

北京鸭繁殖性能的遗传分析

徐铁山^{1,2}, 黄 苇¹, 刘小林³, 侯水生^{1*}

(1. 中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094; 2. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 儋州 573717;
3. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100)

摘 要: 采用动物模型和 MTDFREML 软件计算北京鸭繁殖性能性状的遗传参数、育种值和母体效应, 结果表明: (1) 北京鸭产蛋量的变异较大。(2) 北京鸭产蛋量的遗传力主要由加性效应决定, 母体效应的作用较小。(3) 要综合选择北京鸭的体重、蛋重和产蛋量, 以便达到三者共同提高的目的。(4) 对北京鸭进行产蛋量的早期选择时, 应剔除开产阶段的产蛋记录, 选择才较为准确。(5) 北京鸭产蛋量有上升趋势, 蛋重和体重有下降趋势。

关键词: 北京鸭; 繁殖性能; 遗传参数; 育种值; 母体效应; MTDFREML

中图分类号: S831.2

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2006)03-0299-06

Genetic Analysis of Reproductive Performance Traits in Beijing Ducks

XU Tie-shan^{1,2}, HUANG Wei¹, LIU Xiao-lin³, HOU Shui-sheng^{2*}

(1. *Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China;*
2. *Tropical Crop Genetic Resource Research Institute of Chinese Academy of Tropical Agriculture Science, Danzhou 573717, China;* 3. *The Northwest Sci-Tech University of Agri-Fore, YangLing 712100, China*)

Abstract: Genetic parameters, breeding values and maternal effects values of reproductive performance traits in Beijing ducks were estimated in this paper using animal model and MTD-FREML. The results showed that: (1) The variance of egg number in Beijing ducks is prominent; (2) The heritabilities of egg number in Beijing ducks were controlled mostly by additive effect, the maternal effect was very gentle; (3) In order to improving them together, body weight, egg weight and egg number should be synthesized in selection; (4) In order to get the accurate selection of egg number in Beijing ducks, the early egg number register should be cut out. (5) Egg number in Beijing ducks was rose slowly, but egg weight and body weight reversed.

Key words: Beijing ducks; reproductive performance; genetic parameters; breeding values; maternal effect values; MTDFREML

北京鸭作为肉鸭以生长快、繁殖率高、适应性强和肉质好而闻名于世。然而北京鸭的繁殖力很强却不为人所知, 例如每只北京鸭母鸭年产蛋量约为 220~240 枚, 一年可生产商品雏鸭 150~160 只。为了进一步提高北京鸭的繁殖性能, 本文对北京鸭的繁殖性能进行了遗传分析。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究所用材料来自中国农业科学院畜牧研究所 Z 型北京鸭育种场。根据其母亲的产蛋性能, 从生产群中选择 255 只健康无病且母亲的产蛋能力很

收稿日期: 2005-04-21

基金项目: “十五”国家科技攻关课题(20021BA514A-9-2)

作者简介: 徐铁山, (1979-)男, 河南驻马店人, 助研, 主要从事动物遗传育种与繁殖工作。Tel: 0898-23300401; E-mail: xutieshan760412@163.com

* 通讯作者: 侯水生, 研究员, Tel: 010-62815832

强的北京母鸭按公母比例为 1 : 5 的比例组圈、收蛋和称体重取得数据资料,分析了北京鸭繁殖性能性状的遗传情况。性状包括:25~29 周龄产蛋量(EN25~29)、30~34 周龄产蛋量(EN30~34)、35~39 周龄产蛋量(EN35~39)、40~45 周龄产蛋量(EN40~45)、25~34 周龄产蛋量(EN25~34)、30~39 周龄产蛋量(EN30~39)、35~45 周龄产蛋量(EN35~45)、25~45 周龄产蛋量(EN25~45)、30~45 周龄产蛋量(EN30~45)、35 周龄蛋重(EW35)、35 周龄的蛋形指数(ESI35)、开产体重(FEBW)和 35 周龄体重(BW35)。

1.2 试验设计

父母代每只公鸭与 5 只母鸭组成一个小圈,使公鸭与其所配母鸭 3 代之内无亲缘关系,进行交配繁殖;子代每只公鸭与 5 只全同胞母鸭组成一个小圈,避免 3 代近交,进行交配繁殖,测定子代母鸭的繁殖性能。因此,试验取得的数据符合全同胞资料估计遗传参数的要求。

1.3 统计分析

用 Excel 数据库程序输入个体所有性状的记录。按照 MTDFREML 软件^[1]估计方差组分和遗传参数的要求对数据进行整理和排列,剔除输入错误的数。数据排列格式按列分别为个体号、父亲号、母亲号、固定效应和性状观测值顺序构建数据文件;按个体号、父亲号和母亲号的结构排列构建系谱文件。运用 MTDFREML 软件计算得到性状的遗传参数、育种值及母本效应值。

在使用 MTDFREML 软件进行分析时,由于数据比较大,以及计算条件的限制,每次采用两性状进行分析。给定不同初值后多次迭代直到最后结果稳定为止,收敛标准为 1. D-9,要求达到全局最大而非局部最大。

1.4 统计分析模型

本研究采用了动物模型对北京鸭繁殖性能进行了遗传分析。模型中个体动物效应、母体效应和随机残差效应为随机效应。

动物模型

$$Y = Z_a u_a + Z_m u_m + e$$

其中:Y 为个体测定值向量

Z_a 为个体育种值结构矩阵

u_a 为个体育种值向量

Z_m 为个体母体效应结构矩阵

u_m 为个体母体效应向量

e 为随机残差效应向量

模型的假设条件为:

$$E(u_a) = 0, E(u_m) = 0, E(e) = 0, E(Y) = Z_a u_a$$

$$\text{Var}(e) = R, \text{Var}(u_a) = G, \text{Var}(Y) = Z_a G Z_a' + R$$

2 结果与分析

2.1 性状的表型参数

用 SAS 软件^[3]计算获得了北京鸭繁殖性能的表型参数(如表 1 所示)。

表 1 繁殖性能的表型参数

Table 1 The phenotypic parameter of reproductive performance

性状 T	样本含量 N	单位	平均数 \bar{x}	标准差 s	变异系数 CV/%
EN25~29	255	枚	14.15	9.31	65.81
EN30~34	255	枚	30.19	5.32	17.63
EN35~39	255	枚	30.15	5.04	16.72
EN40~45	255	枚	34.72	6.28	18.09
EN25~34	255	枚	44.34	11.35	25.60
EN30~39	255	枚	60.34	8.11	13.45
EN35~45	255	枚	64.86	9.35	14.42
EN25~45	255	枚	109.21	15.50	14.19
EN30~45	255	枚	95.06	11.74	12.36
EW35	255	g	95.86	7.24	7.55
ESI35	255	/	0.74	0.03	3.77
FEBW	255	g	3 125.07	204.17	6.53
BW35	255	g	3 909.38	280.03	7.16

由表 1 可以看出,产蛋量的变异系数都在 12% 以上,说明北京鸭的产蛋性能还不够整齐,通过选择能获得较大的进展。同时,我们要加强选择和饲养管理,力求使其产蛋性能整齐化。其中以 EN25~29 变异系数最大(65.81%),EN25~34 变异系数次之(25.60%),这是因为鸭在 25~29 周龄刚开产,其产蛋性能还不太稳定的缘故;蛋重、蛋形指数和体重的变异系数都在 10% 以下。

2.2 繁殖性能性状的遗传力

使用单性状动物模型估计繁殖性能性状的方差组分和遗传力见表 2。综合国内外家禽遗传参数估计,很少有人对母本遗传力(h_m^2)及加性效应与母本效应的相关(r_{am})进行分析。本文尝试着估计了母本遗传力(h_m^2)及加性效应与母本效应的相关(r_{am}),旨在揭示北京鸭繁殖性能的各种影响因素所起作用的大小。同时,为了能与其他学者的研究结果进行比较,本研究采用 $1-h_e^2$ 作为综合遗传力,然后与其他学者的研究结果进行比较。

从表 2 中可知,北京鸭繁殖性能各性状的综合遗传力都在报道的范围之内稍微偏低的程度。沈乃

民等^[2]研究发现,鸡产蛋量的遗传力表现为产蛋前期最大,以后逐渐下降,下降到最低值时又逐步回升。本研究的结果与他们发现的规律完全吻合:EN25~29、EN30~34、EN35~39、EN40~45 四个产蛋期产蛋量的综合遗传力分别为 0.47、0.25、0.12、0.18。这可能因为个体间开产日龄的差异较大,导致前期产蛋量的加性遗传方差和遗传力较大;产蛋后期遗传力回升可能因为家禽死亡及产蛋后期产蛋生理差异所致。由于 EN25~34 是 EN25~29 和 EN30~34 之和,是整体与部分的关系,从而使得其遗传力(0.36)处于二者之间(0.47 和 0.25),其他整体与部分关系的产蛋量间也存在这种现象。EW35 为中等遗传力性状,ESI35、FEBW 和 BW35 为低遗传力性状。

分别研究加性遗传力、母本遗传力及加性效应与母本效应的相关时可以看出,北京鸭繁殖性能的遗传力主要由个体的加性效应所决定,母本效应处于一个很小的地位;加性效应与母本效应的相关大都为中等以下的负相关,说明北京鸭繁殖性能性状的加性效应与母本效应是相互抑制的。

表 2 REMEL 法获得的繁殖性能方差组分和遗传力估计值

Table 2 Estimates of the variance component and heritability for reproductive performance

性状	加性遗传 方差 V_a	母本遗传 方差 V_m	加性效应 与母本效 应的协方 差 Cov_{am}	残差方差 V_e	表型方差 V_p	加性遗传 力 h_a^2	母本遗传 力 h_m^2	残差遗传 力 h_e^2	综合遗传 力 $1-h_e^2$	加性效应 与母本效 应的相关 r_{am}
EN25~29	41.6	0.87	-1.73	45.94	86.68	0.48	0.01	0.53	0.47	-0.31
EN30~34	7.08	0.28	-0.28	21.23	28.3	0.25	0.01	0.75	0.25	-0.38
EN35~39	3.05	0.25	-0.13	22.23	25.4	0.12	0.01	0.88	0.12	-0.29
EN40~45	7.10	0.39	-0.39	32.34	39.44	0.18	0.01	0.82	0.18	-0.38
EN25~34	46.38	12.88	-12.88	82.45	128.82	0.36	0.10	0.64	0.36	-0.15
EN30~39	9.87	0.66	-0.66	55.91	65.77	0.15	0.01	0.85	0.15	-0.32
EN35~45	6.12	0.87	-0.44	80.87	87.42	0.07	0.01	0.93	0.07	-0.20
EN25~45	79.28	2.4	7.21	151.36	240.25	0.33	0.01	0.66	0.34	-0.34
EN30~45	28.94	8.27	-2.76	103.37	137.83	0.21	0.06	0.75	0.25	-0.06
EW35	14.15	1.57	-0.52	37.22	52.42	0.27	0.03	0.71	0.29	-0.09
ESI35	0	0	0	0	0	0.14	0.01	0.85	0.15	0
FEBW	10 004.5	416.85	-3 751.7	35 015.7	41 685.4	0.24	0.01	0.84	0.16	-0.09
BW35	13 330.9	784.17	-4 705.0	69 006.8	78 416.8	0.17	0.01	0.88	0.12	-0.05

2.3 繁殖性能性状之间的相关

繁殖性能性状之间的相关如表 3 所示。表 3 显示,体重与总产蛋量及不同产蛋期产蛋量之间存在较弱的遗传和表型负相关。FEBW 和 BW35 与 EW

之间存在遗传和表型正相关(遗传相关分别为 0.12 和 0.14,表型相关分别为 0.02 和 0.10)。FEBW 和 BW35 与 EN 之间存在不同程度的遗传和表型负相关(遗传相关在 -0.01~0.28 之间,表型相关在

0.00~0.09 之间)。因此对产蛋鸭体重的选择一定要慎重,要根据育种目标在二者之间寻找一个平衡点来综合选择这两个性状,以便达到最佳的选择效果。

不同阶段产蛋量之间的相关程度很高,但 EN25~34 与各不同阶段的产蛋量之间相关系数都较小。这是因为不同阶段的产蛋量之间的生理结构比较接近,其相似程度比较大,相关程度也较强;25~34 周龄这是北京鸭刚开产的时期,其产蛋生理很不成熟,它与后期的产蛋量之间的生理结构差别较大,因而相关程度低。EN25~29、EN30~34、EN35~39 和 EN40~45 与 EN25~45 和 EN30~45 的相

关中,EN30~34 和 EN40~45 与 EN25~45 和 EN30~45 的遗传相关都较大(分别为 0.45 和 0.52 及 0.52 和 0.51)。说明这两个阶段的产蛋量对整体产蛋量的影响较大,是进行产蛋量早期选择的重点性状。同时 EN30~45 与 EW 的遗传和表型负相关要小于 EN25~45 与 EW 的遗传和表型负相关,说明加强 EN30~45 的选择对 EW 的影响要小于加强对 EN25~45 的选择对 EW 的影响。

表型相关采用 SAS 软件^[3]的 CORR 程序计算,结果与遗传相关的方向基本一致,但部分性状表型相关的绝对值小于遗传相关。这是因为环境效应掩盖了性状间真实的遗传关系。

表 3 REMEL 法获得的繁殖性能遗传相关(下三角)和表型相关(上三角)估计值

Table 3 Estimates of genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlation for reproductive performance

性状	EN25 ~29	EN30 ~34	EN35 ~39	EN40 ~45	EN25 ~34	EN30 ~39	EN35 ~45	EN25 ~45	EN30 ~45	EW35	ESI35	FEBW	BW35
EN25~29		0.14	0.01	0.00	0.49	0.10	0.01	0.35	0.07	-0.09	0	-0.1	-0.21
EN30~34	0.26		0.23	0.15	0.58	0.8	0.22	0.56	0.63	-0.03	0.05	-0.09	-0.08
EN35~39	0.06	0.22		0.36	0.12	0.77	0.78	0.55	0.72	-0.08	-0.11	-0.05	-0.03
EN40~45	0.01	0.34	0.24		0.07	0.32	0.86	0.58	0.76	-0.03	-0.15	-0.04	-0.01
EN25~34	0.47	0.3	0.19	0.14		0.45	0.11	0.8	0.35	-0.09	0.02	-0.12	-0.21
EN30~39	0.11	0.59	0.22	0.27	0.31		0.63	0.71	0.86	-0.02	-0.02	-0.09	-0.08
EN35~45	0.06	0.43	0.31	0.8	0.21	0.59		0.69	0.9	-0.02	-0.17	-0.06	-0.02
EN25~45	0.32	0.45	0.34	0.52	0.8	0.6	0.67		0.8	-0.06	-0.08	-0.12	-0.17
EN30~45	0.1	0.52	0.22	0.51	0.32	0.86	0.82	0.7		0	-0.11	-0.09	-0.06
EW35	-0.28	-0.2	-0.1	-0.09	-0.11	-0.08	-0.06	-0.15	-0.07		-0.18	0.02	0.1
ESI35	-0.04	-0.16	-0.12	-0.25	-0.12	-0.11	-0.22	-0.16	-0.08	-0.11		0.09	0.08
FEBW	-0.26	-0.13	-0.23	-0.14	-0.18	-0.11	-0.11	-0.2	-0.13	0.12	0.15		0.6
BW35	-0.28	-0.15	-0.15	-0.08	-0.21	-0.09	-0.01	-0.18	-0.06	0.14	0.12	0.65	

2.4 繁殖性能性状的育种值与母本效应趋势

数量性状的表型值是由个体的遗传和环境效应共同作用的结果,由于各种遗传效应中(加性效应、显性效应和上位效应)只有加性效应能真实的遗传给下一代,个体加性效应值的高低反映了它在育种上的贡献大小,因此也将这一部分效应叫做育种值^[4]。母体效应对后代而言是母体环境效应,它包括环境和遗传两个部分。当它们成为母本时,母本间的基因型差异体现在它们后代的表型差异中,即母本效应比直接遗传效应迟一个世代^[5]。由于直接遗传效应和母体效应都能世代传递,因此同时揭开加性遗传效应和母体效应是有必要的。下面估计了北京鸭繁殖性能各个世代的平均育种值和平均母体

效应(如表 4 所示),旨在测定北京鸭繁殖性能的育种值和母体效应变化趋势并用来评价以前育种的得失。

从表 4 可以看出,几个产蛋性能指标的育种值都有随着世代的增加而小幅度提高的趋势,其中以 EN40~45 和 EN30~45 提高幅度最大:4 世代与 1 世代相比都提高了 0.17 个蛋。说明该场对产蛋量的选择是有效的,但不很明显。蛋重的育种值有逐渐降低的趋势,这是因为产蛋量与蛋重呈负相关,产蛋量提高的同时导致了蛋重小幅度下降。FEBW 和 BW35 在 1 世代到 2 世代时有降低的趋势,而 2 世代以后又有较大幅度提高的趋势,4 世代与 2 世代相比 FEBW 和 BW35 分别提高了 3.58 g 和

4.19 g。说明该场对青年鸭的饲养还不够稳定。北京鸭繁殖性能的世代平均母本效应的变化与其世代平均育种值的变化趋势相反。

表 4 北京鸭繁殖性能的各世代平均育种值和平均母本效应
Table 4 Generation average breeding values and average maternal values of reproductive performance in Beijing Duck population

性状 Traits	育种值 Breeding values				母本效应 Maternal effect values			
	1 世代 Generation 1	2 世代 Generation 2	3 世代 Generation 3	4 世代 Generation 4	1 世代 Generation 1	2 世代 Generation 2	3 世代 Generation 3	4 世代 Generation 4
EN25~29	-0.01	0.02	0.03	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00
EN30~34	-0.01	0.01	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
EN35~39	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
EN40~45	-0.11	-0.09	-0.05	0.06	0.01	-0.02	-0.01	-0.02
EN25~34	-0.03	-0.02	0.01	0.05	0.09	0.07	0.06	0.01
EN30~39	-0.03	-0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	-0.01	-0.01
EN35~45	-0.02	-0.03	0.03	0.09	0.04	0.00	0.00	-0.02
EN25~45	-0.09	-0.03	0.02	0.08	0.06	0.05	0.02	-0.02
EN30~45	-0.04	-0.15	0.04	0.13	0.06	0.06	-0.01	-0.06
EW35	0.05	-0.02	-0.03	-0.04	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01
ESI35	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
FEBW	-0.36	-0.59	1.74	3.22	0.15	0.09	-0.12	-0.14
BW35	-0.42	-0.95	2.95	3.24	0.06	-0.04	-0.29	-0.57

3 讨论与小结

3.1 遗传参数估计样本容量的确定

吴仲贤^[6]认为“当 T 大时,如 $n=1/t$,组内相关的抽样变量为最小值。由于对于全同胞家系来说 $h^2=2t$,因而其最有效的设计为: $n=1/t=2/h^2$ ”。由于试验场地的限制,本试验力求在不影响遗传参数估计精确性的前提下,尽可能的减少试验鸭的数量。同时鉴于产蛋量的遗传力为 0.103~0.784^[7~12],蛋重的遗传力为 0.113~0.579^[10,13,14],蛋形指数为 0.103~0.452^[15],体重的遗传力为 0.170~0.797^[8~10,16,17]。取 0.1 为北京鸭繁殖性状遗传力的下限,应用吴仲贤推导的公式计算得出所需要的样本容量为 200,考虑到试验过程中不可预测的一些因素及增加样本量可使估计的遗传参数更精确,本试验设计取样本量为 255。这一样本量足以保证估计的遗传参数正确可靠。从本试验的结果来看,北京鸭 EW 的遗传力为 0.07~0.47,其中只有 EN35~45 的遗传力为 0.07,这一遗传力所需样本量大于 255,其余性状的样本量都小于 255;EW、ESI、BW 和 FEBW 的遗传力分别为:0.29、0.15、0.12、0.16,本试验的样本量能够保证估计的正确

性。

3.2 北京鸭的遗传参数

由 3.1 讨论可知,北京鸭经过多年的选育,已经具备自身相对稳定的遗传参数,育种时不能盲目引用其他禽类的参数。可依据自身特有的遗传参数制定综合选择指数对其进一步选育和提高。

3.3 北京鸭产蛋量的选择

北京鸭产蛋量为低到中等遗传力性状,对其进行选择时应采用个体选择和家系选择相结合才能取得较好的效果。宋素芳等^[8]报道,豫州核壳蛋鸡Ⅲ系的选育工作中,可以用 40 周龄的产蛋量作为全年产蛋量的早期选择的指标;杨宁^[18]认为,在进行产蛋量的早期选择时应该剔除开产阶段的产蛋记录,选择才较为准确,因为剔除后的产蛋量与全程产蛋量之间有较大的相关关系。本试验也有相同结果,同时 EN30~45 与 EW 的遗传和表型负相关要小于 EN25~45 与 EW 的遗传和表型负相关,说明加强 EN30~45 的选择对 EW 的影响要小于加强对 EN25~45 的选择对 EW 的影响。因此可以用剔除开产阶段产蛋记录的前期产蛋量进行北京鸭产蛋量的早期选择。

3.4 关于育种值的估计

畜禽个体育种值一般采用单项资料或多项资料合并估计。单项资料估计畜禽个体育种值就是采用个体本身资料或亲本资料或同胞资料或后裔资料估计目标畜禽的个体育种值;多项资料合并估计畜禽个体育种值就是采用以上资料的部分或全部估计目标畜禽的个体育种值。这两种估计育种值的方法都只能估计目标畜禽的育种值,而不能同时得出其祖先或后裔的育种值。非求导约束最大似然法(DFREML)则可以根据一代资料及畜禽的系谱关系,在估计出其本身育种值的同时,推导出在参数估计时用到的与该代畜禽有血缘关系的其他代畜禽育种值,用以了解育种效果。当然,只有一代资料估计出的育种值没有利用所有代资料估计出的育种值更加可靠,但是完全可以利用这种结果对以前育种工作进行评价。

3.5 北京鸭繁殖性能的非遗传因素

本研究中的试验在鸭试验条件相同,进行遗传分析时,无需考虑场年季等非遗传因素的影响。如果所取得的数据资料不是同年、同场和同季度的资料,那么场年季等非遗传因素的影响就不能忽视,其主效应和二级互作效应要作为固定效应在模型中得到体现。

参考文献:

- [1] Van L D, Boldman K G, Kriese L A, *et al.* A manual for use of MTDFREML [M]. US D A. ARS, 1993.
- [2] 沈乃民,金良,陈会新. 蛋鸡产蛋量遗传规律及对育种选择的启示[J]. 中国家禽, 1997, (5): 10~13.
- [3] 洪楠. SAS for Windows 统计分析系统教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [4] 张沅. 家畜育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [5] 郑友民,张沅. 大白猪繁殖和生产性状的母体效应估计[J]. 畜牧兽医学报, 1999, 30(5): 394~398.
- [6] 吴仲贤. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 1977. 123.
- [7] 陈晖,檀俊秩. 莆田黑鸭(蛋鸭)主要经济性状遗传参数的估计[J]. 福建省农科院学报, 1997, 12(4): 35~38.
- [8] 宋素芳,康相涛,黄修奇,等. 豫州褐壳蛋鸡Ⅲ系部分数量性状遗传参数的估测[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 2: 121~123.
- [9] Chauhary M L, Brah G S, Sandhu J S. Genetic inferences from comparison of pure- and cross-line White Leghorns[J]. Indian J Poult Sci, 1997, 32(1): 28~32.
- [10] Singh B, Singh H, Singh C V, *et al.* Genetic parameters of growth, egg production and egg quality traits in White Leghorn[J]. Indian J Poult Sci, 2000, 35(1): 13~16.
- [11] Singh U B, Gupta U D, Singh C V, *et al.* Evaluation of genetic parameters in a selected synthetic sire line of broilers[J]. Indian J Poult Sci, 1999, 34(1): 25~28.
- [12] 吴晓林,项可宁,肖千钧,等. 麻阳白鹅数量性状的遗传方差估计与产蛋量选择[J]. 中国家禽, 1996, 5: 23~24.
- [13] 皮劲松,杜金平,申杰,等. 金水乌骨鸡部分产蛋性状遗传参数分析[J]. 中国家禽, 1999, 21(2): 6~7.
- [14] 肖天放,陈永贵,王光瑛. 白羽番鸭 RF 系主要经济性状的遗传分析[J]. 畜牧与兽医, 2003, 35(1): 13~14.
- [15] Bah G S, Chaudhary M L, Sandhu J S. Inheritance of shell-quality related egg traits at two stages in the early part of laying in chickens[J]. Indian J Poult Sci, 1998, 33(3): 309~316.
- [16] 肖天放,王光瑛,陈永贵. 番鸭生长性状遗传参数的估测[J]. 中国家禽, 2003, 25(2): 13~14.
- [17] Chaudhary V K, Tuteja R K. Estimation of heritability in a broiler population[J]. Indian Journal of Animal Science, 1998, 68(10): 1 062~1 064.
- [18] 杨宁. 蛋鸡产蛋量早期选择的优化研究[J]. 畜牧兽医学报, 1993, 24(1): 1~6.