

자가성감별 계통 조성을 위한 국내 토종 닭의 깃털 조만성 양상과 유전자형 빈도

손시환^{1*} · 박단비¹ · 송혜란¹ · 조은정¹ · 강보석² · 서옥석²

¹경남과학기술대학교 동물생명과학과, ²농촌진흥청 국립축산과학원

Genotype Frequencies of the Sex-Linked Feathering and Their Phenotypes in Domestic Chicken Breeds for the Establishment of Auto-Sexing Strains

Sea Hwan Sohn^{1*}, Dhan Bee Park¹, Hae Ran Song¹, Eun Jung Cho¹, Bo-Seok Kang² and Ok-Suk Suh²

¹Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea, ²National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan 330-801, Korea

ABSTRACT

The method of sexing based on differences in the rate of feather growth provides a convenient and inexpensive approach. The locus of feather development gene (*K*) is located on the Z chromosome and can be utilized to produce phenotypes that distinguish between the sexes of chicks at hatching. To establish the auto-sexing native chicken strains, this study analyzed the genotype frequency of the feathering in domestic chicken breeds. The method of classification of slow- and rapid-feathering chickens was also investigated. In the slow-feathering chicks, the coverts were either the same length or longer than the primary wing feathers at hatching. However, the rapid-feathering chicks had the primary wing feathers that were longer than the coverts. The growth pattern of tail feather also distinctively differed between the rapid- and slow-feathering chicks after 5-days. The accuracy of wing feather sexing was about 98% compared with tail sexing. In domestic chicken breeds, Korean Black Cornish, Korean Rhode Island Red, and Korean Native Chicken-Red had both dominant (*K*) and recessive (*k*⁺) feathering genes. The other breeds of chickens, Korean Brown Cornish, Ogol, White Leghorn, Korean Native Chicken-Yellow, -Gray, -White and -Black had only the recessive feathering gene (*k*⁻). Consequently, feather sexing is available using the domestic chicken breeds. Establishing the maternal stock with dominant gene (*K*-) and paternal stock with recessive gene (*k*⁺*k*⁺), the slow-feathering characteristic is passed from mothers to their sons, and the rapid-feathering characteristic is inherited by daughters from their fathers.

(**Key words** : Feather sexing, Sex-linked inheritance, Slow-feathering gene (*K*), Genotype frequency, Korean Native Chicken)

서 론

발생 직후 병아리의 성 감별은 산란계의 경우 필요치 않은 수탉의 조기 도태로 사육 비용을 절감할 수 있고, 육계의 경우 암수 분리 사육을 가능하게 함으로 산업적으로 매우 큰 이점이 있다. 그러나 닭의 해부 생리적 특성상 개체들이 성숙되기 이전에는 외관상으로 성의 식별이 거의 불가능하기 때문에 현재 병아리의 암수 감별은 전문감별사에 의한 생식돌기의 형태적 차이로 성을 식별하거나, 유전학적으로 반성유전 형질을 이용하여 생산되는 병아리의 유전적 특징으로 성을 판별한다. 전통적 병아리 암수 감별법인 향문감별법(vent-sexing)은 암수 병아리간 생식돌기의 모양과 광택의 미세한 차이에 근거하여 육안으로 식별하는 방법이다. 이는 1933년 일본의 Masui와 Hashimoto 교수가 최초로 개발한 병아리의 생식돌기

형태에 의한 암수 감별 방법으로 이듬해 ‘Sexing Baby Chicks’란 내용으로 영역되어 발간됨으로 전 세계에 널리 알려졌다(Martin, 1934). 그러나 향문감별법은 발생 병아리의 생식돌기 모양이 개체 간에 최소 15가지 이상의 형태를 나타내기 때문에 오랜 기간 전문 감별 기술의 훈련과 습득 없이는 암수 구분이 거의 불가능하다.

한편 반성유전형질을 이용한 병아리의 암수 감별은 은색깃털유전자(Henderson, 1959), 황반유전자(Spillman, 1908), 만우성유전자(Serebrovsky, 1922) 등 표현형적 구분이 가능한 반성유전자들을 이용하여 발생된 개체의 외형으로서 성을 구분하는 방법이다. 이들 중 깃털 성장의 조만성을 이용하여 초생추의 날개 깃 및 꼬리 깃의 형태적 차이로 성을 감별하는 방법이 산업적으로 널리 활용되고 있다(Mueller and Moultrie, 1952 Plumart and Mueller, 1954; Siegel et al., 1957; Somes, 1969; Warren, 1976;

* Corresponding author : Sea Hwan Sohn, 150 Chilam-dong, Dept. Animal Science and Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea. Tel: 055-751-3264, Fax: 055-761-8308, E-mail: shsohn@gntech.ac.kr

McGibbon, 1977 SAFRS, 2011). 이러한 깃털감별법(feather-sexing)은 조우성(rapid-feathering)과 만우성(slow-feathering)에 관여하는 유전자(K , k^+)가 Z 염색체에 위치하기 때문에(Bacon et al., 1988; Lakshmanan et al., 1992; Iraqi and Smith, 1995; Bitgood, 1999 Elferink et al., 2008) 반성유전 양식을 이용하여 성을 판별하는 원리이다. 따라서 우성인자인 만우성 암컷($Z^{k^+}W$)과 열성인 조우성 수컷($Z^{k^+}Z^{k^+}$)을 교배시켰을 때 암컷의 형질은 수평아리에 나타나고, 수컷의 형질은 암평아리에만 나타남으로 깃털의 형태로서 암수를 구분할 수 있는 것이다. 깃털감별법이 성의 판별에 용이하게 이용될 수 있는 방법이지만 반드시 대상 품종 내 깃털 발생 조만성 유전자가 우성과 열성이 함께 존재하여야만 적용이 가능한 것이다. 그러나 수 많은 닭의 품종들 중 유전적으로 조우성과 만우성이 함께 있는 품종은 그리 많지 않으며, 조우성과 만우성 깃털의 구분도 모호한 경우가 많다.

현재 국내 양계산업의 경우 실용계를 생산하는 원종계와 종계 대부분을 해외 수입에 의존하고 있는 실정으로 토종 자원을 활용한 생산능력이 우수한 국산 종계 개발이 산업적으로 시급히 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 한국형 종계 개발의 일환으로 자가성감별이 가능한 토종 닭 종계를 개발하고자 국내 보유하고 있는 순계 품종들을 대상으로 품종 별 깃털 발생 조만성의 분포 양상 및 각 집단 내 조만성 유전자의 유전자형 빈도를 살펴보고, 더불어 토종 병아리의 깃털 발생 특징에 따른 조우성과 만우성의 식별 방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

자가성감별 계통조성을 위한 국내 토종 순계(Pure Line)들의 깃털 조만성 유전자 분포 양상과 유전자형 빈도를 살펴보고자 국립축산과학원 보유 9개 품종(또는 계통)과 경남과학기술대학교 보유 2개 품종을 대상으로 수정 후 종란을 수집하고 이들 수집란으로 부터 부화 발생된 병아리의 깃털을 조사 분석하였다. 본 분석에 공시된 품종 별 병아리는 국립축산과학원 보유 한국형 흑색 코니시종 90수, 한국형 갈색 코니시종 92수, 한국형 로드아일랜드레드종 83수, 오픈계 75수, 한국재래닭 적갈색종 95수, 한국재래닭 황갈색종 86수, 한국재래닭 회갈색종 69수, 한국재래닭 백색종 88수, 한국재래닭 흑색종 62수와 1999년 축산시험장 대전지원에서 분양 후 경남과학기술대학교에서 12세대 폐쇄 교잡된 한국재래닭 적갈색종 969수 및 기 대학 보유 단관백색레그혼종 1,043수를 대상으로 하였다.

깃털 조만성 식별은 발생 직후 병아리의 날개 깃털 및 3일령 이후 꼬리 깃의 형태로서 구분하였다. 발생 병아리의 날개 깃털을 이용한 조만성 식별은 정깃 중 주익우(primary)와 부익우(coverts)의 형태 및 길이의 차이로 구분하였고, 꼬리 깃 형태에 의한 조만성 식별은 날개 깃털로 판별된 동일 개체들을 대상으로 발생 후 3일, 5일, 7일 및 10일째 꼬리 깃의 성장 양상으로 구분하였다. 본 시험에 공시된 병아리의 사양은 본 대학교 닭 사육 관리 지침에 따

랐으며, 동물의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회(IACUC)의 규정을 준수하고 승인을 받았다.

결 과

1. 병아리의 깃털 발생 형태에 따른 조만우성 식별 방법

병아리 깃털의 조우성과 만우성은 발생 직후 개체의 주익우와 부익우의 형태로서 또는 5일령 이후 꼬리 깃의 성장 양상으로 식별이 가능하였다. 발생 직후 병아리의 주익우와 부익우의 형태에 따른 깃털의 조만성 양상은 Fig. 1과 같다. 조우성의 경우 주익우가 부익우에 비해 훨씬 빠른 성장을 보여 이들 간의 길이 차이가 뚜렷하나, 만우성의 경우 주익우와 부익우의 발생 양상이 비슷하여 이들 간의 구분이 용이하지 않았다. 한편 꼬리 깃 형태에 따른 조우성과 만우성의 식별은 Fig. 2와 같이 조우성의 경우 발생 후 3~4일째부터 꼬리 깃의 돌출 양상이 나타나나, 만우성의 경우 꼬리 깃의 성장이 거의 없는 상태이었다. 이러한 양상은 5일령 이후부터

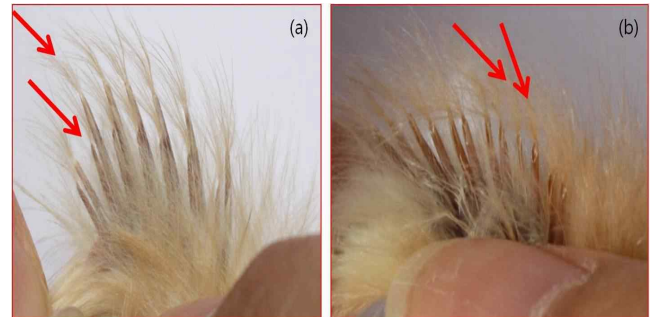


Fig. 1. The wing feathers of rapid-feathering (a) and slow-feathering (b) at day-old Korean Native Chicken-Reds. Rapid-feathering chick showed a distinctive length difference in primaries and coverts, but slow-feathering chick showed no difference.

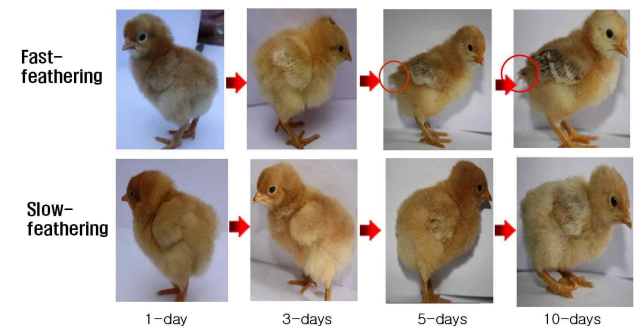


Fig. 2. The growth pattern of tail feather between slow-feathering and rapid-feathering Korean Native Chicken-Reds from day-old to 10-days-old.



Fig. 3. Comparison of rapid-feathering (a) and slow-feathering (b) at 10-days-old Korean Native Chicken-Reds. The shape of tail feather distinctively differs between rapid-feathering and slow-feathering chicks.

뚜렷한 차이를 보였다. 대부분의 병아리에서 10일령쯤 꼬리 깃의 성장 형태가 현저히 다르므로 조우성 병아리와 만우성 병아리가 확연히 구분되었다(Fig. 3).

발생 직후 병아리의 주익우와 부익우 형태에 따른 조만우성의 식별이 10일령 병아리의 꼬리 깃 성장에 따른 식별과 얼마나 일치하는가를 살펴보기 위하여 공시된 9개 품종 전부를 대상으로 동일 개체에 대해 분석하였다(Table 1). 조사 결과 조우성과 만우성의 개체 비율에 대한 꼬리 깃 성장에 따른 분석비 대비 주부익우 형태에 의한 분석비는 품종별로 87%에서 100%의 일치도를 나타내었고, 분석 품종 전체를 대상으로 평균 98.1%의 일치도를 나타내었

다. 흑색 코니시종의 경우 주부익우의 식별비와 꼬리 깃의 식별비 간에 다소 차이를 보이거나 이를 제외한 대부분의 품종에서 식별 방법 간의 차이가 없는 것으로 나타났고, 조우성만 존재하는 품종의 경우 식별 방법 간에 100% 일치하는 것으로 조사되었다. 따라서 부화 직후 병아리 주부익우의 형태적 차이로 조만우성의 식별과 10일령 병아리의 꼬리 깃 성장 형태에 따른 조만우성 식별 간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 품종 별 깃털 발생 조만성 유전자형 빈도 분석

국내 보유 순계 품종들의 깃털 조만성 유전자의 분포 빈도를 살펴보고자 상기 집단이 Hardy-Weinberg 평형상태에 있다는 가정 하에 깃털 조만성을 조사 후 품종 별 조만우성 유전자형 빈도를 Table 2에 제시하였다. Table 2에서 나타난 바와 같이 국립축산과 학원 보유 순계 중 외래 토종계인 흑색 코니시종 및 로드아일랜드 레드종과 한국재래닭 적갈색종 3개 품종에서만 우성과 열성의 조만우성 유전자가 공존하는 것으로 나타났고, 나머지 모든 품종은 열성 유전자만 존재하는 것으로 확인되었다. 한편 경남과학기술대 학교에서 보유하고 있는 한국재래닭 적갈색종과 단관백색레그혼종 중 한국재래닭 적갈색종은 조만우성이 혼재하는 것으로 분석되었고, 단관백색레그혼종은 조우성만 나타났다. 한국재래닭 적갈색종의 경우 두 사육 기관 공히 조우성, 만우성이 함께 나타나 본 품종의

Table 1. The number of chicks in rapid-feathering and slow-feathering in several chicken breeds by evaluation of wing feathers and tail feathers

Farms ¹⁾	Breeds ²⁾	No. of chicks	Evaluation of wing feathers at 1-day (a)		Evaluation of tail feathers at 10-days (b)		Correspondence (a:b) ³⁾
			Rapid-feathering chicks	Slow-feathering chicks	Rapid-feathering chicks	Slow-feathering chicks	
NIAS	Black Cornish	90	56	34	63	21	87.2%
	Red Cornish	92	92	0	92	0	100 %
	Rhode	83	66	17	66	14	97.0%
	Ogol	75	75	0	70	0	100 %
	KNC-Red	95	73	22	72	23	98.9%
	KNC-Yellow	86	86	0	70	0	100 %
	KNC-Gray	69	69	0	69	0	100 %
	KNC-Black	88	88	0	75	0	100 %
	KNC-White	62	62	0	62	0	100 %
	GNTECH	KNC-Red	969	710	259	N/A	N/A
Leghorn		1,043	1,043	0	N/A	N/A	

¹⁾ Farms; NIAS (National Institute of Animal Science), GNTECH (Gyeongnam National University of Science and Technology)

²⁾ Breed; KNC (Korean Native Chicken)

³⁾ Correspondence was calculated by 1-(the difference values between percentages of chicks evaluated by wing feathering and percentage chicks evaluated by tail feathering)

Table 2. Genotype frequencies of feathering gene in chicken breeds

Farms ¹⁾	Breeds ²⁾	No. of chicks	Male ³⁾			Female ³⁾	
			<i>KK</i>	<i>Kk⁺</i>	<i>k⁺k⁺</i>	<i>K-</i>	<i>k⁺-</i>
NIAS	Black Cornish	84	0.018	0.232	0.750	0.250	0.750
	Red Cornish	92	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
	Rhode	80	0.008	0.167	0.825	0.175	0.825
	Ogol	70	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
	KNC-Red	95	0.017	0.225	0.758	0.242	0.758
	KNC-Yellow	86	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
	KNC-Gray	69	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
	KNC-Black	88	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
	KNC-White	62	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
GNTECH	KNC-Red	969	0.021	0.246	0.733	0.267	0.733
	Leghorn	1,043	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000

¹⁾ Farms; NIAS (National Institute of Animal Science), GNTECH (Gyeongnam National University of Science and Technology)

²⁾ Breed; KNC (Korean Native Chicken)

³⁾ It assumed that each population was under Hardy-Weinberg equilibrium.

조만우성 유전자의 유전적 분포 조성이 동일함을 확인하였다. 우성과 열성의 조만우성 유전자가 혼재된 3개 품종 모두에서 열성 유전자형 (k^+ , k^+k^+) 빈도가 우성 유전자형 (K -, KK , Kk^+)에 비해 높게 나타났다. 우성과 열성의 조만우성 유전자가 공존하는 집단 내 품종 별로는 한국재래닭 적갈색종의 우성 유전자형 빈도가 상대적으로 높았고, 로드아일랜드레드종이 가장 낮게 나타났다. 한편, 한국재래닭 적갈색종에 있어 두 집단 간의 조만우성 유전자형 빈도는 거의 비슷한 분포 양상을 보였다.

고찰

닭의 Z 염색체 연관 유전자들로서 황반유전자 (Spillman, 1908; Punnett, 1923; Nickerson, 1944; Bitgood, 1988; Campo, 1991; Kerje et al., 2003; Dorshorst and Ashwell, 2009; Hellstrom et al., 2010), 왜소유전자 (Hutt, 1959; Bernier and Arscott, 1960; Cole and Austic, 1980; Stewart et al., 1984; Burghelle-Mayeur et al., 1989; Tixier-Boichard et al., 1990; Merat et al., 1994; Vasilatos-Younken et al., 1997; Cole, 2000), 색소침착억제유전자 (Bitgood, 1985, 1988; Levin et al., 1993; Zhang et al., 2000; Dorshorst and Ashwell, 2009), 만우성유전자 (Somes, 1969, 1975; Harris et al., 1984; Bacon et al., 1986, 1988; Smith and Nelsen, 1993; Bitgood, 1999; Fotsa et al., 2001; Hamoen et al., 2001; Khosravinia, 2009), 안구돌출유전자 (Bitgood and Whitley, 1986; Bitgood et al., 1996; Bitgood, 1999), 은색유전자 (Carte and Smith, 1969; Gawron and Smyth, 1980; Bitgood et al., 1996; Bitgood, 1999), 백색피부유전자

(McGibbon, 1981; Bitgood, 1985, 1988 Sato et al., 2007) 등 많은 유용 유전자가 있다. 이러한 반성유전형질 중 깃털색 관련 은색유전자 (silver gene)나 황반유전자 (barring gene) 등은 병아리 성 감별에 산업적으로 직접 활용되고 있는 유전자들이다. 국내에서도 은색유전자를 도입한 다산계계통 신품종 육종을 위한 반성유전 계통조성에 관한 연구 및 이들을 이용한 우량교배조합 시험을 수행한 바 있으나 실용화에는 미치지 못하였다 (Ohh et al., 1992, 1993). 이와 더불어 깃털의 조만성 유전자를 표적으로 하여 병아리의 성 감별을 위한 종계 계통조성은 현재 다국적 육종회사에서 가장 많이 이용되는 성 감별 육종 체계이다 (SAFRS, 2011).

병아리의 깃털 조만성 식별 방법은 갓 부화된 병아리 날개 깃의 주부익우 형태로서 구분이 가능하고, 또한 일정 기간 성장 후 꼬리 깃의 형태로서 이의 식별이 가능하다. 본 시험 결과 꼬리 깃의 형태로서 조만성의 식별은 발생 후 5일째부터 꼬리 깃의 돌출 양상이 조우성과 만우성 개체 간에 달리 나타나고, 7일령 이후에는 누구도 쉽게 인지할 수 있는 뚜렷한 차이를 보였다. 부화 직후 날개의 주부익우 형태에 따른 조만성의 여부와 이후 꼬리 깃 성장 형태에 의한 조만성 구분 간의 판정 일치도는 평균 98% 정도로서 발생시 주부익우의 형태적 차이로 거의 모든 개체에서 조만우성의 식별이 가능한 것으로 사료된다. 깃털 발생과 관련된 유전 양식에 대해 Serebrovsky (1922)가 최초로 만우성이 조우성에 대해 우성으로 반성 유전 양식임을 발견한 이래 이의 유전자 형을 K 로 명명하였으며, 표현형적으로 만우성 개체와 조우성 개체간에 깃털 발생 속도의 차이가 뚜렷이 나타남을 확인하였다 (Warren, 1925; Hertwig and Rittershaus, 1929). 한편 Mueller and Moultrie (1952)는 New Hampshire종, White Plymouth Rock종,

Australorp종 및 교잡종을 대상으로 조만우성의 구분을 위하여 깃털 발생의 형태적 차이를 분석한 바 6~12주령 때 이들 간 환우 양상이 현저하게 달리 나타나고, 특히 10주령 때 날개의 2번 2차 깃의 환우 유무와 꼬리 깃의 성숙 깃털 유무가 조만성을 구분할 수 있는 표지라 하였다. 브로일러의 경우에도 6~12주령 때 등깃의 성장 양상이 조우성 개체들이 만우성 개체들에 비해 현저히 빠르다고 하였다(Plumart and Mueller, 1954). 또한 Siegel et al. (1957)은 만우성 개체에 있어서 동형접합체(KK)를 지닌 개체와 이형접합체(KK⁺)를 가진 개체간에 깃털 성장 양상에 다소의 차이가 있음을 밝히고, 이들의 유전 형태가 불완전우성 유전양식으로 유전자용량 효과(dosage effect)를 나타낸다고 주장하였다. 이러한 표현형적 양상은 Somes (1969)와 McGibbon (1977)이 깃털 조만성에 있어 극도의 만우성 유전자(K^m)가 존재한다고 발표하여 이전의 불완전우성유전양식의 주장을 뒷받침하였다. 그럼에도 불구하고 만우성 개체들의 깃털 발생이 조우성 개체에 비해 확연히 성장이 지체되는 양상임으로 조만성의 구분이 뚜렷하다. 따라서 깃털 감별법은 조만우성 계통만 조성된다면 생산되는 병아리에 대해 감별에 따르는 별도의 부대 비용 없이 누구나 쉽게 깃털 형태로서 암수 감별이 가능한 실용적 기술이라 하겠다.

이러한 기술을 바탕으로 국내 토종 닭 품종들에 대한 깃털 발생 조만성 분포 양상 및 유전자형 빈도를 조사하여 국산 자가성감별 계통 계통조성의 가능성을 살펴보았다. 분석 결과 국내 보유 순계들 중 흑색 코니시종, 로드아일랜드레드종 및 한국재래닭 적갈색종에서 조만우성 개체가 혼재함으로 우성과 열성의 조만우성 유전자가 공존하는 품종임을 확인하였다. 더불어 한국재래닭 적갈색종의 경우 조사된 두 집단간에 유사한 유전자형 분포 빈도가 나타남으로 본 품종의 조만우성 유전자의 유전적 조성이 거의 고정된 것으로 생각된다. 이러한 결과는 국내 토종 품종을 활용하여 생산능력이 우수하고 병아리의 자가성감별이 가능한 국산 종계 계통이 조성될 수 있음을 시사한다. 닭의 깃털 조만성에 대한 연구는 1950년대 이후 꾸준히 이루어지고 있으며, 다양한 연구들이 소개되고 있다. 특히 깃털의 조만성과 생산능력간의 관계를 구명하고자 하는 여러 연구들이 수행되었고, 조만성 형질이 많은 경제형질들과 관련이 있는 것으로 밝혀졌다. 대부분의 연구에서 조우성 개체들이 만우성 개체에 비해 빠른 성장과 높은 체중을 보인다고 하였으나(Hurry and Nordskog, 1953; Plumart and Mueller, 1954; Saeki and Katsuragi, 1961; Goodman and Muir, 1965; Somes, 1970; Dunnington and Siegel, 1986), 일부 연구자들은 성장율과 이들 형질간에 관련이 없다고도 하였다(Hays, 1951; Godfrey and Farnsworth, 1952; Lowe et al., 1965). 또한 조우성 개체들의 산란능력이 만우성 개체에 비해 우수하고(Martin, 1929; Somes, 1970; Harris et al., 1984), 난중도 높고, 초산일령도 빠름을 보고 하였다(Lowe et al., 1965). 반면 계란 내 난황 콜레스테롤이나 리보플라빈, 비타민 B₁₂와 같은 내부 난질과 조만성 간에는 거의 관련이 없다고 하였다(Collins et al., 1968, 1970). 생존율과 깃털 조만성 간에는 밀접한 관련이 있음을 보고하고 있는데 만우성 유전

자가 ev21 유전자와 매우 가깝게 연관되어 있어 lymphoid leucosis virus에 대한 감염율을 증가시키고 따라서 폐사율을 증가시키는 것으로 밝혀졌다(Harris et al., 1984; Bacon et al., 1988; Smith and Fadly, 1988, 1994; Iraqi and Smith, 1995). 이와 더불어 조만성 유전자 좌위에 대한 연구도 활발히 진행되어 조우성 유전자와 만우성 유전자의 분자유전학적 식별 방법을 개발하고(Smith and Levin, 1991; Tixier-Boichard et al., 1994 Iraqi and Smith, 1995), 나아가 만우성 개체의 homozygous와 heterozygous의 구분도 가능함을 제시하였다(Elferink et al., 2008).

지금까지의 다양한 연구 결과 및 본 실험 결과를 토대로 국내 보유한 토종 계통들로 자가성감별이 가능하고 생산능력이 우수한 국산 종계의 개발이 가능할 것으로 사료된다. 조우성 개체들이 만우성 개체에 비해 여러 생산형질에서 우수한 것으로 나타남에 따라 산란계의 경우 국내 보유한 만우성 3개의 품종을 대상으로 모계 계통을 조성하고, 토종 계통 전 품종을 대상으로 조우성 부계 계통을 조성한다면 생산되는 병아리의 암컷은 모두 조우성(Z⁺W)이 될 것이고, 수컷은 모두 만우성(Z⁺Z⁺)이 되어 깃털의 형태로서 쉽게 암수 구분이 가능할 뿐만 아니라 생산된 암컷은 모두 조우성임에 따라 생산 능력도 양호할 것으로 사료된다. 그러나 국산 종계를 이용한 육용계의 계통 조성은 생산능력이 우수한 토종 계종을 대상으로 부모계통 모두 조우성으로 조성하는 것이 보다 바람직한 육종 체계라 사료된다.

요 약

초생추의 성 감별은 양계산업에서 대단히 중요하다. 현재 대표적 인 병아리의 암수 감별 방법은 우모 발생속도에 관여하는 반성유전자를 이용하여 깃털의 형태적 차이로 성을 식별하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 자가성감별 토종 닭 종계 개발을 위하여 국내 보유하고 있는 토종 순계를 대상으로 깃털 조만성의 분포 양상 및 이의 유전자형 빈도를 분석하고 더불어 병아리의 깃털 발생 양상에 따른 조우성과 만우성의 식별 방법을 제시하고자 하였다. 발생 직후 병아리의 주부익우 형태에 따른 조만우성의 식별은 조우성의 경우 주익우가 부익우보다 현저히 길어 형태적 차이가 뚜렷하나, 만우성은 주부익우 간의 차이가 없었다. 또한 꼬리 깃 형태에 따른 조만성의 식별은 5일령 이후 조우성의 경우 꼬리 깃의 성장이 현저하게 나타나는 반면 만우성의 경우 이러한 성장이 보이지 않았다. 두 방법 공히 깃털 형태에 따른 조만우성의 구분이 가능하였고, 주부익우 형태와 꼬리 깃 성장에 의한 식별 간의 판정 일치도는 98% 정도로서 발생 직후 주부익우의 형태적 차이로 거의 모든 개체에서 조만우성의 식별이 가능한 것으로 사료된다. 공시된 품종들의 조만우성 분포 양상 및 유전자형 빈도는 토종 외래계인 흑색 코니시종, 로드아일랜드레드종 및 한국재래닭 적갈색종에서만 조우성과 만우성 개체가 혼재하여 분포하는 것으로 나타났고, 이들 모두 열성 조만성 유전자 빈도가 훨씬 높은 것으로 분석되었다. 반면 국

내 토종 순계로서 갈색 코니시종, 오골계, 한국재래닭 황갈색종, 회갈색종, 백색종, 흑색종 및 백색레그혼종들은 모두 조우성만 존재하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 국내 토종 품종을 이용하여 병아리의 깃털 성 감별이 가능함을 시사하는 것으로 만우성 모 계통과 조우성 부 계통을 조성한다면 생산되는 병아리의 깃털 형태로써 쉽게 암수 구분이 가능할 것으로 사료된다.

(주제어: 깃털감별법, 반성유전, 만우성유전자, 유전자형 빈도, 한국재래닭)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ907057) 및 바이오그린21 사업 (과제 번호: PJ0079812011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- Bacon, L. D., Fadly, A. M. and Crittenden, L. B. 1986. Absence of influence on immune competence by the sex-linked gene (K) determining slow feathering in white leghorn chickens. *Avian Dis.* 30(4):751-760.
- Bacon, L. D., Smith, E., Crittenden, L. B. and Havenstein, G. B. 1988. Association of the slow feathering (K) and an endogenous viral (ev21) gene on the Z chromosome of chickens. *Poult. Sci.* 67(2):191-197.
- Bernier, P. E. and Arcscott, G. H. 1960. Relative efficiency of sex linked dwarf layers and their normal sisters. *Poult. Sci.* 39:1234-1235.
- Bitgood, J. J. 1985. Additional linkage relationships within the Z chromosome of the chicken. *Poult. Sci.* 64(12):2234-2238.
- Bitgood, J. J. 1988. Linear relationship of the loci for barring, dermal melanin inhibitor, and recessive white skin on the chicken Z chromosome. *Poult. Sci.* 67(4):530-533.
- Bitgood, J. J. 1999. Linkage relationships of the Z-linked silver, slow feathering, and pop-eye loci. *Poult. Sci.* 78(8):1100-1101.
- Bitgood, J. J. and Whitley, R. D. 1986. Pop-eye: an inherited Z-linked keratoglobus in the chicken. *J. Hered.* 77(2):123-125.
- Bitgood, J. J., Rozum, J. J. and Rozum, J. J. 1996. Close linkage relationship of the Z-linked pop-eye and silver plumage color loci in the chicken. *Poult. Sci.* 75(9):1067-1068.
- Burghelle-Mayeur, C., Demarne, Y. and Mérat, P. 1989. Influence of the sex-linked dwarfing gene (dw) on the lipid composition of plasma, egg yolk and abdominal fat pad in White Leghorn laying hens: effect of dietary fat. *J. Nutr.* 119(10):1361-1368.
- Campo, J. L. 1991. Use of the sex-linked barring (B) gene for chick sexing on an eumelanotic columbian background. *Poult. Sci.* 70(7):1469-1473.
- Carte, I. F. and Smith, J. H. 1969. Degree of linkage between the silver plumage (S) and slow juvenile feathering (K) loci. *Poult. Sci.* 48(1):343-344.
- Cole, R. K. 2000. An autosomal dwarfism in the domestic fowl. *Poult. Sci.* 79:1507-1516.
- Cole, R. K. and Austic, R. E. 1980. Hereditary uricemia and articular gout in chickens. *Poult. Sci.* 59:951-960.
- Collins, W. M., Kahn A. C. III, Teeri, A. E., Zervas N. P. and Costantino, R. F. 1968. The effect of sex-linked barring and rate of feathering genes, and of stock, upon egg yolk cholesterol. *Poult. Sci.* 47:1518-1526.
- Collins, W. M., Teeri, A. E., Kahn, A. C. III, Zervas, N. P. and Costantino, R. F. 1970. The influence of sex-linked barring and rate of feathering genes, and of stock, upon egg riboflavin and vitamin B12. *Poult. Sci.* 49(2):432-439.
- Dorshorst, B. J. and Ashwell, C. M. 2009. Genetic mapping of the sex-linked barring gene in the chicken. *Poult. Sci.* 88(9):1811-1817.
- Dunnington, E. A. and Siegel, P. B. 1986. Sex-linked feathering-galleles (K , k^+) in chickens of diverse genetic backgrounds. 1. Body temperatures and body weights. *Poult. Sci.* 65:209-214.
- Elferink, M. G., Vallée, A. A. A., Jungerius, A. P., Crooijmans, R. P. M. A. and Groenen, M. A. M. 2008. Partial duplication of the PRLR and SPEF2 genes at the late feathering locus in chicken. *BMC Genomics* 9:391.
- Fotsa, J. C., Mérat, P. and Bordas, A. 2001. Effect of the slow (K) or rapid (k^+) feathering gene on body and feather growth and fatness according to ambient temperature in a Leghorn \times brown egg type cross. *Genet. Sel. Evol.* 33(6):659-670.
- Gawron, M. F. and Smyth, J. R. Jr. 1980. The use of blue-splashed white down in color sexing crosses. *Poult. Sci.* 59(11):2369-2372.
- Godfrey, G. F. and Farnsworth, G. M. Jr. 1952. Relation of the sex-linked rapid feathering gene to chick growth and mortality. *Poult. Sci.* 31:65-68.
- Goodman, B. L. and Muir, F. V. 1965. The influence of comb and feathering phenotypes on body weight and dressing percentage in broilers. *Poult. Sci.* 44:644-648.
- Hamoen, F. F., Van Kaam, J. B., Groenen, M. A., Vereijken, A. L. and Bovenhuis, H. 2001. Detection of genes on the Z-chromosome affecting growth and feathering in broilers. *Poult. Sci.* 80(5):527-534.
- Harris, D. L., Garwood, V. A., Lowe, P. C., Hester, P. Y., Crittenden, L. B. and Fadly, A. M. 1984. Influence of sex-linked feathering phenotypes of parents and progeny upon lymphoid

- leukosis virus infection status and egg production. *Poult. Sci.* 63(3):401-413.
- Hays, F. A. 1951. Rate of chick feathering and growing chick weight in Rhode Island Reds. *Poult. Sci.* 30:866-869.
- Hellström, A. R., Sundström, E., Gunnarsson, U., Bed'Hom, B., Tixier-Boichard, M., Honaker, C. F., Sahlqvist, A. S., Jensen, P., Kämpe, O., Siegel, P. B., Kerje, S. and Andersson, L. 2010. Sex-linked barring in chickens is controlled by the CDKN2A /B tumour suppressor locus. *Pigment Cell Melanoma Res.* 23(4): 521-530.
- Henderson, E. W. 1959. Sex identification by down color of silver laced and "Red Laced Silver" chicks. *Poult. Sci.* 38:599-602.
- Hertwig, P. and Rittershaus, T. 1929. Die Erbfaktoren der Haushühner. *Zeitschr für ind. Abstammungs und Vererbungslehre* 51:354-372.
- Hurry, H. F. and Nordskog, A. W. 1953. A genetic analysis of chick feathering and its influence on growth rate. *Poult. Sci.* 32: 18-25.
- Hutt, F. B. 1959. Sex-linked dwarfism in the fowl. *J. Hered.* 50: 209-221.
- Iraqi, F. D. R. and Smith, E. J. 1995. A restriction enzyme map of the sex-linked late-feathering locus of chickens. *Poult. Sci.* 74:1515-1519.
- Kerje, S., Lind, J., Schutz, K., Jensen, P. and Andersson, L. 2003. Melanocortin 1-receptor (MC1R) mutations are associated with plumage colour in chicken. *Anim. Genet.* 34:241-248.
- Khosravinia, H. 2009. Effect of the slow (*K*) or rapid (*k*⁺) feathering gene on carcass related traits of broiler chickens selected for breast and thighs weight. *Genetika* 45(1):112-118.
- Lakshmanan, N., Ponce de Leon F. A., Smyth J. R. and Smith E. J. 1992. Chromosomal assignment of the evil locus in chickens using fluorescent *in situ* suppression hybridization (FISH). Page 10 in: 10th European Colloquium on cytogenetics of Domestic Animals. A. A. Bosma, ed. University Press, Utrecht, The Netherlands.
- Levin, I., Crittenden, L. B. and Dodgson, J. B. 1993. Genetic map of the chicken Z chromosome using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Genomics* 16(1):224-230.
- Lowe, P. C., Wilson, S. P. and Harrington R. B. 1965. Association of some qualitative and quantitative traits in chickens. *Poult. Sci.* 44:106-112.
- Martin, J. H. 1929. Rate of feather growth in Barred Plymouth Rock chicks. *Poult. Sci.* 8:167-183.
- Martin, J. H. 1934. Review the 'Sexing baby chicks by Masui and Hashimoto, 1933'. *Poult. Sci.* 13(3):190.
- McGibbon, W. H. 1977. A sex-linked mutation affecting rate of feathering in chickens *Poult. Sci.* 56:872-875.
- McGibbon, W. H. 1981. White skin: a Z-linked recessive mutation in the fowl. *J. Hered.* 72(2):139-140.
- Merat, P., Minvielle, F., Bordas, A. and Coquerelle, G. 1994. Heterosis in normal versus dwarf laying hens. *Poult. Sci.* 73(1): 1-6.
- Mueller, C. D. and Moultrie, F. 1952. Classification of sex-linked early and late feathering in 10-week-old chickens. *Poult. Sci.* 31: 171-172.
- Nickerson, M. 1944. An experimental analysis of barred pattern formation in feathers. *J. Exp. Zool.* 95:361-394.
- Ohh, B. K., Sohn, S. H. and Cho, Y. Y. 1992. Breeding of new synthetic egg production line in domestic chicken by introducing sex linked gene. I. Production of the autosexing breed. *K. J. Poul. Sci.* 19:113-123.
- Ohh, B. K., Sohn, S. H. and Cho, Y. Y. 1993. Breeding of new synthetic egg production line in domestic chicken by introducing sex linked gene. II. Selection of superior lines from cross breeding. *K. J. Poul. Sci.* 20:1-9.
- Plumart, P. E. and Mueller, C. D. 1954. Effect of sex-linked early feathering on plumage from 6 to 12 weeks of age. *Poult. Sci.* 33:715-721.
- Punnett, R. C. 1923. *Heredity in poultry.* Macmillan and Co. Ltd., London, UK.
- Saeki, Y. and Katsuragi, T. 1961. Effect of early and late feathering gene on growth on New Hampshire, Leghorns and their crossbreds. *Poult. Sci.* 40:1612-1616.
- SAFRS. 2011. Chicken sexing, primary industries and fisheries, Queensland government, Web http://www.dpi.qld.gov.au/27_2712.htm.
- Sato, S., Otake, T., Suzuki, C., Saburi, J. and Kobayashi, E. 2007. Mapping of the recessive white locus and analysis of the tyrosinase gene in chickens. *Poult. Sci.* 86(10):2126-2133.
- Serebrovsky, A. S. 1922. Crossing-over involving three sex-linked genes in chickens. *Amer. Nat.* 56:571-572.
- Siegel, P. B., Mueller, C. D. and Craig, J. V. 1957. Some phenotypic differences among homozygous, heterozygous, and hemizygous late feathering chicks. *Poult. Sci.* 36:232-239.
- Smith, E. J. and Fadly, A. M. 1988. Influence of congenital transmission of endogenous virus 21 on the immune response to avian leucosis virus infection and the incidence of tumors in chickens. *Poult. Sci.* 67:1674-1679.
- Smith, E. J. and Fadly, A. M. 1994. Male-mediated venereal transmission of endogenous avian leucosis virus. *Poult. Sci.* 73(4):488-494.
- Smith, E. J. and Levin, I. 1991. Application of a locus-specific DNA hybridization probe in the analysis of the slow-feathering endogenous virus complex of chickens. *Poult. Sci.* 70(9):

- 1957-1964.
- Smith, E. J. and Nelsen, T. C. 1993. Effect of tumor virus susceptibility alleles on the late-feathering gene K on early growth of White Leghorns. *Poult. Sci.* 72(8):1400-1404.
- Somes, R. G. 1969. Delayed feathering, a third allele at the K locus of the domestic fowl. *J. Hered.* 60(5):281-286.
- Somes, R. G. 1970. The influence of the rate of feathering allele Kn on various quantitative traits in chickens. *Poult. Sci.* 49:1251-1256.
- Somes, R. G. Jr. 1975. Pleiotropic effects of the sex-linked delayed feathering gene, K-n, in the chicken. *Poult. Sci.* 54(1):208-216.
- Spillman, W. J. 1908. Spurious allelomorphism: Results of some recent investigations. *Am. Nat.* 42:610-615.
- Stewart, P. A., Washburn, K. W. and Marks, H. L. 1984. Effect of the dwgene on growth, plasma hormone concentrations and hepatic enzyme activity in a randombred population of chickens. *Growth* 48(1):59-73.
- Tixier-Boichard, M. H., Benkel, B. F., Chambers, J. R. and Gavora, J. S. 1994. Screening chickens for endogenous virus ev21 viral element by the polymerase chain reaction. *Poult. Sci.* 73(10): 1612-1616.
- Tixier-Boichard, M., Decuypere, E., Huybrechts, L., Kühn, E. and Mérat, P. 1990. Effects of dietary T3 on growth parameters and hormone levels in normal and sex-linked dwarf chickens. *Domest. Anim. Endocrinol.* 7(4):573-585.
- Vasilatos-Younken, R., Dunnington, E. A., Siegel, P. B. and McMurtry, J. P. 1997. Tissue-specific alterations in insulin-like growth factor-I concentrations in response to 3,3',5-triiodo-L-thyronine supplementation in the growth hormone receptor-deficient sex-linked dwarf chicken. *Gen. Comp. Endocrinol.* 105 (1):31-39.
- Warren, D. C. 1925. Inheritance of rate of feathering in poultry. *J. Hered.* 16:13-18.
- Warren, D. C. 1976. Feather-sexing chicks. *Poult. Tribune* 82(2): 32-34.
- Zhang, X. Y., Huang, F. M., Zhao, D. W. and Bu, Z. 2000. Observation on sex-linkage inheritance of skin color in some local breeds of chicken. *Yi Chuan Xue Bao* 27(10):866-869.

(Received May 25, 2012; Revised Aug. 21, 2012; Accepted Aug. 22, 2012)