УДК 636.1.05:612.118

И.Ю. Долматова, Ф.И. Ниятшин, И.Н. Ганиева

ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛЕЛОФОНДА ЛОШАДЕЙ БАШКИРСКОЙ ПОРОДЫ ПО ПОЛИМОРФНЫМ СИСТЕМАМ КРОВИ

Ключевые слова: башкирская лошадь; внутрипородный тип; популяция; генетический полиморфизм; трансферрин; альбумин; эстераза.

Введение. История происхождения башкирской лошади говорит о том, что эта порода произошла либо от монгольских лошадей, либо была привезена с собой кочевыми племенами из Азии ещё во II–VII н. э. И в том и в другом случае, по утверждению Мурсалимова В.С. и Сатыева Б.Х. [10], башкирская лошадь сформировалась на территории Южного Урала и в прилегающих степных районах на основе местной породы, ассимилировав различные отродья

лошадей тюрко-язычных племён под непосредственным воздействием природно-климатических условий и специфических приёмов кормления, разведения и использования. С древних времён лошади содержались в табунах, которые делились на косяки, состоящие из жеребца-производителя, 10–20 кобыл с приплодом и молодняком обоего пола до 3 лет. Табунное коневодство как метод содержания лошадей, близкий к естественным условиям существова-

ния дикой лошади, является неотъемлемой частью коневодческого комплекса России и Республики Башкортостан [4, 6].

По состоянию на 01.01.2016 г. в Республике Башкортостан насчитывается 15 племенных хозяйств, занимающихся разведением лошадей башкирской породы с общей численностью поголовья 5282 голов. Всего же в сельскохозяйственных предприятиях РБ насчитывается 33 400 голов лошадей [5]. В башкирской породе в настоящее время выделяют 2 заводских типа: ирандыкский (молочный, зарегистрирован в 1991 году) и учалинский (мясной, зарегистрирован в 2002 году). Генетическую основу ирандыкского типа составило потомство четырех производителей башкирской породы – Гремучего, Гайрата, Гордого и Мама. Данный тип включен в госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации [4]. Учалинский тип был выведен путем скрещивания лошадей башкирской породы с производителями из Казахстана и Якутии. На этот заводской тип получено авторское свидетельство Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений [4, 15, 16]. Третий (внутрипородный тип) лошадей (так называемый основной) сформирован при отдалённом прилитии крови заводских пород с последующим возвратным скрещиванием и по типу телосложения напоминает верхово-молочный тип, а по направлению продуктивности является высокомолочным [4].

Изучение и мониторинг аллелофонда лошадей башкирской породы имеют большое значение в связи с необходимостью оценки генетической структуры, внутрипородного разнообразия и генетической дифференциации. [2, 3, 12]. Полиморфные системы белков и ферментов сыворотки крови являются удобными генетическими маркерами для описания генетической структуры популяций разных видов животных. Полиморфные различия контролируются серией множественных аллелей того или иного локуса, постоянны на протяжении жизни животного, имеют кодоминантный характер наследования, т. е. по картине электрофореграммы можно судить о генотипе животного по изучаемому локусу [13]. В соответствии с утверждённым Приказом МСХ РБ от 05.11.2013 г. «Положением о порядке племенного учёта и паспортизации (идентификации) чистопородных лошадей башкирской породы», сельскохозяйственные организации по разведению лошадей башкирской породы обязаны ежегодно проводить генетическую экспертизу молодняка на достоверность происхождения в сертифицированных лабораториях [11]. Такая генетическая экспертиза осуществляется в лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет».

Цель исследования – анализ генетической структуры лошадей башкирской породы сельскохозяйственных предприятий Республики Башкортостан по полиморфным вариантам белков и ферментов сыворотки крови. **Задачи исследований** – сравнительный анализ внутрипородных заводских типов башкирской лошади по частотам аллелей систем

трансферрина (Tf), альбумина (Alb) и эстеразы (Est), а также определение генетического сходства и генетико-популяционных параметров каждого из внутрипородных типов в отдельности и обобщённой популяции лошадей башкирской породы.

Материалы и методы. Объектом исследования служили лошади башкирской породы ($n = 1588$) из 26 хозяйств РБ. Исследования проводились в период с 2011 по 2015 гг. Определение полиморфных вариантов белков и ферментов систем трансферрина, альбумина и эстеразы проводилось методом электрофореза в полиакриламидном геле в соответствии с методическими рекомендациями по использованию систем белков и групп крови при контроле достоверности происхождения лошадей, разработанными ВНИИ коневодства [12, 13]. Подсчет частот аллелей, уровень гетерозиготности и показатели F-статистики Райта проводили с использованием компьютерной программы FSTAT 2.9.3.2; генетические расстояния между популяциями рассчитывали с использованием компьютерной программы POPULATIONS 1.2.28. Генетическое сходство рассчитывали по формуле: $S = 1 - D$, где D – генетическая дистанция.

Результаты исследований. В таблице 1 представлен перечень изученных хозяйств, а также объем проведенных исследований. В таблицах 2 и 3 представлены частоты аллелей систем трансферрина (Tf), альбумина (Alb) и эстеразы (Est) в исследованных субпопуляциях лошадей башкирской породы. По системе трансферрина изученные популяции лошадей отличаются друг от друга незначительно, за исключением популяции учалинского типа. У лошадей данного внутрипородного типа частота аллеля Tf^D (0,243) почти в два раза больше по сравнению с другими типами, в то время как частота аллеля Tf^A несколько ниже. Лошади учалинского внутрипородного типа имеют также отличающиеся от других исследованных популяций частоты аллелей Alb^A и Alb^B системы альбумина. По частотам аллелей эстеразы каких-либо заметных различий между изученными группами не отмечается.

Характеристика генетического разнообразия заводских типов лошадей башкирской породы представлена в терминах средней гетерозиготности (таблица 4), а также коэффициентов генной дифференциации (F – статистики Райта). Как известно, показатель гетерозиготности является отражением мутационных процессов, различных типов отбора, дрейфа генов, неслучайных спариваний и других факторов динамики популяций.

Как видно из таблицы 2, все три изученные популяции характеризуются относительно высокой степенью гетерозиготности, которая составляет в среднем от 0,576 в популяции ирандыкского заводского типа лошадей до 0,615 в популяции лошадей так называемого основного типа. Рассчитанная нами оценка фактической гетерозиготности несколько выше полученной Храбровой Л.А. и соавт. [12, 13], которая составляет 0,456. Ожидаемая гетерозиготность (H_e) во всех трёх изученных популяциях несколько ниже фактически наблюдаемого значения, что указывает на небольшой избыток гетерозигот. Об этом же свидетельствует и отрицательное значе-

ние индекса фиксации (F_{IS} составляет от $-0,042$ в популяции ирандыкского типа до $-0,085$ в популяции лошадей основного типа). Анализ степени фактической гетерозиготности в аспекте отдельных по-

казал, что минимальное её значение наблюдается в двухаллельном локусе Alb (от $0,255$ до $0,347$), а максимальное – в шестиаллельном локусе Tf ($0,823$ до $0,860$).

Таблица 1 Локализация популяций внутривидовых типов лошадей башкирской породы и объём выборок

Внутривидовой тип	Хозяйство, район	Количество голов
Ирандыкский	ООО «Ирандык» Абзелиловский	29
	ООО «Казмаш» Абзелиловский	52
	ООО «Якташ-Н» Абзелиловский	53
	СПК «Идель» Абзелиловский	38
	СПК «Ишкул» Абзелиловский	54
	ООО «Толпар» Баймакский	63
	ООО «Колонсак» Баймакский	21
	ООО «Пегас» Баймакский	45
ОАО «Уфимский конный завод»		99
<i>Всего</i>		<i>454</i>
Учалинский	ООО «Юлдаш» Учалинский	100
	ООО «Байрамгул» Учалинский	109
	КФХ «Ирандек» Учалинский	52
	ООО «Урал» Мечетлинский	35
<i>Всего</i>		<i>296</i>
Основной	КФХ «Гизатуллин» Мечетлинский	35
	КФХ «Габидуллин» Иглинский	54
	КФХ «Мурзагалина» Белорецкий	21
	СПК «Таштамак» Аургазинский	64
	СПК «Урал» Аургазинский	38
	СПК «Алга» Чекамагушевский	29
	ООО «Юлдаш» Чекамагушевский	100
	ГУСП «Тавакан» Кутарчинский	77
	ООО «Дим-Урал» Альшеевский	96
	ООО «Рубин» Краснокамский	175
	СПК «Искра» Куюргазинский	30
	КФХ «Баканов» Зилаирский	33
	ООО «Нур-Лес» Нуримановский	86
<i>Всего</i>		<i>838</i>

Таблица 2 Частота встречаемости аллелей систем трансферрина в исследованных субпопуляциях лошадей башкирской породы

Популяция	N	Аллели трансферрина					
		D	F	H	O	R	M
Башкирская порода (основной тип)	797	0,145	0,430	0,102	0,279	0,014	0,031
Ирандыкский тип	453	0,128	0,440	0,117	0,296	0,001	0,018
Учалинский тип	294	0,243	0,400	0,139	0,213	0,003	0,002
В среднем	1544	0,172	0,423	0,119	0,263	0,006	0,017

Таблица 3 Частота встречаемости аллелей систем альбумина и эстеразы в исследованных субпопуляциях лошадей башкирской породы

Популяция	N	Аллели альбумина		Аллели эстеразы		
		A	B	F	G	J
Башкирская порода	838	0,387	0,613	0,437	0,173	0,390
Ирандыкский тип	454	0,353	0,647	0,387	0,177	0,435
Учалинский тип	296	0,277	0,723	0,392	0,150	0,458
В среднем	1588	0,339	0,661	0,405	0,167	0,427

Таблица 4 Фактическая и наблюдаемая степени гетерозиготности изученных породных типов башкирской лошади

Популяция	Показатель генетического разнообразия	Локус			В среднем
		Alb	Tf	Est	
Башкирская порода (основной тип)	H_o	0,347	0,847	0,651	0,615
	H_e	0,474	0,704	0,492	0,557
	Разница $H_o - H_e$	-0,127	0,143	0,159	0,058
	F_{IS}	0,267	-0,201	-0,321	-0,085
Ирандыкский тип	H_o	0,304	0,823	0,603	0,576
	H_e	0,457	0,688	0,477	0,541
	Разница $H_o - H_e$	-0,153	0,135	0,126	0,035
	F_{IS}	0,333	-0,196	-0,262	-0,042
Учалинский тип	H_o	0,255	0,860	0,656	0,590
	H_e	0,400	0,716	0,473	0,530
	Разница $H_o - H_e$	-0,145	0,144	0,183	0,060
	F_{IS}	0,363	-0,201	-0,389	-0,076

Примечание: H_o – фактическая (наблюдаемая) степень гетерозиготности; H_e – ожидаемая степень гетерозиготности; H_i – общая гетерозиготность; Разница $H_o - H_e$ «+/-» – избыток/дефицит гетерозигот; F_{IS} – индекс фиксации Райта.

Таблица 5 Характеристика генетического разнообразия заводских типов лошадей башкирской породы

Показатель генетического разнообразия	Локус			В среднем по всем локусам
	Alb	Tf	Est	
H_o	0,302	0,844	0,637	0,594
H_e	0,445	0,704	0,481	0,543
H_t	0,448	0,708	0,482	0,546
F_{IS}	-0,199	0,318	-0,324	-0,068
F_{IT}	-0,192	0,325	-0,321	-0,062
F_{ST}	0,006	0,009	0,003	0,006
Разница H_o-H_e	-0,143	0,140	0,156	0,051

Примечание: H_o – фактическая (наблюдаемая) степень гетерозиготности; H_e – ожидаемая степень гетерозиготности; H_t – общая гетерозиготность; Разница H_o-H_e «+/-» – избыток/дефицит гетерозигот; F_{IS} , F_{IT} и F_{ST} – индексы фиксации Райта.

Таблица 6 Генетические расстояния и генетическое сходство внутрипородных заводских типов лошадей башкирской породы

Тип	Ирандыкский	Учалинский	Основной
Ирандыкский	***	0,9927	0,9975
Учалинский	0,0073	***	0,9902
Основной	0,0025	0,0098	***

В таблице 5 представлены коэффициенты F-статистик Райта, позволяющие оценить степень генетической подразделенности лошадей башкирской породы, а также вклад в нее случайных и неслучайных факторов.

Индексы фиксации предложены Райтом в 1965 году для оценки степени генетической подразделенности популяций. Они состоят из трёх компонентов (F_{IS} , F_{IT} и F_{ST}) и позволяют выявить, за счёт каких факторов (случайных или неслучайных) в подразделённой популяции происходит возрастание гомозиготности (инбридинга). Индекс F_{IS} служит мерой снижения уровня гетерозиготности индивидуума вследствие неслучайного (близкородственного) спаривания внутри каждой группы. Случайное возрастание обусловлено так называемыми случайными факторами, куда относятся генетико-автоматические процессы. Его величины выявляются при помощи F_{IT} -статистики. Коэффициент F_{ST} отражает долю общего генетического разнообразия (гетерозиготности), которая отделяет популяции друг от друга и служит мерой инбридинга в субпопуляциях по отношению ко всей выборке в целом. Данный индекс к тому же отражает степень генетических различий между группами.

При анализе внутри- и межпопуляционной дифференциации популяций лошадей башкирской породы с использованием F-статистик Райта показано, что индекс F_{ST} находится в пределах от 0,003 до 0,009 при среднем значении 0,006 и незначительном межлокусном разбросе величин. В объединённой популяции отмечается небольшой избыток гетерозигот, о чём свидетельствует отрицательное значение индекса фиксации ($F_{IS} = -0,068$). Разница между наблюдаемым (0,594) и ожидаемым (0,543) значениями гетерозиготности составляет 0,051, что указывает на равновесное, близкое к естественным популяциям состояние объединённой популяции башкирской лошади. Так при изучении внутри- и межпопуляционной дифференциации популяций тихоокеанской сельди Картавцевым Ю.Ф. с соавт. [7] показатель F_{ST} -статистики, рассчитанный по 10 аллозимным локусам, находился в пределах 0,0073–0,0404 при среднем значении 0,0277. Авторами был

определён значительный межлокусный разброс значений. О равновесном состоянии популяции башкирской лошади также свидетельствует значение коэффициента F_{IT} , равное -0,062, что практически не отличается от значения коэффициента F_{IS} . Самое высокое значение показателя гетерозиготности (0,844) отмечается нами в 6-аллельном локусе Tf. По мнению многих исследователей [1, 2, 14], в основном особи в популяциях чаще имеют среднюю гетерозиготность, и в некоторых случаях для генотипов со средней гетерозиготностью характерна максимальная приспособленность [1]. Средний уровень гетерозиготности природной популяции по всем локусам не превышает обычно 0,3 [8]. Другими исследователями [12] установлено, что в условиях промышленного содержания кур породы черно-белый плимутрок средняя гетерозиготность составляет 0,5–0,596.

В таблице 6 представлены коэффициенты генетических расстояний (левая нижняя часть таблицы) и генетическое сходство (правая верхняя часть таблицы) внутрипородных заводских типов лошадей башкирской породы. Все три популяции имеют достаточно высокое генетическое сходство между собой (от 0,9902 до 0,9975). Однако даже при таком высоком генетическом сходстве можно отметить, что наиболее отдалённой от популяции основного типа лошадей является популяция, представленная лошадьми учалинского типа, а наименее – популяция, представленная лошадьми ирандыкского типа. Коэффициент же генетического сходства между лошадьми обоих заводских типов (ирандыкского и учалинского) составляет 0,9927, т. е. имеет промежуточное значение.

Вывод. По своей генетической структуре лошади башкирской породы являются консолидированной популяцией, заводские типы которой обнаруживают между собой незначительные генетические расстояния и соответственно высокое генетическое сходство. При расчёте популяционно-генетических параметров обоих изученных заводских и одного внутрипородного типа установлено, что данные популяции находятся на оптимальном уровне гетерозиготности и соответственно в генетическом равновесии.

Библиографический список

1. Алтухов, Ю.П. Внутривидовое генетическое разнообразие: мониторинг и принципы сохранения [Текст] / Ю.П. Алтухов // Генетика. 1995. Т. 31, № 10. С. 1333–1357.
2. Вильвер, Д.С. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков коров различных генотипов [Текст] / Д.С. Вильвер // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 4. С. 41–43.
3. Ганиева, И.Н. Межлинейная дифференциация лошадей башкирской породы [Текст] / И.Н. Ганиева, Ф.И. Ниятшин, И.Ю. Долматова // Аграрная наука в инновационном развитии АПК. Материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016». Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 139–143.
4. Государственная книга племенных лошадей башкирской породы [Текст]. Том I: ВНИИ коневодства, 2010. 464 с.
5. Итоги племенной работы в сельскохозяйственных предприятиях Республики Башкортостан за 2015 год [Текст]. Уфа: МСХ, 2015. 65 с.
6. Калашников, Р.В. Табунное коневодство России [Текст] / Р.В. Калашников, В.В. Калашников // Коневодство и конный спорт. 2011. № 5. С. 6–9.
7. Картацев, Ю.Ф. Генетическое и морфобиологическое исследование популяций тихоокеанской сельди из японского и охотского морей [Текст] / Ю.Ф. Картацев, И.Г. Рыбникова // Генетика. 1998. № 8. С. 1093–1103.
8. Кимура, М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности [Текст] / М. Кимура. М.: Мир, 1985. 397 с.
9. Мельникова, Е.Е. Эффективность определения генетических качеств коров на основе метода BLUP [Текст] / Е.Е. Мельникова, И.Н. Янчуков, Н.А. Зиновьева, С.Н. Харитонов // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 11. С. 94–96.
10. Мурсалимов, В.С. Башкирская лошадь [Текст] В.С. Мурсалимов, Б.Х. Сатыев. Уфа: Башкирское книжное издательство, 1988. 160 с.
11. Положение о порядке племенного учёта и паспортизации (идентификации) чистопородных лошадей башкирской породы [Текст] // Приказ МСХ РБ от 05.10.2013 г.
12. Храброва, Л.А. Оценка аллелофонда заводских и местных пород лошадей по полиморфным системам крови [Текст] / Л.А. Храброва, Л.П. Готлиб, Т.И. Орехова, О.И. Коршунова // Коневодство и конный спорт. 2011. № 1. С. 11–14.
13. Храброва, Л.А. Метод оценки генетического разнообразия и степени генотипического сходства лошадей заводских и местных пород [Текст]: методические рекомендации / Л.А. Храброва, А.М. Зайцев, М.А. Зайцева. Дивово: ВНИИК, 2011. 25 с.
14. Чуркина, И.В. Полиморфные ДНК-маркеры у линий кур, подвергшихся длительной разнонаправленной селекции [Текст] / И.В. Чуркина, В.Б. Дмитриев, М.Г. Смарагдов, И.А. Колесник, А.Ф. Смирнов // Тезисы докладов 2-го съезда ВОГиС. 2000. Т. 2. С. 66.
15. <http://knowledge.su/b/bashkirskaia-poroda-loshadey>.
16. <http://www.bashinform.ru/news/101235-vyveden-novy-tip-bashkirskaia-loshadi>.

Сведения об авторах

1. **Долматова Ирина Юрьевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. E-mail: dolmat@list.ru.
2. **Ниятшин Фидан Иштуганович**, аспирант кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. E-mail: shitan2000@mail.ru.
3. **Ганиева Ильнура Нурисламовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. E-mail: Ilnura78@mail.ru.

В статье представлен материал по изучению генетической структуры лошадей башкирской породы из 26 сельскохозяйственных предприятий Республики Башкортостан по полиморфным вариантам белков и ферментов сыворотки крови (систем трансферрина, альбумина и эстеразы). По результатам исследований, проведённых в период с 2011 по 2015 гг. в лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, рассчитаны генетико-популя-

ционные параметры и определено генетическое сходство между тремя внутривидовыми типами (ирандыкским, учалинским и основным) и в обобщённой популяции лошадей башкирской породы. Установлено, что по своей генетической структуре лошади башкирской породы являются консолидированной равновесной популяцией, заводские типы которой обнаруживают между собой высокое генетическое сходство.

I. Dolmatova, F. Niyatchin, I. Ganieva

CHARACTERISTIC OF BASHKIR BREED HORSE ALLELOFOND BY BLOOD POLYMORPHIC PROTEINS AND ENZYMES

Key words: horses; Bashkir breed; interbreed types; polymorphic proteins and enzymes; transferrin; albumin; esterase.

Authors' personal details

1. **Dolmatova Irina**, Doctor of Biological Sciences, Professor of Department of beekeeping, private animal husbandry and animal breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34. E-mail: dolmat@list.ru.
2. **Niyatshin Fidan**, Post-graduate Student of Department of beekeeping, private animal husbandry and animal breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34. E-mail: shitan2000@mail.ru.
3. **Ganieva Ilnura**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Molecular Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34. E-mail: Ilnura78@mail.ru.

This article presents data on the study of the genetic structure of Bashkir breed horses from 26 agricultural enterprises of Bashkortostan republic by polymorphic variants of proteins and enzymes of blood serum (albumin, transferrin and esterase). According to the results of studies conducted between 2011 and 2015 in the Laboratory of Molecular Genetics of Bashkir State Agrarian University, calculated the population-genetic pa-

rameters and determined the genetic similarity between three intrabreed types (irandyksky, uchalinsky and basic), and in the generalized population of horses of the Bashkir breed. It is shown that the genetic structure of the Bashkir horse breeds are consolidated equilibrium population, whose interbreed types show each other a high genetic similarity.

© Долматова И.Ю., Ниятшин Ф.И., Ганиева И.Н.