

УДК 636.1(4/5)

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА, ПОЛИМОРФИЗМ И ИММУНОФИЛОГЕНЕЗ 10 ПОРОД ЛОШАДЕЙ ЕВРОПЫ И АЗИИ

А. Ф. Назарова, И. П. Гурьев, А. М. Машуров, В. Н. Орлов

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33
E-mail: afnazar@yandex.ru*

Поступила в редакцию 05.06.11 г.

Популяционная структура, полиморфизм и иммунофилогенез 10 пород лошадей Европы и Азии. – Назарова А. Ф., Гурьев И. П., Машуров А. М., Орлов В. Н. – Исследованы 10 пород лошадей, разводимых в Европе и Азии, в отношении частот групп крови локусов *A*, *D* и *K*. Из азиатских пород изучены две группы якутских лошадей, казахская порода Джебе, а также монгольская порода. Вычислены генетические расстояния этих пород друг от друга. Наименьшим оказалось генетическое расстояние между казахской породой Джебе и монгольскими лошадьми, а наибольшим – между ахалтекинской породой и якутской западной породой. Построение дендрограммы родства по генетическим расстояниям показало, что все европейские породы лошадей, а именно арабская, русская тяжеловозная, чистокровная верховая, русская рысистая и донская, входят в один большой кластер, а азиатские породы, т.е. обе якутских, казахская Джебе и монгольская, входят в другой кластер.

Ключевые слова: породы лошадей, частоты групп крови, генетические расстояния, дендрограмма родства.

Population structure, polymorphism and immunophylogenesis of 10 horse breeds of Europe and Asia. – Nazarova A. F., Guriev I. P., Mashurov A. M., and Orlov V. N. – 10 horse breeds cultivated in Europe and Asia were examined on the gene frequencies of the blood groups of loci *A*, *D*, and *K*. Of the Asiatic breeds, two groups of Yakut horses, the Kazakh breed Djebe, and a Mongolian breed were studied. Genetic distances of these breeds from each other were calculated. The genetic distance between the Kazakh breed Djebe and the Mongolian breed was lowest, and that between was between the Achaltekin and Yakut western breeds was highest. Plotting a relationship dendrogram by genetic distances have shown that all the European horse breeds, namely, the Arabic, Russian shire, Thorough-bred, Russian trotter, and Don horse are in one big cluster, while the Asiatic breeds, namely, the two Yakutian breeds, Kazakh breed Djebe, and Mongol breed constitute another cluster.

Key words: horse breeds, blood group frequencies, genetic distances, relationship dendrogram.

ВВЕДЕНИЕ

Лошадь была приручена человеком в доисторическую эпоху: западная порода – путем одомашнивания дикой европейской лошади в дилювиальный период, восточная – несколько раньше, может быть, произошла от дикой монгольской лошади или лошади Пржевальского. Одомашнивание лошади началось несколько позднее, чем многих домашних животных (быка, козы, овцы). Наиболее древние стремена, удила и кости лошадей, по-видимому, впервые одомашненных, обнаружены в Среднем Поднепровье, их датировка – около 8 тысяч лет назад (Reed, 1984). Монгольская лошадь выведена в азиатских степях, отличается отсутствием «каштанчиков» на задних конечностях и строением черепа. К монгольским лошадям относятся забайкальская, минусинская, калмыцкая, киргизская и финская породы.

Вхождение финской породы в группу монгольских пород лошадей, вероятно, обусловлено палеоазиатским происхождением протофиннов (Назарова, 1999, 2002, 2008) и дальнейшей миграцией их из Северной Азии на север Европы вместе с одомашненными (или одомашниваемыми) лошадьми. Ранее мы показали (Машуров и др., 1998), что наличие сходных частот антигена *V* у красной эстонской породы крупного рогатого скота и у коров юго-восточной Азии также обусловлено миграцией предков эстонцев со стадами КРС из восточной части Евразии к местам их нынешней локализации.

Якутская порода до недавнего времени была практически не изучена в генетическом аспекте. Общий объём популяции якутской лошади – 190 тыс. особей. Популяция якутской лошади подразделяется на 7 экотипов: центрально-якутский западный, центрально-якутский восточный, в районе Якутска и р. Лены (100 тыс.), вилюйский – в районе р. Вилюй, г. Вилюйск, верхоянский – на р. Верхоянской (10 тыс. особей), таёжный в верховьях р. Лены (20 тыс. особей), колымский на р. Колыме (5 тыс. особей), оймяконский в Оймяконском районе.

В нашем исследовании мы затронули лишь два экотипа якутской лошади: западный и восточный. Привлекли также еще две азиатские породы: монгольскую и казахскую Джебе. Это было сделано потому, что мы хотели оттенить роль иммуногенетических факторов в иммунофилогенезе европейских и азиатских пород лошадей.

Поэтому цель работы состояла в изучении полиморфизма и взаимосвязей 10 пород лошадей, разводимых в Европе и Азии. Ахалтекинскую верховую породу лошадей мы отнесли к европейской группе пород, потому, что она использовалась европейскими селекционерами при создании новых пород.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили собственные исследования *A*, *D* и *K* систем групп крови у 10 пород лошадей, разводимых в Европе и Азии. Это такие европейские породы, как арабская ($n = 578$), донская ($n = 707$), русская рысистая ($n = 234$), чистокровная верховая ($n = 577$), русская тяжеловозная ($n = 603$), ахалтекинская ($n = 298$), и азиатские породы, такие как якутская западная ($n = 75$), якутская восточная ($n = 93$), казахская Джебе ($n = 79$) и монгольская ($n = 179$).

Группы крови у этих животных были определены определенными общепринятыми серологическими тестами в лаборатории иммуногенетики ВНИИ коневодства. Аллели и генотипы животных по группам крови определяли непосредственно по данным серологических тестов, а также семейного анализа (Машуров и др., 1992). В некоторых случаях использовали метод аллокации Л. Андерссона (Andersson, 1985). Уровень гомозиготности (*Ca*) и гетерозиготности (*H*), а также число эффективных аллелей (*Na*) вычисляли по формуле Робертсона (Назарова, 2008).

Иммуногенетические дистанции между породами определяли по методике Неи (Машуров, Черкащенко, 1987; Машуров и др., 1998). Дендрограмму строили методом невзвешенной парно-групповой кластеризации показателей дистанций с использованием метрики Неи по прописи (Nei, 1972). Картины двухполюсных криволинейных координат получали по собственной методике с приоритетным участием Р. О. Царева. Отличительной особенностью этого метода является то обстоятель-

ство, что он не диктует условия родословных (сущность метода пока нигде не опубликована). Статистическая обработка материала проводилась по программе Distance-System на персональном компьютере. Особенностью алгоритма данной системы является то, что при попарном сравнении популяций учитываются только те пары антигенов (или аллелей), которые были исследованы в обеих сравниваемых популяциях. Алгоритм программы рассчитан на использование 11 метрик сравнения популяций. Формулы этих метрик опубликованы нами ранее (Гурьев, 1992).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2. Из табл. 1 видно, что арабская порода выделяется высокой частотой аллелей D^{bsm} , D^{de} , K и отсутствием аллелей A^c , D^d , D^{dhm} . Для чистокровной верховой породы оказалась характерной высокая частота D^{ad} . У ахалтекинской породы сравнительно часто встречаются аллели A и D^{cm} и редко – аллели D^{ad} , D^{de} и D^{dhm} . Донская порода характеризовалась сравнительно высокой частотой аллеля K^c и низкой частотой аллеля K^a . Русская тяжеловозная порода выделяется сравнительно высокой частотой аллелей D^{ad} , D^{dhm} и низкой частотой аллелей A^a , D^{bcm} и D^{cm} . Порода казахская Джебe выделяется самой высокой частотой аллеля D^{cem} , а монгольская порода – самой высокой частотой аллеля A^c . Остальные породы по отдельным антигенам не имели существенных различий.

Таблица 1

Частоты аллелей A , D и K систем групп крови у некоторых европейских и азиатских пород лошадей

Лocus	Аллель	Европейские породы						Азиатские породы			
		Арабская	Чистокровная верховая	Ахалтекинская	Донская	Русская рысистая	Русский тяжеловоз	Якутская западная	Якутская восточная	Казахская Джебe	Монгольская
A	a	0.863	0.757	0.9018	0.642	0.557	0.313	0.4791	0.3341	0.4671	0.4786
	c	0.000	0.030	0.0135	0.160	0.131	0.139	0.1766	0.1662	0.0988	0.1819
	A^c	0.137	0.216	0.0847	0.198	0.312	0.548	0.3362	0.4995	0.4340	0.3395
D	d	0.0000	0.0370	0.0116	0.0145	0.015	0.007	0.1313	0.1398	0.0886	0.1480
	ad	0.0006	0.0000	0.0000	0.1417	0.0769	0.234	0.0467	0.0699	0.0949	0.0838
	bcm	0.1981	0.1229	0.1019	0.1180	0.1944	0.025	0.1067	0.0860	0.1646	0.2067
	cm	0.1100	0.1851	0.4605	0.1879	0.3419	0.062	0.0467	0.1050	0.1139	0.0866
	cem	0.0041	0.1018	0.1181	0.0217	0.0150	0.083	0.2733	0.1665	0.1709	0.1788
	de	0.4281	0.0787	0.0787	0.2602	0.1132	0.155	0.0533	0.0753	0.0949	0.1006
	dk	0.2591	0.4652	0.1574	0.1398	0.2030	0.049	0.3400	0.3548	0.2722	0.1955
	dhm	0.000	0.0003	0.0718	0.1171	0.0406	0.0385	–	–	–	–
K	K^a	0.047	0.0536	0.1082	0.1846	0.1340	0.028	0.0993	0.0725	0.0587	0.0538
	K^c	0.9953	0.9464	0.8918	0.8154	0.8660	0.8972	0.9007	0.9275	0.9413	0.9062

Для получения более интегральной характеристики сравниваемых популяций вычислили генетические расстояния между ними по методу Ней (Nei, 1972) (см. табл. 2).

Таблица 2

Генетические расстояния (D_n) между разными породами лошадей

Коды пород	D_n	Коды пород	D_n	Коды пород	D_n	Коды пород	D_n	Коды пород	D_n
1-2	0.05395	2-3	0.06127	3-5	0.06060	4-8	0.78900	6-8	1.07000
1-3	0.08066	2-4	0.6968	3-6	0.030339	4-9	0.69167	6-9	1.07883
1-4	0.04480	2-5	0.05223	3-7	0.85824	4-10	0.66844	6-10	1.09810
1-5	0.08499	2-6	0.2357	3-8	1.03193	5-6	0.14734	7-8	0.02393
1-6	0.25671	2-7	0.8127	3-9	0.86330	5-7	0.78785	7-9	0.01665
1-7	1.35192	2-8	0.92961	3-10	0.84825	5-8	0.81385	7-10	0.01612
1-8	1.2127	2-9	0.80021	4-5	0.03355	5-9	0.74400	8-9	0.01494
1-9	0.0271	2-10	0.87578	4-6	0.14526	5-10	0.75232	8-10	0.03052
1-10	1.0139	3-4	0.06640	4-7	0.70707	6-10	1.12873	9-10	0.01009

Из табл. 2 видно, что наименьшим расстоянием является такое между казахской породой Джебe и монгольскими лошадьми, а наибольшим (1.35192) – расстояние между арабской и якутской западной. Характеры взаимосвязей других пород приведены на рис. 1, 2 и в табл. 2.

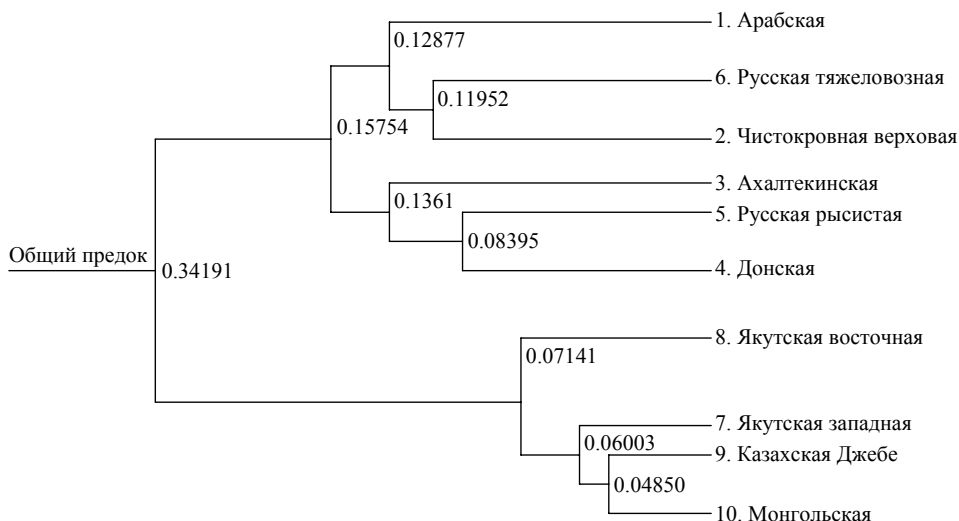


Рис. 1. Дендрограмма иммунофилогенеза шести европейских и четырех азиатских пород лошадей

Из рис. 1 видно, что группа азиатских пород (якутская западная, якутская восточная, монгольская и казахская Джебe) вошли в один кластер, а группа европейских пород, таких как арабская, русская рысистая, донская, чистокровная верховая, ахалтекинская и русская тяжеловозная, вошли в другой кластер. Такая же тенденция видна и на картине криволинейных координат (см. рис. 2). Это свидетельствует о том, что вышеупомянутые два кластера отделились от общего предка очень давно, возможно, от лошади Пржевальского или ее предка. Другим примечательным особенностям генофонда лошадей азиатской группы является то, что на форми-

рование их по иммуногенетическим признакам мало оказали влияние массовые скрещивания этих пород с европейскими лошадьми (Гурьев, 1972). Причиной этого, возможно, явились суровые условия Якутии, которых не выдерживали помесные животные.

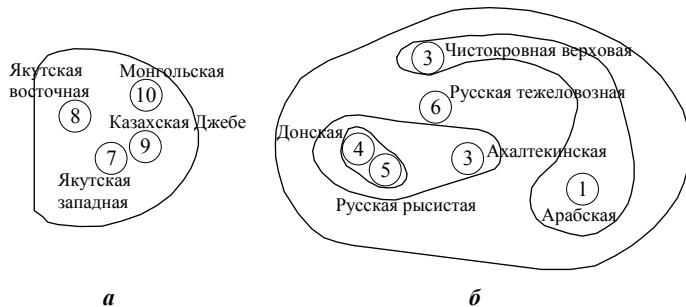


Рис. 2. Картина распределения четырех азиатских и шести европейских пород лошадей

Аналогичная тенденция влияния суровых экологических условий на выживаемость помесных животных отмечалась и на коровах (Andersson, 1985). В работе Р. М. Дубровской с соавторами (1992) вычислены генетические расстояния 27 пород лошадей и построены дендрограммы родства этих пород. Вычислены также оценки внутрипопуляционного генетического разнообразия. При этом оказалось, что генетическое разнообразие у аборигенных пород выше, чем у культурных пород лошадей. Генофонд лошади Пржевальского оказался обедненным (Дубровская и др., 1992). Наибольшее генетическое расстояние от остальных пород лошадей оказалось у шотландского пони и лошади Пржевальского. Аборигенные породы, такие как казахская Джебе, башкирская, якутская, монгольская, на дендрограмме выделились в отдельный кластер. Культурные верховые породы, как сформированные давно (арабская лошадь – VII в., чистокровная верховая – XVIII в.), так и созданные уже в советское время – украинская верховая, терская, буденовская – выделились в другой кластер. В этот же кластер вошли немецкие породы ганноверская и траккенская, а также имеющие давнее происхождение карабаирская и донская породы.

В нашей работе аборигенные азиатские породы также объединяются в один кластер, а группа европейских пород, таких как арабская, русская рысистая, донская, чистокровная верховая, ахалтекинская и русская тяжеловозная, входят в другой кластер. В целом можно сказать, что наша работа подтверждает выводы работы Р. М. Дубровской с соавторами (1992). При этом нами исследованы две якутские породы – восточная и западная.

Однако для окончательного ответа на вопрос, как шла микроэволюция лошади и ее пород, необходимо привлечь в исследования еще ряд биохимических маркеров, разных в функциональном отношении. То же самое можно сказать и об ахалтекинской породе, оказавшейся в кластере европейских пород. Это, видимо, связано с тем, что ахалтекинская лошадь была использована в формировании многих европейских пород. Нужно исследовать также полиморфизм митохондриальной ДНК лошадей. При исследовании митохондриальной ДНК лошадей было показано, что лошадь Пржевальского находится в пределах генетических вариаций домашних лошадей (Ishida et al., 1995).

Таким образом, проведенное исследование показало, что по иммуногенетическим признакам – группам крови – породы лошадей азиатские и европейские чет-

ко различаются, и их дивергенция произошла сравнительно недавно, о чем свидетельствует интегрированный показатель генетического расстояния $D_n = 0.3419$ (см. рис. 1). Это означает, что за прошедший с момента разделения азиатских и европейских пород лошадей период произошло 0.3419 аллельных замен на locus.

Полученные результаты можно использовать для создания справочных каталогов по фондам антигенов и аллелей у разных пород лошадей (Andersson, 1985) по тому же принципу, как это было сделано в отношении групп крови у крупного рогатого скота (Robertson, 1956). Такие каталоги позволяют осуществлять генетический мониторинг за исследованными популяциями, а также для решения стратегических вопросов скрещивания изученных пород лошадей с целью получения гетерозиса у гибридов, особенно по признакам, характеризующимся низкой наследуемостью. В настоящее время мы продолжаем исследование пород лошадей современным методом – путем изучения полиморфизма митохондриальной ДНК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гурьев И. П.* Зоотехнические и иммуногенетические особенности популяций якутской лошади : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1992. 19 с.
- Дубровская Р. М., Стародумов И. М., Банникова Л. В.* Генетическая дифференциация пород лошадей по полиморфным локусам белков крови // Генетика. 1992. Т. 28, № 4. С. 152 – 165.
- Машиуров А. М., Черкащенко В.И.* Учитывать генетические дистанции между породами при селекции // Животноводство. 1987. № 4. С. 21 – 23.
- Машиуров А. М., Тхань Х. Х., Царев Р. О., Ыква Т. Я., Лийбуск Т. И., Назарова А. Ф.* Генетические аспекты иммунофилогенеза пород крупного рогатого скота Эстонии, Финляндии и Вьетнама // Докл. РАСХН. 1998. № 3. С. 29 – 30.
- Машиуров А. М., Тхань Х. Х., Зуй Н. С.* Оценка происхождения вьетнамской молочной породы скота по маркерным признакам // Генетика. 1992. Т. 28, № 3. С. 186 – 198.
- Назарова А. Ф.* Популяции, переходные между европеоидами и монголоидами, и возможный путь формирования европеоидов // Генетический портрет народов мира. М. : ПолиМЕдиа, 1999. С. 3 – 16.
- Назарова А. Ф.* К проблеме дифференциации северных монголоидов, европеоидов и америндов на территории Евразии : генетические данные // Цитология и генетика. 2002. Т. 36, № 6. С. 46 – 53.
- Назарова А. Ф.* Биологические и небиологические доказательства палеоазиатского происхождения северных монголоидов, европеоидов и американских индейцев // Докл. АН. 2008. Т. 420, № 3. С. 424 – 429.
- Пути и формы создания и сохранения генофонда ценных локальных пород (метод. рекомендации) / ВНИИ разведения и генетики с.-х. животных. Л., 1979. 160 с.
- Andersson L.* The estimation of blood group gene frequencies: a note on the allocation method // Animal Blood Groups and Biochemical Genetics. 1985. Vol. 16. P. 1 – 7.
- Ishida N., Oyunsuren T., Mashima S., Mukoyama H., Saitou N.* Mitochondrial DNA sequences of various species of the genus Equus with special reference to the phylogenetic relationship between Przewalskii's wild horse and domestic horse // J. of Molecular Evolution. 1995. Vol. 41, № 2. P. 180 – 188.
- Nei M.* Genetic distances between populations // American Naturalist. 1972. Vol. 106. P. 283 – 292.
- Reed C. A.* The beginning of animal domestication // Evolution of domestical animals. London : Longman, 1984. P. 264 – 288.
- Robertson A.* Blood-grouping in dairy improvement // Proc. VII Intern. Congress Animals. Breed. 1956. Vol. 2. P. 79 – 83.