

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛШТИНСКОГО КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, РАЗВОДИМОГО НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Е.Б. Шукюрова¹, кандидат биологических наук,
Н.С. Марзанов², доктор биологических наук

¹Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
680521, Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное

²Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
142132, Московская область, Дубровицы, 60
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Проведены исследования групп крови крупного рогатого скота голштинской породы, разводимого в Дальневосточном федеральном округе. Установлен антигенный состав крови 6009 животных 4 популяций Хабаровского и Приморского краев, Сахалинской и Амурской областей. Проведен анализ распределения антигенных факторов, который выявил высокую частоту встречаемости во всех популяциях антигенов A₂, G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, Q', C₁, C₂, E, W, X₂, F, J, H' и низкую – антигенов Z', T₂, B', I', P', Y', B'', M, U'' и H''. Анализ распределения генотипов EAF-локуса выявил нарушение генного равновесия у голштинского скота Сахалинской области, Хабаровского и Приморского краев. Обнаружен высокий уровень генетического сходства между популяциями Приморского края и Сахалинской области, что обусловлено использованием схожего генетического материала при формировании стад. Наибольшим генетическим своеобразием обладает популяция голштинов Хабаровского края, что связано с условиями ее формирования и методами разведения. Полученные результаты могут служить ориентиром для поиска перспективных методов разведения животных и составления планов по племенной работе.

THE GENETIC CHARACTERISTIC OF THE HOLSTEIN CATTLE BREEDING IN THE FAR EAST

Shukyurova E.B.¹, Marzanov N.S.²

¹Far East Research Institute of Agriculture
680521, Khabarovskij kraj, Khabarovskij rajon, s. Vostochnoe

²Federal Science Center for Animal Husbandry,
142132, Moskovskaya oblast, Dubrovitsy, 60
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

The researches of blood groups of Holstein cattle breeding in the Far-Eastern federal district have been done. The antigen composition of blood of 6009 ani-mals of 4 populations of Khabarovsk territory, Primorye, Sakhalin and Amursk districts is defined. The analysis of distribution of antigen factors, bringing out the high frequency of antigens meeting in all populations A₂, G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, Q', C₁, C₂, E, W, X₂, F, J, H' and low – of antigens Z', T₂, B', I', P', Y', B'' M, U'' и H'' has been made. The analysis of distribution of genotypes EAF-locus showed the violation of gene balance in the three populations of Holsteincattle: Sakhalin district, and Primorye. The high level of the genetic likeness between the populations of Primorye and Sakhalin district is discovered, which is due to the use of similar genetic material in the formation of herds. The Holstein population of Khabarovsk territory has the most genetic originality. It is connected with the conditions of its forming and the breeding methods. The results of the researches may serve as landmark for the search of perspective crosses of animals and planning the breeding work.

Ключевые слова: голштинский крупный рогатый скот, группы крови, эритроцитарные антигены, генное равновесие, генетическое сходство, генетическая дистанция, дендрограмма

Key words: holstein cattle, blood groups, erythrocytes antigens, gene balance, genetic likeness, genetic course, dendrogramm

Решение теоретических и прикладных задач генетики сельскохозяйственных животных невозможно без использования полиморфных молекулярно-генетических маркерных систем, позволяющих проводить оценку внутри- и межвидовой генетической изменчивости, особенностей микроэволюционных процессов, протекающих под воздействием селекционно-племенной работы, выявлять информативные локусы генома, определяющие высокую продуктивность и устойчивость животных к заболеваниям [1]. Группы крови в качестве генетических маркеров используются в селекции крупного рогатого скота для контроля достоверности записей происхождения в племенных документах; для экспертизы породной принадлежности; в определении сходства и генетических различий между отдельными животными, линиями, семействами, стадами и породами; для улучшения воспроизводительных способностей; повышения уровня продуктивности; сохранения и контроля передачи в поколениях ценных генотипов [2, 3]. Кодоминантный тип наследования групп крови, неизменность их в период постэмбрионального развития, широкое разнообразие антигенных факторов позволяют различать по типу крови каждую

особь внутри популяции, породы, вида, за исключением однояйцевых близнецов, и делают их удобными маркерами при оценке степени генетического разнообразия и сходства пород [4].

Изучение частоты встречаемости антигенных факторов позволяет объективно оценивать степень однородности породы и планировать разведение так, чтобы поддерживать ее биологическое разнообразие. Анализируя распространение факторов различных систем групп крови, можно установить родство (или, наоборот, эволюционную удаленность) отдельных популяций. Учет генетического разнообразия необходим для определения эффективности селекции в данном стаде, оценки существования объективных предпосылок ее успеха, а также для контроля нарастания уровня гомозиготности [5, 6]. Результаты многих исследований указывают на заметные различия не только между породами, но и внутри одной породы крупного рогатого скота разных экологических зон разведения в частоте антигенов, аллелей, генотипов и их концентрациях в пределах локуса и между локусами [7, 8]. Это является отражением особенностей селекционного процесса, методов разведения, а также связано с

историй формирования пород, которые представляют собой результат сложного взаимодействия между смежными популяциями вида, человеком и внешней средой [9]. Межпопуляционные различия всегда носят групповой характер и касаются частоты и географического распространения морфологических, физиологических и генетических признаков [6]. Генетическая характеристика популяций голштинского крупного рогатого скота показывает, что частота встречаемости антигенов групп крови из разных географических зон колеблется довольно значительно [10].

Голштинская порода является самой распространенной породой молочного скота на земном шаре. Во всем мире голштинцы характеризуются непревзойденными показателями молочной продуктивности и имеют хорошую приспособленность к современным индустриальным условиям содержания и доения. Особенно замечательные качества эта порода приобрела на американском континенте. В США молочная продуктивность коров достигала 11000 кг за лактацию с содержанием жира до 3,7%. В России эта порода распространена широко, в Дальневосточном федеральном округе ее разводят в Амурской и Сахалинской областях, Хабаровском и Приморском краях [11].

Цель исследований – анализ генетической ситуации по частоте эритроцитарных антигенов групп крови крупного рогатого скота голштинской породы, разводимого в племенных хозяйствах разных зон Дальнего Востока.

Методика. Материалом для исследований послужили коровы голштинской породы сельхозпредприятий Хабаровского края (2100 голов), Приморского края (303 головы), Сахалинской (2248 голов) и Амурской (1358 голов) областей. У животных определяли группы крови гемолитическими тестами с использованием 47 моноспецифических реагентов 9 генетических локусов по методике, изложенной в «Правилах генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота» [12], в лаборатории иммуногенетической экспертизы Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Расчет частоты встречаемости антигенов, проверку соответствия фактического распределения генотипов EAF-локуса, определение индекса генетического сходства (r) и генетической дистанции (d), вычисление статистической ошибки индекса генетического сходства (m_r) проводили по стандартным методикам [13, 14]. Для графического отображения генетических связей между изученными группами строили дендрограмму методом невзвешенной попарной кластеризации по показателям генетических дистанций [13]. Для оценки степени соответствия фактического распределения с теоретически ожидаемым

Табл. 1. Частота встречаемости антигенных факторов групп крови у голштинского крупного рогатого скота Дальнего Востока, %

Локус	Антиген	Регион			
		Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
EAA	A ₂	63,4*	48,2	47,5	60,7*
	Z'	0,4	0,8	0	1,2
EAB	B ₂	28,4	23,0	37,0	27,3
	G ₂	66,2*	38,0	38,0	56,3*
	G ₃	66,7*	39,0	38,9	57,4*
	I ₁	16,6	13,0	6,6*	11,1
	I ₂	23,1	24,4	10,9*	24,6
	O ₁	15,2	19,7	30,7*	19,7
	O ₂	31,9	32,5	34,3	29,2
	P	22,8*	2,8	8,25	1,8
	Q	22,8*	1,7	5,94	2,7
	T ₂	2,1	1,6	1,98	1,8
EAC	Y ₂	74,4	51,0	58,42	68,3
	V'	0,8	7,5	6,9	2,4
	D'	12,2	13,5	12,5	10,4
	E' ₂	55,7	41,9	46,9	48,1
	E' ₃	59,3	47,2	58,4	59,8
	G'	26,1	20,3	20,8	6,2*
	I'	8,6	3,9*	9,6	9,4
	J' ₂	9,9	9,7	5,6*	13,0
	K'	10,0	10,6	5,9*	13,7
	O'	25,3*	32,6	38,9	24,4*
	P'	3,5	3,8	6,9	3,8
	Q'	59,3*	38,8	40,6	51,6*
	Y'	3,5	1,9	5,6	3,2
	V''	0,4	0,6	0	1,0
G''	25,7	27,8	21,8	14,7	
EAD	C ₁	40,1	33,2	59,7*	79,0*
	C ₂	49,7	34,5	60,4*	84,9*
	E	47,4	50,1	58,4	57,7
	R ₂	17,7	11,6	8,6	25,6
	W	21,8	37,6	46,5*	52,6*
	X ₂	80,0	60,5	58,4	76,0
	C'	25,8*	4,0	3,6	4,5
EAE	L'	11,9	11,1	11,6	9,3
	F	97,6	94,7	94,1	97,6
EAF	V	40,1*	23,6	19,1	30,9
	J	47,7	42,8	39,6	36,0
EAG	L	26,2	38,2	34,0	35,1
EAM	M	2,0	2,3	1,3	1,0
EAS	S ₁	14,7	11,5	19,1	10,0
	U	2,2	2,7	2,0	0,7
	H'	72,5	62,9	63,7	86,4
	U'	5,9	11,7*	10,9*	5,2
	H''	2,4	8,5	3,6	3,4
EAT	U''	1,3	3,1	2,0	2,4
	Z	54,9*	33,0	53,5*	28,7

* P < 0,001

использован метод χ^2 . Оценка достоверности разности двух выборочных средних проводилась с использованием критерия Стьюдента [15].

Результаты и обсуждение. В EAA-локусе групп крови отмечается высокая частота антигена A_1 во всех изученных популяциях (от 47,5% у животных Приморского края до 63,4% Хабаровского края), что отражено в таблице 1. Тем не менее, в Хабаровском крае и Амурской области у животных антиген A_2 встречался достоверно чаще ($p < 0,001$). Голштинский скот, разводимый в других регионах Российской Федерации, также характеризуется высокой частотой встречаемости A_2 -антигена (более 40%) [10, 16]. Антиген Z' в EA-A-локусе не выявлен в популяции голштинов, разводимых в Приморском крае и очень редко встречается у голштинов остальных регионов (до 1,18%). Антиген Z' крайне редок у большинства пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, за исключением джерсейской [16].

В локусе EAB обнаружено 25 антигенов, из них 24 – общие для животных всех изученных популяций. Частоты встречаемости антигенов варьировали от 0 (антиген B'' в популяции Приморского края) до 74,4% (антиген Y_2 в популяции Хабаровского края). Весь обследованный голштинский скот характеризуется высокой концентрацией антигенов G_2, G_3, Y_2, E'_2 и Q' . Антигены T_2, B', P', Y' и B'' во всех группах встречались редко или отсутствовали. Также нехарактерными были антигены P и Q , за исключением группы голштинов из Хабаровского края, где их носителями были 22,8% животных ($p < 0,001$), что не свойственно для голштинской породы [16]. Коровы с антигенами G_2, G_3, Y_2, Q' достоверно чаще встречались в Хабаровском крае и Амурской области ($p < 0,001$), и реже с антигенами B', O' ($p < 0,001$). Антигены I_1 и I_2 у животных Приморского края выявлялись в 2,1-2,5 раза реже, чем в других дальневосточных популяциях ($p < 0,001$), а антиген O_1 , напротив, значительно чаще ($p < 0,001$). В Амурской области носителей антигена G' в 3,3-4,2 раза меньше, чем в других регионах ($p < 0,001$). На Сахалине частота встречаемости антигена I' в 2 раза ниже, чем в других популяциях ($p < 0,001$). В Приморском крае носителей антигенов J'_2 и K' достоверно больше, чем в Амурской области ($p < 0,001$).

В EAC-локусе групп крови определяли 8 антигенных факторов. С наибольшей частотой во всех группах встречались антигены C_1, C_2, E, W, X_2 , что характерно голштинского скота [10]. Отличительной чертой голштинов Приморского края и Амурской области является более высокая частота встречаемости антигенов C_1, C_2, W ($p < 0,001$). У животных Приморского края частота антигена R_2 самая низкая ($p < 0,001$). В Хабаровском крае носителей антигена C' в более чем пять раз больше, чем в других регионах ($p < 0,001$).

В EAF-локусе выявляли 2 антигена – F и V. Частота встречаемости антигена F составила 94,1–97,6%, что характерно для большинства пород крупного рогатого скота [16]. Антиген V встречается реже. Максимальная его частота зарегистрирована в группе голштинов Хабаровского края 40,1%, ($p < 0,001$).

Во всех изученных популяциях было определено равновесие в двухаллельном

локусе групп крови EAF, в котором серологически дифференцируются три генотипа (два гомозиготной и один гетерозиготной формы). Согласно материалам таблицы 2, фактические данные не во всех популяциях совпадали с теоретически установленными. У голштинов Хабаровского края равновесие нарушено вследствие недостатка гомозиготных генотипов V/V и переизбытка гетерозиготных F/V. В популяциях Сахалинской области и Приморского края нарушение генетического равновесия вызвано переизбытком гомозиготных генотипов V/V и недостатком гетерозиготных F/V. Величины χ^2 превышают стандартное значение, что указывает на нарушение равновесия.

В локусах EAJ и EAL определено по одному антигену в каждой системе, достоверных различий в частоте встречаемости их не выявлено.

EAM-локус представлен одним фактором M, который редко встречается у всех изученных групп голштинского скота, что характерно в целом для породы [16].

EAS-локус характеризуется шестью антигенами. H'-антиген выявлен во всех изученных популяциях с высокой частотой – до 86,4%. Факторы U, H'', U'' оказались редкими, нехарактерными для дальневосточного голштинского скота. Антиген U' в два раза чаще встречался у животных Сахалинской области и Приморского края ($p < 0,001$).

EAZ-локус представлен антигеном Z, который у скота Хабаровского и Приморского края встречается с высокой частотой – 54,9 и 53,5%, соответственно ($p < 0,001$).

Между изученными популяциями установлены высокие значения индекса генетического сходства – от $0,8696 \pm 0,0084$ до $0,9169 \pm 0,0141$ (табл. 3). Наибольшая величина этого показателя выявлена между животными Сахалинской области и Приморского края, наименьшая – между животными Сахалинской и Амурской областей. Высокий уровень генетического сходства указывает на общность происхождения обследованных групп голштинского скота.

Табл. 2. Частота аллелей и распределение генотипов по EAF-локусу групп крови

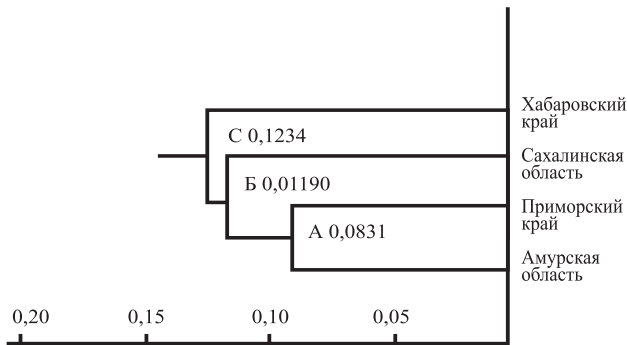
Регион	Частота аллеля	Распределение генотипов			χ^2	P
		генотип	фактическое	ожидаемое		
Хабаровский край	F – 0,7876±0,0063 V – 0,2124±0,0063	F/F	1258	1302,7	34,0	*
		F/V	792	702,6		
		V/V	50	94,7		
		Итого	2100	2100		
Сахалинская область	F – 0,8556±0,0052 V – 0,1444±0,0052	F/F	1718	1645,6	151,6	*
		F/V	411	555,5		
		V/V	119	46,9		
		Итого	2248	2248		
Приморский край	F – 0,8745±0,0134 V – 0,1254±0,0134	F/F	245	231,7	47,6	*
		F/V	40	66,5		
		V/V	18	4,8		
		Итого	303	303		
Амурская область	F – 0,8332±0,0072 V – 0,1668±0,0072	F/F	938	942,7	0,9	**
		F/V	387	377,5		
		V/V	33	37,8		
		Итого	1358	1358		

* - Равновесие нарушено при значении P < 0,001;

** - равновесие не нарушено.

Табл. 3. Генетическое сходство ($r \pm m$, по вертикали) и генетическое расстояние (d , по горизонтали) между популяциями голштинского скота Дальнего Востока

Регион	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
Хабаровский край	-	0,8804 ± 0,0072	0,8719 ± 0,0150	0,8775 ± 0,0084
Сахалинская область	0,1196	-	0,9169 ± 0,0141	0,8696 ± 0,0084
Приморский край	0,1281	0,0831	-	0,8925 ± 0,0150
Амурская область	0,1225	0,1304	0,1075	-



Дендрограмма генетических расстояний.

На основании полученных показателей генетического сходства и генетической дистанции была построена дендрограмма (рис.), которая дает наглядное представление о генетических связях, сложившихся между стадами регионов в процессе селекционной работы. Анализ дендрограммы показал, что голштинские приморской и сахалинской селекции образуют один кластер, это свидетельствует об их высоком генеалогическом сходстве. Кластерный анализ наглядно показывает генетическую консолидацию групп голштинского скота Дальнего Востока, что говорит об общности его генофонда. На максимальном генетическом удалении находится скот Амурской области и Хабаровского края.

Таким образом, для крупного рогатого скота голштинской породы, разводимого на Дальнем Востоке, характерна высокая частота встречаемости антигенных факторов $A_2, G_2, G_3, Y_2, E'_2, E'_3, Q', C_1, C_2, E, W, X_2, F, J, H'$. Редко встречаются и являются нехарактерными факторы $Z', T_2, B', I', P', Y', B'', M, U''$ и H'' . В изученных группах голштинского скота Сахалинской области, Хабаровского и Приморского краев обнаружено нарушение генного равновесия в EAF-локусе групп крови, которое может являться следствием селекционной работы. Установленный высокий уровень генетического сходства между стадами указывает на общность происхождения животных и использование быков одних линий.

Полученные результаты представляют практический интерес для зоотехников-селекционеров в поисках наиболее перспективных вариантов скрещиваний, обеспечивающих проявление эффекта гетерозиса по селекционируемым признакам, т.е. могут быть использованы в выборе стратегии племенной работы.

Литература.

1. Долматова И.Ю., Гареева И.Т., Ильясов А.Г. ДНК-технологии в животноводстве // *Достижения науки и техники АПК.* – 2010. – № 2. – С. 42–43.

2. Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И., Онуфриев В.А., Гонтов М.Е. Группы крови и их использование в работе со стадом ЗАО им. Мичурина // *Генетика и разведение животных.* – 2016. – № 4. – С. 47–51.

3. Еремينا И.Ю., Герасимова Л.А., Луценко А.Е. Ретроспективный анализ филогенеза при формировании маточной субпопуляции голштинизированного молочного скота Красноярского края // *Вестник ОмГАУ.* – 2016. – №2(22). – С. 100–108.

4. Данилкив Э.И. Использование генетических маркеров в селекционной племенной работе с молочным скотом // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2008. – №1. – С. 32–37.

5. Новиков А.А. Рекомендации по использованию методов генетического мониторинга в селекции крупного рогатого скота и свиней. – *Лесные Поляны, 2015.* – 23 с.

6. Марзанов Н.С., Девришов Д.А., Марзанова С.Н., Комкова Е.А., Озеров М.Ю., Кантанен Ю. Генетическое маркирование, сохранение биоразнообразия, и проблемы разведения животных // *Сельскохозяйственная биология.* – 2011. – № 2. – С. 3–14.

7. Новоселова К.С., Холодова Л.В. Характеристика айрширского скота по антигенному составу групп крови // *Вестник Марийского государственного университета. Серия: «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки».* – 2015. – С. 30–33.

8. Лобков В.Ю., Арсеньев Д.Д., Фролов А.И. Мониторинг аллелофонда ярославского скота // *Вестник АПК Верхневолжья.* – 2013. – № 1(21). – С. 60–63.

9. Еремينا И.Ю. Способ оценки уровня генетической дифференциации молочного скота // *Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции, 17-19 апреля 2018 г., Красноярск.* – Ч.2. — 2018. – С. 243–248.

10. Часовщикова М.А. Характеристика коров голштинской породы разного генеза по частоте встречаемости эритроцитарных антигенов // *Аграрный вестник Урала.* – 2009. – №10(64). – С. 51–52.

11. Костомахин Н.М. Породы крупного рогатого скота. – М.: Колос. – 2011. – 119 с.

12. Дунин И.М., Новиков А.А., Романенко М.И., Амбросьева Е.Д., Бороздин Э.К. Калашикова Л.А. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота. – М.: Росинформагротех. – 2003. – 48 с.

13. Машиуров А.М., Сухова Н.О., Царев Р.О., Тхань Х.Х. Алгоритмы иммунобиохимической генетики: учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: СО РАСХН, 1998. – 112 с.

14. Васильева Л.А. Количественные признаки (генетические свойства, методы анализа): учебное пособие. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1999. – 127 с.

15. Васильева Л.А. Статистические методы в биологии, медицине и сельском хозяйстве. – Новосибирск, 2007. – 127 с.

16. Машиуров А.М., Сухова Н.О. Фонд антигенов пород крупного рогатого скота и родственных ему видов: справ. каталог. – Новосибирск: СО РАСХН, 1994. – 125 с.

Поступила в редакцию 24.04.19
После доработки 15.06.19
Принята к публикации 21.08.19