

# 基于 F-2 群体的藏鸡羽色、胫色性状的遗传分析

王存芳<sup>1,2</sup>, 李 宁<sup>3</sup>, 吴常信<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学动物科技学院, 北京 100094; 2. 山东轻工业学院食品与生物工程技术学院, 济南 250100; 3. 中国农业大学农业生物技术国家重点实验室, 北京 100094)

**摘要:**采用白来航、寿光鸡分别与藏鸡进行正反交交配, F<sub>1</sub> 代进行自群交配产生 F<sub>2</sub> 群体, 观察 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 代中羽色、胫色的表现和分离比例。结果表明, 白来航鸡的白羽和寿光鸡的黑羽对藏鸡麻羽的遗传方式是完全显性遗传; 麻羽是由两个或两个以上的等位基因决定的, 只有同时存在这两个或两个以上的等位基因, 才可能表现出麻羽来; 决定胫色性状的 *Id/id* 基因为伴性遗传, 隐性基因 *id* 在纯合子时有个逐步表达的过程; 证实了所用白来航公鸡胫色性状的基因型为显性纯合子。

**关键词:**藏鸡 × 白来航; 藏鸡 × 寿光鸡; 资源家系; 羽色; 胫色

中图分类号: Q953

文献标识码: A

文章编号: 0253-9772(2006)07-0810-05

## Genetic Analysis of Feather Color and Shank Color Traits Based on F-2 Resource Population in Tibetan Chicken

WANG Cun-Fang<sup>1,2</sup>, LI Ning<sup>3</sup>, WU Chang-Xin<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Food and Biologic Engineering, Shandong Institute of Light Industry, Jin'an 250100, China;

3. State Key Laboratories for Agro Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Tibetan chickens were crossed reciprocally with White Leghorn and Shou-Guang chicken respectively, and inter se matings in F<sub>1</sub> were carried out to generate the F<sub>2</sub> population. Feather color and shank color appearance and segregation ratio in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> were observed. Results indicate that white feather of White Leghorn chicken and black feather of Shouguang chicken exhibit complete dominant heredity to hemp feather of Tibetan chicken. Hemp feather is determined by two or more alleles. Only when these two or more alleles are concurrently present, will hemp feather then be displayed. The *Id/id* allele that determines shank color demonstrates sex-linked inheritance, and the recessive *id* is expressed gradually in the homozygotes. We confirm that genotype of shank color in White Leghorn rooster used in this study is the dominant homozygote.

**Key words:** Tibetan chicken × White Leghorn chicken; Tibetan chicken × Shouguang chicken; resource population; feather color; shank color

藏鸡作为一种适应高寒、低压、缺氧环境的优良地方鸡种丰富了我国的禽种资源基因库, 是雪域高原上开发名、特、优、新绿色食品的潜在素材和优势资源, 其胫、喙多呈黑色、深青色, 羽毛为野生羽色,

公鸡羽毛颜色鲜艳, 带金属光泽, 母鸡羽色复杂, 主要有黑麻、黄麻、褐麻等色。鸡的羽色及胫色虽不是与优质直接相关的经济性状, 但羽毛颜色可以作为一个品种的标志, 研究者一般把羽毛看作质量性状,

收稿日期: 2005-12-29; 修回日期: 2006-02-26

基金项目: 教育部科学技术重大项目(编号: 10404)资助 [Supported by Science Technology Key Project of Ministry of Education (No. 10404)]

作者简介: 王存芳(1977—), 女, 山东莘县人, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术。E-mail: cunfangwang@163.com

通讯作者: 吴常信(1935—), 男, 教授, 中国科学院院士, 研究方向: 动物分子数量遗传学和动物遗传资源。Tel: 010-62733683

但羽色的遗传却极为复杂。目前,对羽色、胫色的研究大多集中在黑色、白色、红色、黄色等较单一的羽色<sup>[1,2]</sup>,而对野生羽色的研究还非常少,仅有对固始鸡<sup>[3]</sup>麻羽的研究,有关藏鸡羽色、胫色性状的遗传规律、基因型、表现型及其应用结合起来的研究尚属空白。本实验旨在通过对藏鸡及其资源家系的胫色、羽色及羽毛生长情况的观测,找出其变化规律,以期为藏鸡的育种、保存和利用提供科学的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验群体

本实验选用藏鸡(Tibetan chicken, T)、白来航(White Leghorn chicken, W)、寿光鸡(Shouguang chicken, S)3个品种为亲本,所用实验鸡群避开近交

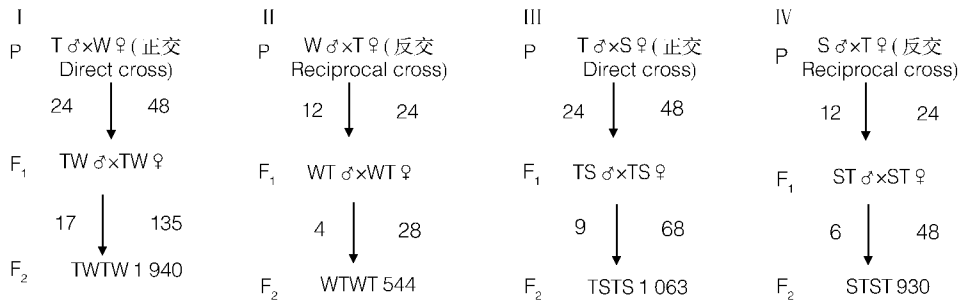


图1 资源群体继代示意图

Fig.1 Diagram of resource population generations

### 1.3 性状测定方法

资源群体的构建于2003年5月~2005年1月在中国农业大学实验鸡场实施,同批次出雏的实验鸡在同一鸡舍内同栏网上平养,自由采食、饮水,人工补充光照。按蛋鸡常规方法进行饲养管理及免疫。从出雏至18周龄每两周一次逐只测定实验鸡的外貌性状和生长发育情况,测定分析指标包括羽色、胫色、冠色、冠型等。测定数据录入Excel表格中,用SAS软件8.02整理数据并做基本统计分析。

性状的分析采用卡方适合性检验和 $t$ 检验两种方法,用来检验性状的观察值次数与该性状的理论比率是否相符合。卡方适合性检验的无效假设:

$H_0$ :实际次数和理论次数的偏差等于零, $H_1$ :实际次数和理论次数的偏差不等于零。如果 $P > 0.05$ ,差异不显著,即理论值与实际值相符合;若 $0.01 < P < 0.05$ ,差异显著, $P < 0.01$ 差异极显著,说明理论值与实际值不符合。

系。其中,藏鸡24♂24♀,白来航鸡12♂48♀,寿光鸡12♂48♀,均饲养在中国农业大学实验鸡场。

### 1.2 杂交方法

配种时采用远交群体F-2设计,具体实施方法是同雌异雄轮换配种。F<sub>0</sub>代白来航、寿光鸡分别与藏鸡按照公母比例1:2进行正反交交配,产生两类4组F<sub>1</sub>代群体,每组F<sub>1</sub>代群体内避半同胞交配产生F<sub>2</sub>代,即为最终的分离群体,F<sub>1</sub>代交配的公母比为1:8。群体及大小如图1所示,第一、第二组以藏鸡、白来航鸡为亲本,藏鸡♂×白来航鸡♀定为正交组,白来航♀×藏鸡♂则为反交组,主要用于产蛋性状分离的研究;第三、第四组以藏鸡、寿光鸡为亲本,藏鸡♂×寿光鸡♀定为正交组,寿光鸡♂×藏鸡♀为反交组,主要用于肉用性状分离的研究。

## 2 结果与分析

### 2.1 羽色性状分离的分析

对亲本代藏鸡羽色的观察从0周一直持续到18周。雏鸡麻黑色、条斑色较多,随着周龄的增加,藏鸡雏鸡的羽色由色深向色浅变化,母鸡在10周龄时基本趋于稳定,公鸡羽毛在10周龄时出现大量的金属光泽,羽色表现特征明显,鲜艳亮丽。之后,羽色趋于稳定,只是羽毛颜色越发光彩亮丽。18周龄时藏鸡公鸡多表现为黑红色、红棕黄羽,母鸡多表现为黑麻、褐麻或黄麻。

资源家系的亲本代中白来航为白羽,寿光鸡为黑羽,杂交结果表明,藏鸡和白来航鸡的F<sub>1</sub>代表现为白色,藏鸡和寿光鸡的F<sub>1</sub>代表现为黑色。F<sub>2</sub>代群体中羽毛颜色出现了较大的分离,藏鸡和白来航鸡杂交F<sub>2</sub>代的羽色分离比为:白羽:麻羽=3:1,与理论比值的差异不显著;藏鸡和寿光鸡杂交F<sub>2</sub>代羽色分

离的观察比值大于 3 : 1, 卡方检验与  $t$  检验结果均表明观察值与理论比值的差异极显著(表 1)。

表 1 杂交  $F_2$  代羽色分离比的卡方检验和  $t$  检验

Table 1 Chi-Square test and  $t$ -test of segregation ratio of feather color in  $F_2$

组合 Name of groups	白羽或黑羽个体数(只) Number of white or black feather	麻羽个体数(只) Number of hemp feather	实际比值 Real ratio	理论比值 Theoretical ratio	卡方检验 Chi-square test( $P$ )	$t$ 检验 $t$ -test ( $P$ )
TWTW	1 185	407	2.91 : 1	3 : 1	0.7136	0.6053
WTWT	180	55	3.27 : 1	3 : 1	0.6863	0.5648
TSTS	433	86	5.03 : 1	3 : 1	0.0008	<0.0001
STST	163	33	4.94 : 1	3 : 1	0.0469	<0.0026

注: TWTW 和 WTWT 组为白羽, TSTS 和 STST 组为黑羽。

Note: TWTW and WTWT groups have white feather, TSTS and STST groups have black feather.

## 2.2 胫色性状分离的分析

亲本代藏鸡胫色的变化情况列于表 2。由表可知, 藏鸡雏鸡青色胫和黄色胫所占比例较大, 少数个体为黑色和浅青色胫。随着周龄的增加, 黑色和深青色胫所占比例越来越多, 青色、黄色和浅青色胫所占比例愈来愈少, 尤其是深青色和浅青色胫表现非常明显, 也就是说, 藏鸡胫色变化是一个由浅到深的过程, 即青白色和黄色比例逐渐减小, 黑色和深色比例逐渐增加, 到 10~12 周龄基本稳定。成年藏鸡胫色

大多为黑色, 其次为深青和青色。

藏鸡和寿光鸡的杂交  $F_1$  代胫色表现较为一致, 均为黑色; 杂交  $F_2$  代均表现为深色胫, 黑色居多, 少数为青色。藏鸡和白来航鸡的  $F_1$  代胫色表现稍有复杂, 检验结果表明, 藏鸡和白来航鸡的杂交  $F_1$  代的胫色分离比的观察值与理论值没有显著性差异(表 3)。  $F_2$  代群体中胫色性状分离比的观察值与理论值间也无显著性差异(表 4)。由此推断, 藏鸡和白来航鸡杂交群体的胫色性状的分离遵循遗传规律。

表 2 资源群体 P 代藏鸡的胫色变化情况

Table 2 Changes in shank color in Tibetan chicken of resource population

周龄 Age of weeks	只数 Number	黑色 Black		深青色 Dark cyan		黄色 Yellow		青色 Cyan		浅青 Tint cyan	
		只数	比例	只数	比例	只数	比例	只数	比例	只数	比例
		Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent	Number	Percent
0	99	11	11.1%	0	0	33	33.3%	42	42.4%	13	13.1%
2	98	29	29.5%	0	0	29	29.5%	28	28.6%	12	12.2%
4	93	28	30.1%	14	15.1%	24	25.8%	25	26.9%	2	2.2%
6	88	31	35.2%	23	26.1%	14	15.9%	20	22.7%	0	0
8	94	36	38.3%	28	29.8%	10	10.6%	20	21.3%	0	0
10	91	34	37.4%	27	29.7%	12	13.2%	18	19.8%	0	0
12	85	35	41.2%	25	29.5%	10	11.8%	15	17.6%	0	0

表 3 杂交  $F_1$  代胫色分离比的卡方检验和  $t$  检验

Table 3 Chi-Square and test  $t$ -test of segregation ratio of shank color in  $F_1$

组合 Name of groups	深色胫 Hyperchromic shank		浅色胫 Tint shank		实际比值 Real ratio	理论比值 Theoretical ratio	卡方检验 Chi-square test( $P$ )	$t$ 检验 $t$ -test ( $P$ )
	Male ♂	Female ♀	Male ♂	Female ♀	深色 : 浅色 Hyperchromic : tint	深色 : 浅色 Hyperchromic : tint		
	TW	5	122	156	7	0.78 : 1	1 : 1	0.1384
WT	1	0	42	35	0.01 : 1	0 : 1	0.3158	0.3204

注: 深色胫代表胫色为黑色、深青色; 浅色胫代表胫色表现为白色、黄白色、黄色。以下同。

Note: Hyperchromic shank denotes that shank color is black, dark cyan. Tint shank denotes that shank color is white, yellow and white-yellow.

表 4 杂交 F<sub>2</sub> 代胫色分离比的卡方检验和 t 检验Table 4 Chi-Square test and t-test of segregation ratio of shank color in F<sub>2</sub>

组合 Name of groups	深色胫 Hyperchromic shank		浅色胫 Tint shank		实际比值 Real ratio			理论比值 Theoretical ratio			卡方检验 Chi-square test (P)	t 检验 t-test (P)
	公 Male ♂	母 Female ♀	公 Male ♂	母 Female ♀	深色♂ : 深色♀ : 浅色♂ :			深色♂ : 深色♀ : 浅色♂ :				
					浅色♀ (Hyperchromic ♂ :			浅色♀ (Hyperchromic ♂ :				
					hyperchromic♀ : tint ♂ : tint ♀)			hyperchromic♀ : tint ♂ : tint ♀)				
TWTW	175	202	262	295	0.86 : 1 : 1.29 : 1.46			1 : 1 : 1 : 1			0.9959	0.8959
WTWT	5	28	56	37	0.08 : 0.5 : 1 : 0.66			0 : 1 : 2 : 1			0.8101	0.7626

## 3 讨论

### 3.1 本研究所建藏鸡资源群体的特点

本研究构建的藏鸡资源群体极具特色,在亲本选择上目标性状极端、性状的遗传距离较大;在杂交设计方案上,采用了远缘 F-2 设计,整个家系分为 4 个独立的杂交组合,各组合间在亲本的联系下又是一个完整的大群体;在交配方式上,采用正、反交组合方式,保证了能够进行伴性遗传的遗传分析;在群体规模上,个体的性状测定 F<sub>2</sub> 代达到 3 000 只左右;在 DNA 资源储备方面,作者收集了整个资源家系的血液样品,包括 P 代、F<sub>1</sub> 及 F<sub>2</sub> 代群体中的所有个体,所采集的样品均有系谱记录,系谱记录详实可靠。这就为以后的研究提供了必备的 DNA 资源。另外, F<sub>2</sub> 代群体发生了较大的性状分离,同时为下一步从分子水平上研究藏鸡的低氧适应性尤其是进行基因定位、基因组扫描提供了绝好材料。

### 3.2 羽色性状遗传规律分析

从分子水平上讲,羽色是由一对或多对基因控制的。据报道家禽的颜色性状有 30 多个基因座位,其中 20 个基因座位影响着羽色,这些基因共同作用

决定了羽毛的颜色<sup>[4]</sup>。本研究中资源群体亲本代 3 个品种的羽毛颜色差异较大,白来航鸡的羽毛为显性白,寿光鸡的羽色为黑色,而藏鸡的羽毛为野生羽色。控制野生羽色的基因目前还没有完全弄清楚,有研究证明,初生绒毛有条斑(麻羽的幼龄表现)对黑羽是隐性,对其他淡色非条斑(如黄色)是显性;麻羽有可能是由黑羽基因 *E* 的等位基因  $e^{wh}$ ,  $e^+$ ,  $e^p$ ,  $e^s$ ,  $e^{be}$  等决定<sup>[5]</sup>。根据孟德尔遗传规律,藏鸡和白来航鸡的正反交组合 F<sub>1</sub> 代羽色应表现为白色,藏鸡和寿光鸡的正反交组合 F<sub>1</sub> 代的羽色为黑色。从实验鸡的羽色表现来看,正好符合孟德尔遗传规律。

藏鸡和寿光鸡杂交 F<sub>2</sub> 在羽色性状上的分离有些偏差,即藏鸡和寿光鸡杂交 F<sub>2</sub> 代中有些个体偏向于黑色,未能表现出麻羽来。这一现象从遗传理论上讲是可能的,杂交 F<sub>2</sub> 代是由 F<sub>1</sub> 代自群交配而来,藏鸡和寿光鸡的 F<sub>1</sub> 代自交时羽色基因的遗传有两种情况,如图 2 所示。因此,作者认为,藏鸡和寿光鸡杂交 F<sub>2</sub> 代羽色性状分离的偏差不是偶然的,这一结果至少可以说明麻羽是由两个及以上不同的等位基因( $e^{wh}$ ,  $e^+$ ,  $e^p$ ,  $e^s$ ,  $e^{be}$ )决定的,只有同时存在两个及以上等位基因,羽色才能表现出麻羽来。

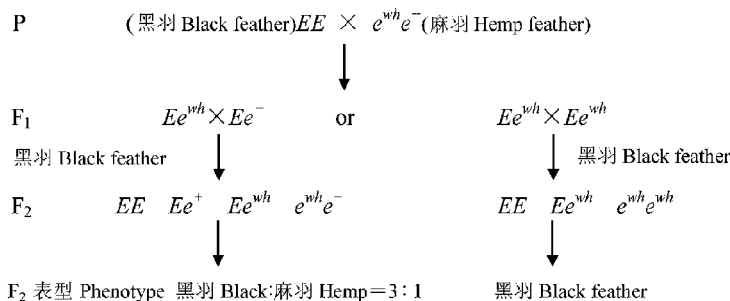


图 2 藏鸡 × 寿光鸡群体羽色性状的遗传模式

Fig. 2 Hereditary mode of feather color in Tibetan chicken F<sub>2</sub> hybrid

### 3.3 胫色性状遗传规律分析

鸡的胫色通常分为两类:深色胫(黑色、蓝色、青色、绿色等)和浅色胫(黄色、肉色、红色)。有研究表

明,深色胫由隐性基因 *id* 控制,浅色胫由显性基因 *Id* 所致<sup>[1,6,7]</sup>。*Id/Id* 基因是性染色体上的一对等位基因,其行为具有伴性遗传的特点,即  $Z^{Id}Z^{Id}$ 、 $Z^{Id}$

$Z^{ld}$ 、 $Z^{ld}W$  为浅色胫,  $Z^{ld}Z^{ld}$  和  $Z^{ld}W$  个体为深色胫。

本研究指出, 藏鸡由出雏时的浅色胫逐渐过渡到深色胫, 说明隐性基因  $id$  在纯合子时有个逐步表达的过程。根据孟德尔遗传规律, 下面针对藏鸡和白来航鸡杂交  $F_1$  代和  $F_2$  代的胫色性状进行遗传模式分析。藏鸡为深色胫, 基因型为  $Z^{ld}Z^{ld}$  和  $Z^{ld}W$ , 白来航鸡为浅色胫, 基因型为  $Z^{ld}W$  和  $Z^{ld}Z^{ld}$  或  $Z^{ld}Z^{ld}$ 。正交组合的遗传模式如图 3:a 所示,  $F_1$  代群体的胫色分离比为深色胫: 浅色胫 = 1: 1, 公鸡表现为浅色胫, 母鸡均为深色胫;  $F_2$  代群体中胫色分离比为深色胫: 浅色胫 = 1: 1, 且公母鸡的胫色各表

现一半。由于白来航公鸡有两种基因型, 反交组合胫色遗传有两种模式图。如果白来航公鸡基因型为  $Z^{ld}Z^{ld}$ , 胫色性状的遗传模式如图 3:b 所示, 其中, 杂交  $F_1$  代的胫色均表现为浅色胫,  $F_2$  代群体出现分离, 浅色胫与深色胫的分离比为 3: 1, 分性别统计, 公鸡浅色胫: 母鸡浅色胫: 母鸡深色胫 = 2: 1: 1。如果白来航公鸡的基因型为  $Z^{ld}Z^{ld}$ , 则胫色性状的遗传模式如图 3 所示, 杂交  $F_1$  代即出现了胫色性状的分离, 深色胫与浅色胫之比为 1: 1,  $F_1$  代自交产生的  $F_2$  代胫色性状分离较为复杂, 浅色胫与深色胫之比有 3 种可能性, 即 3: 1、1: 1 或者均为深色胫。

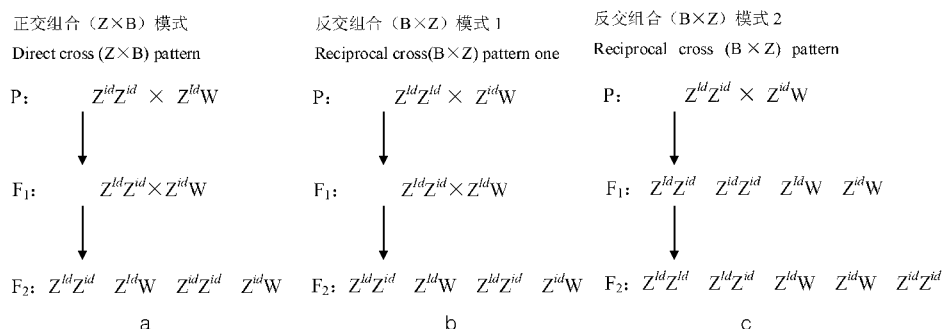


图 3 藏鸡 × 白来航群体胫色性状的遗传模式

Fig. 3 Hereditary mode of shank color in resource population

前文的观察结果表明, 藏鸡和白来航鸡的正交  $F_1$  代和  $F_2$  代的胫色性状分离正如图 3:a 所示, 而反交组合与图 3:b 相符。因此, 白来航公鸡的基因型为显性纯合子。另外, 根据对公母胫色性状表现的统计结果, 可以把胫色性状作为鉴别雌雄的依据, 从而进一步推广伴性遗传在现代商业家禽育种和生产上的应用。

## 参考文献 (References):

- [1] YIN Hua-Gui, ZENG Zi-Jian, PAN Guang-Bi. Heredity and expression of hyperchromic shank in chicken. *Sichuan Husbandry and Veterinary*, 2001, 28(1): 17~18.  
尹华贵, 曾子建, 潘广碧. 鸡深色胫的遗传及表达. *四川畜牧兽医*, 2001, 28(1): 17~18.
- [2] LIU Fu-Zhu, NIU Zhu-Ye. Preliminary study on feather color and skin color hereditary in Luoyang chicken. *Scalper Journal*, 1994, (Suppl.): 29~30.  
刘福柱, 牛竹叶. 洛阳鸡羽色和肤色遗传的初步研究. *黄牛杂志*, 1994, (增刊): 29~30.
- [3] KANG Xiang-Tao, SONG Su-Fang, WANG Yan-Bin, HUANG Yan-Qun, XIONG Yan-Hong, ZHU Xue-Jun, YANG Yan-Ling. Study on shank color, plumage color and feather growth of slow-

feathering pure line of Gushi fowl. *Journal of Northwest Science-Technology University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition)*, 2002, 30(5): 57~59.

康相涛, 宋素芳, 王彦彬, 黄艳群, 熊延宏, 竹学军, 杨艳玲. 固始鸡慢羽系胫色、羽色与羽毛生长变化规律研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2002, 30(5): 57~59.

- [4] YANG Xiao-Yan. Genetic research on skin color of black-boned chicken [Dissertation]. Beijing: China Agriculture University, 2004.  
杨晓燕. 乌骨鸡肤色遗传研究 [学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [5] ZHANG Xi-Quan, BAO Shi-Zeng. Heredity and selection of feather color on choice meat chicken. *Cultivate Fowl and Vector Control*, 1996, 12: 7~8.  
张细权, 包世增. 优质肉鸡羽色遗传及选择. *养禽与禽病防治*, 1996, 12: 7~8.
- [6] Punnett R C. Genetic studies in Poultry. X. Linkage data for the sex chromosome. *J Genet*, 1940, 39: 335~342.
- [7] DENG Xue-Mei. Construction of chicken resource population for gene mapping and genetic analysis of Melanin and other quality traits [Dissertation]. Beijing: China Agriculture University, 2001.  
邓学梅. 用于鸡基因定位的资源群体的建立和黑色素等质量性状的分析 [学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2001.