

## 제주경주마의 경주능력과 모색선호도

김성미<sup>1</sup>, 김미나<sup>1</sup>, 이성수<sup>2</sup>, 김남영<sup>2</sup>, 양영훈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>제주대학교

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립축산과학원

## Racing Performance and Preferences for the Coat Colors in Jeju Horses

Seung-Mi Kim<sup>1</sup>, Mi-Na Kim<sup>1</sup>, Sung-Soo Lee<sup>2</sup>, Nam-Young kim<sup>3</sup>,  
Young-Hoon Yang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jeju National University;

<sup>2</sup>National Institute of Animal Science

### ABSTRACT

This study was carried out to test the hypothesis that there were some relationships between coat color and racing performance on which has been argued by owners or buyers for Jeju racing horses, and to investigate the effects of coat colors (brown, chestnut, pied color, dark brown and gray) which were classified as simply a matter of convenience and genotypes of agouti gene (agouti-signaling-protein, *ASIP*) on the racing performances of Jeju horses. The analysis of a general linear model with seven fixed effects, three covariates and a random error term using 2,202 racing records of 141 horses showed significant differences between the least-squares means of racing performances

for the coat colors( $p < 0.001$ ). The horses with dark-brown or chestnut coat colors were significantly speedier than the horses with any other colors( $p < 0.05$ ) while there was no significant differences between the effects of agouti genotypes on racing performances ( $p > 0.05$ ). Further study using more performance records and other color genes would be required to test this supposition.

**Key words** : coat color preference, racing performance, Jeju horse

### 서 론

제주마의 모색은 도내에 도입된 더러브렛 품종

\* Corresponding author : Dept. of Animal Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Jeju National University(e-mail:yhyang@cheju.ac.kr)

또는 기타 외래품종에 비해 매우 다양하다. 이에 따라 모색의 다양성으로 분류되고 있는 제주마의 명칭도 국문명칭으로 49종류, 제주도 방언명칭으로 36종류가 대응되어 불렸던 것으로 보고된바 있다(남도영, 2003; 제주도, 2002). 사실상 농가에서는 말의 고유이름이나 성별 보다는 모색을 지칭하는 명칭이 그 말의 마명으로 대부분이 이용되고 있는 실정이다.

일반적으로 말의 모색에 대하여 선호도는 피모색에 대한 개인의 취향으로 생각되지만, 제주 경주마의 생산자들과 소유자들은 말의 피모색을 경주능력과 관련된 것으로 연관지어 생각하는 경우가 많다. 경주능력이 확인된 제주경주마의 경우에는 경주마의 가치에 말의 모색이 그리 큰 영향은 없지만, 어려서 그 경주능력이 아직 입증되지 않은 제주경주마의 가치에 우선적으로 영향하기도 한다.

말의 모색에 따른 선호도의 순위는 가라, 청총, 적다, 율라, 유마, 거홀, 구렁, 고라, 뒤집댕이, 자홀의 순으로 오래전부터 구전되어 왔다(남도영, 2003). 명칭에 따라 모색표현이 다양하지만 일반적으로 흑색, 짙은 갈색, 밤색, 적색 또는 흑색바탕에 백색의 얼룩무늬, 갈색, 회색의 순으로 피모색을 선호하고 있다. 따라서 이들 모색들의 순위는 제주마의 거래에 있어서 미래의 경주능력에 대한 하나의 예비지표로 종종 이용되기도 한다.

말의 모색과 경주능력의 관계에 대한 학술적 연구보고는 찾아볼 수 없으며, 아무런 관련이 없는 것으로 생각하고 있는 것이 일반적이다. 하지만 제주경주마의 소유자 및 생산자들은 육성마의 모색과 미래의 경주능력을 연관지어 설명하는 것이 흔한 일이 되고 있다. 따라서 본 연구는 제주경주마의 경주능력과 피모색의 관련에 대한 가설을 진단하기 위하여 제주경마공원에서 경주에 참여하고 있는 제주경주마의 피모색과 경주능력의 연관성을 분석하고, Agouti 모색유전자의 유전자형과 경주능력과의 연관성을 평가하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

연구에 이용된 자료는 한국마사회 제주경마공원 에서 경주에 참여한 등록제주마에 한하여 수집되었다. 자료 분석에는 800m 경주기록이 2회 이상 누적된 기록을 소유한 경주마 141두의 경주기록으로 총 2,202 개의 기록이 분석에 최종 이용되었다.

피모색과 경주능력분석: 한국마사회가 구분하고 있는 모색에 따라 경주마들의 경주능력에 있어서 차이가 있는지는 선형모형을 설정하고 SAS(2008)의 GLM 분석법으로 분석 평가하였다. 선형모형에는 연도, 계절, 주로상태, 경주마의 나이 및 피모색의 5개의 고정효과와 기수 및 개체의 2개의 임의효과, 부담중량, 마체중, 체중변화량 3개의 공변량과 임의의 오차항을 설정하여 분석하였다. 그 선형 모형은 다음과 같다.

$$Y_{ijklmnop} = YR_i + SE_j + LC_k + AG_l + CC_m + IN_{mn} + RD_o + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + e_{ijklmnop}$$

여기서  $Y_{ijklmnop}$ 는 800m 주파시간으로 초단위의 기록,  $YR_i$  연도의 고정효과,  $SE_j$  계절의 고정효과,  $LC_k$  주로상태의 고정효과,  $AG_l$  경주마의 나이의 고정효과,  $CC_m$  경주마의 모색의 고정효과,  $IN_{mn}$  개체의 임의효과,  $RD_o$  기수의 임의효과,  $X_1$  부담중량의 공변량,  $X_2$  경주마 체중의 공변량,  $X_3$  체중변화량의 제 2차 적률에 대한 공변량, 그리고  $b_1$ ,  $b_2$ , 및  $b_3$ 는 공변량들에 대한 회귀계수,  $e_{ijklmnop}$ 는 임의의 오차항으로 설정되었다.

모색관련 Agouti 유전인자와 경주능력분석: 피모색에 포유동물의 멜라닌 색소의 이행 조절에 관여하는 아구티 유전자형 분석은 Reider 등 (2001)이 보고한 ASIP의 exon 2의 11-bp deletion의 다형현상부위를 분석에 이용하였다. 유전자형 분석을 위한 DNA는 제주경주마의 혈액표본으로부터 genomic DNA를 Miller 등(1988)의 방법에 준하여 확보하였다. 다형현상부위를 포함

```

*           *           *           *
Asip_ex2 : cattgaacaagaaatccaaaaagatcagcagaaaagaagcagaaaagaagaagagatcttccaag
allele_A : cattgaacaagaaatccaaaaagatcagcagaaaagaagcagaaaagaagaagagatcttccaag
allele_a : cattgaacaagaaatccAaaaagatcagcagaaaagaag-----aagagatcttccaag

```

Fig. 1. Alleles of 11-bp deletion polymorphism in exon 2 of ASIP.

하여 200bp의 길이가 증폭될 수 있도록 한 쌍의 primer (forward, 5'-TCC CAA TTC TCT GCA GTT CA-3'; reverse, 5'-GTC CCA CCC CTA CAA TGA GA-3')를 제작하였다. 인자는 11-bp deletion된 인자를 "a"로 하고, 이에 대한 대립인자를 "A"로 하여 개체의 유전자형을 결정하였다 (Fig 1).

PCR 반응물은 genomic DNA 50 ng, 5pM의 primers, 50 mM KCl, 1.9 mM MgCl<sub>2</sub>, 10 mM Tris-HCl, 0.1% Triton X-100, 0.25 mM의 4종의 dNTP와 Taq polymerase 1.0 unit (Promega, Madison, WI)을 혼합하여 총 20 ul의 반응액을 이용하였다. PCR 반응은 최초 94℃에서 4분 동안 denaturation 처리 후, denaturation- annealing-elongation의 각각의 step을 30초-30초-45초로 35 cycles을 진행한 후 최종 72℃에서 10분간 정차 후 4℃에 보관 이용하였다.

Agouti gene에 대한 유전자형은 10% polyacrylamide gels(165 mm x 175 mm x 1 mm)에서 1 x TBE buffer, 100v, 15 mA에서 2시간 동안 전기영동을 한 후 sliver staining으로 개체들의 유전자형을 확인하였다(Fig. 2). 유전자형과 경주능력과의 관계는 경주마 개체의 육종가 (breeding value)를 추정 한 후, 유전자형에 따른 경주능력의 차이를 비교하였다.

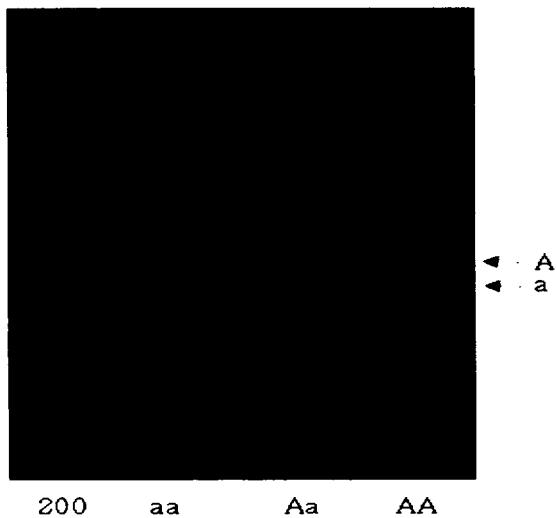


Fig. 2. Polyacrylamide gel electrophoresis of PCR products. Lane 1, 200-bp ladder; Lane 2-4, genotypes of aa, Aa, AA.

## 결과 및 고찰

제주마가 경마에 이용되기 시작 하면서 생산자들과 마주들은 경주속도 향상에 대한 관심이 고조되었다. 제주마의 경주능력 평가 체계가 확립되지 못한 현 상황에서 제주마의 경주능력 향상에 대한 연구는 기초적 관점에 불과하다(오, 1997). 더군다나 외래품종의 혈통 유입을 방지하기 위하여 등록관리사업이 시작된 후 등록제주마의 경주능력 평가는 생산자들에게 상당한 관심사가 되고 있다. 현재는 제주경마공원에서 외래품종과의 교잡마와 제주마 모두 경주에 활용되고 있으나, 점차 등록 관리되고 있는 제주마로 모두 전환 할 계획에 있으나 등록제주마의 경주능력에 대한 연구보고는 극히 제한적이다(양, 2004, 2005). 이러한 시점에서 생산자들과 마주들 사이에 주장되고 있는 제주마의 다양한 피모색과 경주능력과의 관계를 학술적으로 진단한다는 것은 관심사가 아닐 수 없다.

Table 1. Analysis of variance of the general linear model for racing performances at the distance of 800m.

Source	DF	MS	F-value	Pr>F
Year	6	25.0	8.9	<0.001
Season	3	100.7	35.8	<0.001
Lane condition	3	95.7	34.0	<0.001
Age	8	13.6	4.8	<0.001
Rider	48	5.9	2.1	<0.001
Coat color	4	45.0	16.0	<0.001
Horse(col)	136	38.3	13.6	<0.001
Handicapped weight	1	50.7	18.4	<0.001
Body weight of horse	1	136.4	48.5	<0.001
Change of body weight	1	17.0	6.1	<0.014

먼저 경주기록에 있어서 피모색의 고정효과분석을 위하여 설정된 선형모형의 분산분석에 의하면, 모형에 포함된 연도효과, 계절효과, 경주로의 상태에 대한 효과 및 경주마의 나이에 대한 효과들은 기대처럼 유의(p<0.01)하게 나타났으며, 한

국마사회 제주경마공원에서 임의로 분류한 경주마의 피모색에 대한 고정효과도 흥미롭게도 유의( $p < 0.01$ )한 것으로 나타났다(Table 1). 흑갈색(dark brown)이나 밤색(chestnut)이 여타 다른 피모색을 소유한 개체들에 비해서 훨씬 경주속도가 빠른 것으로 분석되었다( $p < 0.05$ ). 이는 말의 피모색에 대하여 구전되는 등급과도 어느 정도 일치하는 경향을 보이고 있었는데, 구전되는 등급에 의하면 가라(흑색), 청총(회백의 푸른 빛갈), 적다(밤색), 율라(흑 또는 적의 모색바탕에 백색의 얼룩), 유마(적갈색에 갈기와 꼬리가 흑색), 거흠(입, 눈 주변, 발굽이 피부색에 비해 옅은 흰색인 말), 구렁(검붉은색), 고라(담황색에 등에 만소소유), 뒤집댕이(전신에 불규칙한 회흑), 자흠(흑회색바탕에 백색모가 불규칙적으로 산재, 표범형, 눈송이형, 대리석형의 백색 반점소유)의 순으로 평가되고 있다(남도영, 2003; 제주도 2002).

포유동물의 피모색을 지배하는 인자들 가운데 주요 역할을 하고 있는 좌위는 색소확장인자(Extension locus) 좌위와 아구티(Agouti) 좌위라고 볼 수 있다. Agouti 좌위에 암호화되어 형성되는 ASIP (agouti-signaling-protein)는 eumelanin(흑색색소)과 pheomelanin(적색색소) 생산과 관련된 색소확장인자의 좌위 (Extension locus)에 의해 지배되는 Melanocortin-1-receptor (MC1R)와 함께 포유동물의 피모색 발현 형태의 일부를 지배한다. ASIP exon 2에 11-bp의 결실(a)은 아미노산 서열을 변경시킬 뿐만 아니라 정상적인 인자(A)에 비해 종료코돈이 210 bp 위치에서 612 bp로 확장시키는 것으로 밝혀졌다(Rieder et al., 2001; Lu et. al, 1994). 이 frameshift 변이는 agouti-signaling-protein을 변형시키게 되고 말의 모든 품종에 있어서 열성흑색(recessive black coat color, a/a)의 피모색 발현과 관련된 것으로 알려지고 있다. 하지만 이들의 유전자형(AA, Aa, aa)이 말의 피모색에 있어서 어두운색(dark)과의 관련은 찾아볼 수 없었다.

본 연구에서 Agouti 인자와 경주능력에 영향을 미치는 양적형질의 인자와의 연관을 진단하기 위하여 개체별 유전자형(AA, Aa, aa)을 분석한 결과(Table 2), 경주마 집단에는 A인자가 68.8%, a인자가 31.2%로 존재하고 있는 것으로 나타났다.

개체들의 유전자형에 따른 경주능력에는 AA 또는 aa 형인 개체들이 Aa형인 개체들보다 다소 빠른 경주능력을 보여주고 있었지만 유의적 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).

**Table 2.** Least squares means and standard errors of coat colors.

Coat color	Mean	SE	no. of horses
Brown	72.76 <sup>b</sup>	0.43	42
Chestnut	71.35 <sup>a</sup>	0.32	25
Pied color	73.77 <sup>c</sup>	0.46	20
Gray	73.67 <sup>c</sup>	0.52	95
Dark brown	71.17 <sup>a</sup>	0.46	8

Means with different superscripts differ significantly( $p < 0.05$ ).

이상을 종합하여 본다면, Agouti gene의 인자형과 양적형질인 경주능력과의 관련성 징후는 확인할 수 없었다. 그러나 경주마의 피모색에 따라 경주능력에 유의하게 차이가 있음을 확인할 수 있었는데, 이는 생산자 또는 소유주들이 경주능력과 선호모색에 대하여 인위적으로 동시 선발의 결과인 것이거나, 분석에 이용된 표본집단의 크기가 충분치 않음으로 인한 편의적인 결과인 것으로 사료되었다. 이의 명확한 입증을 위해서는 보다 많은 충분한 경주기록에 대한 자료와 함께 여러 종류의 모색관련 유전자와의 관련여부를 가설 설정과 함께 진단이 필요하리라고 생각된다.

## 적 요

경주마 생산자들 사이에 피모색은 경주능력과 어느 정도 연관되어 있는 것으로 추측하고 있다. 그러나 이와 같은 가설은 정설로 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구는 이의 가설에 대한 검증을 목적으로 하고 있다.

경주마의 피모색과 경주능력의 관계 분석을 위하여 제주경마공원에서 경주능력이 기록되고 있는 등록제주마에 대한 자료를 선별 이용하였다.

총 141두의 2,202 개의 경주기록과 개체별 모색관련 ASIP (agouti-signaling-protein)를 암호화하고 있는 Agouti gene 의 유전자형을 분석하여 이용하였다. 경주마의 피모색은 갈색(brwon), 밤색(chestnut), 얼룩색(pied color), 흑갈색(dark-brown), 회색(grey)으로 임의로 분류되어 구분되어 기록되고 있었다.

먼저 기록에 대한 여러 가지 7개의 고정효과와 임의효과 그리고 3개의 공변량에 무작위 오차항을 포함하여 최적모형을 설정한 후 분산분석을 한 결과 경주마의 피모색에 따라 경주속도는 고도의 유의적 차이가 있음을 확인하였다( $p < 0.001$ ).

최소자승평균에 의하며 흑갈색 또는 단순적색 피모의 경주마들이 기타 다른 피모색의 경주마들보다 능력이 우수했다( $p < 0.05$ ). 그러나 ASIP의 Agouti 인자 유전자형과의 경주능력의 관련성은 찾아볼 수 없었다( $p > 0.05$ ). 이상의 결과로 본다면 Agouti 인자형과 경주능력과의 연관성은 있다고 보기 어려웠다. 경주마 피모색의 표현형에 따른 경주능력에 차이의 존재는 생산자 또는 마주들이 경주속도와 피모색의 선호도에 따른 인위적 선발에 따른 결과로 생각되지만, 본 가설에 대한 충분한 진단에는 보다 많은 기록자료와 여러 가지 모색관련 인자에 대한 분석이 후속 되어야 할 것으로 사료되었다.

**Table 3.** Means and standard errors of breeding values for the racing performances in second at the racing distance of 800 m by Agouti genotypes.

Geno-type	n	Estimate	SE	Max.	Min.
AA	61	-0.37	0.37	4.25	-8.47
Aa	72	0.49	0.34	10.13	-4.84
aa	8	-1.56	1.02	3.09	-7.20

No significant differences were observed between genotypes. ( $p > 0.05$ )

## 참 고 문 헌

1. Lu D, Willard D, Patel IR, Kadwell S, Overton L et al. 1994. Agouti protein in an antagonist of the melanocyte-stimulating-hormone receptor. Nature 371:799-802.
2. Miller, S.A., Dykes, D.D. and Polesky, H.F. 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. Nucleic Acids Research 16:1215.
3. Rieder S., Taurit S., Mariat D., Langlois B. and Guerin G., 2001. Mutation in the agouti (ASIP), the extension (MC1R), and the brown (TYRP1) loci and their association to coat color phenotypes in horses (Equus caballus). Mammalian Genome 12, 450-455.
4. SAS, 2008. SAS Institute Inc. Release 9.1. TS Level.
5. 남도영, 2003. 마문화연구총서V, 제주도 목장사, 한국마사회 마사박물관, pp91-107.
6. 양영훈, 2004. 제주마의 경주능력과 반복력 추정. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지 20(2): 33-37
7. 양영훈, 2005. 제주마의 경주능력에 영향을 주는 주로상태와 계절의 고정효과. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지. 21(1):55-60.
8. 오운용, 1997. 제주마의 경주속도에 대한 유전모수 추정 및 종모마 평가에 관한연구. 박사학위논문, 전북대학교 대학원
9. 제주도, 2002. 제주도 제주마, 제주마문화연구보고서

