

УДК 636.127.1:612.118.221

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ АЛЬБУМИНА, ТРАНСФЕРРИНА, ЦЕРУЛОПЛАЗМИНА И ЭСТЕРАЗЫ В КРОВИ ЛОШАДЕЙ ОРЛОВСКОЙ РЫСИСТОЙ ПОРОДЫ

Б. Д. КАМБЕГОВ, Л. А. ХРАБРОВА
(Кафедра коневодства)

Иммуногенетические показатели — антигенные факторы, сывороточные белки и ферменты в крови — в силу их полиморфизма, простого типа наследования и сравнительно несложной методики определения являются удобными генетическими маркерами. Использование иммуногенетических тестов позволяет не только устанавливать происхождение и степень родства животных, судить о структуре и генофонде популяций и пород, но и отбирать животных по их генотипу и рано оценивать их продуктивность.

Цель нашего исследования¹: определение частот генов альбуминового, трансферринового, церулоплазминового и эстеразного локусов у лошадей орловской рысистой породы, выращенных в разных конных заводах, изучение различий между популяциями и

¹ Это часть исследований зоотехнической и биологической обусловленности внутри- и межпородной дифференциации в коневодстве, проводящихся на кафедре коневодства Гимирязевской академии [2, 3 и 4].

Частота встречаемости аллелей альбуминового, трансферринового, эстеразного и церулоплазминового локусов у лошадей орловской рысистый породы

Аллель	Конные заводы			Порода в среднем (n=379)
	Дубровский (n=160)	Новотомниковский (n=115)	Хреновской (n=104)	
Al ^F	0,3375±0,0264	0,3609±0,0317	0,4087±0,0341	0,3654±0,0174
Al ^S	0,6625±0,0264	0,6391±0,0317	0,5913±0,0341	0,6346±0,0174
Tf ^D	0,0469±0,0118	0,1739±0,0250	0,0769±0,0185	0,0937±0,0102
Tf ^F	0,4437±0,0278	0,2261±0,0276	0,3750±0,0335	0,3588±0,0173
Tf ^H	0,1563±0,0203	0,2305±0,0278	0,2500±0,0173	0,2045±0,0146
Tf ^O	0,0094±0,0054	0,0304±0,0097	0,0433±0,0141	0,0251±0,0056
Tf ^R	0,3437±0,0265	0,3391±0,0312	0,2548±0,0302	0,3179±0,0169
Cp ^F	0,3344±0,0264	0,3304±0,0310	0,4183±0,0342	0,3562±0,0173
Cp ^S	0,6656±0,0264	0,6696±0,0310	0,5817±0,0342	0,6438±0,0173
Es ^F	0,4656±0,0279	0,2348±0,0279	0,1635±0,0257	0,3127±0,0139
Es ^G	0,1594±0,0204	0,2261±0,0276	0,2933±0,0316	0,2164±0,0149
Es ^I	0,3656±0,0269	0,3826±0,0321	0,5432±0,0345	0,4195±0,0179
Es ^S	0,0094±0,0054	0,1565±0,0239	—	0,0514±0,0080

генеалогическими линиями, проверка генного равновесия и анализ генетических структур исследованных популяций.

Материал и методика исследований

Материалом для исследований служили образцы крови, полученные от 379 лошадей орловской рысистый породы Дубровского, Новотомниковского и Хреновской конных заводов.

Типы сывороточных белков и ферментов крови определяли методом горизонтального электрофореза на крахмальном геле по Смитису [9]: типы альбумина и трансферрина — в модификации Ганэ [7], церулоплазмينا и эстеразы — по Томашевской-Гужевич [10]. Частоты генов рассчитывали исходя из частот встречаемости типов полиморфных белков. Теоретически ожидаемое распределение генотипов альбумина и церулоплазмينا устанавливали на основании значений частот генов по формуле Харди — Вайнберга, трансферрина и эстеразы — по формуле Берштейна [1]. Генное равновесие проверяли по методу χ^2 , сопоставляя фактически обнаруженное число особей, обладающих определенным генотипом, с теоретически ожидаемым. Уровень полиморфности получали по формуле Робертсона [5].

Результаты исследований

В образцах сыворотки крови лошадей нами было обнаружено три типа альбумина — FF, FS и SS, контролируемых аллелями Al^F и Al^S; 15 типов трансферрина — DD, DF, DH, DO, DR, FF, FH; FO, FR, NH, NO, HR, OO, OR, RR, контролируемых аллелями Tf^D, Tf^F, Tf^H, Tf^O и Tf^R (Tf^M отсутствовал). В локусе церулоплазмينا было выяв-

лено три генотипа FF, FS и SS, детерминируемых аллелями Cp^F и Cp^S. Обнаружено 10 генотипов эстеразы — FF, FG, FI, FS, GG, GI, GS, II, IS и SS, контролируемых аллелями Es^F, Es^G, Es^I и Es^S.

Лошади разных конных заводов различались между собой по частоте встречаемости аллелей трансферринового и эстеразного локусов и имели сходные частоты генов альбумина и церулоплазмينا (табл. 1).

Для рысаков Дубровского конного завода характерна высокая частота встречаемости аллелей Tf^F и Es^F, что в значительной степени связано с широким использованием жеребца Отклика (от него происходит 60% маток), имеющего генотип Tf^FR, Al^FS, Es^FI и Cp^FS. Рысаки Новотомниковского конного завода выделяются по частоте встречаемости аллелей Tf^D и Es^S. Для лошадей Хреновского конного завода характерны отсутствие Es^S и высокая частота встречаемости Es^I.

Племенная работа в изучаемых конных заводах, каждый из которых имеет тот или иной заводской тип, ведется с небольшим числом линий, определяющих данный тип, при использовании исторически сложившихся генеалогических комплексов. Это приводит к созданию в каждом племенном хозяйстве определенного генофонда, который отличается от других частой встречаемостью тех или иных аллелей.

При разведении по линиям, освежении крови и т. п. возможно возникновение в пределах породы групп животных, различающихся по отдельным признакам, в том числе и по генам, контролирующим полиморфные системы крови.

Совершенствование орловского рысака осуществляется в основном путем разведения по линиям. Советскими зоотехниками

Частота встречаемости аллелей альбуминового, трансферринового, церулоплазминового и эстеразного локусов у лошадей различных линий орловской рысистой породы

Аллель	Линия							
	Барчука (n=53)	Бубен- чика— Ветра (n=53)	Ветерка (n=17)	Вонна (n=10)	Ловчего (n=8)	Отбоя (n=125)	Пилота (n=77)	Громад- ного— Успеха (n=28)
Al ^F	0,4717	0,3585	0,3529	0,1000	0,6250	0,3400	0,3571	0,3571
Al ^S	0,5283	0,6415	0,6471	0,9000	0,3750	0,6600	0,6429	0,6429
Ti ^D	0,1321	0,0472	0,0294	0,1000	0,0625	0,0960	0,0974	0,0533
Ti ^F	0,2358	0,4906	0,3235	0,3000	0,2500	0,3120	0,4286	0,4642
Ti ^H	0,3302	0,2358	0,4706	0,4000	0,1250	0,1360	0,0844	0,3571
Ti ^O	0,0283	0,0189	—	0,0500	0,1875	0,0160	0,0195	0,0179
Ti ^R	0,2736	0,2075	0,1765	0,1500	0,3750	0,4400	0,3701	0,1071
Cp ^F	0,3208	0,3774	0,3824	0,3000	0,5000	0,3280	0,3831	0,4286
Cp ^S	0,6792	0,6226	0,6176	0,7000	0,5000	0,6720	0,6169	0,5714
Es ^F	0,2264	0,5000	0,1176	0,2000	0,0625	0,3640	0,3376	0,0536
Es ^G	0,2264	0,0849	0,2941	0,4000	0,3750	0,1920	0,2987	0,2143
Es ^I	0,4340	0,3962	0,4707	0,3000	0,6250	0,3920	0,3247	0,7321
Es ^S	0,1132	0,0189	0,1176	0,1000	—	0,0520	0,0390	—

создано 8 новых линий, среди которых выделяются линии Отбоя, Пилота, Ветра и формирующаяся линия Успеха.

Между отдельными линиями наблюдаются различия по частоте встречаемости аллелей исследуемых локусов (табл. 2). Линия Барчука, представленная крупными, массивными лошадьми, выделяется высокой частотой встречаемости Ti^D и Ti^H, линия Бубенчика — Ветра, для которой характерны скороспелость, дистанционность и упряжной склад, — высокой частотой Ti^F и Es^F и низкой Es^G. Крупные, правильного экстерьера рысаки линии Ветерка отличаются высокой частотой Ti^H; сухие, типичные для породы представители линии Вонна — высокой частотой Al^S и Es^G. Для лошадей линии Ловчего типичны сухость, крепость конституции, дистанционность и вместе с этим высокая частота Ti^O. Этот аллель встречается только у лошадей, несущих кровь Ловчего, и, по-видимому, может служить генетическим маркером этой линии. Самая популярная и многочисленная в породе линия Отбоя имеет ярко выраженный арабизированный тип и отличается высокой частотой Ti^R. Крупным и резвым лошадям линии Пилота свойственны аллели Ti^F и Ti^R при низкой частоте встречаемости Ti^H. Для новой линии Успеха характерна высокая частота Ti^F и Ti^H, а также генотипа Ti^H, который был и у родоначальника — Успеха.

В целом орловская рысистая порода отличается от других отечественных и зарубежных пород сравнительно высокими частотами встречаемости Ti^H и Ti^R [3, 4, 6, 8, 11]

Гены отдельных жеребцов, имеющих большое значение для породы, хотя бы частично

передающиеся в ряде поколений через сыновей, внуков и правнуков, будут в значительной степени определять генетические характеристики линий, в том числе и по белковому полиморфизму. Само разведение породы по линиям определяет необходимость существования различающихся по своему генотипу групп животных, спаривание которых между собой обеспечивает внутривидовой гетерозис.

Найденные различия при сопоставлении фактического и теоретического распределения генотипов трансферрина (табл. 3) оказались недостоверными, во всех трех популяциях сохранялось генное равновесие при некотором избытке гетерозигот.

Проверка генного равновесия в локусе альбумина (табл. 4) показала достоверный сдвиг в сторону гетерозигот у лошадей Новотомниковского конного завода ($P=0,001$) и породы в целом ($P=0,01$). У лошадей Дубровского и Хреновского конных заводов генное равновесие в этом локусе сохранялось.

В локусе церулоплазмينا различия между фактическим и теоретическим распределением оказались недостоверными во всех популяциях при небольшом избытке гетерозигот, но в целом по породе установлено нарушение равновесия ($P=0,01$).

В локусе эстеразы генное равновесие было нарушено у лошадей Новотомниковского и Хреновского конных заводов ($P=0,01$). Это особенно заметно по аллелю Es^G, обнаружено только 5 гомозиготных лошадей с генотипом EsGG, тогда как теоретически их должно быть 18. Недостаток рысаков с генотипом EsGG отмечается во всех трех конных заводах.

Фактическое и теоретическое распределение генотипов трансферринового локуса у лошадей орловской рысистой породы

Тип трансферрина	Конный завод						Порода в среднем (n=379)	
	Дубровский (n=160)		Новотомниковский (n=115)		Хреновской (n=104)			
	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое
DD	1	1	3	3	1	1	5	3
DF	3	7	11	9	4	6	18	25
DH	2	2	6	9	3	4	11	15
DO	—	—	—	1	1	1	1	2
DR	8	5	17	14	6	4	31	23
FF	34	32	10	6	10	15	34	49
FH	20	22	10	12	26	20	56	56
FO	3	1	1	2	3	3	7	7
FR	48	49	10	18	25	20	83	86
HH	5	4	8	6	6	6	19	16
HO	—	—	—	2	3	2	3	4
HR	18	17	21	18	8	13	47	49
OO	—	—	1	—	—	—	1	—
OR	—	1	4	2	2	2	6	6
RR	18	19	13	13	6	7	37	38
χ^2	9,7743	—	17,3100	—	9,1992	—	8,5110	—

Сдвиг генного равновесия в локусах альбумина, церулоплазмينا и эстеразы у лошадей орловской рысистой породы в сторону гетерозиготности может быть результатом случайных различий в генных частотах между отцовскими и материнскими родителскими группами, а также небольшой

численности исследованных животных. Нарушение генного равновесия может быть вызвано генетико-автоматическими процессами, связанными с изоляцией и небольшой численностью популяций.

Недостающее по сравнению с теоретически ожидаемым количество маток, гомози-

Таблица 4

Фактическое и теоретическое распределение генотипов альбуминового, церулоплазмिनного и эстеразного локусов у лошадей орловской рысистой породы

Генотип	Конные заводы						Порода в среднем (n=379)	
	Дубровский (n=160)		Новотомниковский (n=115)		Хреновской (n=104)			
	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое	фактическое	теоретическое
AIFF	17	18	6	15	16	17	39	51
AIFS	75	72	71	53	53	51	199	175
AISS	68	70	38	47	35	36	141	153
χ^2	0,2376	—	13,2366	—	0,1687	—	7,0661	—
СрFF	14	18	10	13	14	18	38	48
СрFS	79	71	56	50	59	51	194	174
СрSS	67	71	49	52	31	35	147	157
χ^2	2,0156	—	1,1585	—	2,6008	—	5,0194	—
EsFF	28	35	6	6	4	3	38	37
EsFG	29	24	8	12	7	10	44	51
EsFI	63	55	26	21	19	18	108	99
EsFS	2	2	8	8	—	—	9	12
EsGG	2	4	—	6	3	9	5	18
EsGI	17	19	28	20	48	33	93	69
EsGS	1	2	16	8	—	—	17	9
EsII	18	21	13	17	23	31	54	67
EsIS	1	1	8	14	—	—	9	16
EsSS	—	—	2	3	—	—	2	1
χ^2	5,2444	—	20,9983	—	19,1430	—	23,8953	—

Уровень полиморфности альбуминового, трансферринового, эстеразного и церулоплазминового локусов у лошадей орловской рысистой породы

Конный завод	n	Al	Tf	Cr	Es
Дубровский	160	1,79	2,91	1,80	2,66
Новотомни- ковский	115	1,86	4,00	1,79	3,61
Хреновской	104	1,94	3,63	1,94	2,45

готных по локусу E_S^G , позволяет предположить, что отбор в производящий состав лошадей с таким генотипом ограничен.

Сравнение лошадей разных конных заводов по 4 локусам показало, что наиболее генетически сбалансирована популяция Дубровского конного завода. У лошадей Новотомниковского конного завода генетическое равновесие нарушено в локусах альбумина и эстеразы, что может быть связано с небольшим прилитием крови русской рысистой породы. В целом отмечается избыток гетерозиготных генотипов изучаемых локусов, что может служить подтверждением преимущества гетерозиготных организмов.

Уровень полиморфности, характеризующий число действующих эффективных генов по каждому локусу (табл. 5), свидетельствует о наибольшей гомозиготности и консолидированности рысаков Дубровского кон-

ного завода и наибольшей гетерозиготности лошадей Новотомниковского конного завода. Эта тенденция прослеживается по всем четырем изучаемым локусам.

Выводы

У лошадей орловской рысистой породы было обнаружено по два аллеля альбуминового и церулоплазминового локусов — Al^F , Al^S , Cr^F , Cr^S , пять аллелей трансферринового локуса — Tf^D , Tf^F , Tf^H , Tf^O , Tf^R , четыре аллеля эстеразного локуса — Es^F , Es^G , Es^I , Es^S и все теоретически возможные генотипы исследуемых полиморфных систем.

2. Лошади разных конных заводов различались по частоте встречаемости аллелей трансферринового и эстеразного локусов и имели сходные частоты встречаемости генов альбуминового и церулоплазминового локусов.

3. Генеалогические линии различались по частоте встречаемости генов в локусах альбумина, трансферрина и эстеразы.

4. В локусах трансферрина и церулоплазмина генное равновесие сохранялось во всех исследованных популяциях. В локусе альбумина генное равновесие было нарушено у рысаков Новотомниковского конного завода, в локусе эстеразы — у рысаков Новотомниковского и Хреновского конных заводов. Наблюдался избыток гетерозиготных типов полиморфных систем.

5. Рысаки Дубровского конного завода, наиболее консолидированные по типу и происхождению, отличались наибольшей степенью гомозиготности изучаемых аллелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинин Н. П., Глембоцкий Я. Л. Генетика популяции и селекция. М. «Наука», 1967. — 2. Камбегов Б. Д. и др. Полиморфные системы белков сыворотки крови в онтогенезе. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 1, с. 219—220. — 3. Клиничук О. М. Иммуногенетическая характеристика племенного поголовья лошадей конного завода «Восход». — Докл. ТСХА, 1977, вып. 230, с. 72—76. — 4. Клиничук О. М., Камбегов Б. Д. Генетический полиморфизм трансферрина, альбумина и церулоплазмина в крови лошадей чистокровной арабской породы. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 6, с. 170—178. — 5. Меркурьева Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве, М., «Колос»,

1977. — 6. Braend M. — Nord. Vet. Med., vol. 16, N 4, p. 364—373. — 7. Gahne B. — Genetics, 1966, vol. 53, p. 681—694. — 8. Osterhoff D. A. et al. — Proc. 11 European Conference of Animal Blood Groups and Biochem. Polymorphism. Warszawa, 1968, p. 453—457. — 9. Smithies O. — Biochem. J., 1955, N 4, p. 629—641. — 10. Tomaszewska-Guszkiewicz K. — Polska A. N. Pozprawi habilitacyjnej, 1971. — 11. Tomaszewska-Guszkiewicz K., Jeziejski T. — Genetica polonica. Warszawa, 1974, N 1 — 2, p. 113—117.

Статья поступила 10 августа 1978 г.

SUMMARY

The study of genetic polymorphism of transferrin, albumin and esterase was performed by the technique of horizontal electrophoresis on 379 samples of blood serum from trotters of Orlovskaja breed. Two alleles of albumin and ceroplasmin locus Al^F , Al^S , Cr^F , Cr^S , five alleles of transferrin locus Tf^D , Tf^F , Tf^H , Tf^O , Tf^R , four alleles of esterase locus Es^F , Es^G , Es^I , Es^S , and all theoretically possible genotypes of the investigated polymorphic systems have been discovered. Inbred variations in occurrence frequency of the alleles of transferrin and esterase loci, as well as shifts in genetic equilibrium towards the excess of heterozygous genotypes in esterase locus have been observed.