

# 绍兴鸭剩余采食量与部分生产性能及蛋品质的相关性分析

白天<sup>1,2</sup>, 曾涛<sup>2</sup>, 黄学涛<sup>2,3</sup>, 陶争荣<sup>2</sup>, 沈军达<sup>2</sup>, 李柳萌<sup>3</sup>, 曾雪花<sup>1</sup>, 何珂<sup>1</sup>, 卢立志<sup>2\*</sup>, 赵阿勇<sup>1\*</sup>

(1. 浙江农林大学动物科技学院, 浙江杭州 311300; 2. 浙江省农业科学院畜牧兽医研究所, 浙江杭州 310021;

3. 浙江世代生物科技有限公司, 浙江诸暨 311800)

**摘要:** 本实验旨在探讨绍兴鸭剩余采食量(RFI)与生产性能及蛋品质之间的关系。测定300只绍兴鸭410~470日龄的采食量、体重、平均蛋重、蛋品质,计算出剩余采食量与料蛋比,并分析剩余采食量与生产性能及蛋品质的相关性。结果显示:绍兴鸭平均采食量、平均蛋重、体重、体增重、料蛋比、剩余采食量分别为198.8 g/d、73.0 g、1 500.9 g、2.5 g/d、2.7、3.5 g/d;低剩余采食量组的剩余采食量、采食量以及料蛋比极显著低于高剩余采食量组;相关性分析表明,剩余采食量与采食量和料蛋比呈极显著正相关( $P<0.01$ );采食量与平均蛋重、体重呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与料蛋比呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与体增重呈显著正相关性( $P<0.05$ );蛋品质分析结果表明,高剩余采食量组仅蛋黄色泽水平显著高于低剩余采食量组;相关性分析表明,剩余采食量与蛋品质各指标间均无显著相关性。本试验结果表明,以剩余采食量为蛋鸭选育指标是可行的,且选育低剩余采食量的鸭子能显著降低采食量,提高饲料效率,且不改变产蛋重及蛋品质。

**关键词:** 绍兴鸭; 剩余采食量; 蛋品质

**中图分类号:** S834.2

**文献标识码:** A

**DOI 编号:** 10.19556/j.0258-7033.20190426-04

我国是世界上蛋鸭养殖量最大的国家,2018年我国蛋鸭存栏量1.87亿只,占世界蛋鸭养殖量74.3%,总产值较2017年提高37.59%,具有极大的发展前景。在现代畜禽生产过程中,饲料成本占60%~70%。近几

年,饲料原料价格不断攀升使得生产成本逐渐提高,因此提高饲料转化率、降低生产成本才有利于畜牧业高效有序的发展。对蛋鸭进行高饲料报酬的选育改良是目前蛋鸭选育的重要任务之一。目前,饲料利用率的评价指标主要有饲料转化率(Feed Conversion Ratio, FCR)<sup>[1]</sup>和剩余采食量(Residual Feed Intake, RFI)<sup>[2]</sup>。FCR与它的组分之间是一种非线性关系,因此直接对FCR进行选育并非一直有效,加上复杂的额外因素和乘法效应影响,对FCR的直接选择可能不是改进该性状的最好办法<sup>[3]</sup>。而且遗传改进太复杂,对FCR进行选育可能会导致体重和产蛋量等的改变<sup>[4]</sup>。RFI是Koch提出的估测饲料效率的一种指标,是实际采食量与预测的维持平均体重(BW)和体增重(GW)的需要采食量的差

收稿日期: 2019-04-26; 修回日期: 2019-05-20

资助项目: 国家科技支撑计划项目(2015BAD03B06); 国家水禽产业技术体系专项(CARS-43-6); 浙江省新品种选育专项(2016C02054-12)

作者简介: 白天(1991-), 男, 安徽宿州人, 硕士研究生, 研究方向为家禽遗传育种研究, E-mail: 727586976@qq.com

\* 通讯作者: 赵阿勇(1967-), 男, 安徽滁州人, 博士, 教授, 主要从事家禽家畜遗传育种研究, E-mail: zay503@zafu.edu.cn;

卢立志(1965-), 浙江苍南人, 博士, 研究员, 主要从事家禽遗传育种研究, E-mail: lulizhi@box.com

genes in different tissues were detected and analyzed by RT-qPCR and geNorm, NormFinder, BestKeeper software and Ct value analysis. It was found that the results analyzed using NormFinder software are consistent with that analyzed using Ct value analysis method. The 18S rRNA gene has the best stability, followed by RPS2. The results analyzed using geNorm and BestKeeper software are consistent. Both results showed the expression stability of the RPS2 gene is the best, followed by the 18S rRNA. Therefore, it is recommended that the RPS2+18S rRNA internal reference genes combination could be used for the study of gene expression in different tissues of white king pigeon.

**Keywords:** White king pigeon; Reference gene; Expression stability

(责任编辑: 赵楠)

值,反映了个体由遗传背景所决定的代谢差异,不仅考虑了试验受体的增重,也校正了试验个体的代谢体重,是国际认可的测定FCR的首选方法之一<sup>[5]</sup>。RFI度量饲料利用率能够排除生长的影响,更加准确地反映饲料利用率。Zhang等<sup>[6]</sup>研究北京鸭RFI和FCR遗传力估计值分别为0.41和0.38;Yuan等<sup>[7]</sup>在东乡鸡研究中得出RFI与FCR遗传力估计值分别为0.29和0.13,说明RFI在遗传选育上更优于FCR。本实验通过比较不同RFI蛋鸭群体的生产性能以及蛋品质的差异,探究RFI与生产性能以及蛋品质的相关性,为高产节粮蛋鸭的选育提供一些理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物与饲养管理** 实验用绍兴鸭均来自于绍兴市诸暨市国伟禽业绍兴鸭国家级保种场,从核心群体中选取300只400日龄的绍兴鸭,饲养于3层笼养鸭舍,每个笼位间用隔板隔开,避免因互相啄食饲料而造成试验误差。饲料使用上海香川饲料有限公司的产蛋鸭高峰期配合饲料(蛋倍利),预试期10d,正试期60d(410~470日龄)。期间记录个体采食量、产蛋重、初体重、末体重。

### 1.2 测定指标及方法

**1.2.1 饲料效率** 正式试验开始前,称取每只鸭的初始体重( $BW_1$ ),整个试验周期内,每只鸭每天消耗的饲料量与产蛋重均单独记录,试验结束后称取每只鸭的末体重( $BW_2$ ),计算整个试验周期内每只鸭的采食量(FI)、代谢体重( $BW^{0.75}$ )、平均蛋重(EML)、GW、料蛋比,以及利用多元线性回归方程计算RFI,剩余采食量模型如下:

$$FI = \mu + a \times BW^{0.75} + b \times GW + c \times EML + d$$

其中, $\mu$ 为截距;a、b、c为偏回归系数;d为试验动物的RFI<sup>[8]</sup>。

**1.2.2 蛋品质** 在整个试验周期内,每隔24d连续收集每只鸭3天的蛋,进行蛋品质测定,参照《家禽学实验指导》进行常规蛋品质测定,测定的内容包括蛋重(Egg Mass)、蛋形指数(Egg Shape Index,ESI)、蛋壳厚度(Shell Thickness,ST)、蛋壳强度(Shell Strength,SS)、蛋黄色泽(Yolk Color,YC)、蛋白高度(Albumen Height AH)和哈氏单位(Haugh Unit,HU)。

**1.3 统计统计** 所得数据使用SPSS 20.0软件进行统计

分析,运用多元线性回归方程计算RFI,运用单因素ANOVA分析高低剩余采食量绍兴鸭的各生产性状及蛋品质差异性;运用相关分析中的Bivariate Correlation进行相关性分析。 $P < 0.05$ 表示差异达显著水平, $P < 0.01$ 表示差异达极显著水平,试验结果以平均值 $\pm$ 标准差表示。

## 2 结果与分析

**2.1 绍兴鸭生产性能分析** 由RFI筛选的个体生产性能与饲料利用率情况见表1。高、低剩余采食量组个体间的RFI平均每天相差63.4g( $P < 0.01$ ),FI相差57.0g( $P < 0.01$ ),料蛋比高低组间差异极显著,而BW、GW、EML未达显著水平。

表1 不同RFI绍兴鸭的生产性能

项目	高剩余采食量组	低剩余采食量组	总体平均
RFI,g/d	35.21 $\pm$ 9.85 <sup>A</sup>	-28.14 $\pm$ 6.59 <sup>B</sup>	3.5 $\pm$ 33.10
FI,g/d	227.29 $\pm$ 22.71 <sup>A</sup>	170.29 $\pm$ 13.33 <sup>B</sup>	198.80 $\pm$ 34.20
GW,g/d	2.71 $\pm$ 2.04	2.24 $\pm$ 1.72	2.48 $\pm$ 1.90
EML,g	73.72 $\pm$ 5.36	72.27 $\pm$ 5.00	73.0 $\pm$ 5.20
BW,g	1476.00 $\pm$ 110.76	1525.75 $\pm$ 136.97	1500.88 $\pm$ 125.50
料蛋比	3.09 $\pm$ 0.31 <sup>A</sup>	2.36 $\pm$ 0.20 <sup>B</sup>	2.73 $\pm$ 0.50

注:同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ );肩标不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),无字母或含相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。表3同。

**2.2 绍兴鸭RFI与生产性能相关性分析** 如表2所示,RFI与FI和料蛋比呈极显著正相关;FI与EML、BW呈极显著正相关,与料蛋比呈极显著负相关,与GW呈显著正相关性;除此之外,GW与BW呈极显著正相关;EML与BW呈极显著正相关,与料蛋比呈极显著负相关;其他各指标间无显著相关性。

表2 绍兴鸭RFI与生产性能性状相关性分析

项目	RFI	FI	GW	EML	BW	料蛋比
RFI	1					
FI	0.713**	1				
GW	-0.007	0.144*	1			
EML	0.004	0.573**	0.031	1		
BW	0.006	0.474**	0.413**	0.212**	1	
料蛋比	0.277**	-0.21**	-0.011	-0.850**	-0.02	1

注:\*表示在0.05水平(双侧)上显著相关;\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关。表4同。

**2.3 绍兴鸭蛋品质分析** 如表3所示,绍兴鸭平均ESI、ST、SS、EML、AH、YC和HU分别为1.32、0.42mm、4.03kg/cm<sup>2</sup>、74.82g、5.92mm、12.03、67.75。ESI、ST、SS、AH以及HU并无显著性差异,但LRFI组略高于HRFI组;在EML上HRFI组稍高于LRFI组;在

YC方面,高剩余采食量组显著高于低剩余采食量组。

2.4 RFI与绍兴鸭蛋品质相关性分析 如表4所示,RFI与蛋品质各指标间均无显著相关性;ST与SS、EML、AH以及HU呈极显著正相关;同时SS也与EML、AH以及HU呈极显著正相关;EML与AH呈极显著正相关;除此之外,HU与AH呈极显著正相关,与YC极显著负相关。

表3 不同RFI绍兴鸭的蛋品质差异

项目	高剩余采食量组	低剩余采食量组	平均
ESI,%	1.31±0.04	1.32±0.05	1.32±0.48
ST,mm	0.41±0.04	0.43±0.05	0.42±0.045
SS,kg/cm <sup>2</sup>	3.94±0.77	4.12±1.07	4.03±0.92
EM,g	75.38±6.35	74.26±4.74	74.82±5.56
AH,mm	5.69±1.04	6.16±0.69	5.92±0.90
YC	12.21±0.49 <sup>a</sup>	11.85±0.47 <sup>b</sup>	12.03±0.51
HU	65.10±10.82	70.39±5.74	67.75±8.96

表4 RFI与绍兴鸭蛋品质性状相关性分析

项目	ESI	ST	SS	EML	AH	YC	HU	RFI
ESI	1							
ST	-0.047	1						
SS	0.005	0.694**	1					
EML	0.07	0.215**	0.182**	1				
AH	0.009	0.301**	0.273**	0.221**	1			
YC	-0.033	-0.016	-0.081	0.116	-0.124*	1		
HU	-0.001	0.220**	0.218**	-0.018	0.947**	-0.181**	1	
RFI	-0.049	0.038	0.082	0.005	-0.047	0.124	-0.106	1

### 3 讨论

大量研究表明,对RFI进行选育,实质是在降低采食量来提高饲料报酬的同时,对生产性能及蛋肉品质无显著影响。Faure等<sup>[9]</sup>研究表明,不同RFI猪在生长速度上无明显差异,且在肉品质上也无显著差异;Gilbert等<sup>[10]</sup>研究了连续9个世代持续进行RFI选育的长白猪,结果表明,低RFI系在采食量以及生长速率上显著高于高RFI系,且在肉质上无明显差异。Zeng等<sup>[11]</sup>研究表明,RFI的选择在降低采食量的同时不会降低平均蛋重。本实验中,同等饲养背景下,低剩余采食量组绍兴鸭的FI和料蛋比极显著低于高剩余采食量组,BW、GW、EML略高于高剩余采食量组,这与金四华等<sup>[12]</sup>在肉鸭上得出的高低剩余采食量组间FI以及FCR间差异极显著的结论相一致,与Bottje<sup>[13]</sup>在肉鸡上得出的低剩余采食量组肉鸡在体增重无显著差异的情况下,FI极显著

低于高剩余采食量组的结论一致。在相关性分析中可以看出,RFI与FI、料蛋比有显著相关性,与其他性状无相关性,表明这些性状与RFI并无直接相关。

在蛋产品贮存、加工与消费过程中,蛋品质对生产者和消费者都起着重要作用。一些蛋壳的质量特征(如SS和ST)都具有重要的经济价值。同时,蛋白质对蛋和蛋类产品质量的保存性能有影响<sup>[14-16]</sup>。本研究结果发现,高、低剩余采食量组ESI、ST、SS、AH和HU差异均不显著,因此,用RFI作为提高饲料转化率指标选育基本不会对蛋品质造成影响;在相关性分析中,RFI与蛋品质各项指标均无显著相关性,但SS与ST以及AH与HU都呈极显著相关性。刘雅丽等<sup>[17]</sup>研究表明,绍兴鸭青壳系蛋品质各性状间无显著差异性,ST与SS呈极显著正相关性;Zeng等<sup>[18]</sup>研究发现,AH与HU呈极显著正相关,但蛋重与HU呈极显著正相关。本研究发现,高低剩余采食量组鸭子的RFI与所有蛋品质性状均无差异,初步表明对蛋鸭进行RFI的选育不会影响蛋的品质,与Faure等<sup>[9]</sup>和Gilbert等<sup>[10]</sup>在猪上得出的RFI与猪肉品质无相关性的结果相似。

### 4 结论

本实验结果表明,RFI与FI以及料蛋比呈极显著正相关,低剩余采食量组在饲料利用率上远优于高剩余采食量组;在蛋品质方面,除蛋色外,高低剩余采食量组间无显著差异性,RFI与蛋品质各项指标间均无显著相关性。结果表明,在绍兴鸭上进行剩余采食量选育是可行的,在降低饲料消耗的同时,不会影响鸭蛋产量与蛋品质。

### 参考文献:

- [1] Archer J A, Arthur P F, Herd R M, et al. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle[J]. J Anim Sci, 1997, 75(8): 2024.
- [2] Koch R M, Swiger L A, Chambers D, et al. Efficiency of feed use in beef cattle[J]. J Anim Sci, 1963, 22(2): 486-494.
- [3] Luiting P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption[J]. World's Poult Sci, 1990, 46: 133-152.
- [4] Bordas A, Tixier-Boichard M, Merat P. Direct and correlated responses to divergent selection for residual food intake in Rhode island red laying hens[J]. Br Poult Sci, 1992, 33(4): 741-754.
- [5] Barendse W, Reverter A, Bunch R J, et al. A validated whole-

- genome association study of efficient food conversion in cattle[J]. *Genetics*, 2007, 176(3): 1893-1905.
- [6] Zhang Y, Guo Z, Xie M, *et al.* Genetic parameters for residual feed intake in a random population of Pekin Duck[J]. *Asian-Australas J Anim Sci*, 2017, 30(2): 167.
- [7] Yuan J, Dou T, Ma M, *et al.* Genetic parameters of feed efficiency traits in laying period of chickens[J]. *Poult Sci*, 2015, 94(7): 1470-1475.
- [8] Basso B, Bordas A, Dubos F, *et al.* Feed efficiency in the laying duck: Appropriate measurements and genetic parameters[J]. *Poult Sci*, 2012, 91(5): 1065-1073.
- [9] Faure J, Lefaucheur L, Bonhomme N, *et al.* Consequences of divergent selection for residual feed intake in pigs on muscle energy metabolism and meat quality[J]. *Meat Sci*, 2013, 93(1): 37-45.
- [10] Gilbert H, Billon Y, Brossard L, *et al.* Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig[J]. *Animal*, 2017, 11(9): 1427-1439.
- [11] Zeng T, Chen L, Du X, *et al.* Association analysis between feed efficiency studies and expression of hypothalamic neuropeptide genes in laying ducks[J]. *Anim Genet*, 2016, 47(5): 606-609.
- [12] 金四华, 何婷婷, 杨磊, 等. 肉鸭 PRKAG2 基因表达水平与饲料效率性状的相关性分析[J]. *安徽农业大学学报*, 2018, 45(4): 32-36.
- [13] Bottje W G, Lassiter K, Dridi S, *et al.* Enhanced expression of proteins involved in energy production and transfer in breast muscle of pedigree male broilers exhibiting high feed efficiency[J]. *Poult Sci*, 2017, 96(7): 2454-2458.
- [14] 付丹丹, 王巧华, 马美湖, 等. 贮藏期鸡蛋新鲜度指标与 S-卵白蛋白含量的相关关系[J]. *食品科学*, 2018, 39(19): 8-13.
- [15] Lin R L, Chen H P, Rouvier R, *et al.* Genetic parameters of body weight, egg production, and shell quality traits in the Shan Ma laying duck (*Anas platyrhynchos*) [J]. *Poult Sci*, 2016, 95(11): 2514-2519.
- [16] 黄选洋, 张克英, 王建萍, 等. 矿物质元素和维生素对鸡蛋壳颜色的影响及其可能机制[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(9): 2687-2694.
- [17] 刘雅丽, 王德前, 陶争荣, 等. 不同品系(组合)鸭蛋品质的研究[J]. *浙江农业学报*, 2012, 24(4): 559-562.
- [18] Zeng T, Zhang H, Liu J, *et al.* Genetic parameters of feed efficiency traits and their relationships with egg quality traits in laying period of ducks[J]. *Poult Sci*, 2018, 97(3): 758-763.

### Correlation Analysis of Residual Feed Intake and Part of Production Performance and Egg Quality in Shaoxing Duck

BAI Tian<sup>1,2</sup>, ZENG Tao<sup>2</sup>, HUANG Xuetao<sup>2,3</sup>, TAO Zhengrong<sup>2</sup>, SHEN Junda<sup>2</sup>,  
LI Liumeng<sup>3</sup>, ZENG Xuehua<sup>1</sup>, HE Ke<sup>1</sup>, LU Lizhi<sup>2\*</sup>, ZHAO Ayong<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Zhejiang A&F University, Zhejiang Hangzhou 311300, China;  
2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Zhejiang Hangzhou 310021, China; 3. Zhejiang Generation Biological Science and Technology Co., Ltd, Zhejiang Zhuji 311800, China)

**Abstract:** To analysis residual feed intake and its correlation with production performance and egg quality, we designed an experiment for Shaoxing ducks. Data comprised records from 300 Shaoxing ducks, feed intake (FI), body weight (BW), average egg weight (EML) and egg quality were measured individually for the ducks at 410-470 days old. We calculated RFI and ratio of feed to egg, then analyzed the correlation of RFI between production performance and egg quality. The average FI, EML, BW, gain weight(GW), ratio of feed to egg and RFI of Shaoxing duck were 198.8 g/d, 73.0 g, 1 500.9 g, 2.5 g/d, 2.7 and 3.5 g/d, respectively. The low residual feed intake group (LRFI) was significantly lower than the high residual feed intake group (HRFI) ( $P<0.01$ ) in the RFI, FI and ratio of feed to egg. In regard of correlation analysis, RFI was significantly positively correlated with FI and ratio of feed to egg ( $P<0.01$ ); FI was significantly positively correlated with EML and BW ( $P<0.01$ ), and FI was significantly negatively correlated with ratio of feed to egg ( $P<0.01$ ). There was a significant positive correlation between FI and GW ( $P<0.05$ ). Egg quality analysis results showed that the Yolk color level of HRFI group was significantly higher than that of LRFI group ( $P<0.05$ ), while LRFI was higher than HRFI in egg shape index, eggshell thickness, eggshell strength, protein height and Haugh unit, however, it did not reach a significant level; there was no significant correlation between RFI and egg quality indicators; eggshell thickness was significantly positively correlated with eggshell strength, average egg weight, protein height and Haugh units ( $P<0.01$ ); At the same time, the eggshell strength was also significantly positively correlated with the average egg weight, protein height and Haugh unit ( $P<0.01$ ). The results show that it is feasible to use RFI as a selection index. At the same time, ducks with LRFI that have no effect on egg production and quality can significantly reduce FI and improve feed efficiency.

**Keywords:** Shaoxing duck; Residual feed intake; Egg quality

(责任编辑: 周会会)