

몽고말의 적혈구항원형 및 혈액단백질형 분석

조길재* · 조병욱**

한국마사회 유전자검사실*, 밀양대학교 동물자원학과**

Analysis of Redcell and Blood Protein Typing in Mongolian Horse

G. J. Cho* and B. W. Cho**

Laboratory of Equine Genetics, Korea Racing Association, Gwachon 427-711, Korea*

Department of Animal Science, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea**

ABSTRACT

The present study was carried out to investigate the blood markers of Mongolian horses. The blood redcell types and blood protein types(biochemical polymorphisms) were tested from 19 Mongolian horses by serological and electrophoretic procedure, and their phenotypes and gene frequencies were estimated. The blood group and biochemical polymorphism phenotypes observed with high frequency were A^{af}(42.1%), C^a(89.5%), K⁻(84.2%), U^a(63.2%), P^a(42.1%) P⁻(42.1%), Q^c(31.6%) Q⁻(31.6%), AL^{AB}(52.6%), A1B^K(89.5%), ES^I(63.2%), GC^F(78.9%), HB^{B1}(68.4%), PGD^F(84.2%), TF^{F1R}(21.1%), TF^{F2R}(21.1%), and genotypes D^{cm/dghm}(15.8%), D^{dghm/dghm}(15.8%), D^{ad/dghm}(10.5%), D^{ade/dghm}(10.5%), in Mongolian horses, respectively.

Alleles observed with high frequency were A^a(0.4211), C^a(0.8947), K⁻(0.8421), U^a(0.6316), P^a(0.4474), Q^c(0.4474), D^{dghm}(0.4211), AL^B(0.6579), A1B^K(0.9211), ES^I(0.7895), GC^F(0.8947), HB^{B1}(0.7895), PGD^F(0.8421) and TF^R(0.3421) in Mongolian horses.

These results present basic information for estimating the genetic relationships between the Korean native horse, and developing a system for parentage verification and individuals identification in Mongolian horse.

(Key words : Allele, Blood groups, Biochemical polymorphism, Mongolian horse)

I 서 론

가축의 혈액형에 대한 연구는 1940년대 미국의 Wisconsin대학에서 최초로 친자확인을 위한 혈액형 검사를 시작한 이래 많은 나라에서 가축개량사업이 활발해지고 이에 따른 종축등록, 검정업무 등이 활성화 됨에 따라 정확한 혈통 관리의 중요성이 증대되고 이에 혈액형 검사가 결정적인 역할을 할 수 있다는 것이 인정되면서 더욱 발전하여 왔다.

말의 혈액형은 1902년 말의 적혈구 표면에

위치한 항원에 대해 이종 및 동종면역항체(항혈청)를 가지고 사람의 ABO식 혈액형 검사법과 유사한 항원항체반응으로 검사하는 적혈구 항원형과 전기영동법에 의한 혈액단백질형으로 분류되며 말에서는 주로 혈통등록을 목적으로 친자 확인 및 개체식별에 이용되고 있다(Miura, 1994). 말의 혈액형은 친자관계를 확인하고 개체식별을 위한 가장 과학적인 수단으로 현재 통용되고 있으며, 현재까지 말에서의 적혈구항원형은 7개 시스템 34종의 혈액형인자(Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ca, Da, Db, Dc, Dd, De,

Corresponding author : G. J. Cho, 685 Juondong, Gwachon, Gyeonggi-do, Korea, Tel : 02-509-1933, E-mail : chogj@kra.co.kr

Df, Dg, Dh, Di, Dk, Dl, Dm, Dn, Do, Dp, Dq, Dr, Ka, Pa, Pb, Pc, Pd, Qa, Qb, Qc, Ua)에 의한 59개의 대립유전자 즉, A^a, A^{adf}, A^{adg}, A^{abdf}, A^{abdg}, A^b, A^{bc}, A^{bce}, A^c, A^{ce}, A^e, A⁻, C^a, C⁻, D^{adl}, D^{adlnr}, D^{adlr}, D^{bcmq}, D^{cefgmq}, D^{cegimnq}, D^{cfgkm}, D^{cfmqr}, D^{cgm}, D^{cgmp}, D^{cgmq}, D^{cgmqr}, D^{cgmr}, D^{deklr}, D^{delop}, D^{delq}, D^{dfklr}, D^{dghmp}, D^{dghmq}, D^{dghmqr}, D^{dkl}, D^{dlnq}, D^{dlnqr}, D^{dlnr}, D^q, D⁻, K^a, K⁻, P^a, P^{ac}, P^{acd}, P^{ad}, P^b, P^{bd}, P^d, P⁻, Q^{abc}, Q^{bc}, Q^{ac}, Q^a, Q^b, Q^c, Q⁻, U^a, U⁻와 혈액단백질형은 16개 시스템의 다형 좌위(A1B glycoprotein : A1B, Albumin : AL, Acid phosphatase : AP, Carbonic anhydrase : CA, Catalase : CAT, NADH-diaphorase : DIA, Carboxylesterase : ES, Vitamin D binding protein : GC, Glucose phosphate isomerase : GPI, Hemoglobin-α : HB, Peptidase A : PEPA, 6-phosphogluconate dehydrogenase : PGD, Phosphoglucomutase : PGM, Protease inhibitor : PI, Plasminogen : PLG, Transferrin : TF) 82개의 대립유전자 즉, A1B^{F,K,S}, AL^{A,B,I}, AP^{F,S}, CA^{E,F,I,L,O,S}, CAT^{F,S}, DIA^{F,S}, PLG^{1,2}, GC^{F,S}, ES^{F,C,H,I,L,(M),(N),O,R,S}, HB^{A,A2,B1,B2,(C),N,V}, PEPA^{F,S}, PGD^{D,F,S}, PGM^{F,S,V}, GPI^{F,I,L,S}, TF^{-D,D2,E,F1,F2,F3,G,H,I,H2,J,M,O,R}, PI^{F,G,H,I,K,L,L2,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,Z}으로 알려져 있다(조 등, 1999; 조 등, 2000b; Miura, 1994).

말의 적혈구항원형은 항원과 항체, 보체를 이용한 응집반응과 용혈반응에 의해서 분류할 수 있고 혈액단백질형은 전분이나 폴리아크릴아마이드 겔 지지체를 이용한 전기영동법에 의해서 혈액내의 특정 단백질 및 효소를 지배하는 유전자 좌위에 존재하는 대립유전자를 단백질 및 효소의 분자량에 의한 전하차이에 의해서 분리하고 전기적 이동거리의 순서에 따라 약정된 국제적 명명법에 준하여 분류한 것으로서 말에서는 친자감정 및 개체식별에 이용하고 있다(조 등, 2000a).

가축의 혈액형은 좁은 의미로서 적혈구항원형에 국한하고 있으나 넓은 의미로서는 혈액단백질형도 포함하여 수혈시 부작용의 예방, 프리마틴의 조기판정, 집단간의 유전적 유연관계의 규명 등에 응용되고 있으나 최근에는 말의 친자관계의 판정 효율을 높이고자 기존의 혈액형을 이용한 감정을 대신하여 microsatellite

DNA 다형 좌위에 의한 방법을 도입하여 친자관계의 확인이나 개체식별에 이용되고 있는 실정이다(조, 2004).

몽고말은 몽골지방의 초원에 반 야생적으로 사육되고 있는 재래종 말이다. 제주말과 비슷한 특징으로 체질이 강건하고 근육질이 단단하며 머리는 큰 편이고 꼬리털이 많으며 추위와 거친 먹이에 잘 견디고 지구력이 강한 것으로 알려져 있다(강, 1969). 한국이나 일본, 중국 등지에서 사육되고 있는 재래종 말은 몽고말과 가깝고 그 혈통이 섞여 있는 것으로 추정하고 있다(강, 1969). 이에 한국의 재래말인 제주말의 기원을 규명함과 동시에 제주말의 혈통보존을 위한 기초자료를 마련할 목적으로 국내에서 사육중인 몽고말을 대상으로 혈액형에 관한 결과를 보고하는 바이다.

II 재료 및 방법

1. 공시재료

국내에서 사육중인 몽고말 19두를 대상으로 하였다. 재료는 말의 경정맥으로부터 Heparin 및 Plain tube(Becton Dickson, USA)로 채혈한 혈액을 원심분리한 후 혈구는 적혈구항원형과 혈구효소형, 혈청은 혈청단백질형의 분석에 이용하였다.

2. 표준항혈청 및 보체

호주 퀸스랜드 대학 말 유전학 연구소(Brisban, Queensland)로부터 구입한 표준항혈청 7시스템 23종(Aa, Ab, Ac, Af, Ca, Da, Db, Dc, Dd, De, Df, Dg, Dh, Dk, Dm, Dn, Ka, Pa, Pb, Qa, Qb, Qc, Ua) 및 보체를 이용하였다.

3. 적혈구항원형 분석

Stormont 등(1964)의 방법을 응용한 96 well microplate(녹십자)를 이용하여 응집반응 및 용혈반응으로 적혈구항원형 검사를 실시하였다. 응집반응은 표준항혈청 40μl와 0.9%

NaCl 용액으로 3회 세척한 2% 적혈구 부유액 20 μ l를 가하여 혼합한 후 37 $^{\circ}$ C에서 15분간 반응후 다시 혼합 30분과 60분에 응집 유무를 판독한 후 4 $^{\circ}$ C에서 overnight시킨 후 최종적으로 확인하였다. 용혈반응은 상기의 용량에 20 μ l의 보체(흡착 토끼혈청)를 혼합한 후 60분과 120분에 용혈상태를 판독하였다.

4. 혈청단백질의 유전적 다형분석

혈청단백질인 A1B, ES, GC, TF의 유전적 다형분석은 Yokohama 등(1987)의 방법에 준하여 폴리아크릴아마이드 겔(Horizontal polyacrylamide gel electrophoresis : HPAGE)로 전기영동하여 염색 후 건조시켜 결과를 판독하였다.

5. 혈구단백질의 유전적 다형분석

HB 좌위는 Yokohama와 Mogi(1983)의 방법에 따라 등전점 전기 영동 후 염색치 않은 상태로 결과를 판독하였고, PGD와 AL의 유전적 다형분석은 Sandberg(1973)의 방법을 응용하여 전분 겔로 전기영동한 후 염색하여 결과를 판독하였다. 각각의 다형검출에 사용한 염색액의 조성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

6. 유전자 빈도의 추정

적혈구항원형 및 혈액단백질형의 각 좌위에 대한 유전자 빈도의 산출은 Pirchner(1983)의 simple gene counting 및 Andersson(1985)의 방법에 따라서 추정하였다.

III 결 과

1. 적혈구항원형 분석

Table 2는 몽고말 19두의 적혈구항원형 A, C, K, P, Q, U 시스템에 대한 표현형을 나타낸 결과로서 표현형 A^{af}(42.1%), C^a(89.5%), K⁻(84.2%), U^a(63.2%), P^a(42.1%) P⁻(42.1%), Q^c(31.6%), Q⁻(31.6%)에서 높은 빈도를 나타냈으며, Table 3은 부모로부터 유전되는 적혈구항원형 D시스템의 양식, 즉 유전자형을 나타낸 것으로 13개의 대립유전자 중 D^{cgm/dghm}(15.8%), D^{dghm/dghm}(15.8%), D^{ad/dghm}(10.5%), D^{adn/dghm}(10.5%), D^{adn/cgm}, D^{adn/de}, D^{adn/cfm}, D^{bcm/dghm}, D^{cgm/cef}, D^{dk/dk}, D^{de/de}, D^{dghm/dfk}, D^{dghm/dk}가 각각 5.3%의 순으로 높은 빈도의 유전자형이 관찰되었다. Fig. 1과 2는 적혈구항원형의 반응양상, 즉 응집상과 용혈상을 보여주고 있다.

Table 1. Lists of staining reagents for protein polymorphisms

Protein polymorphism	Staining reagents
AL	Amidoblack 1g make up to 1,000ml with destain sol(Acetic acid : Methanol : D.W = 1 : 5 : 5).
PGD	0.2g agar, NADP 4mg, PMS 6mg, MTT 8mg and 6-PG 10ml make up to 0.1M Tris buffer 40ml.
A1B, GC, TF	Coomassie brilliant blue G 1g and 60% Perchloric acid 60ml make up to 1,000ml with D.W.
ES	0.19M Trisaminomethane 200ml, Fast blue B salt 30mg, 0.05M Citric acid-monohydrate 150ml and 1% α -Naphthyl acetate 8ml mixed.
PGM	NADP 4mg, MTT 8mg, PMS 6mg with 0.1M Tris buffer 12ml, G6PD 10ul, GIP 50mg mixed.

Table 2. Frequencies of blood groups in Mongolian horse

System	Phenotype	No.(%) of horse	System	Phenotype	No.(%) of horse
A	a	4(21.1)	P	a	8(42.1)
	af	8(42.1)		ab	1(5.3)
	abf	3(15.8)		b	2(10.5)
	b	2(10.5)		-	8(42.1)
	-	2(10.5)	Q	abc	3(15.8)
C	a	17(89.5)		bc	2(10.5)
	-	2(10.5)		b	2(10.5)
K	a	3(15.8)		c	6(31.6)
	-	16(84.2)		-	6(31.6)
U	a	12(63.2)			
	-	7(36.8)			

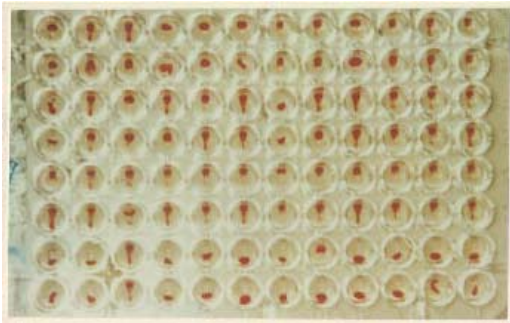


Fig. 1. Patterns of Agglutination reaction in Mongolian horse.

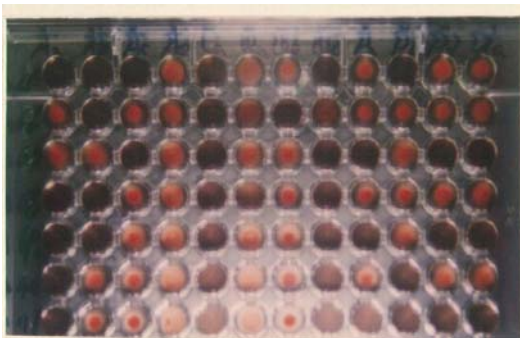


Fig. 2. Patterns of Hemolysis reaction in Mongolian horse.

Table 3. Frequencies of D blood groups in Mongolian horse

Genotype	No.(%) of horse	Genotype	No.(%) of horse
ad/dghm	2(10.5)	cgm/cef	1(5.3)
adn/cgm	1(5.3)	cgm/dghm	3(15.8)
adn/de	1(5.3)	dk/dk	1(5.3)
adn/cfm	1(5.3)	de/de	1(5.3)
adn/dghm	2(10.5)	dghm/dghm	3(15.8)
bcm/dghm	1(5.3)	dghm/dfk	1(5.3)
dghm/dk	1(5.3)		

2. 혈액단백질의 유전적 다형분석

공시재료 19두에 대한 혈액단백질의 유전적 다형을 분석한 결과는 Table 4와 Fig. 3 ~ 6에서 보는 바와 같다. 혈청단백질형 AL 좌위는 AL^{AB} 표현형이 10두(52.6%), GC 좌위는 GC^F 표현형이 15두(78.9%), A1B 좌위는 A1B^K 표현형이 17두

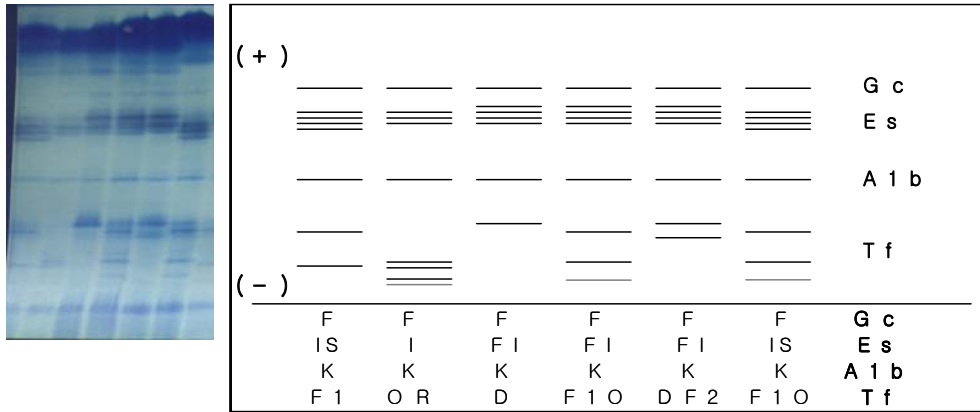


Fig. 3. Serum protein banding patterns for A1B, ES, GC, TF by horizontal polyacrylamide gel electrophoresis in Mongolian horse.

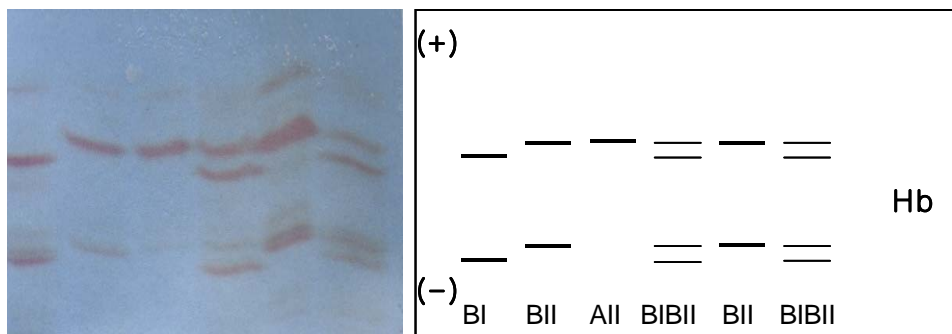


Fig. 4. Blood protein banding patterns for α -hemoglobin(HB) polymorphism in Mongolian horse.

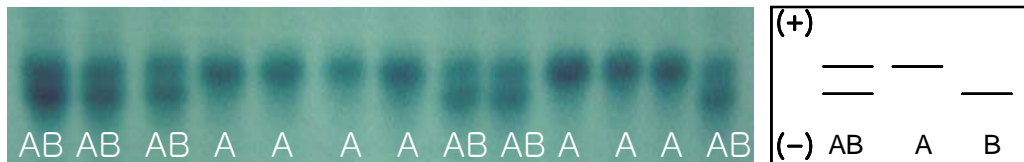


Fig. 5. Blood protein banding patterns for Albumin(AL) polymorphism in Mongolian Horse.



Fig. 6. Blood protein banding patterns for 6-Phosphogluconate Dehydrogenase(PGD) polymorphism in Mongolian Horse.

Table 4. Frequencies of blood protein polymorphisms in Mongolian horse

Locus	Phenotype	No.(%) of horse	Locus	Phenotype	No.(%) of horse
AL	AA	2(10.5)	TF	DF1	1(5.3)
	BB	7(36.8)		DH2	1(5.3)
	AB	10(52.6)		DF2	1(5.3)
GC	F	15(78.9)		R	2(10.5)
	FS	4(21.1)		F1F2	2(10.5)
A1B	K	17(89.5)		F1	1(5.3)
	KS	1(5.3)		DR	1(5.3)
	S	1(5.3)		F1R	4(21.1)
ES	FF	1(5.3)		F2	2(10.5)
	IS	1(5.3)		F2R	4(21.1)
	FI	5(26.3)	HB		B1B1
	II	12(63.2)		B2B2	1(5.3)
PGD	DS	1(5.3)	B1B2	4(21.1)	
	FS	2(10.5)	A2B2	1(5.3)	
	FF	16(84.2)			

(89.5%), ES 좌위는 ES^I 표현형이 12두(63.2%), TF 좌위는 TF^{F1R}, TF^{F2R} 표현형이 각각 4두(21.1%)로 높은 빈도를 보였다. 또한 HB 좌위는 HB^{B1} 표현형이 13두(68.4%), PGD 좌위는 PGD^F 표현형이 16두(84.2%)로 높은 빈도를 보였으며, HB 좌위는 HB^{A2B2} 표현형이 1두(5.3%), PGD 좌위는 PGD^{DS} 표현형이 1두(5.3%)로 특이하게 관찰되었다.

3. 적혈구항원형의 유전자 빈도

적혈구항원형의 유전자 빈도를 조사한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. A 시스템은 A^a(0.4211), A^b(0.1053), A^f(0.3683), A⁻(0.1053)로 4개의 대립유전자가 관찰되었으며 C, K, U 시스템에서는 C^a 대립유전자(0.8947), K⁻ 대립유전자(0.8421), U^a 대립유전자(0.6316)가 높은 빈도를 나타내었다. P 시스템은 P^a(0.4474), P^b(0.1316), P⁻(0.4211) 대립유전자가 관찰되었

다. Q 시스템은 Q^c 대립유전자와 Q⁻ 대립유전자가 각각 0.4474, 0.3158로 높은 빈도를 보였으며, D 시스템은 D^{ad}, D^{adn}, D^{bcm}, D^{cef}, D^{cfm}, D^{cgm}, D^{de}, D^{dk}, D^{dghm}, D^{dk} 등 10종류의 대립유전자가 관찰되었다. 이들 중 D^{dghm}(0.4211) 대립유전자가 가장 높은 빈도를 나타내었다.

4. 혈액단백질형의 유전자 빈도

혈액단백질형의 유전자 빈도는 Table 6에서 보는 바와 같다. 혈액단백질형 7개 좌위에 대해서 유전자 빈도를 조사한 결과 HB^{B1}(0.7895), PGD^F(0.8421), AL^B(0.6579), A1B^K(0.9211), GC^F(0.8947) 대립유전자가 높은 빈도로 관찰되었으며, ES 좌위는 ES^F, ES^I, ES^S 3개의 대립유전자중 ES^I(0.7895)가 가장 높은 빈도를 보였다. 또 TF 좌위는 TF^D, TF^{F1}, TF^{F2}, TF^{H2}, TF^R 5개의 대립유전자중 TF^R(0.3421), TF^{F2}(0.2895) 대립유전자가 높은 빈도를 보였다.

Table 5. Gene Frequencies of blood groups in Mongolian horse

System	Allele	Gene frequency	System	Allele	Gene frequency
A	Aa	0.4211	D	Dad	0.0526
	Ab	0.1053		Dadn	0.1316
	Af	0.3683		Dbcm	0.0263
	A-	0.1053		Dcef	0.0263
C	Ca	0.8947		Dcfm	0.0263
	C-	0.1053		Dcgm	0.1316
K	Ka	0.1579		Dde	0.0789
	K-	0.8421		Ddfk	0.0263
P	Pa	0.4474		Ddghm	0.4211
	Pb	0.1316		Ddk	0.0789
	P-	0.4211	Q	Qab	0.0789
U	Ua	0.6316		Qb	0.1579
	U-	0.3684		Qc	0.4474
Q	Q-	0.3158			

Table 6. Gene Frequencies of blood protein polymorphisms in Mongolian horse

System	Allele	Gene frequency	System	Allele	Gene frequency
HB	B1	0.7895	ES	F	0.1842
	B2	0.1842		I	0.7895
	A2	0.0263		S	0.0263
PGD	F	0.8421	GC	F	0.8947
	S	0.0789		S	0.1053
	FS	0.0526	TF	D	0.1053
AL	A	0.3421		F1	0.2368
	B	0.6579		F2	0.2895
A1B	K	0.9211		H2	0.0263
	S	0.0789	R	0.3421	

IV 고 찰

몽고말(Mongolian horse)은 제주말과 유사한 체격에 외모가 거칠고 지구력이 있으며 번식력이 강한 종으로 중국대륙의 북부와 동부에 걸

쳐 넓은 초원지대의 척박한 환경에서 생활하는 유목민에게 이동수단과 식량자원으로 이용되는 주요한 가축으로서 아시아의 다른 품종들에 많은 영향을 준 것으로 알려져 있다(Ishida 등, 1995; Nozawa, 1992). 이는 13~14세기 몽고족

인 원나라가 중국 본토를 중심으로 동아시아를 침략하고 지배하면서 많은 말을 탈취, 사육했던 몽고 유목민의 전투적인 기질에 기인한 것으로 추측된다. 제주말은 본래 소형마로 추정되나 원나라가 통치하던 시기에 몽고말에 의해 혼혈되었고 이러한 몽고말의 유전적 유입이 지금의 제주말에 큰 영향을 미친 것으로 알려져 있다(강, 1969).

한국의 고유한 재래종 말인 제주말의 유전적 특성에 관한 혈액형(적혈구항원형과 혈액단백질형)과 microsatellite DNA형에 관해서는 많은 연구가 수행되었으나(조 등, 1999; 조 등, 2000a, 2000b, 2004) 제주말의 형성에 영향을 받은 몽고말에 대해서는 연구가 미진한 상태이다.

국내에서 조 등(1999)은 제주마 및 제주 경주마 191두를 대상으로 7개 시스템 23개의 혈액인자를 조사한 결과 제주마는 P^b 25두(34.3%), Q^b 11두(15.1%), Q^c 41두(56.2%) 표현형 및 D^{bcm/dghm} (12.3%), D^{de/dghm} (9.6%), D^{ad/bcm} (6.8%), D^{cgm/de} (6.8%) 유전자형을 나타내었고 대립 유전자 빈도는 A^b (0.128), A^c (0.169), D^{ad} (0.103), D^{adm} (0.075), D^{dghm} (0.226), P^b (0.316), Q^c (0.494)가 높은 빈도를 나타냈다고 보고하였고, 정 등(1990, 1992)은 제주마 116두를 대상으로 혈액 단백질형을 조사한 결과 AL 좌위는 AL^{AB} 표현형이 47두(40.5%), AL^{BB} 표현형이 51두(44.0%)였으며, AL^A 대립유전자 빈도는 0.358, AL^B 대립유전자 빈도는 0.642로 보고한 바 있다. 또 TF 좌위에서는 TF^{FR} 표현형이 34두(29.3%), TF^F 표현형이 33두(28.5%)로서 높은 빈도를 보였고 대립유전자의 출현 빈도는 TF^D, TF^F, TF^H, TF^O, TF^R이 각각 0.065, 0.496, 0.034, 0.060, 0.345로 보고하였다. A1B 좌위는 A1B^{KK} 표현형이 108두(93.1%), A1B^{FK} 표현형이 8두(6.9%)로서 A1B^F 대립유전자의 빈도는 0.034, A1B^K 대립유전자의 빈도는 0.996으로 보고한 바 있다. 한 등(1992)은 제주마 114두를 대상으로 HB 좌위의 유전자 빈도를 조사한 결과 대립유전자 HB^{A1} (0.1097), HB^{B1} (0.6096), HB^{B2} (0.2087)의 빈도를 보고한 바 있다.

또한 Oh 등(1992)은 제주마 269두를 대상으로 유전자 빈도를 조사한 결과 AL 좌위의 유

전자 빈도는 AL^A (0.398), AL^B (0.602), ES 좌위는 ES^F (0.266), ES^I (0.712), ES^S (0.022)를 보고하였으며, 211두 제주마에서 HB 좌위를 분석한 결과 HB^A (0.102), HB^{B1} (0.620), HB^{B2} (0.260)로 나타났으며 212두를 대상으로 한 PGD 좌위는 PGD^F (0.823), PGD^S (0.566)로 보고한 바 있다.

몽고말을 대상으로 적혈구항원형 및 혈액단백질형을 조사한 본 실험에서는 적혈구항원형의 표현형 A^{af} (42.1%), C^a (89.5%), K⁻ (84.2%), U^a (63.2%), P^a (42.1%), P⁻ (42.1%), Q^c (31.6%), Q⁻ (31.6%)에서 높은 빈도를 보였고, 적혈구항원형 D시스템의 유전자형은 D^{cgm/dghm} (15.8%), D^{dghm/dghm} (15.8%)가 높은 빈도를 나타내었다. 또한 혈액 단백질형은 AL^{AB} (52.6%), A1B^K (89.5%), ES^I (63.2%), GC^F (78.9%), HB^{B1} (68.4%), PGD^F (84.2%), TF^{FIR} (21.1%), TF^{F2R} (21.1%)로 높은 빈도를 보였다. 조 등(1999, 2000b)은 적혈구항원형의 대립유전자 D^{dghm}, 정 등(1990, 1992)은 혈액단백질형 HB^{B1} 대립유전자, A1B^K 대립유전자에서 제주말과 몽고말이 유사하게 높은 빈도를 나타내었으며, ES^I 대립유전자, PGD^F 대립유전자, HB^{B1} 대립유전자 등에서 한 등(1992), Oh 등(1992)의 성적과 유사한 결과를 보였다. 또한 몽고말의 혈액단백질형에서 특이하게도 HB^{A2B2} (5.3%), PGD^{DS} (5.3%) 대립유전자가 관찰되었다.

Tozaki 등(2003)은 몽고마 30두, 제주마 21두, 일본말 135두에 대해서 microsatellite DNA 다형을 조사한 결과 몽고마가 제주마에 유전적 영향을 미쳤으며 일본말의 기원이 됐다고 보고한 바 있다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 몽고말의 적혈구항원형 및 혈액단백질형 분석 결과를 토대로 하여 제주마의 기원을 부분적으로 추정할 수 있으나 더욱더 정확한 결과를 얻기 위해서는 더 많은 두수와 검사항목, 그리고 한반도 주변 국가의 재래종 말과 연관시켜 microsatellite DNA형을 포함한 다양한 좌위 및 계통분류학적 분석 등으로 연관성을 규명하여야 할 것으로 사료된다. 또한 몽고말과 제주말을 구분할 수 있는 유전적 특성에 관해서도 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료되며 본 결과는 몽고말의 친자관계의 확인이나 개체식별

검사에 활용할 수 있음과 동시에 제주말의 혈통보존을 위한 기초자료에 도움이 될 것으로 사료된다.

V 요 약

제주말의 혈통보존을 위한 기초자료를 마련할 목적으로 국내에서 사육중인 몽고말 19두를 대상으로 적혈구항원형 및 혈액단백질형의 표현형 분포와 유전자 빈도를 조사한 결과는 다음과 같다.

적혈구항원형의 표현형은 A^{af}(42.1%), C^a(89.5%), K⁻(84.2%), U^a(63.2%), P^a(42.1%) P⁻(42.1%), Q^c(31.6%), Q⁻(31.6%)에서 높은 빈도를 나타냈으며 적혈구항원형 D 시스템의 유전자형은 D^{cgm/dghm}(15.8%), D^{dghm/dghm}(15.8%), D^{ad/dghm}(10.5%), D^{adn/dghm}(10.5%)가 높은 빈도 순으로 관찰되었다. 혈액단백질형 7개의 좌위에서는 AL^{AB}(52.6%), A1B^K(89.5%), ES^I(63.2%), GC^F(78.9%), HB^{B1}(68.4%), PGD^F(84.2%), TF^{F1R}(21.1%), TF^{F2R}(21.1%)로 높은 빈도를 보였으며, HB^{A2B2}(5.3%), PGD^{DS}(5.3%)가 특이하게 관찰되었다.

적혈구항원형의 유전자 빈도를 조사한 결과 A^a(0.4211), C^a(0.8947), K⁻(0.8421), U^a(0.6316), P^a(0.4474), Q^c(0.4474), D^{dghm}(0.4211)로 가장 높은 빈도를 보였으며, 혈액단백질형 7개 좌위에 대해서 유전자 빈도를 조사한 결과 AL^B(0.6579), A1B^K(0.9211), ES^I(0.7895), GC^F(0.8947), HB^{B1}(0.7895), PGD^F(0.8421), TF^R(0.3421)가 높은 빈도로 관찰되었다.

VI 인용 문헌

- Andersson, L. 1985. The estimation of blood group gene frequencies: a note on the allocation method. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.* 16:1-7.
- Cho, G. J. and Cho, B. W. 2004. Microsatellite DNA Typing using 16 markers for parentage verification of the Korean native horse. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17:750-754.
- Ishida, N., Oyunsuren, T., Mashima, S., Mukoyama, H. and Saitou, N. 1995. Mitochondrial DNA sequence of various species of the genus *Equus* with special reference to the phylogenetic relationship between Przewalskii's wild horse and domestic horse. *J. Mol. Evol.* 41:180-188.
- Miura, N. 1994. Blood typing service in light-breed horses. *Jpn. J. Equine Sci.* 4:187-190.
- Nozawa, K. 1992. Origin and ancestry of Native horse in eastern Asia and Japan. *Jpn. J. Equine Sci.* 3:1-18.
- Oh, M. U., Ko, M. H. and Kim, G. O. 1992. Genetic variations of the blood protein in Cheju native horses. *Korean J. Genetics*, 14:39-50.
- Pirchner, F. 1983. Population genetics in animal breeding. Freeman Company, San Fransisco.
- Sandberg, K. 1973. Phosphohexose isomerase polymorphism in horse erythrocytes. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.* 4:79-82.
- Stormont, C., Suzuki, Y. and Rhode, E. A. 1964. Serology of horse blood groups. *Cornell Vet.* 54: 439-452.
- Tozaki, T., Takezaki, N., Hasegawa, T., Ishida, N., Kurosawa, M., Tomita, M., Saitou, N. and Mukoyama, H. 2003. Microsatellite variation in Japanese and Asian horses and their phylogenetic relationship using a European horse out group. *J. Heredity*, 94:374-380.
- Yokohama, M., Watanabe, Y. and Gawahara, H. 1987. Horizontal polyacrylamide gel electrophoresis for equine serum protein types. *J. Anim. Genetics*, 15:22-27.
- Yokohama, M. and Mogi, K. 1983. Polymorphism of equine hemoglobin by the isoelectric focusing method. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 54:794-797.
- 강면희. 1969. 한국 재래마에 관한 역사적 및 형태학적 연구. *한국축산학회지.* 11:351-379.
- 정의룡, 한상기, 신용해. 1990. 제주 재래마의 혈청, 혈구단백질 및 효소의 생화학적 유전 형질에 관한 연구. 1. 혈청단백질의 유전적 다형현상. *한국축산학회지.* 32:298-308.
- 정의룡, 한상기, 신용해. 1992. 제주 재래마의 혈청, 혈구단백질 및 효소의 생화학적 유전 형질에 관한 연구. 2. 혈구효소의 유전적 다형현상. *한국축산학회지.* 32:338-342.
- 조길재, 김봉환. 2000a. 더러브렛 말의 혈액형에 관한 연구. *대한수의학회지.* 4:683-690.
- 조길재, 김봉환, 이두식, 이경갑. 2000b. 제주마의 혈액형에 관한 연구. II. 혈액단백질형. *대한수의학회지.* 40:283-290.

18. 조길재, 김택수, 엄영호, 김봉환, 유재선. 1999. 제주마의 혈액형에 관한 연구. I. 적혈구항원형. 대한수의학회지. 39:1066-1072.
19. 조길재. 2004. Microsatellite DNA형 분석을 이용한 더러브렛 말의 친자감정. 한국축산학회지. 2: 129-137.
20. 한상기, 정의룡, 신유철. 1992. 등전점전기영동법에 의한 제주재래마 Hb 단백질의 유전적 다형현상에 관한 연구. 한국축산학회지. 34:338-342. (접수일자 : 2004. 7. 27. / 채택일자 : 2004. 11. 23.)