

# 产蛋后期母鸡脂肪沉积量与繁殖性能相关性研究

李云雷, 薛夫光, 徐松山, 白皓, 刘一帆, 孙研研, 陈继兰\*

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 农业部动物遗传育种与繁殖(家禽)重点实验室, 北京 100193)

**摘要:** 旨在探究脂肪沉积量对产蛋后期繁殖性能的影响, 为提高种鸡繁殖效率提供基础。选择 65 只 43 周龄健康北京油鸡, 测定 43~65 周龄产蛋数, 分别在 53 和 63 周龄进行孵化性能和蛋品质的测定, 根据 65 周龄腹脂率分为高腹脂组、中等腹脂组和低腹脂组, 统计分析 3 组产蛋数、蛋品质和种蛋孵化性能的差异。结果显示, 中等腹脂组产蛋数比高腹脂组高 17.02%, 比低腹脂组高 8.29%; 中等腹脂组受精蛋孵化率比高腹脂组高 4.70%, 比低腹脂组高 10.10%, 中等腹脂组入孵蛋孵化率比高腹脂组高 6.98%, 比低腹脂组高 10.47%; 3 组间蛋重、蛋黄重、蛋壳强度和蛋壳厚度无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 而高腹脂组蛋形指数显著高于低腹脂组 ( $P = 0.05$ )。综上表明, 采取适当措施控制母鸡脂肪沉积量利于后期产蛋性能、蛋形和孵化性能的维持。

**关键词:** 北京油鸡; 脂肪沉积; 繁殖性能; 产蛋数; 蛋品质

中图分类号: S831.2

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2018)06-1163-06

## Relationship between Fat Deposition and Reproduction Performance of Beijing-You Chickens during the Late Stage of Reproductive Period

LI Yun-lei, XUE Fu-guang, XU Song-shan, BAI Hao,

LIU Yi-fan, SUN Yan-yan, CHEN Ji-lan\*

(Key Laboratory of Animal (Poultry) Genetics, Breeding and Reproduction, Ministry of Agriculture, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** This study investigated the effects of fat deposition on reproductive performance of Beijing-You chickens during the late stage of reproductive period, aiming at providing data support to increase the reproduction efficiency. A total of 65 Beijing-You chickens of 43 weeks of age were selected. The daily egg production was recorded. The incubation performance and egg quality estimation were performed at 53 and 63 weeks of age, respectively. The animals were divided into high, medium and low abdominal fat content groups based on their abdominal fat yield estimated at 65 weeks of age, and the difference of egg number, egg quality and hatchability of egg were analyzed among different groups. The medium abdominal fat yield group produced 17.02% and 8.29% more eggs than the high and low groups, respectively. The hatchability of fertile eggs of the medium abdominal fat yield group was 4.70% and 10.10% higher than that of the high and low groups, respectively. Similarly, the hatchability of setting eggs of the medium abdominal fat yield group was 6.98% and 10.47% higher than that of the high and low groups, respectively. No significant difference on egg weight, yolk weight, shell strength and shell thickness were ob-

收稿日期: 2017-11-01

基金项目: 现代农业产业技术体系 (CARS-40); 家养动物种质资源平台 (2017); 中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-IAS04; CAAS-XTCX2016010-03)

作者简介: 李云雷 (1991-), 男, 河南遂平人, 博士生, 主要从事家禽遗传育种研究, E-mail: mailyunlei@163.com

\* 通信作者: 陈继兰, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事家禽遗传育种研究, E-mail: chen.jilan@163.com

served ( $P>0.05$ ). The egg shape index of the high abdominal fat yield group was significantly higher than that of low group ( $P=0.05$ ). The results suggested that manners should be taken to regulate the fat deposition during the late stage of reproductive period to gain better egg production, egg quality, and hatchability.

**Key words:** Beijing-You chicken; fat deposition; reproduction performance; egg production; egg quality

中国地方品种鸡肉、蛋品质优良,但繁殖效率低是影响其生产效益和制约产业发展的重要因素。地方品种鸡繁殖力参差不齐,主要体现在高峰产蛋率低和高峰维持时间短<sup>[1]</sup>。探究高峰后期母鸡产蛋量快速下降的影响因素,进而优化饲养管理,对提高其繁殖效率具有重要意义。动物的繁殖依赖于机体能量的动态平衡,家禽产蛋过程也是能量富集和转移的过程,能量沉积与家禽繁殖性能存在着紧密联系<sup>[2-3]</sup>。如在肉种鸡上,对生长速度的高度选择也导致了脂肪的快速沉积,引起公鸡精液品质的降低<sup>[4-5]</sup>和母鸡产蛋量的下降<sup>[4,6]</sup>。产蛋高峰后期,母鸡的产蛋能力逐渐降低,能量产出降低,此时母鸡对能量比较敏感,多余的能量以脂肪形式在体内沉积,且以腹脂沉积最多,腹脂的过度沉积可能会进一步抑制母鸡产蛋性能的发挥。北京油鸡作为典型的肉蛋兼用品种,同样存在着高峰后期产蛋量迅速下降的问题。本研究以 43~65 周龄北京油鸡为试验对象,探究产蛋后期腹脂沉积量对产蛋量、蛋品质和种蛋孵化性能的影响,为高峰后期的合理饲养提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物与处理

试验在中国农业科学院北京畜牧兽医研究所昌平基地进行。随机选择 65 只 43 周龄健康的北京油鸡母鸡,单笼饲养,自由采食和饮水,饲养管理参照鸡饲养标准(NY/T 33-2004),日粮代谢能 11.29 MJ·kg<sup>-1</sup>,粗蛋白 18.0%。43 周龄试验鸡群平均体重 1 880 g,产蛋率 59.11%。

### 1.2 测定指标与方法

1.2.1 产蛋量 记录试验母鸡每天的产蛋情况,统计试验期间个体累计产蛋数。根据试验鸡 22~65 周龄产蛋历史记录,绘制群体产蛋曲线。

1.2.2 孵化性能 在 53 周龄,试验母鸡输等量混精,收集种蛋并孵化(箱式孵化器,北京海江),测定种蛋受精率、受精蛋孵化率、入孵蛋孵化率和健雏率。受精率(%)=(受精蛋数/入孵蛋数)×100%,

受精蛋孵化率(%)=(出雏数/受精蛋数)×100%,入孵蛋孵化率(%)=(出雏数/入孵蛋数)×100%,健雏率(%)=(健雏数/出雏数)×100%。

1.2.3 蛋品质 在 63 周龄连续收集 7 d 鸡蛋,7 d 内同一个体收集鸡蛋个数满足 3 个后便不再收集,在收集鸡蛋后 24 h 内完成蛋品质的测定。用电子天平(TCS-30,上海花潮)称量蛋重和蛋黄重,蛋形指数测定仪(FHK,日本富士)测定蛋的纵径和横径,蛋壳强度测定仪(Model- II,日本 Robotmation)测定蛋壳强度,超声波厚度测定仪(ETG-1061,南京瑶恩)测定蛋壳厚度。计算蛋形指数和蛋黄比率,其中蛋形指数=纵径/横径,蛋黄比率(%)=(蛋黄重/蛋重)×100%。

1.2.4 脂肪沉积量和生殖系统评价 在 65 周龄末,试验母鸡经水浴电击致昏后,由娴熟操作工人迅速将鸡颈部两侧静脉血管割断,放血处死。脱毛并剥离内脏和脂肪后,测定全净膛重(含头、脚)和腹脂重(包括腹部脂肪和肌胃周围的脂肪),计算腹脂率,腹脂率(%)=[腹脂重/(全净膛重+腹脂重)]×100%。分离母鸡生殖系统,统计卵巢上等级卵泡数目,测量输卵管长度。

### 1.3 数据处理

试验数据用 Excel 进行整理,计算母鸡腹脂率的平均值( $\bar{X}$ )和标准差(SD),并以( $\bar{X} \pm \frac{1}{2} \times SD$ )为界,将腹脂率高于( $\bar{X} + \frac{1}{2} \times SD$ )的归为高腹脂组,腹脂率低于( $\bar{X} - \frac{1}{2} \times SD$ )归为低腹脂组,介于二者之间的为中等腹脂组。采用 SAS 9.2 中的 GLM 程序对产蛋数和蛋品质等性状进行统计分析,结果以“平均值±标准差”表示,组间差异使用 Duncan 氏多重比较进行差异显著性检验, $P \leq 0.05$  表示差异显著。

## 2 结 果

### 2.1 腹脂沉积量对北京油鸡产蛋性能的影响

65 周龄北京油鸡平均腹脂率为 11.71% ±

4.41%, 腹脂率分布与根据腹脂率分组情况如图 1 所示。使用 Shapiro-Wilk 检验腹脂率符合正态分布 ( $P=0.81$ )。根据 1.3 描述进行分组, 低腹脂组样本数为 20 只, 腹脂率  $<9.50\%$ ; 高腹脂组样本数为 20 只, 腹脂率  $>13.90\%$ ; 中等腹脂组样本数为 25 只, 腹脂率介于  $9.50\% \sim 13.90\%$ 。不同腹脂沉积组的北京油鸡 22~65 周龄的产蛋曲线如图 2 所示。由图 2 可知, 30 周龄前, 高腹脂组的平均产蛋率要高于中等腹脂组和低腹脂组, 中等腹脂组的产蛋率自 35 周龄开始高于高腹脂组和低腹脂组并持续到 65 周龄。在 43 周龄前后高腹脂组的产蛋快速下降, 在 45 周龄后低腹脂组产蛋率快速下降, 中等腹脂组产蛋率下降相对平缓。不同腹脂沉积量的北京油鸡的体重和产蛋性能如表 1 所示。3 组体重、腹脂重和腹脂率存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。3 组间产蛋数、等级卵泡数、输卵管长度和肝重差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但中等腹脂组平均产蛋数较高, 比高腹脂组高 17.02%, 比低腹脂组高 8.29%。等级卵泡数目反映了母鸡在未来一段时间内的产蛋潜能, 中等腹脂组和低腹脂组的等级卵泡数高于高腹脂组 16.28% 和 13.15%, 说明中等腹脂组和低腹脂组的繁殖潜力更大。

表 1 不同腹脂沉积组北京油鸡的体重和产蛋性能

Table 1 Body weight and laying performance of Beijing-You chickens with high, medium and low abdominal fat yield

性状 Trait	腹脂率分组 Groups based on abdominal fat yield			P 值 P-value
	高 High (n=20)	中 Medium (n=25)	低 Low (n=20)	
体重/g Body weight	2 265 ± 222 <sup>A</sup>	2 052 ± 277 <sup>B</sup>	1 884 ± 221 <sup>C</sup>	<0.01
腹脂重/g Abdominal fat weight	202.98 ± 34.45 <sup>A</sup>	129.29 ± 22.28 <sup>B</sup>	69.54 ± 27.06 <sup>C</sup>	<0.01
腹脂率/% Abdominal fat yield	16.59 ± 2.05 <sup>A</sup>	11.23 ± 1.48 <sup>B</sup>	6.59 ± 2.46 <sup>C</sup>	<0.01
肝重/g Liver weight	29.53 ± 6.35	28.12 ± 5.51	26.98 ± 4.12	0.28
产蛋数 Egg number	62.00 ± 34.83	74.72 ± 24.89	68.55 ± 28.74	0.29
等级卵泡数 Hierarchical follicles number	2.88 ± 1.61	3.44 ± 1.45	3.33 ± 1.24	0.35
输卵管长度/cm Oviduct length	43.95 ± 11.72	46.54 ± 9.36	47.77 ± 6.23	0.40

同行数据所标字母相异表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 所标字母相同表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下表同

Different letters in the same row means very significantly difference between the treatments ( $P < 0.01$ ), same letter in the same row means not significant difference between treatments ( $P > 0.05$ ). The same as below

## 2.2 腹脂沉积量对北京油鸡蛋品质的影响

不同腹脂沉积量北京油鸡蛋品质性状如表 2 所示。腹脂沉积量对蛋重、蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋黄

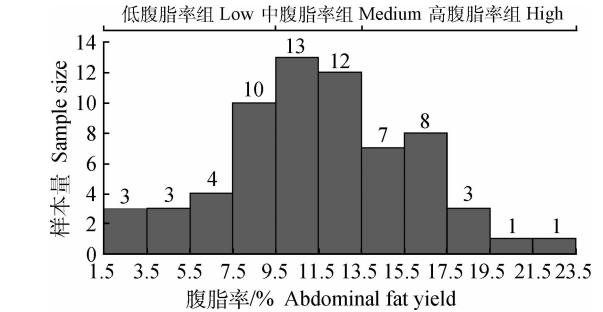


图 1 北京油鸡腹脂率频数分布与分组

Fig. 1 The frequency distribution and group of Beijing-You chickens based on abdominal fat yield

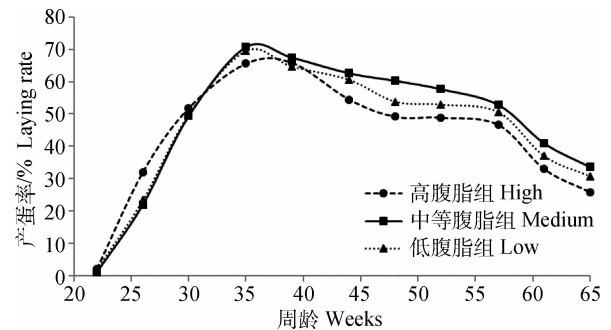


图 2 不同腹脂沉积组北京油鸡 22~65 周龄产蛋曲线

Fig. 2 The egg production curves of Beijing-You chickens with high, medium and low abdominal fat yield from 22 to 65 weeks of age

重和蛋黄比率均无显著影响 ( $P > 0.05$ )。3 组蛋形指数存在显著差异 ( $P = 0.05$ ), 高腹脂组蛋形指数高于低腹脂组, 即更加细长。

表 2 不同腹脂沉积组的北京油鸡蛋品质

Table 2 Egg quality traits of Beijing-You chickens with high, medium and low abdominal fat yield

性状 Trait	腹脂率分组 Groups based on abdominal fat yield			P 值 P value
	高 High (n=45)	中 Medium (n=56)	低 Low (n=47)	
蛋重/g Egg weight	56.51±5.43	55.26±4.56	54.55±3.68	0.52
蛋形指数 Egg shape index	1.41±0.04 <sup>a</sup>	1.39±0.06 <sup>ab</sup>	1.36±0.05 <sup>b</sup>	0.05
蛋壳强度/(kg·cm <sup>-2</sup> ) Shell strength	3.14±0.71	3.23±0.78	3.37±0.56	0.68
蛋壳厚度/mm Shell thickness	0.37±0.03	0.37±0.03	0.36±0.02	0.75
蛋黄重/g Yolk weight	17.65±1.51	17.66±1.74	17.39±1.65	0.88
蛋黄比率/% Percentage of yolk	31.28±1.31	31.97±1.85	31.86±1.83	0.45

### 2.3 腹脂沉积量对北京油鸡种蛋孵化性能的影响

不同腹脂沉积组种蛋孵化性能如表 3 所示。受精率、受精蛋孵化率、入孵蛋孵化率和健雏率 3 组间差异不显著 ( $P>0.05$ ), 但中等腹脂组受精蛋孵化

率比高腹脂组高 4.70%, 比低腹脂组高 10.10%, 中等腹脂组入孵蛋孵化率比高腹脂组高 6.98%, 比低腹脂组高 10.47%。

表 3 不同腹脂沉积组的北京油鸡种蛋孵化性能

Table 3 Hatchability of Beijing-You chickens with high, medium and low abdominal fat yield

性状 Trait	腹脂率分组 Groups based on abdominal fat yield			P 值 P value
	高 High (n=117)	中 Medium (n=155)	低 Low (n=125)	
受精率 Fertility	87.88±10.99	91.32±11.73	89.15±9.41	0.70
受精蛋孵化率 Hatchability of fertile eggs	86.11±19.48	90.36±14.77	81.23±20.20	0.24
入孵蛋孵化率 Hatchability of setting eggs	76.43±22.52	82.17±18.04	73.57±22.62	0.38
健雏率 Percentage of healthy chicks	97.22±6.80	98.29±6.29	97.73±7.54	0.91

## 3 讨论

### 3.1 腹脂沉积量对产蛋数的影响

产蛋数是蛋鸡和种鸡生产上关键经济性状之一, 高峰后产蛋率快速下降是影响地方鸡生产效益的重要因素。鸡产蛋与脂肪沉积存在着一定的联系, 提高青年鸡脂肪沉积会促使鸡开产时间提前<sup>[7]</sup>, 而过多的脂肪沉积影响开产<sup>[4,8]</sup>以及开产后产蛋率的上升和产蛋高峰的维持, 并最终导致全期产蛋数的下降<sup>[9-10]</sup>。肉种鸡腹脂重与产蛋数呈高度的负相关, 相关系数达-0.69~-0.83<sup>[11]</sup>。本研究结果证实, 较肥的母鸡开产早, 产蛋率上升快, 但产蛋高峰上不去且高峰维持时间短, 平均产蛋率低; 较瘦的母鸡产蛋高峰下降较快, 平均产蛋率较低。卵巢上的等级卵泡数目和大小反映了母鸡在未来一段时间内的产蛋潜能。卵泡的发育源于卵黄前体物质在卵泡内的快速沉积, 卵黄前体物质主要在

肝中合成, 通过血液循环系统在卵泡中沉积。脂肪是卵黄前体物质合成的重要原料, 适宜的脂肪储备利于卵黄前体物质合成。机体脂肪沉积能力过低影响卵黄前体物质合成中对能量的需求, 而脂肪沉积量过强会加重肝功能负担, 本试验中也观察到高腹脂组的肝重更大。Chen 等<sup>[12]</sup>研究结果显示, 提高肉种鸡采食量可导致种鸡卵巢等级卵泡数和闭锁卵泡数增加、前等级卵泡数目减少, 输卵管形态异常比增加, F2~F5 等级卵泡的重量下降, F1 等级卵泡重量提高, 最终导致种鸡产蛋数下降, 且卵泡过度发育导致双黄蛋、薄壳蛋和软壳蛋等畸形蛋的产生。本研究结果显示, 腹脂沉积量中等水平的北京油鸡的产蛋数较高, 且中等水平腹脂组等级卵泡数目要高于其他两组, 提示中等腹脂沉积利于卵泡的发育, 产蛋潜能更高。因此, 适宜的脂肪沉积有利于产蛋性能的发挥, 而过高和过低的腹脂沉积均不利于母鸡产蛋。

### 3.2 腹脂沉积量对种蛋品质和孵化性能的影响

受精率、孵化率和健雏率是衡量种鸡繁殖效率的主要指标。体重大的母鸡自然交配成功率降低,种蛋的受精率下降,而种母鸡过肥也不利于人工授精的翻肛操作。Cahaner<sup>[13]</sup>在腹脂双向选择系中发现,双向选择系肉种母鸡受精率没有显著差异,但下选系孵化率较上选系要高。家禽胚胎发育依赖于种蛋中存储的能量和营养物质而不是源于母体血液,种蛋是传递禽类母体效应的重要媒介<sup>[14]</sup>。蛋内容是胚胎发育的重要基础,蛋重越大,蛋内的营养物质越多,雏鸡初生重越大<sup>[15]</sup>。Wu 等<sup>[16]</sup>研究表明,一定范围内蛋重会随母鸡日粮能量水平的提高而呈线性增加,但过高或过低的能量水平都会使蛋重降低,但也有研究指出不同日粮能量水平对蛋重无显著影响<sup>[17]</sup>。脂肪作为重要的内分泌器官可以分泌包括 Leptin 在内的多种脂肪因子<sup>[18-19]</sup>。Leptin 可以通过影响尿囊膜和卵黄膜上血管生成相关基因的表达来抑制胚胎的发育<sup>[20]</sup>,也有研究指出,补充 Leptin 能够提早出雏并提高初生雏体重<sup>[21]</sup>。因此种蛋的脂肪含量可能通过影响 Leptin 间接对孵化产生影响。蛋壳并不影响蛋内部品质,但蛋壳是胚胎发育必须的钙等矿物质元素的重要来源。此外,蛋壳过厚和过硬不利于雏鸡啄壳,蛋壳的致密程度也影响通透性从而影响蛋壳内外气体的交换。蛋形指数是蛋长径与短径的比值,蛋过长或过圆都不利于种蛋的孵化<sup>[22]</sup>,且蛋形过长增大了运输中的破碎风险。本试验中,不同脂肪沉积组的蛋重、蛋壳厚度和蛋壳强度无显著差异。高腹脂组蛋形指数要高于低腹脂组,这可能是由于脂肪沉积较多的个体子宫腺受脂肪压迫造成的<sup>[23]</sup>,腹脂沉积量对种蛋的孵化性能没有显著影响,但中等腹脂组种鸡受精率、受精蛋孵化率和入孵蛋孵化率均值较高,提示维持种鸡适量的脂肪沉积水平利于种蛋孵化性能的提高。

## 4 结 论

适度脂肪沉积利于产蛋后期产蛋性能的维持,产蛋后期脂肪沉积量不足或者沉积过多不利于产蛋量的提高,尤其是脂肪过度沉积,导致开产早,高峰产蛋率低,产蛋下降快,畸形蛋比例提高。综上所述,产蛋后期适当控制母鸡脂肪沉积量对于后期产蛋性能的维持十分重要。

## 参考文献 (References):

[1] 顾玉萍,侯启瑞,王金玉,等. 京海黄鸡生长和产蛋率

曲线的拟合[J]. 中国家禽,2010,32(20):26-29.

GU Y P, HOU Q R, WANG J Y, et al. Fitting of growth and laying rate curves of Jinghai Yellow chicken[J]. *China Poultry*, 2010, 32(20): 26-29. (in Chinese)

[2] WALZEM R L, CHEN S. Obesity-induced dysfunctions in female reproduction: lessons from birds and mammals[J]. *Adv Nutr*, 2014, 5(2): 199-206.

[3] 李云雷,孙研研,陈继兰. 脂肪沉积对家禽繁殖性状影响的研究进展[J]. 中国家禽,2016,38(13):36-41. LI Y L, SUN Y Y, CHEN J L. Research progresses on effects of fat deposition on reproduction performance of poultry[J]. *China Poultry*, 2016, 38(13): 36-41. (in Chinese)

[4] ZHANG X Y, WU M Q, WANG S Z, et al. Genetic selection on abdominal fat content alters the reproductive performance of broilers[J]. *Animal*, 2017: 1-10.

[5] RUFINO J, CRUZ F, MELO R D, et al. Effects of body weight of semi-heavy cocks on reproductive indices and yields of incubation[J]. *Int J Poult Sci*, 2015, 14(6): 325-330.

[6] GORAGA Z, NASSAR M, SCHRAMM G, et al. Phenotypic characterization of chicken inbred lines that differ extremely in growth, body composition and egg production traits[J]. *Arch Tierz*, 2010, 53(3): 337-349.

[7] 杨 玉,黄应祥,李清宏,等. 不同日粮能量水平对蛋鸡血液 FSH、LH、P4 和产蛋率的影响[J]. 畜牧兽医学报,2007,38(11):1195-1203.

YANG Y, HUANG Y X, LI Q H, et al. Effects of diet energy on FSH, LH, P4 in plasma and laying rates of layers[J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2007, 38(11): 1195-1203.

[8] 李云雷,孙研研,徐松山,等. 北京油鸡脂肪沉积对母鸡性发育和性成熟的影响[J]. 中国家禽,2016,38(15):10-14.

LI Y L, SUN Y Y, XU S S, et al. Effect of fat deposition on sexual development and sexual maturity of female Beijing-You chicken[J]. *China Poultry*, 2016, 38(15): 10-14. (in Chinese)

[9] MOHITI-ASLI M, SHIVAZAD M, ZAGHARI M, et al. Effects of feeding regimen, fiber inclusion, and crude protein content of the diet on performance and egg quality and hatchability of eggs of broiler breeder hens[J]. *Poult Sci*, 2012, 91(12): 3097-3106.

[10] 田 博,黄芳芳,徐良梅,等. 饲料不同能量水平对产蛋初期肉种鸡产蛋性能、蛋品质和蛋组分的影响[J].

- 动物营养学报,2012,24(2):327-333.
- TIAN B, HUANG F F, XU L M, et al. Dietary energy level affects laying performance, egg quality and egg component of broiler breeders during the early laying period[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(2):327-333. (in Chinese)
- [11] PAN Y, LIU Z, CHANG C, et al. Feed restriction ameliorates metabolic dysregulation and improves reproductive performance of meat-type country chickens[J]. *Anim Reprod Sci*, 2014, 151(3):229-236.
- [12] CHEN S E, MCMURTRY J P, WALZEM R L. Overfeeding-induced ovarian dysfunction in broiler breeder hens is associated with lipotoxicity[J]. *Poult Sci*, 2006, 85(1):70-81.
- [13] CAHANER A, NITSAN Z, NIR I. Reproductive performance of broiler lines divergently selected on abdominal fat[J]. *Poult Sci*, 1986, 65(7):1236-1243.
- [14] MANIATIS G, DEMIRIS N, KRANIS A, et al. Model comparison and estimation of genetic parameters for body weight in commercial broilers[J]. *Can J Anim Sci*, 2013, 93(1):67-77.
- [15] 杨海明,王志跃,陈五湖,等. 蛋重对孵化失重,羊水及尿囊液量,雏鸡初生重影响的研究[J]. *中国家禽*, 2005, 9(1):12-14.
- YANG H M, WANG Z Y, CHEN W H, et al. Study on effect of egg weighs on egg weight loss, allantoic and amniotic fluid volume, birth weight[J]. *China Poultry*, 2005, 9(1):12-14. (in Chinese)
- [16] WU G, BRYANT M M, GUNAWARDANA P, et al. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial leghorn strains during phase one [J]. *Poult Sci*, 2007, 86(4):691-697.
- [17] KARCHER D M, JONES D R, ABDO Z, et al. Impact of commercial housing systems and nutrient and energy intake on laying hen performance and egg quality parameters [J]. *Poult Sci*, 2015, 94(3):485-501.
- [18] HU Y, NI Y, REN L, et al. Leptin is involved in the effects of cysteamine on egg laying of hens, characteristics of eggs, and posthatch growth of broiler offspring[J]. *Poult Sci*, 2008, 87(9):1810-1817.
- [19] PALIN M F, BORDIGNON V V, MURPHY B D. Adiponectin and the control of female reproductive functions[J]. *Vitam Horm*, 2012, 90:239-287.
- [20] SU L, RAO K, GUO F, et al. *In ovo* leptin administration inhibits chorioallantoic membrane angiogenesis in female chicken embryos through the STAT3-mediated vascular endothelial growth factor (VEGF) pathway[J]. *Domest Anim Endocrinol*, 2012, 43(1):26-36.
- [21] LAMOSOVA D, MACAJOVA M, ZEMAN M, et al. Effect of *in ovo* leptin administration on the development of Japanese quail. [J]. *Physiol Res*, 2002, 52(2):201-209.
- [22] 王哲鹏,刘晓磊,李方龙,等. 略阳乌鸡种蛋物理特征与孵化率的关系[J]. *中国农业大学学报*, 2013, 18(6):153-157.
- WANG Z P, LIU X L, LI F L, et al. Effect of physical characteristics of hatching eggs laid by Lüeyang chicken on hatchability[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2013, 18(6):153-157. (in Chinese)
- [23] 霍清合,李芳,李爱军. 肉种鸡全群体重控制要点[J]. *中国家禽*, 2004, 26(22):35-37.
- HUO Q H, LI F, LI A J. Key points of body weight control for broiler breeders[J]. *China Poultry*, 2004, 26(22):35-37. (in Chinese)

(编辑 程金华)