

## 닭의 경제 형질에 미치는 TSH- $\beta$ 유전자 변이 효과 분석

서주희<sup>1</sup> · 오재돈<sup>1</sup> · 최은지<sup>1</sup> · 임희경<sup>1</sup> · 성지연<sup>1</sup> · 송기덕<sup>1</sup> · 이준현<sup>2</sup> · 이학교<sup>1</sup> · 공홍식<sup>1</sup> ·  
전광주<sup>1</sup> · 손영곤<sup>3</sup> · 최강덕<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>한경대학교 유전정보연구소, <sup>2</sup>충남대학교 농업생명과학대학 동물자원생명과학과,

<sup>3</sup>한경대학교 고품질 친환경 농축산물 생산기술연구센터(GRRC)

### Effects of SNP in TSH- $\beta$ Gene of Chicken on Economic Traits

Joohee Seo<sup>1</sup>, Jae Don Oh<sup>1</sup>, Eun Ji Choi<sup>1</sup>, Hee Kyong Lim<sup>1</sup>, Jiyeon Seong<sup>1</sup>, Ki Duk Song<sup>1</sup>, Jun Heon Lee<sup>2</sup>,  
Hak Kyo Lee<sup>1</sup>, Hong Sik Kong<sup>1</sup>, Gwang Joo Jeon<sup>1</sup>, Young Gon Shon<sup>3</sup> and Kang Duk Choi<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

<sup>2</sup>Department of Animal Science and Biotechnology, Chunam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>3</sup>GRRC, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

**ABSTRACT** Thyroid hormone (TH) plays a role in growth of the poultry. Thyroid-stimulating hormone (TSH) stimulates production and distribution of TH, and is a heterodimer which is formed by  $\alpha$ - and  $\beta$ -subunits. Most of TSH activity is known to rely on  $\beta$ -subunit. TSH- $\beta$  gene is located on chicken chromosome 26 and associated with growth performances. Therefore, this study aimed to investigate the association of TSH- $\beta$  SNP (G1031C) with economic traits (layday, layw, layno, bw150, bw270, layw270) in Korean Native Black chicken, Rhode Island Red and Cornish. Allele frequency of GG genotype in Rhode Island Red (RIR) was found to be 1.00 in this study. A significant effect was only observed on body weight at day 150 in Cornish. In Cornish, body weights of chicken with the CC genotype ( $302.15 \pm 6.336$ ) were significantly higher than that of the GG genotype ( $294.56 \pm 4.537$ ) ( $p < 0.05$ ). These findings suggest that the G1031C SNP of TSH- $\beta$  gene can be used for improvement of growth-related traits in Cornish.

(Key words : thyroid-stimulating hormone- $\beta$ , single nucleotide polymorphism, allele frequency, body weight, Cornish)

## 서 론

한국 토종닭은 콜라겐 함량이 높아 육질이 쫄깃하며, 닭 고기의 풍미를 결정하는 메티오닌(methionine)과 시스틴(cysteine)같은 황 함유 아미노산이 풍부할 뿐만 아니라, 다즙성, 연도, 기호성 등의 관능 성적도 우수하다. 그러나 육용으로 이용하기에는 성장률이 낮아 사육기간이 길고, 출하체중이 낮아 경제적이지 못하다(강보석 등, 2012; 박미나 등, 2010; 권연주 등, 1995). 따라서 토종닭의 시장 경쟁력 확보를 위해서는 성장 관련 형질의 개량이 절실히 요구된다.

최근 닭의 성장 관련 형질의 개량을 위해 분자 육종 기술 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 보고에 따르면 growth hormone(GH)(서동삼, 2001; Feng et al., 1997), growth hormone receptor(GHR)(Feng et al., 1997), growth hormone secreta-

gogue receptor(GHSR)(Zhang et al., 2009), insulin-like growth factor-I(IGF-I)(Wei et al., 2009), insulin-like growth factor binding protein-2(IGFBP-2)(Leng et al., 2009) insulin(INS)(Lei et al., 2007), leptin receptor(LEPR)(최봉환 등, 2003), thyroid-stimulating hormone beta subunit(TSH- $\beta$ )(Lei et al., 2007) 유전자들은 성장 형질에 연관되어 있음을 확인하였다.

성장 형질은 여러 기관의 다양한 역할 수행을 통해 나타나는 것으로 갑상선은 갑상선호르몬(Thyroid Hormone, TH) 분비를 통해 체내 호르몬 대사를 조절함으로써 성장에 매우 중요한 역할을 하는 기관 중 하나이다(가천홍 등, 1999). 최근 보고에 따르면 갑상선 절제 시술로 인해 성장률이 현저히 감소될 뿐만 아니라, 목, 등, 가슴 및 복강 내에 과도한 지방축적을 유도한다는 사실이 확인된 바 있다(Falconer et

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : kchoi04@hknu.ac.kr

al., 1971; 가천홍 등, 1999). 갑상선호르몬(TH)은 갑상선자극호르몬(Thyroid Stimulating Hormone, Thyrotrophin, TSH)에 의해 발현이 유도되어 분비된다. 그리고 TSH의 구성단위는  $\alpha$ -subunit와  $\beta$ -subunit로 되어 있으며,  $\beta$ -subunit을 암호화하는 TSH- $\beta$  유전자는 사람의 경우 1번 염색체 위에 존재하며, 비만과 연관되어 있다고 보고되었고(Nie et al., 2005; Lei et al., 2007), 닭에서는 26번 염색체 위에 존재하며 성장과 연관되어 있다고 보고되었다(Lei et al., 2007).

한국 재래닭은 유전자원으로서의 가치는 충분히 인정받고 있으나, 산업적 활용 가치를 높이기 위해서는 능력의 개량이 절대적으로 필요한 실정이다. 이를 위해서는 우선적으로 한국 재래닭의 명확한 유전적 특성에 대한 구명이 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 TSH- $\beta$  유전자의 유전변이에 대한 연구를 통해 닭의 성장 형질과 관련된 유전적 특성을 분석하고자 진행되었으며, 본 연구의 결과를 한국 재래닭의 능력 개량을 위한 분자 육종 기술 개발의 기초 자료로 활용하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시 재료

본 연구에 사용된 공시재료는 국립축산과학원 가금과에서 제공 받은 한국 재래닭 96 수, 로드 아일랜드 레드 96 수, 코니쉬 96 수의 혈액을 사용하였다. 총 3 품종 288 수는 닭의 날갯죽지 정맥에서 항응고제가 첨가되어 있는 진공 채혈관에 채혈하여 DNA 추출 전까지  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였다. 공시재료로 사용된 축군의 경제 형질 능력에 대한 평균 및 표준편차는 Table 1에 제시하였다.

### 2. DNA Extraction

혈액으로부터 Genomic DNA를 추출할 수 있는 Chemagic DNA Blood100 Kit(Chemagen사, Germany)를 이용하여 제조사가 권장하는 방법에 따라 Genomic DNA를 추출하여  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였다.

**Table 1.** Mean and Standard deviation of each economic traits in the populations

Trait	Cornish	Rhode Island Red	Korea Native Chicken
layday	163.56 $\pm$ 12.12	154.23 $\pm$ 22.05	163.24 $\pm$ 11.94
layw	41.4 $\pm$ 8.31	40.43 $\pm$ 4.78	40.65 $\pm$ 6.07
bw150	294.8 $\pm$ 28.68	150.7 $\pm$ 20.82	165.28 $\pm$ 23.11
bw270	382.65 $\pm$ 38.6	188.41 $\pm$ 19.49	195.4 $\pm$ 26.88
layw270	58.5 $\pm$ 4.48	55.25 $\pm$ 8.37	52.71 $\pm$ 3.74
layno	39.62 $\pm$ 10.61	33.9 $\pm$ 21.79	43.75 $\pm$ 12.08

layday: Age of first egg, layw: Egg weight at first, bw150: Body weight at 150 days of age, bw270: Body weight at 270 days of age, layw270: Egg weight at 270 days of age, layno: The number of eggs laid.

### 3. Primer 제작

NCBI에 등록된 TSH- $\beta$  유전자(Accession No. AY341265)의 염기서열을 이용하여 Lei et al.(2007)이 사용한 primer sequence를 토대로 제작하였다(Table 2).

### 4. PCR-RFLP

PCR(Polymerase Chain Reaction) 반응액은 DNA 1.5  $\mu\text{L}$  (25 ng), primer (25 pmole), 200 nM의 dNTP, 2.5 U의 Taq polymerase 및 10 mM Tris-HCl (pH 9.0), 50 mM KCl, 1.4 mM  $\text{MgCl}_2$  및 1% Triton X-100을 포함하여 총 20  $\mu\text{L}$ 로 제조한 후, PCR 조건은 denaturation 과정  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 5분,  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 30초, annealing temperature  $60^{\circ}\text{C}$ 에서 30초, primer extension  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 40초간의 과정을 35회 반복하였으며, 최종적으로  $72^{\circ}\text{C}$ 의 extension 과정을 거쳐 증폭된 산물을 ethidium bromide(EtBr)가 첨가된 1.5% 농도의 아가로스 겔에서 전기영동을 통하여 확인하였다.

닭의 TSH- $\beta$  유전자 내에 존재하는 변이 지역의 유전자형을 확인하기 위하여 PCR 증폭산물 2  $\mu\text{L}$ 에 1 U 제한효소(Csp6 I)와 10X 제한효소 버퍼 1  $\mu\text{L}$ 를 첨가한 후 멸균된 증류수로 총 10  $\mu\text{L}$ 를 제조하였다. 제한효소 반응 온도( $37^{\circ}\text{C}$ )와

**Table 2.** Primer design and restriction enzyme for PCR-RFLP analysis of the TSH- $\beta$  gene

Gene	Chr	Primer sequence	AT( $^{\circ}\text{C}$ )	Products size(bp)	Restriction enzyme	SNP site
TSH- $\beta$	26	5'-cccttctcatgatgctctcc-3'	60	521	Csp6I	G1031C intron
		5'-ggctcttagtccatctgtgc-3'				

TSH- $\beta$ = Thyroid-stimulating hormone beta subunit gene.

Primers sequence was based on the NCBI (Accession no. AY 341265) of the avian TSH- $\beta$  gene.

시간(1시간)에 맞춰 반응시킨 후, EtBr이 첨가된 1.5% 농도의 아가로스 겔에서 전기영동을 통하여 절단된 유형에 따라 유전자형을 결정하였다.

5. 통계 분석

SAS 9.1(SAS, USA) 프로그램을 이용하여 TSH-β 유전자의 G1031C 변이지역과 경제 형질 간의 연관성 분석을 실시하였다. 전체 공시축을 대상으로 한 유전변이와 경제 형질과의 연관성 분석에 사용된 통계 분석 모형을 아래에 제시하였다.

$$Y_{ijk} = \mu + Breed_i + G_j + e_{ijk}$$

상기 모형에서,

$Y_{ijk}$  = 대상 형질에 대한 관측치

$\mu$  = 대상 형질의 전체 평균

$Breed_i$  = 품종효과(i = 로드아일랜드 레드, 코니쉬, 재래닭)

$G_j$  = 유전자형(Genotype)의 효과

$e_{ijk}$  = 임의 오차

각각의 품종별 유전변이와 경제 형질 간의 연관성 분석에 사용된 통계 분석 모형을 아래에 제시하였다.

$$Y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = 대상 형질에 대한 관측치

$\mu$  = 대상 형질의 전체 평균

$G_i$  = 유전자형(Genotype)의 효과

$e_{ij}$  = 임의오차

결 과

1. THS-β 유전자형

한국 재래닭 96수, 로드아일랜드 레드 96수 그리고 코니쉬 96수, 총 288수를 대상으로 THS-β 유전자 변이를 제한효소, Csp6 I(-G/TAC-)를 이용하여 PCR-RFLP 방법으로 유전자형을 결정하였다. 전기영동을 통해 확인된 THS-β 유전자 증폭 산물의 크기는 521 bp로 확인되었으며, 제한효소 Csp6 I를 이용해 변이지역(G1031C)의 유전자형을 확인한 결과, CC, CG 그리고 GG 유전자형을 확인하였다. 확인된 유전자형 중 GG 유전자형은 449 bp와 72 bp로 확인되었고, CC 유전자형은 364 bp, 85 bp 그리고 72 bp의 단편이 확인하였으

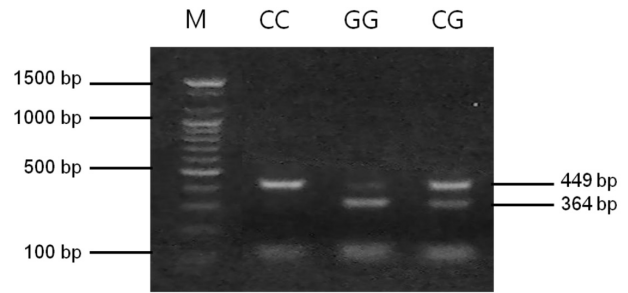


Fig. 1. The G1031C SNP variation in TSH-β gene visualized by 1.5% agarose gel. Agarose gel displaying a Csp6 I restriction digest on an amplified portion of Chicken THS-β gene. M : 100 bp ladder ; CC : 72 bp and 449 bp GG : 72 bp, 85 bp and 364 bp ; CG : 72 bp, 85 bp, 364 bp and 449 bp.

며, CG 유전자형은 449 bp, 364 bp, 85 bp 그리고 72 bp의 단편이 확인되었다(Fig. 1).

각 품종별 TSH-β 유전자 G1031C 지역의 변이에 따른 유전자형 출현빈도를 Table 3에 제시하였다. 코니쉬의 경우, CC형이 0.267, CG형이 0.520 그리고 GG형이 0.213으로 확인되었으며, 한국 재래닭의 경우 CC형이 0.115, CG형이 0.603 그리고 GG형이 0.282으로 확인되었다. 로드아일랜드 레드의 경우, 모든 개체에서 GG 유전자형을 확인하였다. 각 품종별 유전자형 출현빈도의 확인 결과, 코니쉬와 한국 재래닭의 경우 이형접합체인 CG 유전자형이 각각 0.520과 0.603으로 높게 나타난 반면, 로드아일랜드 레드는 동형접합체인 GG 유전자형의 출현빈도가 1인 것으로 확인되었다. 이러한 연구 결과의 배경에는 공시축으로 이용된 각 품종 집단의 특성이 반영되었을 것으로 생각된다. 한국 재래닭의 경우, 멸종위기에 처해진 상황에서 유전자원 복원사업을 통해 복원에 성공하였고, 코니쉬와 로드아일랜드 레드의 경우는 국내에 유입된 외래품종이 지속적인 유지 관리를 통해 토착화된 품종이다. 복원 및 토착화가 진행되는 과정에서

Table 3. Genotype frequencies at the G1031C on the avian TSH-β gene

Breed	SNP genotype(G1031C)		
	CC	CG	GG
Cornish	0.267	0.520	0.213
Korean Native Chicken	0.115	0.603	0.282
Rhode Island Red	-	-	1.000
Total	0.155	0.460	0.385

TSH-β 유전자의 변이가 코니쉬와 한국 재래닭의 선발에 영향을 미치지 않은 반면, 로드아일랜드 레드에서는 크게 영향을 미쳤을 가능성도 있을 것으로 사료된다. 따라서 추가적인 연구를 통해 각 품종별 유전적 특성을 구명함에 있어 본 연구는 상당한 도움이 되는 기초 자료가 될 가능성이 있는 것으로 사료된다.

## 2. 전체 품종에 대한 연관성 분석

3 품종을 하나의 분석 대상 축군으로 하여 품종 효과를 고려해 각 형질(시산일령, 시산난중, 산란수, 150 일령 몸무게, 270 일령 몸무게, 270 일령 난중)과 G1031C 변이지역의 연관성 분석 결과 유의적인 결과를 확인하지 못하였다 (Table 4).

## 3. 각 품종별 연관성 분석

각 품종별 TSH-β 유전자의 G1031C 변이지역과 경제 형질 간 연관성을 분석한 결과를 Table 5에 제시하였으며, 로드아일랜드 레드의 경우 하나의 유전자형(GG)만이 확인되어 분석에서 제외하였다.

결과에 따르면 코니쉬의 TSH-β 유전자의 G1031C 변이 지역과 경제 형질간의 연관성 분석 결과, 150일령 몸무게에서 유의적인 연관성( $p < 0.05$ )이 검출되었다. 150일령 몸무게

는 CC 유전자형이  $302.15 \pm 6.336$ , CG 유전자형이  $294.56 \pm 4.537$  그리고 GG 유전자형이  $283.06 \pm 7.084$ 으로 확인되었으며, CC 유전자형( $302.15 \pm 6.336$ )과 GG 유전자형( $283.06 \pm 7.084$ ) 간의 차이가 유의적인( $p < 0.05$ ) 것으로 확인되었다 (Table 5).

**Table 4.** Association of the G1031C SNP with the economic traits in the population

Traits	SNP genotype (G1031C)		
	CC	CG	GG
layday	$161.54 \pm 2.941$	$159.37 \pm 1.952$	$161.30 \pm 1.770$
layw	$41.47 \pm 1.438$	$41.14 \pm 0.955$	$40.79 \pm 0.865$
bw150	$208.62 \pm 5.112$	$206.94 \pm 3.333$	$199.97 \pm 3.061$
bw270	$259.94 \pm 6.234$	$257.28 \pm 4.065$	$254.98 \pm 3.733$
layw270	$56.66 \pm 0.996$	$54.92 \pm 0.703$	$55.75 \pm 0.655$
layno	$39.23 \pm 2.795$	$40.12 \pm 1.856$	$38.17 \pm 1.682$

layday: Age of first egg, layw: Egg weight at first, bw150: Body weight at 150 days of age, bw270: Body weight at 270 days of age, layw270: Egg weight at 270 days of age, layno: The number of eggs laid.

**Table 5.** Association of the G1031C SNP with the economic traits in chicken(Cornish chickens and Korean native chickens)

Breed	Traits	SNP genotype (G1031C)		
		CC	CG	GG
Cornish	layday	$167.05 \pm 2.686$	$163.88 \pm 2.008$	$163.73 \pm 3.023$
	layw	$42.16 \pm 1.911$	$42.00 \pm 1.429$	$41.40 \pm 2.151$
	bw150	$302.15 \pm 6.336^a$	$294.56 \pm 4.537^{ab}$	$283.06 \pm 7.084^b$
	bw270	$392.20 \pm 8.309$	$383.36 \pm 5.950$	$380.44 \pm 9.289$
	layw270	$59.63 \pm 1.011$	$57.88 \pm 0.779$	$59.35 \pm 1.178$
	layno	$38.68 \pm 2.192$	$39.97 \pm 1.639$	$36.93 \pm 2.467$
Korean Native Chicken	layday	$161.78 \pm 3.961$	$161.98 \pm 1.751$	$165.32 \pm 2.533$
	layw	$41.22 \pm 2.075$	$40.67 \pm 0.918$	$40.50 \pm 1.327$
	bw150	$157.89 \pm 7.574$	$168.46 \pm 3.314$	$164.72 \pm 4.844$
	bw270	$188.55 \pm 9.027$	$197.51 \pm 3.950$	$195.50 \pm 5.773$
	layw270	$54.38 \pm 1.340$	$52.42 \pm 0.565$	$52.81 \pm 0.827$
	layno	$44.11 \pm 3.999$	$44.63 \pm 1.769$	$43.45 \pm 2.558$

layday: Age of first egg, layw: Egg weight at first, bw150: Body weight at 150 days of age, bw270: Body weight at 270 days of age, layw270: Egg weight at 270 days of age, layno: The number of eggs laid.

## 고 찰

갑상선은 체내 호르몬 조절을 통해 성장에 있어 중요한 역할을 수행하는 기관 중 하나로 알려져 있다. 갑상선자극 호르몬(TSH)은 갑상선을 자극하는 호르몬으로 뇌하수체 전엽에서 분비된다. 구성단위는  $\alpha$ -subunit와  $\beta$ -subunit로 되어 있고,  $\alpha$ -subunit는 LH, FSH, hCG 등의 성선자극호르몬(Gonadotropin)과 거의 일치하는 아미노산 배열을 갖고 있다. 갑상선자극호르몬의 특이적인 활성화에 영향을 미치는 것은  $\beta$ -subunit의 다양한 특징에 기인한 것으로 보고되었다(조용욱, 2007).

닭의 TSH- $\beta$  유전자는 26번 염색체의 약 3.9 Mbp 위치에 존재하고 있으며, QTL D/B 정보를 확인한 결과, 주변에 몸무게와 관련된 다양한 QTL이 존재하고 있다(<http://www.animalgenome.org>). Nadaf et al.(2009)의 보고에 따르면 9주령 몸무게와 관련된 QTL이 26번 염색체의 약 2~4 Mbp에 존재하고 있으며, 이 QTL 영역은 TSH- $\beta$  유전자의 위치(3.9 Mbp)를 포함하고 있다. 또한 가까운 위치에 7주령 몸무게와 관련된 QTL(2.4~3.4 Mbp)이 존재하고 있다(Ankra-Badu et al., 2009). 따라서 TSH- $\beta$  유전자는 성장 형질과 관련하여 매우 밀접한 연관관계를 가지고 있을 것으로 사료된다. QTL 영역 내에는 특정 형질에 대한 다양한 유전자와 유전 변이들이 존재하며, 이들의 유전적 구조에 따라 특정 형질에 다양한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 유전변이들의 유전적 구조는 LD(Linkage Disequilibrium) 분석을 통해 확인할 수 있으며, 이러한 LD block의 구조는 품종에 따라 그 특성이 구분될 수 있다(Gautier et al., 2007; Amaral et al., 2008; Megens et al., 2009).

본 연구를 통해 TSH- $\beta$  유전자의 변이지역을 분석한 결과, 품종에 따른 유전적 특성을 확인할 수 있었다. 로드아일랜드 레드 경우, 분석된 모든 개체에서 GG 유전자형을 보유한 것으로 확인되었으며, 코니쉬의 경우 유전자형과 150일령 몸무게와의 연관성이 유의적( $p < 0.05$ )인 것으로 확인된 반면, 재래닭에서는 유의적인 연관관계가 확인되지 않았다. 또한 변이지역과 경제 형질과의 연관성에 있어 Lei et al.(2007)은 중국의 닭 품종간의 교배를 통해 얻은 F<sub>2</sub>세대를 대상으로 TSH- $\beta$  유전자의 변이지역과 성장 형질 간의 연관성 분석 결과, 유의적인 연관성이 확인되지 않았음을 보고한 바 있다(Lei et al., 2007).

따라서 TSH- $\beta$  유전자는 성장 형질과 관련하여 매우 밀접한 연관관계를 가지고 있는 유전자로 사료되지만, G1031C

변이지역은 성장 형질과 관련된 직접적인 연관관계를 지니고 있는 것은 아닌 것으로 사료된다. 하지만 G1031C 변이지역이 몸무게와 관련된 주요 유전자 또는 주요 변이지역과 유전적으로 연관되어 있을 가능성 또한 배제할 수 없다고 판단된다.

따라서 닭의 26번 염색체의 성장 관련 QTL 영역 내에 존재하는 유전자와 유전변이 지역에 대한 추가적인 분석을 통해 성장과 관련된 주요 유전자 탐색 및 유전표지의 발굴이 가능할 것으로 사료된다.

## 요 약

갑상선호르몬(TH)은 가금의 성장에서 중요한 유전자로 보고되었다. TH의 생성과 분비를 조절하는 갑상선자극호르몬(TSH)은  $\alpha$ -subunit와  $\beta$ -subunit으로 구성되어 있으며,  $\beta$ -subunit의 다양한 특징에 의해 갑상선자극호르몬이 특이적인 활성을 보이는 것으로 알려져 있다. TSH- $\beta$ 는 닭의 26번 염색체에 존재하며, 성장과 연관되어 있다고 밝혀졌다. 따라서 본 연구는 TSH- $\beta$  유전자의 G1031C 변이지역과 닭(한국재래닭, 로드아일랜드 레드, 코니쉬)의 경제 형질과의 연관성 분석을 실시하였다. 분석 결과, 로드아일랜드 레드 품종에서는 모든 개체에서 GG 유전자형이 확인되었고, 재래닭의 경우 모든 경제 형질과에서 유의적 연관성이 확인되지 않았다. 반면, 코니쉬 품종은 150 일령 몸무게에서 유의적인 연관성( $p < 0.05$ )이 확인되었다. TSH- $\beta$  유전자는 성장 형질과 밀접한 연관관계를 가지고 있는 유전자로 사료되지만, 유전자의 G1031C 변이지역은 성장 형질과 관련된 직접적인 연관관계는 없는 것으로 사료된다. 하지만 몸무게와 관련된 주요 유전자 또는 변이지역과 유전적으로 연관되어 있을 가능성은 충분히 높은 것으로 판단된다. 따라서 닭의 26번 염색체의 성장 관련 QTL 영역 내에 존재하는 유전자와 유전 변이지역에 대한 추가적인 분석을 통해 성장 관련 주요 유전자 탐색 및 유전표지 발굴이 가능할 것으로 사료된다.

(색인어: 재래닭, TSH- $\beta$ , 단일염기변이, 경제 형질)

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업(PJ008-196)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 공시축의 시료와 정보를 제공해 주신 국립축산과학원 담당자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- Amaral AJ, Megens HJ, Crooijmans RP, Heuven HC, Groenen MA 2008 Linkage disequilibrium decay and haplo-type block structure in the pig. *Genetics* 179: 569-579.
- Ankra-Badu GA, Le Bihan-Duval E, Mignon-Grasteau S, Pitel F, Beaumont C, Duclos MJ, Simon J, Carre W, Porter TE, Vignal A, Cogburn LA, Aggrey SE 2010 Mapping QTL for growth and shank traits in chickens divergently selected for high or low body weight. *Animal Genetics* 41:400-405.
- Falconer IR 1971 The thyroid glands. Vol II Chap 17 In: *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*. Bell DJ, Freeman BM ed. Academic Press, New York.
- Feng XP, Kuhnlein U, Aggrey SE, Gavora JS, Zadworny D 1997 Trait association of genetic markers in the growth hormone and the growth hormone receptor gene in a White Leghorn strain. *Poultry Sci* 76:1770-1775.
- Gautier M, Faraut T, Moazami-Goudarzi K, Navratil V, Foglio M, Grohs C, Boland A, Garnier JG, Boichard D, Lathrop GM, Gut IG, Eggen A 2007 Genetic and haplotypic structure in 14 European and African cattle breeds. *Genetics* 177:1059-1070.
- Lei M, Luo C, Peng X, Fang M, Nie Q, Zhang D, Yang G, Zhang X 2007 Polymorphism of growth-correlated genes associated with fatness and muscle fiber traits in chickens. *Poultry Sci* 86:835-842.
- Leng L, Wang S, Li Z, Wang Q, Li H 2009 A polymorphism in the 3'-flanking region of insulin-like growth factor binding protein 2 gene associated with abdominal fat in chickens. *Poultry Sci* 88:938-942.
- Megens HJ, Crooijmans RP, Bastiaansen JW, Kerstens HH, Coster A, Jalving R, Vereijken A, Silva P, Muir WM, Cheng HH, Hanotte O, Groenen MA 2009 Comparison of linkage disequilibrium and haplotype diversity on macro- and microchromosomes in chicken. *BMC Genet* 10:86.
- Nadaf J, Pitel F, Gilbert H, Duclos MJ, Vignoles F, Beaumont C, Vignal A, Porter TE, Cogburn LA, Aggrey SE, Simon J, Le Bihan-Duval E 2009 QTL for several metabolic traits map to loci controlling growth and body composition in an F<sub>2</sub> intercross between high- and low-growth chicken lines. *Physiol Genomics* 38:241-249.
- Nie QH, Lei M, Ouyang JH, Zeng H, Yang GF, Zhang XQ 2005 Identification and characterization of single nucleotide polymorphisms in 12 chicken growth-correlated genes by denaturing high performance liquid chromatography. *Genet Sel Evol* 37:339-360.
- Wei Li, Fangqun Li, Daquan Li 2009 IGF-1 Gene polymorphism and weight-related analysis. *Int J Biol* 1:113-118.
- Zhang B, Chen H, Guo Y, Zhang L, Zhao M, Lan X, Zhang Ci, Pan C, Hu S, Wang J, Lei C 2009 Associations of polymorphism within the GHSR gene with growth traits in Nanyang cattle. *Mol Biol Rep* 36:2259-2263.
- 가천홍 김창혁 채병조 이명철 1999 갑상선 호르몬의 경구 투여가 육계의 사양성적, 체조성, 혈청 호르몬 농도 및 에너지 대사에 미치는 영향. *한국가금학회지* 26:237-245.
- 강보석 김학규 김종대 허강녕 추효준 황보 중 서옥석 홍의철 2012 토종 실용계 생산용 2원 교배 종계의 육성기 능력. *한국가금학회지* 39:71-76.
- 권연주 여수정 성삼경 1995 한국산 토종 닭고기의 품질 특성. *한국가금학회지* 22:223-231.
- 박미나 홍의철 강보석 김학규 서보영 추효준 나승환 서옥석 한재용 황보 중 2010 토종 순종계를 이용한 토종닭 생산 및 생산성 연구. *한국가금학회지* 37:347-354.
- 서동삼 강우진 윤준수 이재현 홍기창 고용 2001 한국 재래 오골계의 성장호르몬 유전자 다형현상과 혈중 insulin-like growth factor-1의 함량 및 산란능력간의 관련성. *한국동물자원과학회지* 43:303-314.
- 조용욱 2007 갑상선 자극 호르몬의 임상적 의의와 정상농도에 대한 소고. *대한내분비학회지* 22:87-94.
- 최봉환 김태현 조용민 이해영 전진태 정일정 2003 돼지 leptin receptor내 초위성체 다형성과 경제 형질과의 연관성 구명. *한국동물자원과학회지* 45:679-688.
- (접수: 2013. 4. 1, 수정: 2013. 5. 28, 채택: 2013. 5. 30)