

3 个基因 SNPs 及基因聚合 对白耳鸡产蛋数的遗传效应

李国辉¹ 张学余^{1*} 苏一军¹ 屠云洁^{1,2} 魏岳²

(1. 中国农业科学院 家禽研究所, 江苏 扬州 225003; 2. 扬州大学 动物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 将 *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因作为影响鸡繁殖性状的候选基因, 以白耳鸡为试验材料, 采用 PCR-SSCP 方法检测白耳鸡 *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因单核苷酸多态性, 分析这 3 个基因的单基因以及聚合基因型对白耳鸡 72 周龄产蛋数影响。结果表明: *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因均对白耳鸡 72 周龄产蛋数的差异产生影响, 与鸡的产蛋数存在关联, AA、CC、EE 型为优势单基因型; 优势单基因型两两聚合的遗传效应高于优势单基因型的遗传效应; 3 个优势单基因型聚合 (AACCEE 型) 遗传效应又高于优势单基因型两两聚合的遗传效应, 因此我们推断可能聚合的优势单基因型越多, 对白耳鸡 72 周龄的产蛋数影响效应越大, 所以可以尝试利用聚合基因型对白耳鸡的 72 周龄产蛋数进行标记辅助选择。

关键词: *GH* 基因; *POU1F1* 基因; *PRL* 基因; 72 周龄产蛋数; 聚合基因型
中图分类号: S831.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)04-0661-07

Effect of Single and Pyramiding Genotypes of Three Genes on Egg Production of Baier Chicken

LI Guo-hui¹, ZHANG Xue-yu^{1*}, SU Yi-jun¹, TU Yun-jie^{1,2}, WEI Yue²

(1. Institute of Poultry Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Yangzhou 225003, China; 2. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou, 225009, China)

Abstract: The chicken *GH*, *POU1F1* and *PRL* genes were selected as candidate genes, PCR-SSCP method was used to identify the polymorphism sites in the three genes. This study was designed to investigate the effect of *GH*, *POU1F1* and *PRL* genes on egg production of 72-week-old Baier chickens, the single genotype effects as well as the pyramiding genotype effects were all studied. The results showed that *GH*, *POU1F1* and *PRL* genes had effect on egg production of 72-week-old Baier chickens, they were candidate loci or linked to major genes that affected egg production of 72-week-old chickens; AA, CC and EE were three advantageous single genotypes. The effects of two advantageous genotypes pyramiding genotypes were higher than that of the single genotype. The effects of three advantageous pyramiding genotypes (AACCEE) were higher than that of two advantageous pyramiding genotypes. Furthermore, the more loci, the larger effects on egg production of 72-week-old chickens. It may be concluded that pyramiding genotypes are superior to single genotype as potential molecular markers for egg production in chickens.

Key words: *GH* gene; *POU1F1* gene; *PRL* gene; egg production of 72-week-old; pyramiding genotype

收稿日期: 2010-02-28 修回日期: 2010-05-20

基金项目: 国家“863 计划”资助项目 (2008AA101009-7、2006AA10Z1D8)、国家科技支撑计划 (2008BADB2B01) 和江苏省支撑计划 (BE2008361)

作者简介: 李国辉 (1979-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事家禽遗传育种与家禽资源保护研究, E-mail: sahui2008@163.com; * 通讯作者: 张学余, 研究员, E-mail: zhangxueyu5697@sina.com。

生长激素(growth hormone ,GH) 是垂体前叶嗜酸细胞分泌的多肽类激素 ,与催乳素(prolactin ,PRL) 同属于一个基因家族的产物。GH 与生长激素受体 (growth hormone receptor ,GHR) 结合 ,通过类胰岛素生长因子(insulin - like growth factors ,IGFs) 的媒介作用来促进细胞的增生与分化 ,促进机体的新陈代谢、提高动物瘦肉率和降低脂肪沉积^[1]。GH 基因的变异对家畜家禽生长发育、繁殖和其它生产性状的影响越来越受到人们的关注。PRL 是调控动物繁殖行为的一种重要激素 ,对于禽类 ,PRL 主要在就巢 (抱窝) 性的建立和维持中起主导作用 ,环境因素(如成堆的蛋) 及内分泌因子能刺激和诱导催乳素的分泌^[2-4]。垂体特异性转录因子(POU1F1) ,又称 PIT - 1(pituitary specific transription factor - 1) ,是一种 DNA 结合蛋白 ,它参与调节机体细胞的生长与发育 ,并对垂体激素分泌细胞的基因转录起重要调节作用^[5-6]。POU1F1 与垂体中 PRL、GH、TSH 以及 POU1F1 自身的启动子结合 ,调控这些基因的转录 ,通过调节这些基因的表达而对家禽的生长、发育、繁殖和免疫等^[7]多方面起着重要的作用。

本实验室根据已有的研究结果 ,GH 基因外显子 4 的 C2338G 和 C2341T 处碱基突变和 POU1F1 基因外显子 3 的 C5406G 突变以及 PRL 基因调控区的 24 个 bp 的插入/缺失突变对白耳鸡的 72 周龄产蛋数有一定的影响^[8]。为了探讨这 3 个基因作为 72 周龄产蛋数辅助选择标记的可行性 ,本研究在较大规模的白耳鸡群体中进一步对这 3 个位点的遗传效应进行分析 ,同时分析聚合基因型对白耳鸡 72 周龄产蛋数的遗传效应 ,为今后对鸡繁殖性状的多基因聚合育种提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

白耳鸡试验群来源于中国农业科学院家禽研究所国家地方禽种资源基因库白耳鸡保种群 ,共 500 只母鸡 ,翅静脉采血 0.5 mL ,肝素钠抗凝 ,加裂解液 5 mL ,用酚 - 氯仿抽提法提取基因组 DNA ,溶于 TE 液中 , - 20 ℃ 冷藏备用。

1.2 引物序列及 PCR 扩增

根据 GeBank GH 基因(登录号: D10484) 和 POU1F1 基因(登录号: NC006088) 提交的序列分别设计 1 对引物 F1 和 F2 ,PRL 基因参考姜润深等^[5]引入引物 F3 ,引物序列及相关信息见表 1。引物由上海生工生物工程有限公司合成。扩增反应总体积为 20 μL ,其中包括: 基因组 DNA 模板(100 ng/μL) 1.0 μL ,10 × Buffer(25 mmol/L) 2.0 μL ,dNTP 0.8 μL ,Mg²⁺ 离子(10 pmol/μL) 2.2 μL ,上下游引物(10 mmol/L) 1 μL ,Taq 酶(5 U/μL) 0.2 μL ,灭菌蒸馏水 12.8 μL。反应条件为: 94 ℃ 预变性 5 min ,94 ℃ 变性 50 s ,58 ℃ (GH) /60 ℃ (POU1F1) /61 ℃ (PRL) 退火 50 s ,72 ℃ 延伸 50 s ,共进行 35 个循环 ,然后 72 ℃ 延伸 10 min ,4 ℃ 保存 20 g/L 琼脂糖检测 PCR 扩增产物。最后取产物 4 μL 加入 8 μL 的变性液 98 ℃ 变性 10 min 后放入冰水中淬灭 5 min 直接上样 ρ(聚丙烯酰胺) = 10% 凝胶 120 V 电泳过夜 ,银染显带。

表 1 候选基因在染色体上的位置、引物序列和 PCR 产物长度

Tab.1 The position on chromosome , primer sequences and corresponding PCR product size

引物 Primer	基因座 Loci	引物序列 Primer sequences	片段/bp Fragments	染色体 Chr.	退火温度 Temperature/℃
F1	GH	F: 5' AATCCCTTGTTCATTTCAGG 3' R: 5' CGCAGGCTCCATCAGTA 3'	210	1 ^[9]	58
F2	POU1F1	F: 5' TCTCAGAGCTCCAACGTATGA 3' R: 5' ATATTTCTGTGCTGAACAACA 3'	240	1 ^[5]	60
F3	PRL	F: 5' GGTGGTGAAGAGACAAGGA 3' R: 5' TGCTGAGTATGGCTGGATGT 3'	200	2 ^[10]	61

1.3 统计分析方法

开产后每天记录每只鸡的产蛋数 ,直至 72 周龄末 ,并利用最小二乘法分析各基因型与 72 周龄产蛋数间的关联。线性模型(linear model) 用于分析 GH、POU1F1 和 PRL 基因单个位点基因型、不同位点之

间的互作效应以及聚合基因型对产蛋数遗传效应。模型 A 用于分析 *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因效应以及它们之间的互作效应; 模型 B 用于分析聚合基因型的效应。所有计算采用 SPSS11.5 软件完成。

模型 A: $Y = \mu + GH$ 基因型效应 + *POU1F1* 基因型效应 + *PRL* 基因型效应 + 不同基因型间的互作效应 + 残差; 模型 B: $Y = \mu +$ 单倍型效应 + 残差。

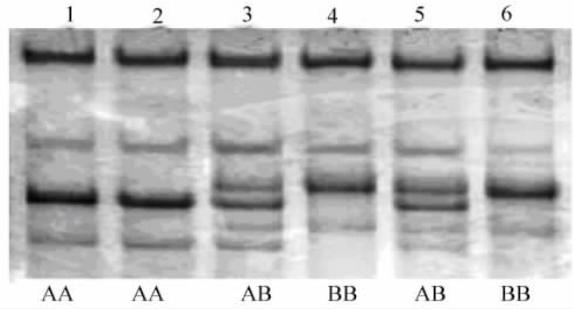


图 1 *GH* 基因引物扩增片段的 SSCP 多态性检测结果
Fig. 1 The result of polymorphism amplified by *GH*

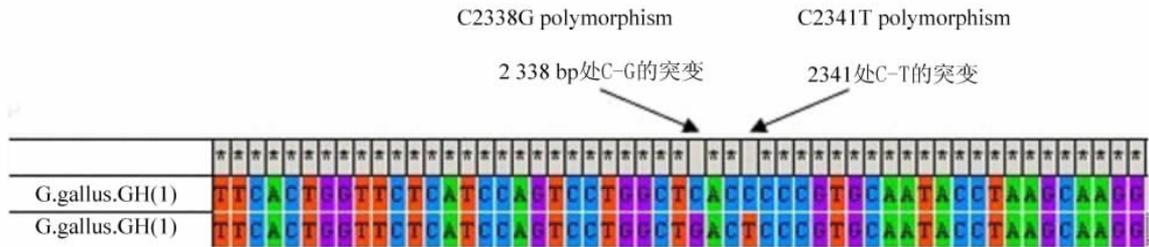


图 2 *GH* 不同基因型测序结果
Fig. 2 The sequence of BB and AA genotypes amplified by primer F1

2 结果与分析

2.1 PCR - SSCP 分析结果

PCR-SSCP 检测结果显示 3 个基因都存在 3 个基因型(图 1 ,图 3 和图 5)。DNA 测序所得序列与 Genbank 发表序列进行对比(图 2 ,图 4 和图 6) ,结果显示 *GH* 基因在 exon4 发生了 C2338G 和 C2341T 的突变 ,*POU1F1* 基因 exon3 发生了 A5331T 的突变 ,*PRL* 基因调控区存在 24 个 bp 的插入/缺失突变。将突变型定义为 AA、CC 和 EE 型 ,杂合子为 AB、CD 和 EF 型 ,无突变的为 BB、DD 和 FF 型。

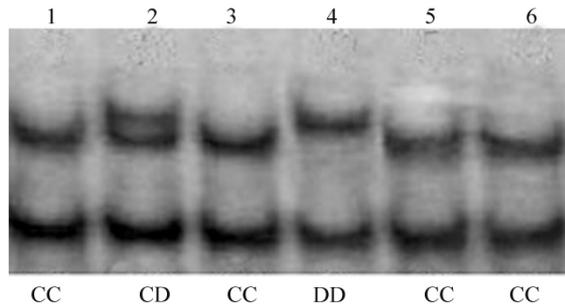


图 3 *POU1F1* 引物扩增片段的 SSCP 多态性检测结果
Fig. 3 The result of polymorphism amplified by *POU1F1*

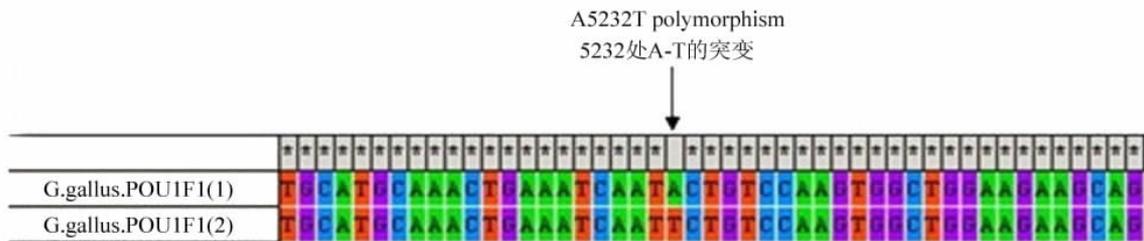


图 4 *POU1F1* 不同基因型序列对比结果
Fig. 4 The sequence of DD and CC genotypes amplified by primer F2

2.2 3 个基因位点在白耳鸡群体中的基因频率和基因型频率

分析了 3 个位点在白耳鸡群体中的基因频率和基因型频率 ,并对各基因的基因型分布进行 χ^2 适合性检验 结果见表 2。

2.3 3 个基因位点对白耳鸡 72 周龄产蛋数的单基因效应

分别对 3 个基因各自 3 种基因型对白耳鸡 72 周龄产蛋数的效应作最小二乘分析 结果见表 3。 *GH*

基因中,AA 型个体的 72 周龄产蛋数最高,显著地高于 AB 和 BB 型个体的产蛋数,AB 型个体的产蛋数高于 BB 型个体,但两者之间差异不显著;在 *POU1F1* 基因中,CC 个体的 72 周龄产蛋数高于 CD 和 DD 型个体,CD 型个体的产蛋数略高于 DD 型个体,但差异不显著;在 *PRL* 基因中 EE 型个体的 72 周龄产蛋数最高,显著地高于 EF 和 FF 型个体,EF 型个体的也略高于 FF 型个体,但差异不显著。

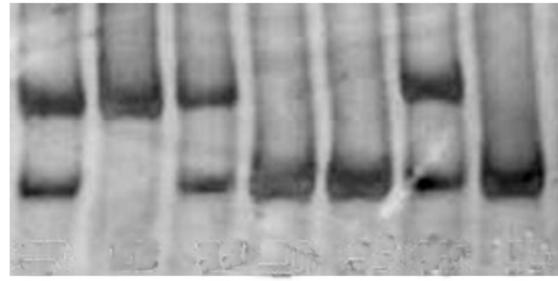


图 5 PRL 引物扩增片段的 SSCP 多态性检测结果
Fig. 5 The result of polymorphism amplified by PRL

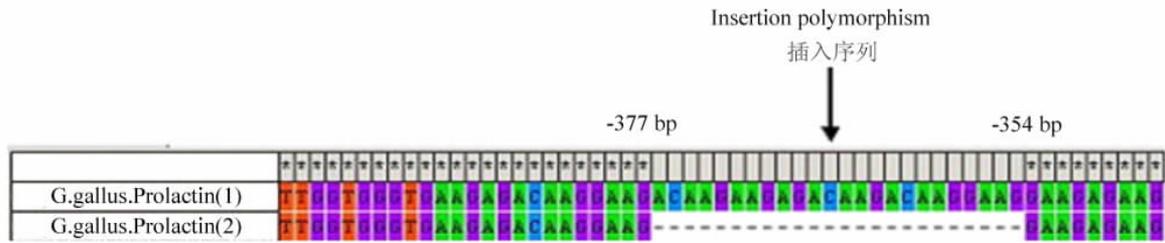


图 6 GH 不同基因型测序结果

Fig. 6 The sequence of FF and EE genotypes amplified by primer F3

表 2 3 个候选基因在白耳鸡群体中的基因和基因型频率 (n = 500)

Tab. 2 Genotype and allele frequencies of the PCR – SSCP detection in Baier chickens

候选基因 Candidate gene	等位基因 Allele	频率 Frequency	基因型 Genotype	频率 Frequency	χ^2
<i>GH</i>	A	0. 589	AA(181)	0. 362	1. 94
	B	0. 411	AB(227)	0. 454	
			BB(92)	0. 184	
<i>POU1F1</i>	C	0. 486	CC(125)	0. 250	1. 53
	D	0. 514	CD(236)	0. 472	
			DD(139)	0. 278	
<i>PRL</i>	E	0. 592	EE(182)	0. 364	1. 57
	F	0. 408	EF(228)	0. 456	
			FF(90)	0. 180	

χ^2 检验表明,白耳鸡在 3 个位点上均处于 Hardy – Weinberg 平衡状态 ($P > 0.05$)。

χ^2 result means be in the bananlce of Hardy – Weinberg in Baier Chickens.

表 3 3 个基因不同基因型 72 周龄产蛋数比较

Tab. 3 Comparison of Egg Production of 72 weeks in different genotypes of three genes

基因 Gene	基因型 Genotype	样本数 Sample size	72 周龄产蛋数 IMP content
<i>GH</i>	AA	181	154. 381 ± 11. 642 ^A
	AB	227	150. 678 ± 11. 883 ^B
	BB	92	147. 859 ± 11. 216 ^B
<i>POU1F1</i>	CC	125	155. 168 ± 11. 518 ^A
	CD	236	151. 123 ± 11. 765 ^B
	DD	139	148. 841 ± 11. 721 ^B
<i>PRL</i>	EE	182	153. 840 ± 12. . 057 ^A
	EF	228	150. 500 ± 11. 828 ^B
	FF	90	149. 300 ± 11. 898 ^B

带有不同肩标的平均数间差异显著 ($P < 0.05$)。

Different capital letters means significant difference ($P < 0.05$).

2.4 3个基因位点对白耳鸡72周龄产蛋数的两基因聚合效应

统计表明 *GH* 基因与 *POU1F1* 基因间、*GH* 基因与 *PRL* 基因间以及 *POU1F1* 基因与 *PRL* 基因间的交互效应均不显著 ($P > 0.05$)。3个基因两两之间的聚合基因型效应, 结果见表4、表5。3个基因两两聚合后均存在9种聚合基因型, 并且在3个基因组合中表现出相似的规律, 即单个基因优势基因型聚合后为优势单倍型。*GH* 基因与 *POU1F1* 基因聚合后 AACC 为优势单倍型, 其个体72周龄产蛋数显著地高于其它8种单倍型个体, BBDD 为劣势单倍型, BBDD 型个体的72周龄产蛋数比 AACC 型个体低 10.34 个; *GH* 基因与 *PRL* 基因的聚合基因型 AAEE 为优势势的基因型, 其个体72周龄产蛋数显著地高于其它8种单倍型个体, 聚合基因型为 BBEE 的个体72周龄产蛋数最低; *POU1F1* 基因与 *PRL* 基因的聚合基因型 CCEE 为优势势的基因型, 聚合基因型为 DDFE 的个体72周龄产蛋数最低, 比 CCEE 型个体低 10.59 个。两基因聚合后优势聚合基因型个体72周龄产蛋数要高于单个基因优势基因型的个体。

表4 *GH - POU1F1* 基因单倍型个体72周龄产蛋数

Tab.4 Egg production of 72 weeks for the different haplotypes of *GH* and *POU1F1* gene $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

基因型 Genotype	样本数 Sample size	72周龄产蛋数 IMP content
AACC	33	157.484 ± 12.119 ^A
ABCC	65	154.676 ± 11.240 ^{AB}
BBCC	27	149.925 ± 12.362 ^{BC}
AACD	90	153.311 ± 12.384 ^{AB}
ABCD	103	152.796 ± 11.255 ^B
BBCD	43	147.418 ± 10.397 ^C
AADD	58	148.237 ± 11.898 ^C
GGAB	59	1.848 ± 0.063 ^{FG}
GGBB	15	1.760 ± 0.126 ^{BC}
ABDD	59	148.155 ± 11.476 ^C
BBDD	22	147.136 ± 11.897 ^C

带有不同肩标的平均数间差异显著 ($P < 0.05$)。

Different capital letters means significant difference ($P < 0.05$).

表5 *GH - PRL*、*POU1F1 - PRL* 基因聚合基因型个体72周龄产蛋数

Tab.5 Egg production of 72 weeks for the different haplotypes of *GH - PRL* and *POU1F1 - PRL* gene

$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

<i>GH - PRL</i>			<i>POU1F1 - PRL</i>		
基因型 Genotype	样本数 Sample size	72周龄产蛋数 IMP content	基因型 Genotype	样本数 Sample size	72周龄产蛋数 IMP content
AAEE	52	156.38 ^A ± 12.51	CCEE	41	158.17 ± 12.08 ^A
ABEE	86	153.91 ^A ± 11.55	CDEE	82	153.43 ± 11.79 ^B
BBEE	44	151.63 ^B ± 10.71	DDEE	59	151.64 ± 10.34 ^{BC}
AAEF	94	153.44 ^A ± 12.05	CCEF	54	153.67 ± 13.53 ^{ABD}
ABEF	97	148.92 ^{BC} ± 11.28	CDEF	111	151.23 ± 11.23 ^{BC}
BBEF	37	148.05 ^{BC} ± 11.33	DDEF	63	147.93 ± 11.09 ^C
AAFF	35	149.40 ± 12.57	CCFF	30	149.00 ± 0.139 ^{BC}
ABFF	44	148.07 ^{BC} ± 11.18	CDFF	43	147.77 ± 11.82 ^C
BBFF	11	147.27 ^B ± 11.13	DDFF	17	147.58 ± 9.47 ^{BC}

带有不同肩标的平均数间差异显著 ($P < 0.05$)。

Different capital letters means significant difference ($P < 0.05$).

2.5 3 个基因位点对白耳鸡 72 周龄产蛋数的 3 基因聚合效应

由于 *GH* 基因、*POU1F1* 基因以及 *PRL* 基因间的互作效应均不显著 ($P > 0.05$), 因此依据模型 B 分析 3 个基因的聚合基因型效应 结果见表 6。3 基因聚合后出现了 27 种聚合基因型, 由于有些聚合基因型个体数非常少 故在此不作组间均数的显著性检验, 只比较各个基因型之间 72 周龄产蛋数的差异。单个基因优势基因型聚合后仍为优势聚合基因型, 即 AACCEE 为优势聚合基因型, BBCDEF 为劣势聚合基因型, AACCEE 个体的 72 周龄产蛋数比 BBCDEF 个体高出 12.93 个。同时可以看出 3 个基因聚合后优势聚合基因型个体 72 周龄产蛋数要略高于两基因聚合后优势聚合基因型的个体, 由此我们可以初步得出聚合的基因越多, 可能对 72 周龄产蛋数的影响效应就越大。

3 讨 论

3.1 3 个基因位点对白耳鸡 72 周龄产蛋数的单基因效应

目前, 基因聚合在植物中已经得到应用并取得了良好的效果, 然而在动物育种中报道的甚少, 单个基因标记辅助育种却很多。洪坤月等^[11]采用 PCR-SS-

CP 法对太湖鸡催乳素(*GH*) 催乳素受体(*GHR*) 和促卵泡激素 B 亚基(*FSH*~ β) 基因进行多态性检测, 结果产蛋量较高的聚合基因型 AADD 可以作为太湖鸡选育的参考。于吉英^[12]对 *ESR*、*NPY* 两基因的联合效应分析结果得出聚合基因型 AAAC 具有最高的 300 日龄产蛋数、400 日龄产蛋数和平均连产天数。本研究在已有的研究基础上, 选择与鸡繁殖性状有关联的 *GH* 基因外显子 4 和 *POU1F1* 基因外显子 3 以及 *PRL* 基因调控区的 3 个多态位点, 在白耳鸡保种群体更大规模的基础上进一步进行基因型效应的验证。结果在白耳鸡群体中 3 个位点均表现了与已有研究相似的多态, 对其遗传效应进行分析后发现, 这 3 个位点均对白耳鸡 72 周龄产蛋数的差异产生影响, 并与鸡 72 周龄产蛋数有关联, 说明 *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因可作为产蛋数的辅助选择标记。

3.2 3 个基因位点对白耳鸡 72 周龄产蛋数的基因聚合效应

在以往的研究中, 国内外对鸡繁殖性状分子标记筛选和标记辅助选择的研究已具备一定基础, 特别对一些单基因性状标记辅助选择已取得了一定的进展。但产蛋数是一个受多基因控制的数量性状, 仅从单基因入手进行分子辅助育种, 往往不能达到全面改良繁殖性能, 最终培育高产蛋鸡的目的。与繁殖

表 6 *GH* - *POU1F1* - *PRL* 基因聚合基因型个体 72 周龄产蛋数

Tab. 6 Egg production of 72 weeks for the different haplotypes of *GH* - *POU1F1* - *PRL* gene

基因型 Genotype	样本数 Sample size	72 周龄产蛋数 IMP content mg · g ⁻¹
AACCEE	14	158.85 ± 10.33
ABCCEE	26	156.31 ± 12.48
BBCCEE	15	163.93 ± 14.26
AACDEE	32	152.18 ± 8.62
ABCDEE	36	153.86 ± 13.43
BBCDEE	14	155.57 ± 9.95
AADDEE	18	150.61 ± 10.41
ABDDEE	20	152.30 ± 12.62
BBDDEE	7	149.75 ± 7.46
AACCEF	17	149.50 ± 15.06
ABCCEF	31	153.32 ± 12.57
BBCCEF	4	150.75 ± 10.99
AACDEF	38	154.13 ± 10.11
ABCDEF	46	151.56 ± 11.85
BBCDEF	22	146.95 ± 10.82
AADDEF	27	149.74 ± 12.63
ABDDEF	31	148.35 ± 10.47
BBDDEF	12	147.16 ± 12.61
AACCFE	2	152.67 ± 9.52
ABCCE	8	149.25 ± 158.83
BBCCE	8	152.00 ± 13.79
AACDFE	20	148.85 ± 13.63
ABCDFE	21	145.92 ± 12.75
BBCDFE	7	147.42 ± 8.39
AADDFE	13	151.23 ± 10.51
ABDDFE	8	150.37 ± 11.83
BBDDFE	3	147.33 ± 11.01

性状有关基因,目前的研究结果表明有多个基因位点影响鸡的产蛋数量,但是,这些基因位点优良基因型的聚合究竟会带来多大的遗传进展,各聚合基因型对产蛋数的影响又是多少,本研究旨在对这些问题做初步的阐明,对 *GH*、*POU1F1* 和 *PRL* 基因的聚合基因型效应进行了分析,结果发现,当两基因聚合时,在所有的3个聚合组合中均表现出相同的趋势,即在单个基因中的优势基因型聚合后仍然是最佳聚合基因型,并且聚合基因型的效应要高于最高的单个基因型的效应;当3个基因聚合时,优势聚合基因型仍为单个基因优势基因型的组合,其个体72周龄产蛋数的均值要高于两基因聚合后优势聚合基因型的个体均值。劣势聚合基因型确不是劣势单基因型的聚合,这可能跟群体数量大小或基因间复杂的调控作用有关。这一结果说明聚合基因型的效应不是各自基因型效应的简单相加,但却要高于最好的单个基因型的效应,并且聚合的基因越多,对72周龄产蛋数的影响效应就越大。由于 *GH* 基因、*POU1F1* 基因和 *PRL* 基因座间互作效应不显著($P > 0.05$),因此可以简单地依据聚合基因型的效应值来对种白耳鸡进行选择育种,使高白耳鸡的产蛋数进一步提高。

参考文献:

- [1] Scanes C G, Proudman J A, Radecki S V. Influence of continuous growth hormone insulin-like growth factor I administration in adult female chickens [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 1999, 114(3): 315-323.
- [2] 李昆明. 催乳素对生殖生理的调控作用 [J]. *生殖与避孕* 2001, 22(1): 13-14.
- [3] 滕春波, 杨增明. 催乳素家族与哺乳动物妊娠 [J]. *生理科学进展* 2002, 33(4): 355-358.
- [4] 李莹辉, 汪林仙, 杨传任. 催乳素调节鸡卵泡膜功能的机理 [J]. *中国兽医学报*, 1998, 18(1): 77-80.
- [5] 姜润深, 杨宁. 垂体特异性转录因子 *POU1F1* 研究进展 [J]. *遗传* 2004, 26(6): 957-961.
- [6] Steinfeld H J, Radovick S. Hormonal regulation of the thyrotropin subunit gene by phosphorylation of the pituitary specific transcription factor (PIT-1) [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992, 89(13): 5942-5945.
- [7] Liu H C, Kung H J, Fulton J E, et al. Growth hormone interacts with the Marek's disease virus SORF2 protein and is associated with disease resistance in chicken [J]. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001, 98(16): 9203-9208.
- [8] 杨宁, 李辉. 中国家禽科学研究进展 [M]. 哈尔滨: 中国农业科学技术出版社, 2009: 55-59.
- [9] Shaw E M, Shoffner R N, Foster D N, et al. Mapping of the growth hormone gene by in situ hybridization to chicken chromosome [J]. *J of heredity*, 1991, 82(6): 505-508.
- [10] Freeman M E, Kanyicska B, Lerant A, et al. Prolactin: structure function and regulation of secretion [J]. *Physiology Rev*, 2000, 80(4): 1523-1531.
- [11] 洪坤月. 太湖鸡 *PRL*、*PRLR* 和 *FSH β* 基因多态与前期产蛋性状关系研究 [J]. *西北农业学报* 2007, 16(5): 11-14.
- [12] 于吉英, 陈宽维. *ESR*、*POU1F1* 基因对文昌鸡繁殖性状的遗传效应分析 [J]. *畜牧兽医* 2008, 40(4): 49-51.