

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛШТИНСКОГО КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, РАЗВОДИМОГО В ООО «РАКОВСКОЕ» ПРИМОРСКОГО КРАЯ

**Елена Борисовна Шукюрова, кандидат биологических наук
Марина Ринатовна Назарова, младший научный сотрудник**

Денис Александрович Шинкоренко, младший научный сотрудник

*ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Восточное, Хабаровский край, Россия*

E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Аннотация. Установлена иммуногенетическая структура голштинского крупного рогатого скота, завезенного из Германии и Венгрии в Приморский край. Для исследуемой группы животных (1116 голов) характерно наличие редких антигенов – Z' (EAA-локус), P₂, T₂, Q, I', J'₂, K', P', Y', B'' (EAB-локус), R₁ (EAC-локус) и M (EAM-локус). Их суммарная частота встречаемости составила 17,64%. С высокой частотой встречаются антигены – A₂ (EAA-локус), G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, G', Q' (EAB-локус), C₁, C₂, E, W, X₂ (EAC-локус), F (EAF-локус), H' (EAS-локус), они обнаружены у 40,05–98,39% животных. Анализ распределения генотипов в EAF-локусе показал нарушение генетического равновесия, которое вызвано переизбытком гомозиготных генотипов V/V и недостатком гетерозиготных F/V. Анализ распределения EAB-аллелей выявил высокую частоту встречаемости аллеля G₂Y₂E'₂Q' (q=0,2711), а также наличие в исследуемой группе животных аллелей, характерных для черно-пестрого, красного степного и других пород крупного рогатого скота. Уровень гомозиготности (C_a) по EAB-локусу составил 10,9%. Полученные материалы будут использованы в дальнейшем для совершенствования селекционно-племенной работы с голштинским скотом.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, европейская селекция, эритроцитарные антигены, EAB-локус, частота встречаемости, генное равновесие, уровень гомозиготности (C_a)

GENETIC CHARACTERISTIC OF HOLSTEIN CATTLE BRED AT RAKOVSKOYE LLC OF PRIMORSKY TERRITORY

E.B. Shukyurova, PhD in Biological Science

M.R. Nazarova, Junior Researcher

D.A. Shinkorenko, Junior Researcher

Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Vostochnoye village, Khabarovsk Territory, Russia

E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Abstract. The immunogenetic structure of Holstein cattle being imported from Germany and Hungary is determined. The presence of antigens being met seldom – Z' (EAA-locus), P₂, T₂, Q, I', J'₂, K', P', Y', B'' (EAB-locus), R₁ (EAC-locus) and M (EAM-locus) is characteristic of the researched group of animals (1116 heads). Their summary frequency of being met made 17,64%. The antigens – A₂ (EAA-locus), G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, G', Q' (EAB-locus), C₁, C₂, E, W, X₂ (EAC-locus), F (EAF-locus), H' (EAS-locus) are met with high frequency. They have been discovered in 40,05–98,39% of animals. Analysis of distribution of the genotypes in EAF-locus pointed to the breach of genetic balance, that is caused by oversurplus of homozygous genotypes V/V and shortage of heterozygous F/V. Analysis of distribution of EAB-alleles exposed the high frequency of being met of the allele G₂Y₂E'₂Q' (q=0,2711), and also a presence in the researched group of animals the alleles typical for the black and white cattle, red steppe and other breeds of cattle. The level of homozygosity (C_a) concerning EAB-locus made 10,9%. The received materials will be used in future for the improvement of selection and breeding work with the imported Holstein cattle.

Keywords: cattle, Holstein breed, European selection, erythrocytic antigens, EAB-locus, frequency of being met, gene balance, level of homozygosity.

Селекционно-племенная работа с крупным рогатым скотом выходит на уровень генетического анализа селекционных процессов. Без знания генотипа животного нельзя в полной мере судить о его индивидуальности, наследственности и изменчивости, ориентируясь лишь на фенотипические проявления признаков. Использование иммуногенетических методов в селекционной работе позволяет переводить ее на более высокий уровень из-за дополнения генеалогических данных информацией об антигенах и аллелях крови племенных животных. [2, 13] Для анализа генетических процессов в стаде, породе применяют маркерную селекцию. Это такой способ оценки животных, который со временем заменит традиционную оценку в животноводстве. Главное преимущество метода заключается

в выявлении особей с ценными генами и сохранении их в популяции. К традиционным маркерам относятся группы крови. [10, 11]

Кодоминантный тип наследования групп крови, неизменность в период постэмбрионального развития животного, широкое разнообразие антигенных факторов позволяют различать по типу крови каждую особь популяции, породы, стада, за исключением однойцовых близнецов, и делают их удобными маркерами при оценке степени генетического разнообразия и сходства пород. Изучение частоты встречаемости антигенных факторов и аллелей разных локусов групп крови в стадах животных помогает объективно оценивать степень однородности породы, выявлять индивидуальные, групповые и популяционные особенности,

следить за изменением генетической структуры стада при селекции, а также определять уровень гетерогенности и планировать разведение так, чтобы поддерживать биологическое разнообразие. [5, 6]

В животноводстве Приморского края ведется работа по увеличению поголовья. Крупный рогатый скот завозят из Европы и Америки. Племенные коровы европейской и американской селекции способны давать до 10 тыс. л молока в год, что поможет обеспечить приморский рынок качественным и недорогим продуктом. У *голландских* коров репродуктивная функция сохраняется в течение длительного времени, также у них высокая приспособляемость к условиям содержания и кормления.

Завозной *голландский* скот представляет научный и практический интерес не только в области интерьерных особенностей и хозяйственно полезных качеств, но и генетических признаков.

Первая партия (165 гол.) племенных *голландцев* в ООО «Раковское» прибыла из Германии в 2015 году. Несколько партий нетелей были завезены из Венгрии. [1, 12] В 2021 году на ферме содержалось более 1200 гол., в том числе 671 корова. Молочная продуктивность за 305 дн. лактации по стаду составила 9428 кг, жир – 3,76%. Это самый высокий показатель в крае. [4]

Цель работы – изучить генетическую структуру по группам крови, завезенного из Европы в Приморский край *голландского* крупного рогатого скота, для использования полученных данных в селекционно-племенной работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2016 по 2022 год провели исследования групп крови в лаборатории иммуногенетической экспертизы ХФИЦ ДВО РАН – обособленное подразделение ДВ НИИСХ. Изучали *голландский* крупный рогатый скот, завезенный из Германии и Венгрии в ООО «Раковское» Приморского края. Взятие крови у животных, постановку реакций гемолиза эритроцитов проводили с применением 48 сывороток-реагентов девяти генетических локусов групп крови животных. [3] Частоту встречаемости антигенов и аллелей EAB-локуса определяли общепринятым методом. Генное равновесие в EAF-локусе, уровень гомозиготности (C_a) по EAB-локусу вычисляли по формуле Робертсона. Число эффективных аллелей (N_a) определяли делением единицы на коэффициент гомозиготности. [7]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 1116 исследованных животных из 48 антигенных факторов выявлены 45, контролируемых аллельными генами девяти хромосомных локусов. Частота распространения антигенов варьирует от 0 (Z' , Q и B'') до 98,39% (F) (табл. 1).

В EAA – локусе групп крови определяли антигены A_2 (выявлен у 47,13% животных) и Z' (не обнаружен). Последний редко встречается у большинства пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. [8]

В многофакторном локусе EAB из 27 антигенов выявлены 25 с широким диапазоном частоты встречаемости – 0,36 (T_2)...77,1% (E'_3). Антигены G_2 , G_3 , Y_2 , E'_2 ,

Таблица 1.
Частота антигенов групп крови у голштинского крупного рогатого скота, разводимого в ООО «Раковское»

Локус	Антиген	Частота, q	Локус	Антиген	Частота, q
EAA	A_2	47,13	EAB	P'	2,69
	Z'	0		Q'	56,9
EAB	B_2	21,68		Y'	2,69
	G_2	49,64		B''	0
	G_3	49,64		G''	25,63
	I_1	10,93	EAC	C_1	47,76
	I_2	15,32		C_2	47,76
	K	6,27		E	53,67
	O_1	27,33		R_1	1,97
	O_2	31,09		W	41,85
	P_2	2,33		X_2	81,90
	Q	0		L'	17,83
	T_2	0,36	EAF	F	98,39
	Y_2	55,11		V	14,16
	B''	15,05	EAJ	J	28,58
	D'	25,63	EAL	L	28,58
	E'_2	55,56	EAM	M	0,81
	E'_3	77,15	EAS	S_1	26,16
	A'_2	11,74		H'	83,33
	G'	40,05		U'	11,47
	I'	1,61		H''	10,93
	J'_2	3,59		U	11,29
	K'	3,59		U''	10,75
	O'	27,6	EAZ	Z	36,65

E'_3 , G' , Q' встречались у 40,05...77,15% животных, P_2 , T_2 , Q , I' , J'_2 , K' , P' , Y' , B'' – 0...3,59%.

В EAC-локусе групп крови обнаружено семь антигенов. С высокой частотой встречались антигены C_1 , C_2 , W , E , X_2 (41,85...81,90%), R_1 – у 1,97% животных.

EAF-локус представлен антигенами F и V : частота первого – 98,39, второго – 14,16%.

В изученной группе определили генное равновесие в двухаллельном локусе групп крови EAF, в котором серологически дифференцируются три генотипа (два гомозиготной формы и один гетерозиготной).

Анализ распределения генотипов показал нарушение генетического равновесия, которое вызвано переизбытком гомозиготных генотипов V/V и недостатком гетерозиготных F/V . Величины χ^2 превышают стандартное значение. Нарушение равновесия по тем или иным аллелям групп крови в стадах, где ведется отбор по хозяйственным признакам, может косвенно указывать на существование генетической связи между ними. В случае сцепления генов групп крови с генами, контролирующими продуктивность животных, селекция на улучшение продуктивных качеств должна увеличивать концентрацию определенных генов групп крови.

Антигены J и L EAJ и EAL локусов встречаются у 28,58% животных. EAM-локус представлен одним антигеном M , частота которого незначительна (0,81%). В EAS-локусе выявлено шесть антигенов (S_1 , H' , U'' , H'' , U , U'''), наибольшая частота встречаемости у H' – 83,33%. В EAZ-локусе – антиген Z (36,65%).

Для генетической характеристики породы важное значение имеют аллели, контролирующие группы крови. При этом простые системы групп крови, в связи

с небольшим разнообразием аллелей, имеют второе значение. Мы рассмотрели аллелофонд по EAB-локусу, аллели, контролирующие наследственное сочетание антигенов в группах крови по EAB-локусу у голштинского скота.

В EAB-локусе выявлено 54 аллеля с различной частотой встречаемости, большинство из которых характерны для голштинской породы (табл. 3). Анализ показал значительную разницу в их концентрации, высокую имеют семь аллелей B_2O_1B' – 0,0703, $G_2Y_2E'_3Q'$ – 0,2711, $I_1(I_2)$ – 0,0439, $D'E'_3G'O'$ – 0,1147; $E'_3G'G''$ – 0,0439, Q' – 0,0560, «b» – 0,0780. Их суммарная частота – 0,6779, 47 аллелей обнаружены у отдельных особей с частотой встречаемости в общем генофонде – 0,3221. Такая незначительная концентрация указывает на то, что многие из них вытесняются отбором и, если в сле-

дующих поколениях не будет производителей с этими аллелями, они могут полностью исчезнуть.

В анализируемой группе животных встречались аллели, свойственные другим породам как молочного, так и мясного направления. Например, аллели $B_2Y_2E'_3G'G''$, I_1O_1 , $O_1D'G'Q'$, $Y_2A'_2D'G'Q'$, $Y_2D'E'_3O'$, $E'_3O'Q'$ характерны для черно-пестрого скота, $B_2G_2KY_2E'_3G'O'G''$, $P_2A'_2$, $Y_2D'E'_3Q'G''$ – крупного рогатого скота мясных пород, $E'_3G'Q'G''$ – красного степного, $O_1P_2Y_2$, $Y_2E'_3$, $E'_3A'_2$, E'_3O' – бурых и красных пород. [9]

По анализу аллелей EAB-локуса можно судить о степени гомо- и гетерозиготности наследственных признаков, важных для селекции особенностей генотипа. Уровень гомозиготности (C_a) в исследуемой группе – 10,9 вызван высокой концентрацией аллелей $G_2Y_2E'_3Q'$ и $D'E'_3G'O'$ (38,58%).

Состояние аллелофонда исследуемой группы животных характеризуется показателем числа действующих эффективных аллелей, который составил 9,2. Увеличение уровня гомозиготности (C_a) сопровождается уменьшением числа эффективных аллелей (N_a), снижением генетического и фенотипического разнообразия, что приводит к повышению однородности популяции.

Полученные новые знания по иммуногенетической структуре голштинского крупного рогатого скота, завезенного из Европы в Приморский край, будут использованы для повышения эффективности селекционно-племенной работы.

Таблица 2.

Частота аллелей и распределение генотипов по EAF-локусу групп крови

Частота аллеля	Генотип	Распределение генотипов		χ^2	p
		фактическое	ожидаемое		
F-0,9211+0,0057	F/F	958	946,8	6,7	p<0,01
	F/V	140	162,3		
V-0,0789+0,0057	V/V	18	6,9	6,7	p<0,01
		1116	1116		

Таблица 3.

Частота аллелей EAB-локуса групп крови у голштинского крупного рогатого скота, разводимого в ООО «Раковское»

Аллель EAB-локуса	Частота, q	Аллель EAB-локуса	Частота, q
$B_2G_2O_1$	0,0009	$P_2A'_2$	0,0054
$B_2G_2KY_2A'_2O'$	0,0027	Y_2	0,0112
$B_2G_2KY_2E'_3G'O'G''$	0,0013	$Y_2A'_2$	0,0085
$B_2G_2Y_2E'_3G'Q'G''$	0,0018	$Y_2A'_2D'G'Q'$	0,0013
B_2I_1	0,0063	$Y_2D'E'_3O'$	0,0018
$B_2I_2Y_2E'_3I'O'G''$	0,0018	$Y_2D'E'_3Q'G''$	0,0009
B_2O_1	0,0112	$Y_2E'_3$	0,0031
$B_2O_1Y_2D'$	0,0018	$Y_2E'_3G'I'O'Q'$	0,0009
B_2O_1B'	0,0703	$Y_2E'_3G'Y'G''$	0,0036
$B_2Y_2E'_3G'G''$	0,0013	$Y_2G'G''$	0,0103
$B_2Y_2A'_2E'_3G'P'Q'G''$	0,0206	Y_2Y'	0,0004
G_2I_1K	0,0273	Y_2Q'	0,0013
G_2O_1	0,0116	A'_2	0,0054
$G_2O_1Y_2$	0,0054	$B'Q'$	0,0045
$G_2Y_2A'_2D'$	0,0004	$D'E'_3G'O'$	0,1147
$G_2Y_2E'_3Q'$	0,2711	E'_2	0,0148
$G_3O_1T_1E'_2K'G''$	0,0009	$E'_3A'_2$	0,0013
$I_1(I_2)$	0,0439	E'_3G'	0,0013
I_1O_1	0,0027	$E'_3G'O'G''$	0,0179
$I_2Y_2A'_2$	0,0013	$E'_3G'Q'G''$	0,0049
$O_1(O_2)$	0,0170	$E'_3G'G''$	0,0439
$O_1P_2Y_2$	0,0013	E'_3O'	0,0170
$O_1Y_2E'_3G'G''$	0,0175	$E'_3O'Q'$	0,0013
$O_1(O_2)A'_2$	0,0121	E'_3G''	0,0269
$O_1A'_2J'_2K'O'$	0,0103	I'	0,0045
$O_1D'G'Q'$	0,0049	Q'	0,0560
O_2Y_2	0,0009	«b»	0,0780
		прочие	0,0099

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильева Н.В. Акклиматизация импортного голштинского черно-пестрого скота в условиях ООО «Раковское» Приморского края // Горное сельское хозяйство. 2017. № 2. С. 102–106.
2. Данилкив Э.И. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1. С. 32–37.
3. Дунин И.М., Новиков А.А., Романенко М.И. и др. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота. М.: Росинформагротех, 2003. 48 с.
4. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем., 2022. 262 с. ISBN 978-5-87958-423-3.
5. Ильина А.В., Коновалов А.В., Хуртина О.А., Соколова Е.А. Генетический полиморфизм групп крови у крупного рогатого скота ярославской породы. Межд. науч. конф. «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». Борзовск: ВНИИФБиП, 2015. С. 174–178.
6. Марзанов Н.С., Саморуков Ю.В., Ескин Г.В. и др. Сохранение биоразнообразия. Генетические маркеры и селекция животных // Сельскохозяйственная биология. 2006. № 4. С. 3–19.
7. Машуров А.М., Сухова Н.О., Царев Р.О., Тхань Х.Х. Алгоритмы иммунобиохимической генетики: учебно-метод. пособие. Новосибирск: СО РАСХН, 1998. 112 с.
8. Машуров А.М., Сухова Н.О. Фонд антигенов пород крупного рогатого скота и родственных ему видов. Справ. каталог. Новосибирск: СО РАСХН, 1994 – 125 с.
9. Попов Н.А., Ескин Г.В. Аллелофонд пород крупного рогатого скота по EAB-локусу: справочный каталог. Москва, 2000. 299 с.

10. Рыжова Н.Г., Зюзин Д.В. Использование молекулярно-генетических маркеров в селекции скота. XLIX Огаревские чтения. Мат. науч. конф.: Часть 2. Саранск, 2021. С. 67–71.
11. Уливанова Г.В., Глотова Г.Н., Федосова О.А., Рыданова Е.А. Анализ использования генотипирования по полиморфным системам групп крови и белкам молока в племенном и промышленном скотоводстве // Вестник Рязанского государственного агротехнического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1(45). С. 63–69. doi: 10.36508/RSATU.2020.45.1.011.
12. Электронный ресурс. <https://primamedia.ru/news/1116260/>
13. Sota E. et al. Genetic monitoring of Polish Red cattle Text. // Wiadomosci Zootechniczne. 2005. Vol. 43. No. 2. PP. 55–62.
5. Il'ina A.V., Konovalov A.V., Hurtina O.A., Sokolova E.A. Geneti-cheskij polimorfizm grupp krovi u krupnogo rogatogo skota yaroslavskoj porody. Mezhd. nauch. konf. «Aktual'nye problemy biologii v zhivotnovodstve». Borovsk: VNIIFBiP, 2015. S. 174–178.
6. Marzanov N.S., Samorukov Yu.V., Eskin G.V. i dr. Sohranenie bioraznoobraziya. Geneticheskie markery i selekciya zhivotnyh // Sel'skohozyajstvennaya biolo-giya. 2006. № 4. S. 3–19.
7. Mashurov A.M., Suhova N.O., Carev R.O., Than' H.H. Algoritmy im-munobiohimicheskoj genetiki: uchebno-metod. posobie. Novosibirsk: SO RASKHN, 1998. 112 s.
8. Mashurov A.M., Suhova N.O. Fond antigenov porod krupnogo rogado-go skota i rodstvennyh emu vidov. Sprav. katalog. Novosibirsk: SO RASKHN, 1994 – 125 s.
9. Popov N.A., Eskin G.V. Allelofond porod krupnogo rogatogo skota po EAV-lokusu: spravochnyj katalog. Moskva, 2000. 299 s.
10. Ryzhova N.G., Zyuzin D.V. Ispol'zovanie molekulyarno-geneticheskikh markerov v selekcii skota. XLIX Ogarevskie chteniya. Мат. науч. конф.: Chast' 2. Saransk, 2021. S. 67–71.
11. Uliyanova G.V., Glotova G.N., Fedosova O.A., Rydanova E.A. Ana-liz ispol'zovaniya genotipirovaniya po polimorfnyim sistemam grupp krovi i belkam moloka v plemennom i promyshlennom skotovodstve // Vestnik Rya-zanskogo gosudarstvennogo agrotekhnicheskogo universiteta im. P.A. Kosty-cheva. 2020. № 1(45). S. 63–69. doi: 10.36508/RSA-TU.2020.45.1.011.
12. Elektronnyj resurs. <https://primamedia.ru/news/1116260/>
13. Sota E. et al. Genetic monitoring of Polish Red cattle Text. // Wiadomosci Zootechniczne. 2005. Vol. 43. No. 2. PP. 55–62.

REFERENCES

1. Vasil'eva N.V. Akklimatizaciya importnogo golshtinskogo cherno-pestrogo skota v usloviyah OOO «Rakovskoe» Primorskogo kraja // Gornoe sel'skoe hozyajstvo. 2017. № 2. S. 102–106.
2. Danilkiv E.I. Ispol'zovanie geneticheskikh markerov v selekcion-no-plemennoj rabote s molochnym skotom // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2008. № 1. S. 32–37.
3. Dunin I.M., Novikov A.A., Romanenko M.I. i dr. Pravila geneticheskoy ekspertizy plemen-nogo materiala krupnogo rogatogo skota. M.: Rosinformagrotekh, 2003. 48 s.
4. Ezhegodnik po plemennej rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii. M.: Izdatel'stvo FGBNU VNIIPlem., 2022. 262s. ISBN 978-5-87958-423-3.

*Поступила в редакцию 16.10.2023
Принята к публикации 30.08.2023*