

如皋黄鸡选育群 105 日龄体重遗传力及近交参数分析

郭军 王克华* 曲亮 沈曼曼 窦套存 胡玉萍

(江苏省家禽科学研究所,江苏 扬州 225125)

摘要 为评估如皋黄鸡选育群个体间亲缘关系远近程度,分析 105 日龄体重遗传力。收集 2011—2014 年连续 4 代如皋黄鸡有称重记录的育成期母鸡资料,整理后得到 7 550 条个体记录。对非 105 日龄体重进行校正处理。应用 Endog 软件计算近交相关参数,包括个体近交系数(F_i)、个体近交速率(ΔF_i)、平均亲缘关系(AR)以及每个世代 F_i 和 AR 平均值。应用 AIREML 算法剖分表型方差组分,计算遗传力时考虑了近交、批次以及母本日龄对表型方差的影响,将加性遗传、母体遗传列入随机效应,以 AIC 值、BIC 值选择最优模型。结果表明选育群个体近交系数平均值为 0.44%、亲缘关系平均值为 1.58%;个体近交系数适合以 3 阶协变量嵌入遗传模型;如皋黄鸡 105 日龄体重遗传力为 0.45±0.03。如皋黄鸡 105 日龄体重属于中等遗传力性状;分析体重遗传参数时应考虑个体近交系数。

关键词 如皋黄鸡;遗传力;近交系数;体重;系谱

中图分类号 S 83.1

文章编号 1007-4333(2015)06-0175-06

文献标志码 A

Estimation on inbreeding parameters and heritability of 105 days-old body weight in Rugao Yellow Chickens

GUO Jun, WANG Ke-hua*, QU Liang, SHEN Man-man,

DOU Tao-cun, HU Yu-ping

(Jiangsu Institute of Poultry Science, Yangzhou 225125, China)

Abstract This study was to investigate the effect of inbreeding depression on juvenile body weight in Rugao Yellow Chickens and estimate the heritability for body weight at 105 days-old. Data was collected from Rugao Yellow Chickens for four generations from year 2011 to 2014 And body weights from 7 550 juvenile fowls were collected. Non-105 day-old body weights were standardized to 105 day-old body weights. Inbreeding parameters, such as individual inbreeding coefficients (F_i), individual inbreeding coefficients gain (ΔF_i), average relatedness coefficient (AR), and average F_i and ΔF_i by generation, were evaluated with Endog software. The variance components were dissected with AIREML algorithm. The effects of inbreeding depression, batches and dam age were considered during evaluation of heritability. Direct and maternal genetic variances were considered as random effects. Models were compared using AIC and BIC values. The results suggested: 1) Average F_i value for the whole population was 0.44%, and AR value was 1.58%; 2) F_i as 3rd order covariates should be embedded in genetic models; 3) The heritability for 105 days-old body weight of Rugao Yellow chickens was 0.45±0.03, which was moderate heritability trait. F_i should be embedded in estimation on genetic parameters for body weight.

Key words Rugao Yellow Chicken; heritability; inbreeding coefficient; body weight; pedigree

畜禽选育通常在封闭群体内进行,通过选择育种提升优良基因频率,这种选择方式将导致近交系

数逐渐增加。近交累积到一定程度将减少畜禽生殖潜能或降低机体生理效率,因此近交对选育性状的

收稿日期: 2015-02-06

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-41-K02); 国家科技支撑项目(2011BAD28B0303); 江苏省自然科学基金(BK20131237); 江苏省科技成果转化专项资金(BA2014132)

第一作者: 郭军,副研究员,主要从事动物遗传育种研究,E-mail:guojun.yz@gmail.com

通讯作者: 王克华,研究员,主要从事家禽育种研究,E-mail:sqbreeding@126.com

效应已成为畜禽育种研究的重要内容^[1-2]。研究表明近交影响家禽生长性能和繁殖性能。Sewalem等^[3]连续统计了10代白来航鸡产蛋性能,结果表明近交减少产蛋数、延缓开产日龄。Cahaner等^[4]报道近交不仅减少火鸡孵化率,还显著减少17周龄体重。Szwaczkowski等^[5]发现近交导致白来航鸡18周龄体重降低。然而,也有文献报道近交可以增加育成鸡的体重。Ibe等^[6]分析了连续19代全同胞交配白来航鸡生产性能,发现28~30周产蛋数显著降低、开产日龄推迟,但17周龄体重显著增加。随着计算技术以及数量遗传学理论的发展,基于育种群大数据计算个体近交系数成为可能,已有研究将个体近交系数作为协变量嵌入遗传力分析以及育种值估计。2009年,Gómez等^[7]评估安达卢西亚纯种马时将 F_i 和 ΔF_i 作为协变量用于体貌性状遗传参数估计。随后,Panetto等^[8]分别以 F_i 、 ΔF_i 作为协变量研究了奶牛的遗传参数;Toit等^[9]以近交效应作为协变量分析了泽西牛遗传参数;Santana等^[10]在遗传评估Murrah水牛时将 F_i 、 ΔF_i 列入协变量;Gowane等^[11]用该方法分析了美利奴绵羊生长性状遗传参数。综上所述,国外学者针对家畜的近交效应做了许多遗传评估工作,但尚未就家禽分析近交对遗传参数的影响。如皋黄鸡原产于江苏如东、海安等地,是我国优良地方鸡种资源,具有性早熟、适应能力强、肉蛋品质优良等特点。本试验以如皋黄鸡为素材,基于系谱信息获取个体近交参数,评估近交效应对遗传参数的影响,旨在为下一步选育规划的制定以及个体育种值估计奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验鸡

选取如皋黄鸡2011—2014年连续4个世代的称重记录进行数据整理和分析。试验鸡分三段式饲养,0~7周为育雏阶段,8~18周为育成阶段,18周之后为产蛋阶段。不同世代鸡饲养于同一栋鸡舍。试验鸡佩戴翅号、单笼饲养,三层阶梯式笼养,常规饲料喂养,机械化喂料、清粪。育成期每日光照8 h、黑暗16 h。每代由60~80个家系组成。称重前禁食12 h,记录性别。

1.2 统计分析

1.2.1 系谱资料的整理与分析

依据如皋黄鸡2008—2013年出雏表和配种表

整理系谱信息。出雏表提供家系号、与配母鸡代号,配种表提供配种公鸡、母鸡翅号和相应代号。以个体翅号、父亲翅号、母亲翅号、性别、出生日期依次排列,缺失信息记为“0”。确保高世代个体编号大于低世代。选育群具完整系谱的鸡有19 971只,应用ENDOG V4.5软件获得近交参数,包括 F_i 、 ΔF_i 以及平均亲缘关系^[12-13]。为了评估近交效应是否影响如皋黄鸡105日龄体重,将试验鸡依据 $F_i=0$ 、 $F_i>6\%$ 分成2组,进行差异显著性统计。

1.2.2 105日龄体重数据的校正及遗传力估计

将非105日龄体重数据依据标准差比值和均值校正为105日龄体重数据^[14]。校正公式如下:

$$y_{ij}^* = \frac{y_{ij} - m_i}{s_i} s_{105} + m_{105},$$

式中: y_{ij} 为 j 个体在 i 日龄体重, m_i 、 s_i 分别为群体在 i 日龄体重的平均数和标准差, m_{105} 、 s_{105} 分别为群体105日龄体重的平均数和标准差。以SAS软件中GLM程序计算体重数据均值和标准差,去除校正后体重极端值个体(3倍标准差之外数据)后,应用WOMBAT软件以AIREML为主体算法计算105日龄体重的(协)方差组分、遗传力以及部分系谱信息^[15]。参照如皋黄鸡42日龄^[16]、40周龄^[17]体重遗传评估结果,经WOMBAT分析,固定效应考虑批次、母亲年龄,随机效应考虑加性遗传和母体遗传。所用动物模型矩阵表达式如下:

模型Ⅰ: $y = Xb + Z_a a + e$ ——最简模型

模型Ⅱ: $y = Xb + Z_a a + Z_m m + e$ ——母体遗传效应分析

模型Ⅲ: $y = Xb + Z_a a + Z_m m + e, \text{cov} = F_i$ ——个体近交系数作为协变量

模型Ⅳ: $y = Xb + Z_a a + Z_m m + e, \text{cov} = \Delta F_i$ ——个体近交速率作为协变量

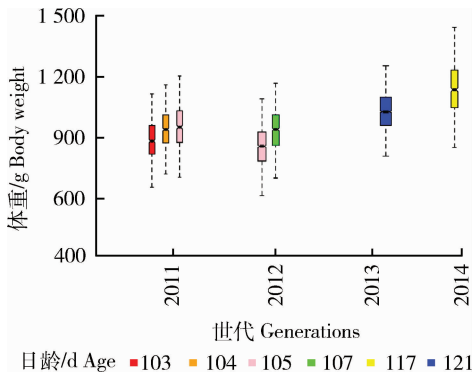
y 是所有个体性状表型值向量; a 、 b 、 m 和 e 分别是加性遗传效应、固定效应、母体遗传效应及残差效应的向量。 X 、 Z_a 和 Z_m 分别是固定效应、加性遗传效应及母体遗传效应指定矩阵。

2 结果与分析

2.1 选育群各世代体重测定结果分析

自2011—2014年,以105日龄为测定日连续统计4个世代统计如皋黄鸡体重。图1显示,2012世代105日龄体重中位数低于2011世代,经 t 检验,两群体平均体重间存在极显著差异($P < 0.0001$)。

同样,以非配对 t 检验分析了测试群体。尽管 2014 世代测定日龄比 2013 世代的还早 4 d(117 vs. 121),但经 t 检验,前者极显著大于后者($P < 0.0001$)。如皋黄鸡非 105 日龄体重经过校正处理后,与 105 日龄体重组成数据集。经 R 语言统计分析,如皋黄鸡 105 日龄体重最小值为 615 g,下四分位数为 832.59 g,中位数为 934.80 g,上四分位数为 1 056.58 g,最大值为 1 609.89 g。选育群体 105 日龄平均体重为 963.95 g,标准差为 178.56 g,变异系数为 18.52%。



箱线图主要包括 5 个节点,即上边缘、上四分位数、中位数、下四分位数和下边缘。箱体宽度与样本量成比例。

Boxplot was composed of 5 key points, i. e. maximum, upper quartile, median, lower quartile and minimum. Box width was proportioned to sample size.

图 1 如皋黄鸡体重变化箱线图

Fig. 1 Juvenile body weight in Rugao Yellow Chickens

2.2 各世代选育群近交参数

本研究分析了 2009—2014 年如皋黄鸡选育群系谱数据,数据集由 19 971 只鸡组成,公母比例为

1 : 2,分为 320 个父系和 1 708 个母系,其中有后代个体约占 22.2%。经软件 Endog 分析,选育群体个体近交系数平均值为 0.44%,其中大部分个体(13 087/19 971)的 F_i 为 0,5 145 只鸡的个体近交系数 $0 < F_i < 1.0%$,1 546 只鸡的个体近交系数 $1.0\% \leq F_i < 6.0%$,65 只鸡的个体近交系数 $6.0\% \leq F_i < 12.5%$,62 只鸡的个体近交系数 $12.5\% \leq F_i < 25.0%$,66 只鸡的 F_i 为 25.0%。一般地,当鸡只全同胞交配时, F_i 指定为 25.0%;半同胞交配时, F_i 指定为 12.5%;如皋黄鸡选育群体的 AR 平均值为 1.58%。

图 2 给出如皋黄鸡 6 个世代近交效应演化趋势,AR 群体平均值逐年上升。如皋黄鸡选育群 2013 世代未出现家系内交配,该世代的 F_i 群体平均值呈现下降。将试验鸡依据 $F_i = 0, F_i \geq 6.0%$ 分成 2 组。 t 检验表明近交群体($F_i \geq 6.0%$)105 日龄体重显著高于 $F_i = 0$ 群体($P < 0.05$)。

2.3 105 日龄体重方差组分及遗传力估计

由 1.2.2 混合模型矩阵表达式可知,模型 I 为最简模型,模型 II 在模型 I 基础上考虑了母体遗传效应($COV_{am} \neq 0$),模型 III 和模型 IV 是在模型 II 基础上分别以 F_i 和 ΔF_i 作为协变量,表 1 列出如皋黄鸡 105 日龄体重方差组分。引入 F_i 和 ΔF_i 协变量是为了校正体重数据,协变量只有在最拟合阶数下才能获得准确结果,针对模型 III、模型 IV 中的协变量分别以 1~4 阶、1~3 阶拟合,结果见表 1。最适模型以及协变量拟合阶数均以 AIC 和 BIC 准则进行选择。由表 1 可知,模型 III 为最适模型,个体近交系数适合以 3 阶协变量的方式调整体重数据,如皋黄鸡 105 日龄体重遗传力为 0.45 ± 0.03 。

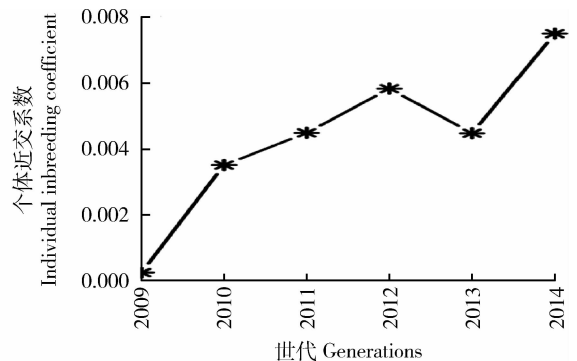
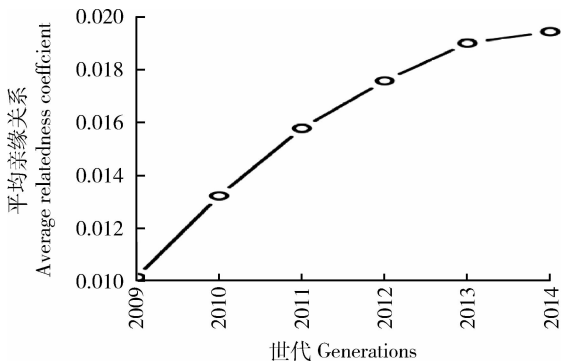


图 2 如皋黄鸡选育群体 2009—2014 年平均亲缘关系、个体近交系数演化趋势

Fig. 2 Evolution of F_i and AR in Rugao Yellow Chickens from 2009 to 2014

表 1 如皋黄鸡 105 日龄体重方差组分、遗传力
Table 1 Heritability and variance components of Rugao Yellow chickens body weight at 105 day-old

模型 Model	最大对数 似然值 Maximum log Likelihood		AIC 值 AIC	BIC 值 BIC	加性遗传方差 Additive variance	母体遗传方差 Maternal genetic variance	残差方差 Residual variance	表型方差 Phenotypic variance	遗传力 Heritability
I	-38 581.95	77 167.90	77 181.75	5 973.90±474.75	6 584.40±316.84	12 129.70±273.42	0.49±0.03		
II	-38 577.78	77 163.57	77 191.28	5 589.34±472.79	3 228.49±274.55	6 585.42±316.85	0.46±0.03		
III									
1 阶协变量 First order covariate	-38 573.02	77 154.03	77 181.74	5 591.42±473.00	3 231.23±274.81	6 603.71±317.66	0.46±0.03		
2 阶协变量 Second order covariate	-38 564.25	77 136.51	77 164.21	5 584.32±473.62	3 225.48±275.00	6 759.00±314.01	0.46±0.03		
3 阶协变量 Third order covariate	-38 554.14	77 116.28	77 143.98	5 423.00±465.59	3 152.5±272.02	6 643.71±319.45	0.45±0.03		
4 阶协变量 Fourth order covariate	-38 558.14	77 137.04	77 164.746	5 594.54±475.12	3 230.61±278.21	6 584.47±316.91	0.46±0.03		
IV									
1 阶协变量 First order covariate	-38 572.11	77 152.22	77 179.93	5 590.47±472.92	3 228.69±274.64	6 915.78±301.96	0.46±0.03		
2 阶协变量 Second order covariate	-38 562.44	77 132.88	77 160.58	5 210.69±450.07	3 106.06±269.03	7 951.78±252.62	0.44±0.03		
3 阶协变量 Third order covariate	-38 564.00	77 136.00	77 163.71	4 009.33±368.25	2 772.46±252.46	6 584.40±316.84	0.34±0.03		

3 讨论

3.1 如皋黄鸡的近交参数

如皋黄鸡选育群采用公鸡有序轮配制度,这种交配方式有效避免了个体近交系数过快增长。如皋黄鸡群体 F_i 平均值为 0.44%, 比其他鸡种选育群体的低。Siegel 等^[18]从 1957 年开始在弗吉尼亚理工大学构建白洛克鸡 8 周龄体重双向选择系,据系谱分析,高、低体重系各世代的 F_i 平均值分别为 1.6%、1.3%, 高于如皋黄鸡群体平均值。据 Nordskog 等^[19]报道,爱荷华州立大学自来航鸡选育群体 1965—1975 年的 F_i 平均值为 1.44%, 1975 年之后被分成 5 个亚群,每个亚群每年的 F_i 平均值保持在 2.7%, 相当于如皋黄鸡的 6 倍。据 Cahaner 等^[4]统计,宽胸白羽火鸡选育群父系 1977 年、1978 年近交系数平均值分别为 4.77%、5.76%, 母系的分别为 8.23%、10.13%。据 Nwagu 等^[20]研究显示,尼日利亚国立动物生产研究所洛岛红鸡群体父系每代近交系数平均值为 0.52%、母系为 0.46%, 与如皋黄鸡选育群体的近交系数基本保持在同一水平。对于畜禽选育来说,近交“坏”的一面是导致畜禽生存适度(Fitness)下降,近交“好”的一面是有利于提高整齐度、淘汰隐性有害基因。如皋黄鸡选育群体采用避免家系内交配的选配制度,有效防止了近交系数过快增长,体现在个体近交系数群体均值较低,其中 66% 的个体 F_i 为 0。但是,如皋黄鸡 105 日龄体重变异系数为 18.52%, 42 日龄体重变异系数为 19.82%^[16], 280 日龄体重变异系数为 14.51%^[17], 提示这种交配制度影响了群体的整齐度选育。据 Morris 等^[21]评估在商品鸡群体中每代保持 1% 的个体近交系数是可以忍受的。其他如肉牛^[22]、奶牛^[23]和绵羊^[24]等的研究表明近交对选择反应的影响有限。在如皋黄鸡选育中,如何平衡近交衰退与整齐度是下一步需要解决的问题。

3.2 如皋黄鸡 105 日龄体重的遗传力

本研究目的在于评估不同近交程度对如皋黄鸡 105 日龄体重的影响,为如皋黄鸡的体重选育提供支持。研究结果显示 F_i 与 ΔF_i 对如皋黄鸡体重遗传力估值均有一定的影响,但差别不大。 ΔF_i 是以有效世代数标准化 F_i 。牛、马等大牲畜可以连续多年用作种畜, F_i 无法区分这种个体近交系数相同系谱深度不同的近交效应,因此 Gutiérrez 等^[25]引入

ΔF_i 这一概念。鸡的选育一般地采用“全进全出”方式,世代间隔一般为 1 年,种鸡的系谱深度基本保持在同一水平。

105 日龄母鸡正处于育成期,个体成熟已经完成,正在向性成熟期过渡,该时段体重对于评估生殖潜力、发育程度以及生活力有着重要意义。本研究以个体近交系数为协变量,优化模型后获得如皋黄鸡 105 日龄体重为 (0.45 ± 0.03) kg, 与同类研究结果相近。Ghorban 等^[26]分析了伊朗地方鸡种法尔斯鸡连续 17 代生长、繁殖性状遗传参数,研究结果表明 12 周龄体重遗传力为 0.41 ± 0.01 。Wolc 等^[27]分析了波兰国立动物生产研究所的 4 个蛋鸡品种(连续 8 代)体重遗传参数,20 周龄体重遗传力在 0.32~0.53。如皋黄鸡 105 日龄体重遗传力高于伊埃塞俄比亚地方鸡种 Horro 鸡 ($h^2 = 0.23 \pm 0.06$)^[28]。如皋黄鸡 105 日龄体重遗传力高于一些商品化蛋鸡群体,在地方鸡种也算作较高水平,表明其选育潜能较大。

选育群体既要获得遗传进展,又要防止近交衰退,如何平衡两者之间的关系是育种工作中无法避免的难题。本研究基于系谱研究分析了如皋黄鸡群体近交参数,并以个体近交系数为协变量评估近交效应对体重遗传力的影响。研究结果表明如皋黄鸡个体近交系数相对较低,提示为了尽快获得遗传进展及整齐度,应以 BLUP 估计个体育种值,同时合理增加个体近交系数。本试验结果还表明地方鸡种体重遗传参数估算时应考虑近交的影响。

参 考 文 献

- [1] Leroy G. Inbreeding depression in livestock species: Review and meta-analysis[J]. Anim Genet, 2014, 45(5): 618-628
- [2] Kristensen T, Sørensen A C. Inbreeding-lessons from animal breeding, evolutionary biology and conservation genetics[J]. Anim Sci, 2005, 80(2): 121-133
- [3] Sewalem A, Johansson K, Wilhelmson M, et al. Inbreeding and inbreeding depression on reproduction and production traits of White Leghorn lines selected for egg production traits[J]. Brit Poultry Sci, 1999, 40(2): 203-208
- [4] Cahaner A, Abplanalp H, Shultz F. Effects of inbreeding on production traits in turkeys[J]. Poultry Sci, 1980, 59(7): 1353-1362
- [5] Szwaczkowski T, Cywa-Benko K, Wezyk S. Curvilinear inbreeding effects on some performance traits in laying hens [J]. J Appl Genet, 2004, 45(3): 341-342

- [6] Ibe S, Rutledge J, McGibbon W. Inbreeding effects on traits with and without selection for part record rate of lay in chickens[J]. *Poultry Sci*, 1983, 62(8): 1543-1547
- [7] Gomez M D, Valera M, Molina A, et al. Assessment of inbreeding depression for body measurements in Spanish purebred (Andalusian) horses[J]. *Livest Sci*, 2009, 122(2/3): 149-155
- [8] Panetto J C C, Gutierrez J P, Ferraz J B S, et al. Assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd: Effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction[J]. *J Dairy Sci*, 2010, 93(10): 4902-4912
- [9] du Toit J, van Wyk J B, Maiwashe A. Assessment of inbreeding depression for functional herd life in the South African Jersey breed based on level and rate of inbreeding[J]. *Safr J Anim Sci*, 2012, 42(1): 55-62
- [10] Santana M L, Aspilcueta-Borquis J R R, Bignardi A B, et al. Population structure and effects of inbreeding on milk yield and quality of Murrah buffaloes[J]. *J Dairy Sci*, 2011, 94(10): 5204-5211
- [11] Gowane G R, Prakash V, Chopra A, et al. Population structure and effect of inbreeding on lamb growth in Bharat Merino sheep[J]. *Small Ruminant Research*, 2013, 114(1): 72-79
- [12] Gutierrez J P, Goyache F. A note on ENDOG: A computer program for analysing pedigree information[J]. *J Anim Breed Genet*, 2005, 122(3): 172-176
- [13] Meuwissen T H E, Luo Z. Computing inbreeding coefficients in large populations[J]. *Genet Sel Evol*, 1992, 24(4): 305-313
- [14] DufRASNE M, Rustin M, Jaspert V, et al. Using test station and on-farm data for the genetic evaluation of Pietrain boars used on Landrace Sows for growth performance[J]. *J Anim Sci*, 2011, 89(12): 3872-3880
- [15] Meyer K. WOMBAT: A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML)[J]. *J Zhejiang Univ-SCI B*, 2007, 8(11): 815-821
- [16] 窦套存, 王克华, 曲亮, 等. 如皋黄鸡 42 日龄体重母体遗传效应评估[J]. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 2014, 34(6): 511-517
- [17] 郭军, 王克华, 曲亮, 等. 应用贝叶斯算法评估如皋黄鸡 40 周龄体重母体遗传、显性遗传效应[J]. *东北农业大学学报*, 2015, 46(1): 79-85
- [18] Marquez G, Siegel P, Lewis R. Genetic diversity and population structure in lines of chickens divergently selected for high and low 8-week body weight[J]. *Poultry Sci*, 2010, 89(12): 2580-2588
- [19] Nordskog A, Cheng S. Inbreeding effects on fertility and hatchability associated with the formation of sublines[J]. *Poultry Sci*, 1988, 67(6): 859-864
- [20] Nwagu B, Olorunju S, Oni O, et al. In-breeding effect on performance of rhode island chickens selected for Part-period egg production [J]. *Int J Poultry Sci*, 2007, 6(1): 13-17
- [21] Morris A, Pollott G. Comparison of selection based on phenotype, selection index and best linear unbiased prediction using data from a closed broiler line[J]. *Brit Poultry Sci*, 1997, 38(3): 249-254
- [22] Macneil M D, Urick J J, Newman S, et al. Selection for postweaning growth in inbred hereford cattle- the fort-keogh, montana line-1 example[J]. *J Anim Sci*, 1992, 70(3): 723-733
- [23] Ahmad Z, Ahmad M, Qureshi A. Influence of inbreeding on performance traits of Sahiwal cattle[J]. *J Dairy Sci*, 1974, 57(10): 1225-1227
- [24] Erasmus G J, Delange A O, Delport G J, et al. Presence of inbreeding during a selection experiment with Merino Sheep [J]. *S Afr J Anim Sci*, 1991, 21(4): 190-192
- [25] Gonzalez-Recio O, de Maturana E L, Gutierrez J P. Inbreeding depression on female fertility and calving ease in Spanish dairy cattle[J]. *J Dairy Sci*, 2007, 90(12): 5744-5752
- [26] Ghorbani S, Tahmoorespur M, Maghsoudi A, et al. Estimates of (co) variance components for production and reproduction traits with different models in Fars native fowls[J]. *Livest Sci*, 2013, 151(2): 115-123
- [27] Wolc A, Lisowski M, Hill W, et al. Genetic heterogeneity of variance in production traits of laying hens[J]. *Brit Poultry Sci*, 2011, 52(5): 537-540
- [28] Dana N, Vander E W, van Arendonk J A. Genetic and phenotypic parameter estimates for body weights and egg production in Horro chicken of Ethiopia[J]. *Trop Anim Health Pro*, 2011, 43(1): 21-28

责任编辑: 苏燕