

碩士學位 請求論文
指導教授 韓 相 基



濟州在來馬의 血清蛋白質 및 酵素의
生化學的 多形現象에 關한 研究

A Study on Biochemical Polymorphisms of Serum
Proteins and Enzyme in Che Ju Native Horses

建國大學校 大學院

酪農學科

金 南 吉

572163

金 南 吉의

農學 碩士學位 請求論文을 認准함.

審 查 委 員

委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

1998年 6月 日

建國大學校 大學院

목 차

Abstract	1
I. 서론	4
II. 재료 및 방법	8
1. 공시 재료	8
2. 실험 방법	8
III. 결과 및 고찰	9
1. 혈청 Protease inhibitor(Pi) 좌위의 유전적 다형현상	9
2. 혈청 Albumin(Alb) 좌위의 유전적 다형현상	20
3. 혈청 Gc protein(Gc) 좌위의 유전적 다형현상	23
4. 혈청 ALB protein(ALB) 좌위의 유전적 다형현상	26
5. 혈청 Transferrin(Tf) 좌위의 유전적 다형현상	30
IV. 적요	36
V. 참고문헌	41

濟州在來馬의 血清蛋白質 및 酵素의
生化學的 多形現象에 關한 研究

建國大學校 大學院 酪農學科 碩士學位課程

金 南 吉

**A Study on Biochemical Polymorphisms of Serum
Proteins and Enzyme in Che Ju Native Horses**

Kim Nam-Gil

*Master's program in Dairy Science
Graduate School of Kon-Kuk University*

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the genetic make-up of Che Ju native horses for conservation. Standard methods of polyacrylamide (Juneja , Gahne & Sandberg , 1978) gel

electrophoresis and acidic gradient PAGE (Pollitt & Bell , 1980) were used to identify inherited variants at the following enzyme and other protein loci : protease inhibitor(*Pi*), albumin(*Alb*), *Gc*, *AlB*, transferrin(*Tf*) in 140 Che Ju native horses. The analyzed results of phenotype, genotype and gene frequency were as following :

1. In the protease inhibitor(*Pi*) locus, 41 different phenotypes were identified and assumed to be controlled by 14 autosomal codominant alleles designated Pi^F , Pi^I , Pi^N , Pi^L , Pi^S , Pi^U , Pi^X , Pi^P , Pi^R , Pi^O , Pi^K , Pi^V , Pi^J and Pi^Q . The phenotype distribution was estimated to be 12.1% for LS, 9.3% for NS and 6.4% for NP. The Pi^S allele with the frequency of 0.257 showed the highest frequency.

2. With respect to albumin(*Alb*) locus, three different phenotypes AA, AB and BB which were assumed to be controlled by two codominant alleles, Alb^A and Alb^B , were identified. And their phenotype distributions were 11%, 48% and 41% respectively. The frequency of Alb^B (0.654) allele was much higher than that of Alb^A (0.346).

3. As regards Gc protein(Gc) locus, two different phenotypes, FF and FS, were observed and their phenotype distributions were 90% and 10% respectively. However, the homozygous SS type was not observed in the present study. The predominant allele was Gc^F allele with a frequency of 0.950, and the frequency of Gc^S allele was 0.05.

4. As for the A1B protein locus, two different phenotypes, KK and KS, were observed, but homozygous FF phenotype was not observed. The phenotype distribution for KK phenotype was 97% and that of KS phenotype was 3%. The frequency of $A1B^K$ allele(0.986) was predominant over that of $A1B^S$ allele(0.014).

5. Concerning transferrin(Tf) locus, fifteen different phenotypes DD, DF₂, DH, DR, F₁F₁, F₁R, F₂F₂, F₂H, F₂O, F₂R, HO, HR, OO, OR and RR were identified and their distribution of Tf phenotypes were 1.43%, 13.57%, 1.43%, 7.86%, 0.72%, 0.71%, 72%, 1.43%, 10%, 17.14%, 0.71%, 3.57%, 0.71%, 4.29% and 10.72% respectively. The frequencies of the six alleles Tf^D , Tf^{F1} , Tf^{F2} , Tf^H , Tf^O and Tf^R were 0.129, 0.007, 0.471, 0.036, 0.082 and 0.275 respectively.

I. 서론

인류의 역사상 가장 중요한 개발의 하나는 동물을 인위적으로 순화시킨 가축화 과정으로서 인류의 문화 유산이라고 할 수 있는 한국의 재래가축은 현재 멸종위기에 직면하고 있으며, 재래가축의 유전적 다양성이 소멸된다는 것은 돌이킬 수 없는 자원의 고갈을 의미한다. 재래가축은 미래 축산산업에 대한 경제적 측면 및 첨단과학 시대에 대비한 과학적 가치 측면에서 경이적인 활용분야가 될 것이며 문화, 역사적인 측면에서도 귀중한 자료가 된다(Han, 1992).

가축을 보존한다는 개념은 전시적 의미보다는 기능적 특성을 유지하도록 생물학적 차원에서 보존해야 한다. 즉, 숫자적 개념보다는 그들 집단이 가지고 있는 유전적 다양성을 보존하는 것이 중요하다(한, 1995).

한국의 재래마로 대표되는 제주마는 오랜 세월동안 제주도 지역의 기후풍토에 순화, 적응하면서 고유한 유전적 특성을 지니게 된 체질이 강건한 소형마로 생물학적 가치가 매우 높은 재래가축의 하나이다. 그러나 과거 제주마의 개량을 위해 외국으로부터 도입된 외래 품종과의 교잡에 따른 잡종화로 혈통이 문란해져 제주 재래마의 혈통 유지가 곤란한 실정이었다. 이에 제주 재래마의 보존을 위한 시책으로 재래마의 연구와 보존에 노력해 온 韓과 李(1982)의 건의에 따라 1985년 제주 재래마를 천연기념물 제 347호로 지정하여 보

존, 육성하는 한편 제주마의 경제적 가치하락으로 인한 제주마 두수의 지속적인 감소를 억제하기 위해 사육농가들에 대한 보조금 지원과 관광상품화 등 다각적인 방안을 모색한 결과 사육두수가 점차 회복의 기미를 보여 1990년도에는 2,500여두에 이르게 되었다.

지금까지의 제주 재래마에 관한 연구는 문헌에 의한 고증이나 체형 및 모색 등의 유전형질에 대한 통계학적 분석방법에 의존하여 진행되어왔다. 그러나 가축유전형질의 분석은 생화학 및 분자유전학의 발달에 따라 생화학적 유전형질인 단백질 및 효소의 분자 수준으로 연구영역이 확대되었고 특히 1950년대에 starch와 polyacrylamide gel을 지지매체로 하는 전기영동법이 개발, 보급된 이후 각종 단백질 및 효소의 구조를 지배하는 유전자의 검출이 가능해졌으며, 이들이 종, 품종, 계통 및 개체간에 다양한 변이가 존재한다는 사실이 발견되면서부터 생화학적 다형 현상에 관한 연구는 비약적인 발전을 하였다. 말의 유전적 다형 현상에 대한 국내 연구로서 경주마의 혈구 단백질 및 효소 좌위인 Catalase, Carbonic anhydrase 및 Acid phosphatase의 유전적 다형 현상에 대한 보고가 있으며(韓 등, 1990), 경주마의 혈청 단백질 및 효소 좌위인 Transferrin, Albumin, Prealbumin, Esterase 및 Xk의 유전적 다형 현상이 보고된 바 있다(韓 등, 1986, 1986, 1986, 1989, 1990). 또한 제주 재래마의 유전자 보존 및 활용에 대한 연구로서 혈액 단백질 및

효소 좌위인 Albumin, Vitamin D binding protein(Gc), Post-albumin 및 Esterase에 대한 유전적 다형 현상에 대한 연구(韓 등, 1995)와 백혈구의 효소 좌위인 phosphoglucomutase (PGM), 6-phosphogluconate dehydrase (PGD), phosphohexose isomerase(PHI), mannose-6-phosphate isomerase (MPI) 및 glutamic oxaloacetate transaminase에 대한 유전적 다형 현상에 대한 연구(韓 등, 1993)가 보고되었고, 혈청 단백질 좌위인 α -protease inhibitor(Pi), albumin(Alb), transferrin(Tf), Xk 및 Slow α_2 -globulin(S α_2)에 대한 유전적 다형 현상에 대한 연구(鄭 등, 1990)가 보고 된 바 있다.

가축 육종학적 입장에서 단백질 및 효소의 다형 현상은 이들을 지배하는 유전자를 표지유전자로 하여 가축의 품종 및 계통분류와 같은 집단유전학적 연구, 가축의 경제형질과의 상관관계분석을 통한 육종 및 혈통등록과 친자감별 등 다양한 방면으로 활용되고 있다.

생화학적 유전형질의 표지유전자에 의해 품종간 유전거리에 관한 정보가 제공되고 이 정보에 의해 현재는 비록 경제적 가치가 낮더라도 집단내의 유전적 변이를 유지하기 위한 목적으로 보존되어야 할 품종을 선발하는데 중요한 지표가 될 수 있으며 품종간 잡종교배를 위한 품종 선택에 유용한 정보를 제공해 준다. 또한 품종집단간의 유전적 유연 관계에 관한 정보는 가축유전자원의 이용을 위한

보존계획과 장래의 합리적인 육종계획에 커다란 도움을 줄 수 있다.

본 연구는 제주 재래마의 생화학적 유전형질을 표지유전자로 하여 재래마 집단 유전적 구성을 비교, 분석하여 생물다양성을 규명하기 위해 혈청 단백질 좌위인 Protease inhibitor(Pi), Albumin(Alb), Vitamin D binding protein(Gc), A1B protein (A1B) 및 Transferrin(Tf)의 생화학적 유전 형질에 대한 표현형, 유전자형 및 유전자 빈도를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 재료

1) 공시마

조사 대상으로 한 제주 재래마는 제주도내 한국마사회에서 사육 중인 제주 재래마 140두를 공시마로 선정하였다.

2) 공시 혈액

각 공시마의 경정맥으로부터 20ml의 혈액을 채취하여 시험관에 옮긴 후 냉장하여 空輸하였고 혈액으로부터 충분한 혈청이 유리된 후 원심분리에 의해 순수혈청을 분리하여 1.5ml tube에 담아 -70℃의 냉동고에 보존하여 분석시료로 사용하였다.

2. 실험 방법

혈청 단백질 및 효소 좌위의 분석은 R. Kumar Juneja등(1978)의 방법을 일부 개선하여 pH 9.0의 Tris-borate buffer를 이용한 polyacrylamide gel electrophoresis(PAGE)에 의해 Albumin(Alb), Gc protein(Gc), A1B protein(A1B), Transferrin(Tf)을 분석하였고, Protease inhibitor(Pi)는 C. C. Pollitt 와 K. Bell(1980)의 방법에 의한 Acidic gradient PAGE에 의해 그 분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 혈청 Protease inhibitor(Pi) 효소 좌위의 유전적 다형 현상

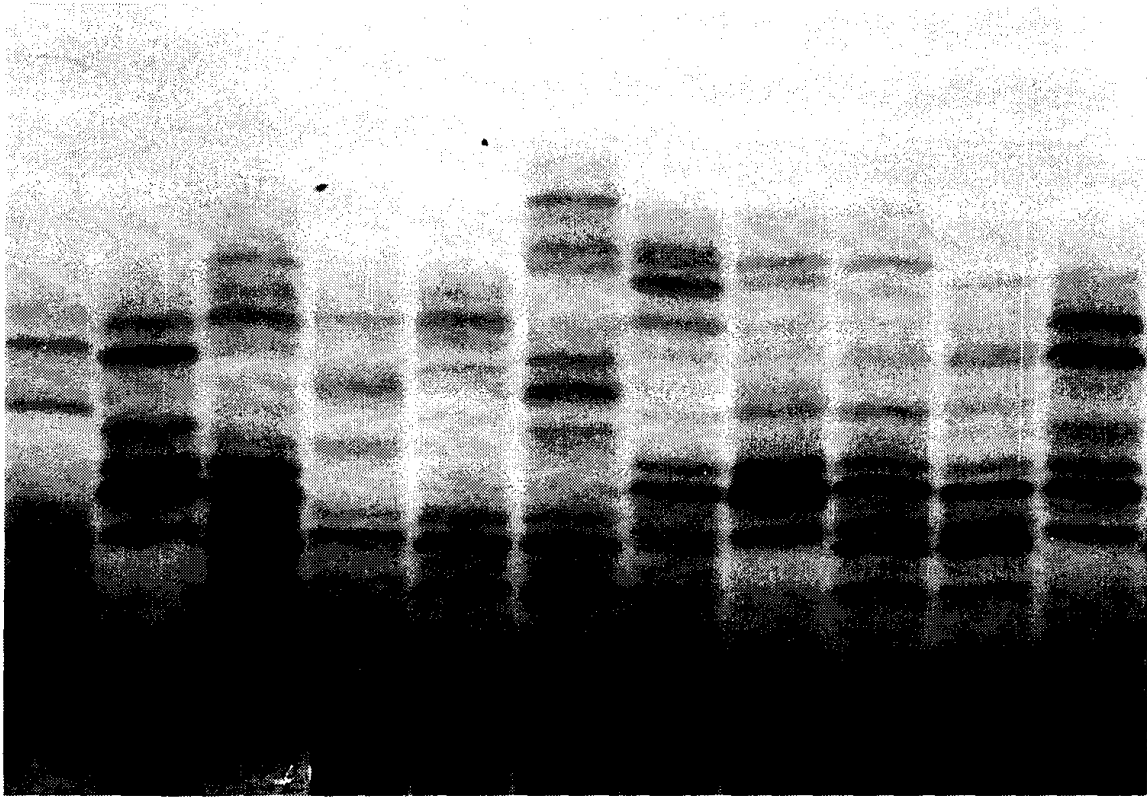
Protease inhibitor(Pi)는 과거 Prealbumin(Pr)으로 명명되어왔으나 Juneja등(1979)과 Matthews(1979)에 의해 사람의 혈청 Pi와 유사한 것으로 입증되어 그 유전자 좌위의 기호가 Pr에서 Pi로 개칭되었다.

말의 혈청 Pi 단백질 좌위는 Gahne(1966)의 acid starch gel electrophoresis에 의해 최초로 Prealbumin(Pr)으로 명명된 F, I, L 및 S 유전자가 보고되었고 이후 Acid PAGE electrophoresis(Pollitt & Bell, 1980)의 개발에 의해 새로운 대립 유전자들이 확인되었다. 1970년 Braend에 의해 N, T, U 및 W의 대립 유전자가 밝혀졌고, Scott에 의해 G 대립 유전자(1977)와 Z 대립 유전자(1979) 확인되었다. 지금까지 알려진 Pi 좌위의 대립 유전자는 F, G, I, N, L, S, U, X, Z, P, R, O, K, H, V, J, Q등 20여종에 이른다.

본 연구에서 pH 4.6의 acid PAGE electrophoresis에 의해 제주마 혈청 Pi 좌위를 분석하였으며 전기영동상은 Fig 1과 2에 나타내었다. 140두의 제주 재래마에 대한 Pi의 표현형은 F, I, N, L, S, U, X, P, R, O, K, V, J, Q 대립 유전자에 의해 지배되는 41가지 표현형이 검출되었으며 Pi의 표현형과 유전자 빈도를 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다.

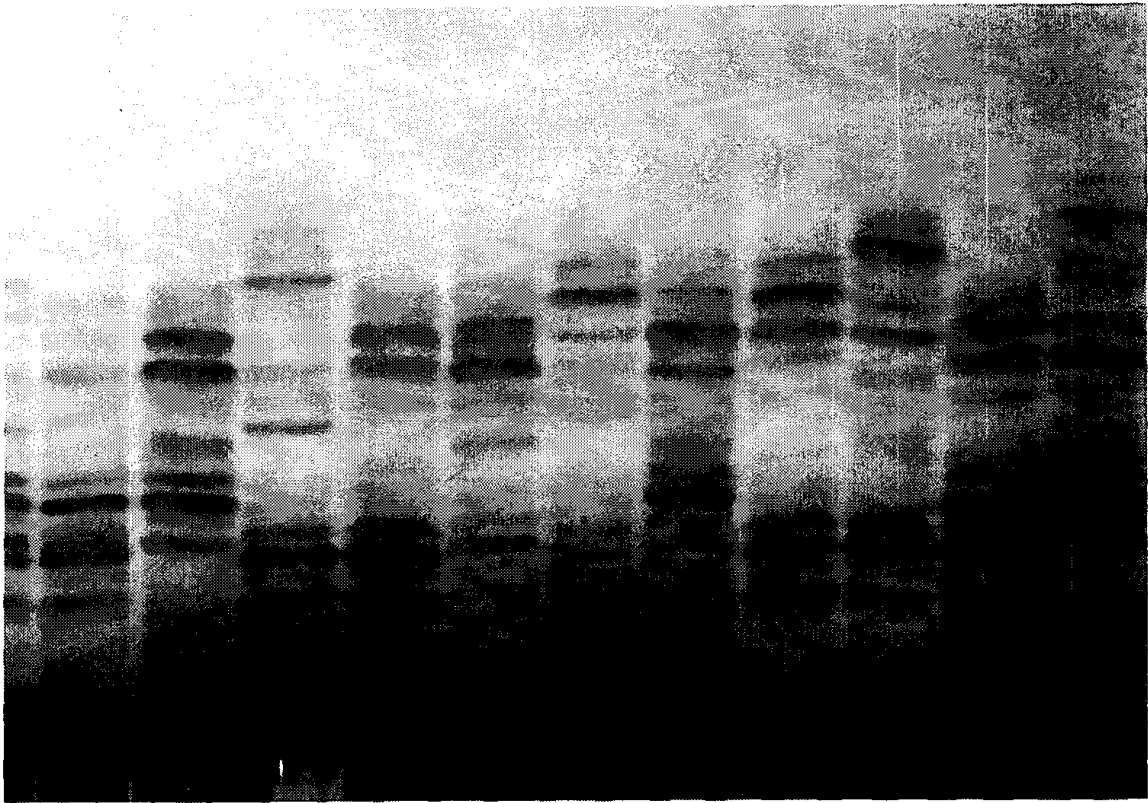
재래마 집단에서 Pi 표현형의 출현빈도는 LS형이 12.1%로 가장 높게 나타났고, NS형이 9.3%, NP형이 6.4%, IN형, SS형 및 KS형이 모두 5.7%, IS형, SU형 및 KN형이 모두 4.3%, KL형이 3.6%, NN형 및 NL형이 모두 2.9%, FI형, FS형, IR형 및 NU형이 모두 2.1%, FL형, IU형, IK형, JN형, LU형, LL형, JL형, PS형 및 JQ형이 모두 1.4% 출현빈도로 확인되었으며 나머지 표현형은 1% 미만의 낮은 빈도를 나타내었다.

유전자 빈도에 있어서는 Pi^S 대립 유전자가 0.257로 그 출현빈도가 가장 높았으며 Pi^N , Pi^L , Pi^I , Pi^K , Pi^U , Pi^F , Pi^P , Pi^J , Pi^R , Pi^X 및 Pi^Q 대립 유전자가 각각 0.193, 0.132, 0.100, 0.082, 0.068, 0.050, 0.050, 0.025, 0.018, 0.010 및 0.007의 빈도로 검출되었고 Pi^O 및 Pi^v 대립 유전자가 모두 0.004 낮은 출현빈도를 나타내었다.



P+ LL IN Z+ IP FX NJ NS NU SP LK

Fig 1. Electrophoregram of Pi protein phenotypes in Che Ju native horses



SP LK NN IR HL JV LQ JQ GI IR FR
Fig 2. Electrophoregram of Pi protein phenotypes in Che Ju native horses

Table 1. Gene frequencies of Pi locus in Che ju native horses

Phenotype	Observed	Phenotype	Observed	Allele	Frequency
FF	1(0.007)	NK	6(0.043)		
FI	3(0.021)	NJ	2(0.014)		
FN	1(0.007)	LL	2(0.014)	F	0.050
FL	2(0.014)	LS	17(0.121)	I	0.100
FS	3(0.021)	LU	2(0.014)	N	0.193
FU	1(0.007)	LX	1(0.007)	L	0.132
FX	1(0.007)	LK	5(0.036)	S	0.257
FR	1(0.007)	LJ	2(0.014)	U	0.068
II	1(0.007)	SS	8(0.057)	X	0.010
IN	8(0.057)	SU	6(0.043)	P	0.050
IS	6(0.043)	SX	1(0.007)	R	0.018
IU	2(0.014)	SP	2(0.014)	O	0.004
IR	3(0.021)	SK	8(0.057)	K	0.082
IO	1(0.007)	UU	1(0.007)	V	0.004
IP	1(0.007)	UP	1(0.007)	J	0.025
IK	2(0.014)	UR	1(0.007)	Q	0.007
NN	4(0.029)	UK	1(0.007)		
NL	4(0.029)	PK	1(0.007)		
NS	13(0.093)	VJ	1(0.007)		
NU	3(0.021)	JQ	2(0.014)		
NP	9(0.064)				
Total			140		

* Figures within parentheses are the percentage of observed phenotype

제주 재래마에 대한 P_i 의 유전자 빈도를 타품종과 비교하여 Table 2-1과 Table 2-2에 나타내었다. 본 연구의 결과 P_i^F 대립 유전자에서는 미국 야생종인 Stone Cabin 1에서 가장 높게 나타났으며, 제주 재래마의 경우 0.05의 빈도로 나타나 鄭등(1990)이 보고한 0.017보다 비교적 높게 검출되었고 일본 재래종인 Hokkaido와 Tsushima 재래마의 빈도 0.043, 0.052와 가장 유사하였다.

미국의 Clan Alpine 1 야생마에서 P_i^G 대립 유전자가 0.043의 빈도로 높게 검출되었고 Standardbred, Thoroughbred, Morgan horse 및 Quarter horse의 품종에서 0.02와 0.04사이의 빈도로 비교적 고른 분포를 나타냈으나 미국의 Beaty Butte 야생마, 미국의 Stone Cabin 1 야생마 및 미국의 Stone Cabin 2 야생마에서는 검출되지 않았고 제주 재래마 역시 P_i^G 대립 유전자가 검출되지 않았다.

P_i^I 대립 유전자의 경우 미국의 Wassuk 야생마에서 그 빈도가 0.360으로 가장 높게 나타났고 제주 재래마의 경우 0.100의 빈도를 보였으며 이것은 Philippine 재래마의 유전자 빈도 0.090과 비슷하였다.

P_i^N 대립 유전자는 Morgan horse 및 Quarter horse에서 각각 0.303 및 0.379의 빈도로 가장 높게 검출되었고 제주 재래마에서는 그 빈도가 0.193으로 미국의 Beaty Butte 야생마의 빈도 0.154와 비슷하였다.

Pi^L 대립 유전자에서는 鄭등(1990)이 보고한 제주 재래마의 Pi^L 대립 유전자가 0.741의 빈도로 가장 높게 나타났는데 본 연구에 의해 확인된 Pi^L 대립 유전자의 빈도 0.132보다는 상당히 높은 수치로 나타났으며 일본의 Hokkaido, Kiso 및 Tsushima 재래마 또한 그 빈도가 각각 0.895, 0.910, 0.747로 매우 높은 빈도를 나타냈는데, 이것은 각 연구자들의 연구 당시의 분석 방법이나 기술 등의 차이에 의해 F, I, L 및 S 대립 유전자만이 확인되어 L 대립 유전자의 빈도가 상대적으로 높게 나타난 것으로 생각된다.

본 연구에 의한 제주 재래마 Pi 대립 유전자중에서 가장 높은 빈도를 나타낸 유전자는 Pi^S 대립 유전자로 그 빈도가 0.257이었는데 미국의 Flanigan 야생마에서의 빈도 0.336보다는 높지 않았고 유전자 빈도가 0.251인 미국의 Stone Cabin 1 야생마와 유사한 빈도를 보였다.

특히, 다른 품종에서는 확인되지 않고 Standard 품종에서만 검출된 Pi^X 대립 유전자가 제주 재래마에서 확인되었고 그 유전자 빈도는 Standardbred가 0.013, 제주 재래마가 0.010으로 유사하게 나타났다.

Arab 품종과 모로코의 Barb 품종에서 모두 0.01의 빈도를 나타낸 Pi^Z 대립 유전자는 제주 재래마에서 검출되지 않았다.

Pi^P 대립 유전자에 있어서는 미국의 야생종인 Clan Alpine 2 야생마에서 0.113의 빈도로 가장 높게 나타났다. 제주 재래마에서의 Pi^P 대립 유전자 빈도는 0.050으로 미국의 Wassuk 야생마의 빈도 0.053과 유사하게 나타났다.

Pi^R 대립 유전자의 경우 제주 재래마에서 그 유전자 빈도가 0.018로 나타났고 모로코의 Barb 품종의 유전자 빈도 0.026과 유사하였다.

Pi^O 대립 유전자는 미국의 Clan Alpine 1 야생마와 Stone Cabin 2 야생마에서 가장 높은 빈도로 나타났는데 그 유전자 빈도는 모두 0.038로 제주 재래마에서의 유전자 빈도 0.004와는 큰 차이를 보였으나 Standardbred의 빈도 0.006와 매우 유사하게 나타났다.

Pi^V 대립 유전자를 보면 Standardbred와 본 연구에 의한 제주 재래마를 제외한 다른 품종에서는 검출되지 않았으며 그 유전자 빈도는 각각 0.014와 0.004로 매우 낮았다.

Pi^J 대립 유전자는 미국의 야생종 Clan Alpine 1에서 0.043의 빈도로 가장 높게 검출되었고 제주 재래마의 Pi^J 대립 유전자는 이 품종보다는 낮은 0.025의 수준이었다.

Pi^Q 대립 유전자 또한 미국의 Flanigan 야생마와 본 연구에 의한 제주 재래마를 제외한 타 품종에서는 확인되지 않았고 빈도는 각각 0.003, 0.007로 매우 낮은 수준이었다.

타 품종간의 Pi 대립 유전자를 비교한 결과 하나 또는 두 품종을 제외한 다른 품종에서 확인되지 않은 Pi^X , Pi^V 및 Pi^Q 대립 유전자가 검출되었으며 그 유전적 구성이 타품종과 현격한 차이를 나타내었다. 개량종의 경우 검출된 대립 유전자의 종류가 적고 재래종이나 야생종의 경우 다양하게 검출되는데 제주 재래마의 경우도 타국가의 재래종이나 야생종과 같이 다양한 대립 유전자를 보유하고 있는 것으로 확인되었으며 특히 다른 재래종이나 야생종보다도 가장 다양하게 검출된 것으로 확인되었다.

Table 2-1. Gene frequencies in serum Pi locus of Che Ju native horses and other breeds

Breeds	Alleles								
	F	G	I	N	L	S	U	X	Z
Cj	0.050	-	0.100	0.193	0.132	0.257	0.068	0.010	-
Cj*	0.017	-	0.164	-	0.741	0.078	-	-	-
HK**	0.043	-	0.062	-	0.895	-	-	-	-
KI**	0.008	-	0.060	-	0.910	0.022	-	-	-
TA**	0.051	-	0.052	-	0.747	0.150	-	-	-
PP**	0.040	-	0.090	-	0.820	0.050	-	-	-
TL**	0.029	-	0.063	-	0.903	0.005	-	-	-
AR***	0.040	0.140	0.060	0.120	0.270	0.120	0.230	-	0.010
BE***	0.010	0.020	0.030	0.140	0.310	0.200	0.200	-	0.010
BB****	-	-	0.036	0.154	0.576	-	0.109	-	-
CA1****	-	0.043	0.024	0.058	0.361	0.164	0.043	-	-
CA2****	-	0.020	0.073	0.048	0.283	0.226	0.032	-	-
F****	-	0.023	0.126	0.057	0.103	0.336	0.105	-	-
SC1*****	0.109	-	0.008	0.033	0.358	0.251	0.121	-	-
SC2****	0.075	-	0.173	0.004	0.394	0.142	0.150	-	-
W****	-	-	0.360	-	0.201	0.311	0.008	-	-
ST****	0.021	0.021	0.080	0.080	0.286	0.083	0.359	0.013	-
TB****	0.030	0.015	0.060	0.045	0.185	0.130	0.130	-	-
MH****	0.019	0.037	0.049	0.303	0.179	0.079	0.291	-	-
QH****	0.005	0.040	0.040	0.379	0.126	0.218	0.177	-	-

* 鄭등(1990) ** Nozawa et al.(1976) *** L Ouragh et al(1994)
 **** A. T. Bowling(1994) ***** K. Bell, et al(1984) ***** A. T.
 Bowling et al(1985)

HK: Hokkaido, KI: Kiso, TA: Tsushima, PP: Philippine TL:
 Thailand AR: Arabian, Be: Barb, BB: Beaty Butte, CA1: Clan
 Alpine 1 CA2: Clan Alpine 2, F: Flanigan, SC1: Stone Cabin 1,
 SC2 : Stone Cabin 2 W: Wassuk ST: Standardbred, TB:
 Thoroughbred, MH: Morgan horse, QH; Quarter horse

Table 2-2. (Continued)

Breeds	Alleles								
	P	R	O	K	H	V	J	Q	Other
Cj	0.050	0.018	0.004	0.082	-	0.004	0.025	0.007	-
Cj*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HK**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KI**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TA**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TL**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AR***	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-
BE***	0.010	0.020	-	0.010	-	<0.010	-	-	0.040
BB****	0.013	-	-	0.112	-	-	-	-	-
CA1****	0.082	-	0.038	0.029	0.014	-	0.043	-	0.101
CA2****	0.113	-	-	-	-	-	0.038	-	0.167
F****	0.057	0.026	-	-	0.089	-	-	0.003	0.045
SC1****	0.040	0.010	0.019	-	0.019	-	0.027	-	0.004
SC2****	0.016	0.008	0.038	-	-	-	-	-	-
W****	0.053	-	-	-	0.004	-	-	-	0.063
ST*****	0.002	0.001	0.006	0.018	0.015	0.014	0.001	-	-
TB*****	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MH*****	-	-	-	-	-	-	-	-	0.043
QH*****	-	-	-	-	-	-	-	-	0.015

* 鄭 등(1990) ** Nozawa et al.(1976) *** L Ouragh et al(1994)
 **** A. T. Bowling(1994) ***** K. Bell, et al(1984) ***** A. T.
 Bowling et al(1985)

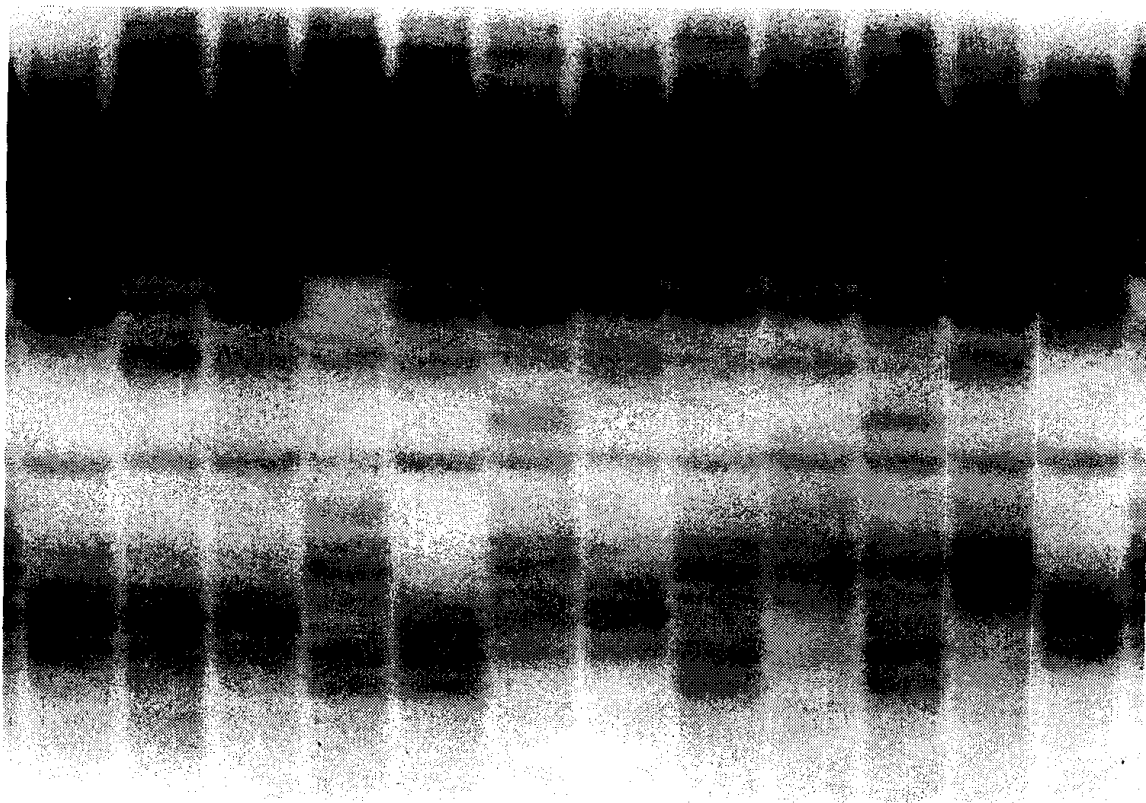
HK: Hokkaido, KI: Kiso, TA: Tsushima, PP: Philippine TL:
 Thailand AR: Arabian, Be: Barb, BB: Beaty Butte, CA1: Clan
 Alpine 1 CA2: Clan Alpine 2, F: Flanigan, SC1: Stone Cabin 1,
 SC2 : Stone Cabin 2 W: Wassuk ST: Standardbred, TB:
 Thoroughbred, MH: Morgan horse, QH; Quarter horse

2. 혈청 Albumin(Alb) 좌위의 유전적 다형현상

말에 있어서 albumin(Alb) 유전 변이체에 관한 연구는 Stormont와 Suzuki(1963)에 의해 Alb^A 와 Alb^B 의 공우성 대립 유전자에 의해 지배되는 AA, AB 및 BB의 3가지 표현형을 밝혀내면서 시작되었다. 이후 Sandberg(1970)에 의해 Alb^A 와 Alb^B 사이에 존재하는 새로운 대립 유전자를 발견하고 이 유전자를 Alb^I 라 명명하였다. 본 연구에서 PAGE에 의해 검출된 혈청 Alb 표현형은 Fig 2의 전기영동상에 제시한 바와 같이 Alb^A 와 Alb^B 에 의해 지배되는 AA, AB 및 BB의 3가지 표현형만이 검출되었다.

Alb 표현형의 출현빈도는 Table 3에서 보는 바와 같이 AB와 BB가 각각 48%와 41%로 유사한 수준이었으나 AA는 11%로 매우 낮은 출현빈도를 나타내었다.

유전자 빈도에 있어서 Alb^A 과 Alb^B 유전자 빈도는 각각 0.346, 0.654로 Alb^B 의 빈도가 다소 높았다.



Alb

BB AB AB AA AB BB AB AB AB AB BB AB

Fig 3. Electrophoregram of Alb protein phenotypes in Che Junative horses

Table 3. Phenotypes and frequencies of Alb locus in Che ju native horses

Phenotype	Number of animals		Gene Frequency	χ^2 -test		
	Observed	Expected		χ^2	df	P
AA	15(0.11)	16.80	<i>Alb^A</i> .346	0.4523	2	.90 >P> .75
AB	67(0.48)	63.40				
BB	58(0.41)	59.80	<i>Alb^B</i> .654			
Total	140	140				

* Figures within parentheses are the percentage of observed phenotype

타품종과의 유전자 빈도를 비교하여 Table 6에 제시하였으며 *Alb^A* 대립 유전자의 경우 미국의 Wassuk 야생마에서 그 출현 빈도가 0.648로 가장 높게 나타났고 가장 낮은 출현 빈도는 0.019로 Thoroughbred에서 나타났다. *Alb^B* 대립 유전자에 있어서는 Thoroughbred에서 0.805의 빈도로 가장 높은 빈도를 보였다. 한편 제주 재래마의 경우 Alb 대립유전자 *Alb^A*와 *Alb^B*는 각각 0.346과 0.654의 출현빈도를 보였으며 이것은 과거 鄭등(1990)에 의해 보고된 제주 재래마 Alb 유전자 빈도와 유사한 수치를 나타내었다.

3. 혈청 Gc protein(Gc) 좌위의 유전적 다형현상

말의 혈청 Gc protein에 관한 연구는 Juneja, Gahne & Sandberg(1978)에 의해 Gc^F 와 Gc^S 의 공우성 대립 유전자에 지배되는 FF, FS, FF의 3가지 표현형이 확인되었으며 Gc^F 유전자의 빈도가 압도적으로 우세하다는 보고를 한 바 있다. 본 연구에서는 SS표현형을 제외한 FF와 FS 표현형만이 검출되었고 PAGE에 의해 검출된 혈청 Gc 표현형의 전기영동상은 Fig 4에 제시한 바와 같다.

Gc 표현형의 출현빈도는 Table 4에서 보는 바와 같이 FF형이 90%, FS형이 10%의 출현빈도를 나타냈고, Gc좌위의 유전자 빈도는 Gc^F 와 Gc^S 대립 유전자가 각각 0.950, 0.050으로 Gc^F 유전자의 빈도가 월등히 높았다.

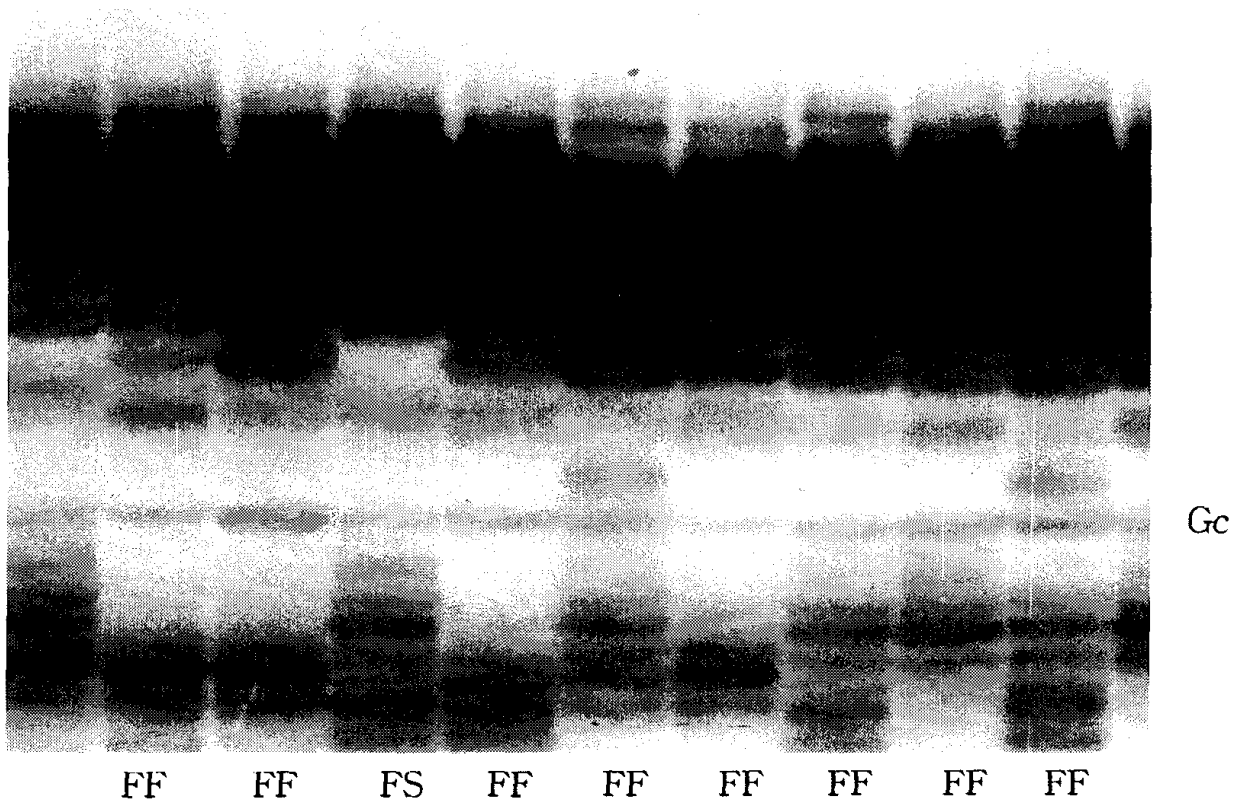


Fig 4. Electrophoregram of Gc protein phenotypes in Che Junative horses

Table 4. Phenotypes and frequencies of Gc locus in Che ju native horses

Phenotype	Number of animals		Gene Frequency	χ^2 -test		
	Observed	Expected		χ^2	df	P
FF	126(0.90)	126.35	Gc^F .950	0.3878	2	.90 >P>.75
FS	14(0.10)	13.30				
SS	0(0.00)	0.35	Gc^S .050			
Total	140	140				

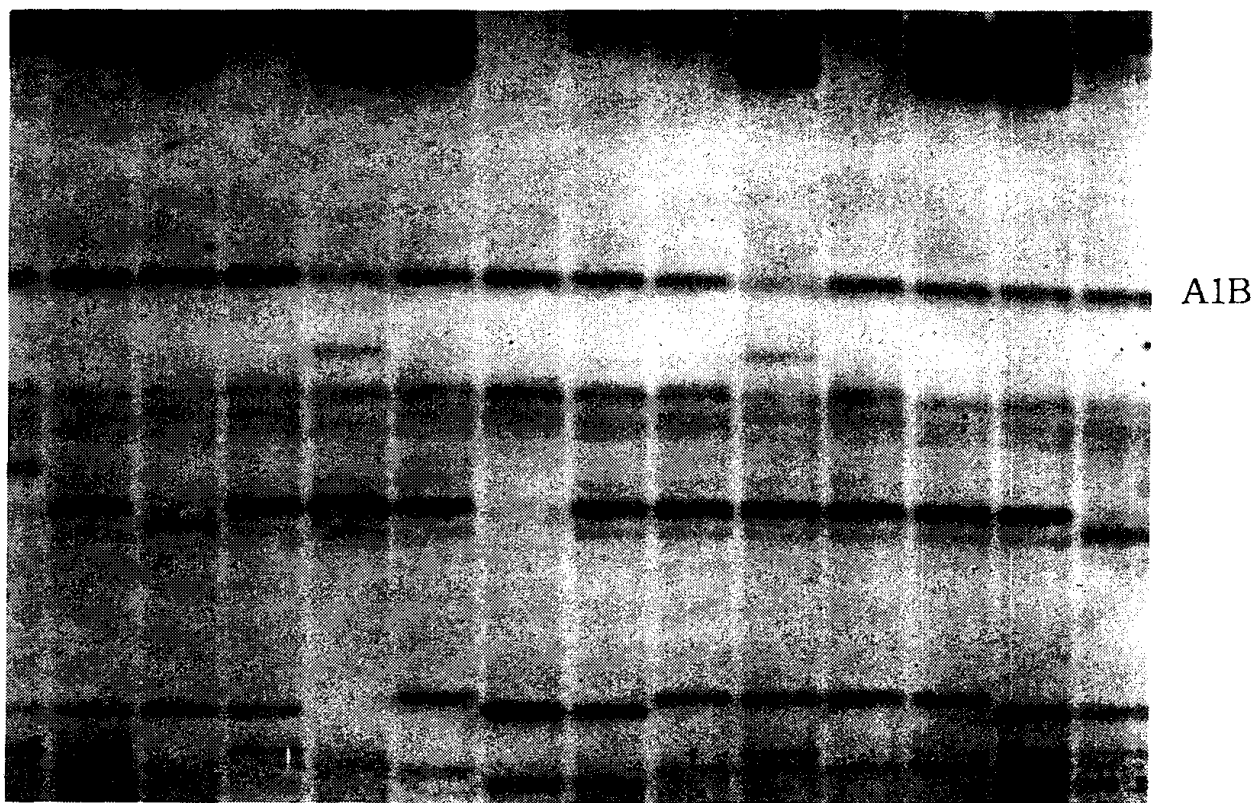
* Figures within parentheses are the percentage of observed phenotype

본 연구의 결과 Gc^F 대립 유전자의 경우 미국의 야생종인 Stone Cabin 2 야생마에서 1.00의 빈도로 나타났고 제주 재래마에의 Gc 대립 유전자 Gc^F 와 Gc^S 는 각각 0.95와 0.05의 출현빈도를 나타내었는데 미국의 Beaty Butte 야생마, 미국의 Clan Alpine 1 야생마, 미국의 Clan Alpine 2 야생마, 미국의 Flanigan 야생마 및 미국의 Stone Cabin 1 야생마종에서의 유전자 빈도와 거의 유사하였다.

4. 혈청 A1B protein(A1B) 좌위의 유전적 다형현상

말의 혈청 A1B 단백질에 대한 유전적 다형 현상은 Braend(1967, 1970)가 3개의 공우성 대립 유전자인 $A1B^F$, $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 에 의해 지배되는 FF, FK, FS, KK 및 KS 5종류의 A1B 단백질 표현형을 최초로 보고한 바 있다. 이후 Juneja등(1978)이 Postalbumin(Pa) 좌위에서 Pa^D , Pa^F , Pa^S 3개의 대립 유전자를 보고하였으나 Braend(1967, 1970)가 최초로 발견한 A1B 단백질과 동일한 것으로 밝혀졌다. 본 연구에서 $A1B^F$ 유전자는 검출되지 않았고 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 유전자에 의한 KK, KS 표현형만이 나타났으며 SS 표현형은 검출되지 않았다. PAGE에 의해 검출된 혈청 A1B 표현형의 전기영동상은 Fig 5에 제시한 바와 같다.

A1B 표현형의 출현빈도는 Table 5에서 보는 바와 같이 KS 표현형이 3%인데 비해 KK 표현형은 97%로 매우 우세한 출현빈도를 보였다. A1B 좌위의 유전자 빈도는 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 유전자가 각각 0.986, 0.014로 현격한 빈도의 차이를 나타냈다.



KK KK KK KS KK KK KK KK KS KK KK KK

Fig 5. Electrophoregram of A1B protein phenotypes in Che Junative horses

Table 5. Phenotypes and frequencies of A1B locus in Che ju native horses

Phenotype	Number of animals		Gene Frequency	χ^2 -test		
	Observed	Expected		χ^2	df	P
KK	136(0.97)	136.03	$A1B^K$.986	0.0294	2	.990>P>.975
KS	4(0.03)	3.94				
SS	0(0.00)	0.03	$A1B^S$.014			
Total	140	140				

* Figures within parentheses are the percentage of observed phenotype

본 연구의 결과에 의하면 대부분 마품종에서 $A1B^K$ 대립 유전자의 빈도가 0.900이상의 빈도를 나타냈으며 Standardbred 품종에서는 1.000의 출현빈도를 보여 $A1B^F$ 나 $A1B^S$ 의 대립 유전자는 검출되지 않은 것으로 나타났다. 한편 과거 鄭 등(1990)에 의한 제주 재래마의 A1B의 대립 유전자 빈도는 $A1B^F$ 와 $A1B^K$ 대립 유전자가 각각 0.034와 0.966이었으며 $A1B^S$ 대립 유전자는 검출되지 않은 것으로 보고되었으나 본 연구에서는 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 대립 유전자가 각각 0.986, 0.014의 빈도로 검출되었고 $A1B^F$ 대립 유전자는 검출되지 않아 매우 상이한 결과를 보였다.

Table 6. Gene frequencies in three serum loci of Che Ju native horses and other breeds

Breeds	Alb		Gc		A1B		
	A	B	F	S	F	K	S
Cj	0.346	0.654	0.950	0.050	-	0.986	0.014
Cj*	0.358	0.642	-	-	0.034	0.966	-
HK*	0.390	0.610	-	-	-	-	-
KI*	0.306	0.694	-	-	-	-	-
TA*	0.512	0.488	-	-	-	-	-
PP*	0.230	0.770	-	-	-	-	-
TL*	0.330	0.670	-	-	-	-	-
AR**	0.250	0.750	0.940	0.060	-	0.980	0.020
Be**	0.300	0.700	0.980	0.020	-	0.910	0.090
BB***	0.460	0.540	0.951	0.049	0.076	0.781	0.143
CA1***	0.514	0.486	0.938	0.062	0.019	0.899	0.082
CA2***	0.581	0.419	0.944	0.056	0.010	0.914	0.076
F***	0.234	0.766	0.951	0.049	-	0.994	0.006
SC1***	0.280	0.720	0.954	0.046	0.029	0.923	0.048
SC2***	0.551	0.449	1.000	-	-	0.913	0.087
W***	0.648	0.352	0.985	0.015	-	0.833	0.167
TB****	0.195	0.805	0.939	0.061	0.020	0.980	-
ST****	0.615	0.385	0.760	0.240	-	1.000	-
MH****	0.445	0.555	0.877	0.123	0.035	0.910	0.055
QH****	0.355	0.645	0.878	0.122	0.010	0.940	0.050

* 鄭 등(1990) ** L Ouragh et al(1994) *** A. T. Bowling(1994)

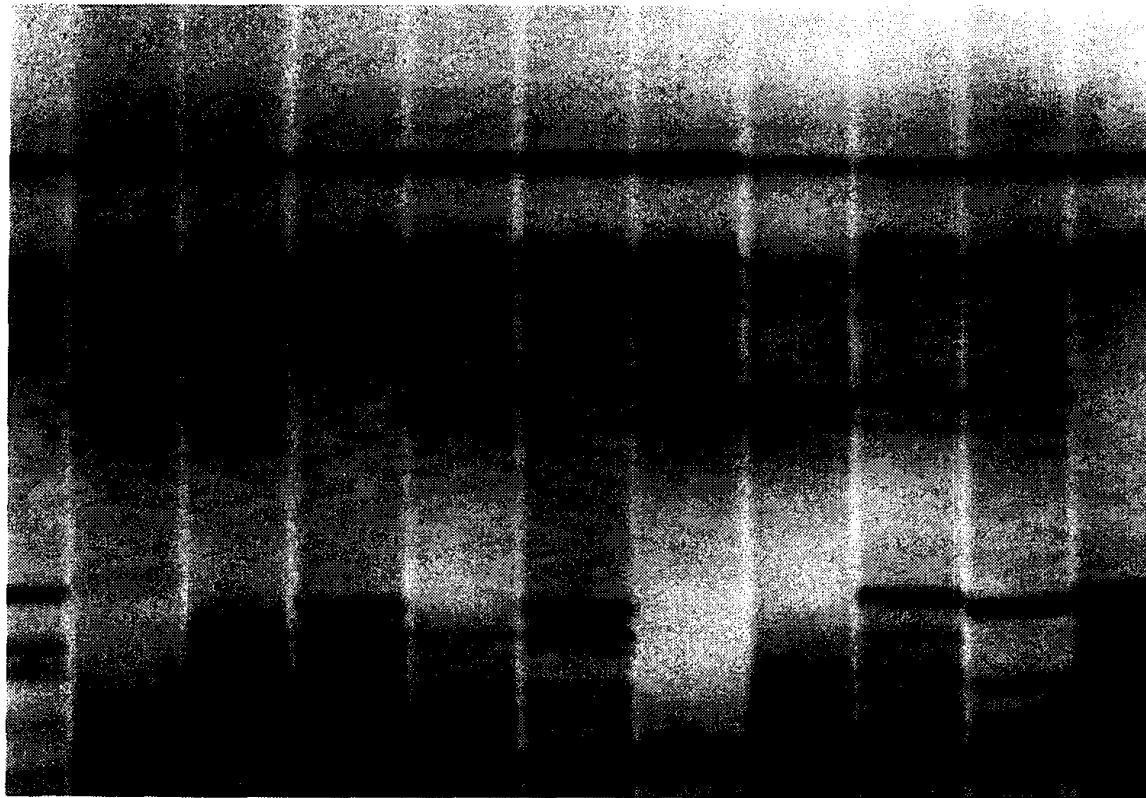
**** A. T. Bowling(1985) Cj: Che ju native horse AR: Arabian, Be: Barb, BB: Beaty Butte, CA1: Clan Alpine 1 CA2: Clan Alpine 2, F: Flanigan, SC1: Stone Cabin 1, SC2 : Stone Cabin 2 W: Wassuk, TB: Thoroughbred, ST: Standardbred, MH: Morgan, QH: Quarter

5. 혈청 Transferrin(Tf) 좌위의 유전적 다형현상

PAGE에 의해 140두의 혈청에 대한 Tf 표현형을 분석한 전기영동상은 Fig 6 에 제시한 바와 같다. 혈청 Tf형을 지배하는 유전자는 Tf^D , Tf^{F1} , Tf^{F2} , Tf^{F3} , Tf^G , Tf^H , Tf^J , Tf^M , Tf^O 와 Tf^R 의 11개 변이체가 존재한다고 알려져 있으나 제주마에서는 Tf^D , Tf^{F1} , Tf^{F2} , Tf^H , Tf^O and Tf^R 의 6개 변이체가 검출되었고 그에 대한 이론적으로 가능한 Tf 표현형은 21종이나 DF_1 , DO , F_1F_1 , F_1H , F_1O , HH 의 6가지 표현형을 제외한 15가지 표현형이 검출되었다.

Tf 표현형의 빈도는 Table 7에서 보는 바와 같이 F_2F_2 표현형이 25.71%로 가장 높았으며, F_2R , DF_2 , RR , F_2O , DR , OR , HR , DD , DH , F_2H , F_1F_2 , F_1R , HO 및 OO 표현형이 각각 17.14%, 13.57%, 10.72%, 10.00%, 7.86%, 4.29%, 3.57%, 1.43%, 1.43%, 1.43%, 0.71%, 0.71%, 0.71%, 0.71%의 빈도로 검출되었다.

Tf좌위의 대립 유전자 빈도는 Tf^{F2} 유전자가 0.471로 가장 빈도가 높은 유전자로 확인되었으며 다음으로 Tf^R 유전자가 0.275의 빈도를 나타내었고 Tf^D , Tf^O , Tf^H 및 Tf^{F1} 유전자 빈도는 각각 0.129, 0.082, 0.036 및 0.007으로 나타났다.



Tf

F₂F₂ DH DR F₁F₂ F₁R F₂F₂ F₂H F₂O F₂R

Fig 6. Electrophoregram of Tf protein phenotypes in Che Junative horses

Table 7. Phenotypes and frequencies of Tf locus in Che ju native horses

Phenotype	Number of animals		Gene	χ^2 -test		
	Observed	Expected		Frequency	χ^2	df
DD	2(1.43)	2.33				
DF1	0(0.00)	0.25				
DF2	19(13.57)	17.01	Tf^U	.129		
DH	2(1.43)	1.30				
DO	0(0.00)	2.96				
DR	11(7.86)	9.93	Tf^{*1}	.007		
F1F1	0(0.00)	0.01				
F1F2	1(0.72)	0.92				
F1H	0(0.00)	0.07	Tf^{*2}	.471		
F1O	0(0.00)	0.16				
F1R	1(0.71)	0.54			15.9547	20 .75 >P> .50
F2F2	36(25.71)	31.06	Tf^{*1}	.036		
F2H	2(1.43)	4.75				
F2O	14(10.00)	10.82				
F2R	24(17.14)	36.27	Tf^U	.082		
HH	0(0.00)	0.18				
HO	1(0.71)	0.83				
HR	5(3.57)	2.77	TF^{*c}	.275		
OO	1(0.71)	0.94				
OR	6(4.29)	6.31				
RR	15(10.72)	10.59				
Total	140	140				

* Figures within parentheses are the percentage of observed phenotype

Table 8. Gene frequencies in serum Tf locus of Che Ju native horses and other breeds

Breed	Alleles						
	D	F1	F2	H	O	R	Other
Cj	0.129	0.007	0.471	0.036	0.082	0.275	-
Cj*	0.065	0.496	-	0.034	0.060	0.345	-
HK**	0.205	0.371	-	0.186	0.043	0.195	-
KI**	0.254	0.343	0.052	0.037	0.015	0.299	-
TA**	0.092	0.425	-	0.178	0.006	0.299	-
PP**	0.410	0.330	-	-	0.110	0.150	-
TL**	0.175	0.583	-	0.063	0.063	0.116	-
Ar***	0.090	0.070	0.600	0.100	0.140	-	-
Be***	0.300	0.020	0.360	0.110	0.130	0.070	0.010
BB****	0.027	-	0.178	0.165	0.143	0.237	-
CA1****	0.317	-	0.394	0.034	0.115	0.077	0.063
CA2****	0.039	-	0.223	0.070	0.091	0.121	0.166
F****	0.206	-	0.517	0.043	0.011	0.160	0.063
SC1****	0.115	0.027	0.266	0.318	0.029	0.167	0.078
SC2****	0.299	-	0.441	0.138	-	0.122	-
W****	0.405	-	0.292	0.091	0.008	0.204	-
TB*****	0.320	0.310	0.155	0.025	0.055	0.135	-
ST*****	0.245	-	0.535	0.005	0.100	0.115	-
MH*****	0.293	-	0.543	0.067	0.018	0.024	0.055
QH*****	0.225	0.185	0.335	0.055	0.070	0.115	0.015

* 鄭 등(1990) ** Nozawa et al.(1976) *** L Ouragh et al(1994) **** A. T. Bowling(1994) ***** A. T. Bowling(1985) Cj: Che Ju native horse, HK: Hokkaido, KI: Kiso, TA: Tsushima, PP: Philippine, TL: Thailand, AR: Arabian, Be: Barb, BB: Beaty Butte, CA1: Clan Alpine 1 CA2: Clan Alpine 2, F: Flanigan, SC1: Stone Cabin 1, SC2 : Stone Cabin 2 W: Wassuk, TB: Thoroughbred, ST: Standardbred, MH: Morgan, QH: Quarter

본 연구의 결과 Philippine 재래마 품종의 경우 Tf^D 대립 유전자는 0.410의 높은 빈도를 나타내었으나 제주 재래마의 경우 0.129의 빈도로 검출되어 상당한 차이를 나타낸 반면 일본의 Tsushima 재래마와 미국의 Stone Cabin 1 야생마 품종과는 각각 0.092와 0.115의 빈도로 유사한 유전자 빈도를 나타냈다.

Tf^{F1} 대립 유전자의 경우 Thailand 재래마 품종에서 0.5825의 높은 빈도를 보였고 일본의 Tsushima, Hokkaido, Kiso 재래마 및 Philippine 재래마 역시 각각 그 빈도가 0.425, 0.371, 0.343 및 0.330로 비교적 높게 나타났으나 제주 재래마의 Tf^{F1} 대립 유전자 빈도는 0.007의 매우 낮은 수치로 나타났다.

Tf^{F2} 대립 유전자의 경우 Arab 품종에서 0.600의 빈도로 가장 높게 나타났고 제주 재래마의 경우 Tf 대립 유전자중에서 가장 높은 빈도로 검출되었는데 그 빈도가 0.471로 Morgan horse, Standardbred, 일본의 Kiso 재래마 및 미국의 Flanigan 야생마의 (각각 0.543, 0.535, 0.523) 빈도와 유사하게 나타났다.

한편 정등(1990)에 의해 분석된 제주 재래마의 경우 Tf^{F2} 대립 유전자가 검출되지 않은 반면 Tf^{F1} 대립 유전자는 0.496의 높은 빈도를 보여 본 연구의 결과와 매우 상이하였다.

미국의 Stone Cabin 1 품종에서 Tf^H 대립 유전자의 빈도가 0.318로 가장 높게 나타났고 본 연구에서의 Tf^H 대립 유전자의 빈도는 鄭등

(1990)에 의해 보고된 결과와 유사하게 나타났으며, 그 빈도는 각각 0.036, 0.034이다.

Tf^O 대립 유전자에 있어서 제주 재래마의 유전자 빈도는 0.082이며 미국의 Stone Cabin 2 야생마에서는 검출되지 않았고 그의 품종에서는 0.008에서 0.143의 출현빈도로 다양한 분포를 나타내었다.

Tf^R 대립 유전자의 경우 Arab 품종에서는 검출되지 않았고 본 연구에 의한 제주 재래마, 일본의 Kiso 재래마 및 Tsushima 재래마가 각각 0.275, 0.299 및 0.299의 유사한 출현빈도를 나타내었으며 그의 품종에서는 이보다는 낮은 출현빈도로 다양하게 검출되었다.

이상과 같은 결과 타 품종과 현격한 유전자형의 차이를 나타낸 것으로 보아 제주 재래마는 그 품종적 특성이 명확하며 다양한 유전자를 보유하고 있을 가능성이 매우 높다고 생각된다. 따라서 미래 귀중한 유전자 자원의 보존이라는 관점에서 볼 때 제주 재래마는 그 활용 가치가 매우 높다. 따라서 제주 재래마의 중요성을 재인식하고 등록제도 등을 통해 순수혈통을 보존, 육성해야 한다.

IV. 적요

본 연구는 제주 재래마의 생화학적 유전형질을 분석하여 제주마의 순수혈통 보존 및 육성을 위한 목적으로 PAGE 및 Acidic gradient PAGE에 의해 혈청 단백질 좌위인 Pi, Alb, Gc, A1B 및 Tf를 분석하였고 각 좌위별 표현형, 유전자형 및 유전자 빈도를 추정하였다.

1. Acidic gradient PAGE에 의해 혈청 Pi 단백질 좌위의 표현형을 분석한 결과 Pi^F , Pi^I , Pi^N , Pi^L , Pi^S , Pi^U , Pi^X , Pi^P , Pi^R , Pi^O , Pi^K , Pi^V , Pi^J 및 Pi^Q 대립 유전자에 의해 지배되는 105종류 중 41종의 표현형을 확인하였다.

재래마 집단에서 Pi 표현형의 출현빈도는 LS형이 12.1%로 가장 높게 나타났고, NS형이 9.3%, NP형이 6.4%, IN형, SS형 및 KS형이 모두 5.7%, IS형, SU형 및 KN형이 모두 4.3%, KL형이 3.6%, NN형 및 NL형이 모두 2.9%, FI형, FS형, IR형 및 NU형이 모두 2.1%, FL형, IU형, IK형, JN형, LU형, LL형, JL형, PS형 및 JQ형이 모두 1.4% 출현빈도로 확인되었으며 나머지 표현형은 1% 미만의 낮은 빈도를 나타내었다.

유전자 빈도에 있어서 Pi^S 대립 유전자가 0.257로 그 출현빈도가

가장 높았으며 Pi^N , Pi^L , Pi^I , Pi^K , Pi^U , Pi^F , Pi^P , Pi^J , Pi^R , Pi^X 및 Pi^Q 대립 유전자가 각각 0.193, 0.132, 0.100, 0.082, 0.068, 0.050, 0.050, 0.025, 0.018, 0.010 및 0.007의 빈도로 검출되었고 Pi^O 및 Pi^V 대립 유전자가 모두 0.004 낮은 출현빈도를 나타내었다.

한편, Pi^L 대립 유전자 있어서 鄭등(1990)이 보고한 제주 재래마의 Pi^L 대립 유전자가 0.741의 빈도로 가장 높게 나타났는데 본 연구에 의해 확인된 Pi^L 대립 유전자의 빈도 0.132보다는 상당히 높은 수치로 나타났으며 일본의 Hokkaido, Kiso 및 Tsushima 재래마 또한 그 빈도가 각각 0.895, 0.910, 0.747로 매우 높은 빈도를 나타냈는데, 이것은 각 연구자들의 연구 당시의 분석 방법이나 기술 등의 차이에 의해 F, I, L 및 S 대립 유전자만이 확인되어 L 대립유전자의 빈도가 상대적으로 높게 나타난 것으로 생각된다.

타 품종간의 Pi 대립 유전자를 비교한 결과 하나 또는 두 품종을 제외한 다른 품종에서 확인되지 않은 Pi^X , Pi^V 및 Pi^Q 대립 유전자가 검출되었으며 그 유전적 구성이 타품종과 현격한 차이를 나타내었다.

2. Alb 단백질 좌위는 Alb^A 와 Alb^B 에 의해 지배되는 AA, AB, BB의 3가지 표현형이 확인되었고 Alb 표현형의 출현빈도 AA, AB

각각 48%와 41%로 유사한 수준이었으나 AA는 11%로 매우 낮은 출현빈도를 나타내었다.

유전자 빈도에 있어서 Alb^A 과 Alb^B 유전자 빈도는 각각 0.346, 0.654로 Alb^B 의 빈도가 다소 우세한 것으로 나타났다. 타품종과의 비교에서 일본 Hokkaido 재래마 및 Thailand 재래마 품종과 대체로 유사한 경향이었으나 Standardbred나 미국의 Wassuk 야생마에서 Alb^A 대립 유전자가 높은 빈도로 나타나 상이한 결과를 보였다.

3. Gc 단백질 좌위는 FF형이 90%, FS형이 10%의 출현빈도를 나타냈고, Gc좌위의 유전자 빈도는 Gc^F 와 Gc^S 대립 유전자가 각각 0.950, 0.050으로 Gc^F 유전자의 빈도가 월등히 우세하였다.

Gc 대립 유전자는 대부분의 품종에서 대체로 유사한 경향을 보였다.

4. A1B 단백질 좌위는 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 유전자에 의한 KK, KS 표현형이 확인되었고 SS 표현형은 검출되지 않았다. A1B 표현형의 출현빈도는 KS 표현형이 3%인데 비해 KK 표현형은 97%로 매우 우세한 출현빈도를 보였다.

A1B 좌위의 유전자 빈도는 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 대립 유전자가 각각 0.986, 0.014로 현격한 빈도의 차이를 나타냈다. 타품종과 유전자 빈도를 비교한 결과 $A1B^F$ 는 미국의 Beauty Butte, Clan Alpine 1, Clan Alpine 2 및 Stone Cabin 1 야생마 품종들과 Thoroughbred, Morgan horse 및 quarter horse에서는 검출되었으나 본 연구에서는 $A1B^K$ 와 $A1B^S$ 유전자만이 확인되었다. 또한 鄭등(1990)에 의해 분석된 제주 재래마에서도 $A1B^K$ 가 검출된 바 있어 본 연구 결과와 매우 상이하게 나타났다.

5. Tf 단백질 좌위는 Tf^D , Tf^{F1} , Tf^{F2} , Tf^H , Tf^O 및 Tf^R 6개 공우성 대립 유전자에 의해 이론적으로 가능한 Tf 표현형은 21종류 중에서 DF_1 , DO , F_1F_1 , F_1H , F_1O , HH 의 6가지 표현형을 제외한 15가지 표현형이 검출되었다. Tf 표현형의 출현빈도는 F_2F_2 표현형이 25.71%로 출현빈도가 가장 높았으며, F_2R , DF_2 , RR , F_2O , DR , OR , HR , DD , DH , F_2H , F_1F_2 , F_1R , HO 및 OO 표현형이 각각 17.14%, 13.57%, 10.72%, 10.00%, 7.86%, 4.29%, 3.57%, 1.43%, 1.43%, 1.43%, 0.71%, 0.71%, 0.71% 및 0.71%의 출현빈도로 검출되었다.

Tf좌위의 대립 유전자빈도는 Tf^{F2} 유전자가 0.471로 가장 빈도가 높은 유전자로 확인되었으며 다음으로 Tf^R 유전자가 0.275의 빈도를

나타내었고 Tf^D , Tf^O , Tf^H 및 Tf^{F1} 유전자 빈도는 각각 0.129, 0.082, 0.036, 0.007의 출현빈도를 보였다.

한편 정등(1990)에 의해 분석된 제주 재래마의 경우 Tf^{F2} 대립 유전자가 검출되지 않은 반면 Tf^{F1} 대립 유전자는 0.496의 높은 빈도를 보여 본 연구의 결과와 매우 상이하였다.

6. 이상과 같은 결과 제주 재래마는 타 품종과 현격한 유전자형의 차이를 보여 그 품종적 특성이 명확하며 다양한 유전자를 보유하고 있을 가능성이 매우 높다고 생각된다. 따라서 미래 귀중한 유전자 자원의 보존이라는 관점에서 볼 때 제주 재래마는 그 활용 가치가 매우 높다. 그러므로 제주 재래마의 중요성을 재인식하고 혈통 등록 제도 등을 통해 순수혈통을 보존, 육성해야 한다.

V. 참고문헌

1. Ann Trommershausen-Smith and Yoshiko Suzuki. 1978. A new allele in the prealbumin system of horse serum markers. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* : 97-104
2. A. T. Bowling and Robert S. Clark. 1985. Blood group and protein polymorphism gene frequencies for seven breeds of horses in the United States.
3. A. T. Bowling. 1994. Population genetics of Great Basin feral horses. *Animal Genetics*. 25, Supplement 1, 67-74
4. Bo Gahne, 1966. Studies on the inheritance of electrophoretic forms of transferrins, albumins, prealbumins and plasma esterases of horses. *Genetics* 53 : 681-694
5. Bo Gahne, R. Kumar Juneja and Jan Grolmus. 1977. Horizontal polyacrylamide gradient gel electrophoresis for simultaneous phenotyping of transferrin, post-transferrin, albumin and post-albumin in the blood plasma of cattle. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 8 : 127-137
6. Braend, M., 1967. Variation of horse prealbumin in acidic starch gels. *Acta. Vet. Scand.* 8 : 193-194

7. Braend, M., 1970. Genetics of horse acidic prealbumins. *Genetics* 68 : 495-503
8. C. C. Pollitt and K. Bell. 1980. Protease inhibitor system in-horses: classification and detection of a new allele. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 11 : 235-244
9. E. G. COTHRAN, P. K. HENNEY & J. A. KING. 1991. Inheritance of the equine Tf F3 allele. *Animal Genetics* 1991. 22, 187-190
10. K. Bell, S. Patterson and C. C. Pollitt. 1984. The plasma protease inhibitor system (Pi) of Standardbred horses. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 15 : 191
11. L. Ouragh, J-C Meriaux, J-P Braun. 1994. Genetic blood markers in Arabian, Barb and Arab-Barb horses in Morocco. *Animal Genetics*. 25, 45-47
12. L. R. Weitkamp, S. A. Guttormsen and P. Costello-Leary. 1982. Equine gene mapping: Close linkage between the loci for soluble malic enzyme and Xk(Pa). *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 13 : 279-284

13. Matthews, A. G. 1979. Isoelectric focusing of horse acidic prealbumins on thin layer polyacrylamide gels. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* (1979) 10 : 210-226
14. Nozawa, K., T. Shotake and Y. Ohkura. 1976. Blood protein variations within and between the east Asian and European horse populations. *Z. Tierzuchtg. Zuchtgsbiol*, 76 : 60-74
15. R. Kumar Juneja, Bo Gahne and Kaj Sandberg. 1978. Genetic polymorphism of the vitamin D binding protein and another post-albumin protein in horse serum. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 9 : 29-36
16. R. Kumar Juneja, Bo Gahne and Kaj Sandberg. 1979. Genetic polymorphism and close linkage of two alpha-protease inhibitors in horse serum. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* (1979) 10 : 235-251
17. Sandberg, K. 1970. Blood factors and erythrocytic protein polymorphism in Swedish horses. *Proc. 11th Eur. Conf.. Animal Blood Groups Biochemical polymorphism(Warsaw. 1968)* : 447-452
18. Scott, A. M., 1977. Prealbumin : the single most useful system in thoroughbred horse blood typing(abstract). *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics* 8(Supplement 1) : 19

19. Scott, A. M., 1979. Prealbumins in the Arab horse : a model for a better interpretation of the system. Proceedings of the 16th International Conference on Animal Blood Groups and Biochemical polymorphism(Leningrad, 1978). Vol. IV, pp. 180-185
20. Stormont, C. and Y. Suzuki. 1963. Genetic control of albumin phenotypes in horses. Proc. Soc. Eyp. Bilo. and Med. 114 : 673-675
21. Terry R. McGuire and Lowell R. Weitkamp. 1980. Equine marker genes. Polymorphism for transferrin alleles, Tf^{F1} and Tf^{F2}, in Thoroughbreds. Animal Blood Groups and Biochemical Genetics 11 : 113-117
22. 한상기, 정의룡, 강희일. 1986. 경주마의 혈액형에 관한 연구 I. 혈청 Transferrin의 유전적 다형. 韓畜誌. 28(7) : 454-461
23. 한상기, 정의룡, 강희일. 1986. 경주마의 혈액형에 관한 연구 II. 혈청 Albumin의 유전적 다형. 韓畜誌. 28(7) : 462-467
24. 한상기, 정의룡, 강희일. 1986. 경주마의 혈액형에 관한 연구 III. 혈청 Prealbumin의 유전적 다형. 韓畜誌. 28 : 701
25. 한상기, 정의룡, 강희일. 1990. 경주마의 혈액형에 관한 연구 IV. 혈청 Esterase 효소의 유전적 다형. 韓畜誌. 31 : 132

26. 한상기, 정의룡 등 1990. 경주마의 혈액형에 관한 연구 V. 혈청 Xk단백질의 유전적 다형. 韓畜誌. 32(2) : 61-65
27. 한상기, 정의룡, 강희일. 1990. 경주마의 혈액형에 관한 연구 VI. 적혈구 Catalase, Carbonic anhydrase 및 Acid phosphatase. 韓畜誌. 32(2) : 66-73
28. 한상기, 정의룡, 신유철. 1993. 제주재래마의 보존을 위한 생화학적 다형현상에 관한 연구 I. 백혈구 효소의 유전적 다형현상. 韓畜誌. 35(5) : 355-361
29. 한상기, 정의룡, 신유철, 변희대. 1995. 제주재래마의 보존을 위한 혈청 단백질 및 효소의 유전적 다형현상. 韓畜誌. 37(1) : 52-58
30. 정의룡, 한상기, 신유철, 양교석. 1990. 제주재래마의 혈청, 혈구 단백질 및 효소의 생화학적 유전형질에 관한 연구 4. 유전적 변이성 및 유연관계. 韓畜誌. 32(11) : 658-668
31. 정의룡, 한상기, 신유철, 양교석. 1990. 제주재래마의 혈청, 혈구 단백질 및 효소의 생화학적 유전형질에 관한 연구 1. 혈청단백질의 유전적 다형현상. 韓畜誌. 32(6) : 658-668