности в овцеводстве и козоводстве : методические рекомендации / А. И. Суров, Е. Д. Карпова, Д. Д. Евлагина [и др.]. – Ставрополь : Ставрополь-Сервис-Школа, 2025. – 69 с. – ISBN 978-5-605-52690-2.

5. Щипакова Е. Н. Характеристика молочного белка каппа-казеина крупного рогатого скота / Е. Н. Щипакова, И.С. Кожевникова // Молочное и мясное скотоводство. – 2023. – № 6. – С. 20–24. – DOI: 10.33943/MMS.2023.75.39.004.

6. Fadhil I. A. Genetic polymorphisms of CSN3 gene and its effect on some production traits / I.A. Fadhil // Iraqi Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 50, No. 2. – P. 500–505.

7. Garcia-Fernandez M. The identification of QTL that affect the fatty acid composition of milk on sheep chromosome 11 / M. Garcia-Fernandez, B. Gutierrez-Gil, E. Garcia-Gamez [et al.] // Animal Genetics. – 2009. – Vol. 41, No. 3. – P. 324–328. – DOI: 10.1111/j.1365-2052.2009.02000.x.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-55
УДК 636.74:591.5

РОЛЬ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ПОРТРЕТА У ГОЛЛАНДСКОЙ ОВЧАРКИ: АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ И КАСТРАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

Жукова Юлия Львовна, аспирант
ФГБОУ ВО РГУНХ им. Вернадского, Университет Синергия, г. Москва, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследования влияния возрастных факторов и кастрации на поведенческие характеристики голландской овчарки (пастушьей собаки). На выборке из 38 собак, разделенных на четыре группы (молодые некастрированные 0–2 года, взрослые некастрированные 3–6 лет, старые некастрированные старше 7 лет и кастрированные животные), был проведен сравнительный анализ с использованием 20 поведенческих шкал комбинированного опросника C-BARQ/WDC-BARQ. Полученные данные интерпретиру-