

不同品种鸡肌纤维的发育规律及杂种优势研究

刘冰, 杨君, 杨宁*

(中国农业大学动物科技学院, 北京 100094)

摘要: 选用北京油鸡、隐性白鸡及杂交鸡(北京油鸡♂×隐性白鸡♀)为试验材料, 相同条件下饲养14周, 自出生起每2周采集1次腿肌和胸肌的肌肉样本, 做常规石蜡切片, 测定肌纤维的直径和密度。结果表明: 随着鸡的生长, 肌纤维直径越来越粗, 密度越来越小, 直径和密度负相关极显著($P < 0.0001$); 并且不同品种肌纤维的生长速度差异较大。14周龄时, 北京油鸡的腿肌肌纤维直径为42.89 μm , 杂交鸡是49.29 μm , 隐性白鸡的达56.93 μm ; 而14周龄的腿肌肌纤维密度, 北京油鸡达581.80根/ mm^2 , 杂交鸡是447.53根/ mm^2 , 隐性白鸡为349.87根/ mm^2 ; 4周龄到14周龄, 北京油鸡和隐性白鸡肌纤维直径差异极显著($P < 0.01$)。同一周龄同一品种的鸡, 腿肌肌纤维直径大于胸肌, 密度则小于胸肌; 6周龄的隐性白鸡, 腿肌和胸肌肌纤维直径分别是27.96 μm 和24.61 μm , 密度分别是1557.50根/ mm^2 和1809.30根/ mm^2 。在杂种优势率上, 肌纤维直径和密度没有随周龄而呈现递增或递减的规律性变化, 且波动比较大; 总体来看, 杂交后代没表现出杂种优势, 而偏向其隐性白鸡母本, 表现出一定的母体效应。

关键词: 北京油鸡; 隐性白鸡; 肌纤维; 发育; 杂种优势; 母体效应

中图分类号: S831.2

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2006)08-0829-05

Growth of Muscle Fibre and Related Heterosis in Different Broilers

LIU Bing, YANG Jun, YANG Ning*

(College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Beijing Fatty, Recessive White Plymouth Rock (RWPR) and a cross between Beijing Fatty(♂) and RWPR (♀) were fed to 14 weeks to investigate the development character of growth of muscle fiber by paraffin slice protocol. The results showed that the diameter of muscle fiber increased with age, while the muscle fiber density decreased. Moreover, the relationship of diameter and density was significantly negative($P < 0.0001$). The growth rate of muscle fiber varied among different breeds. The diameter of thigh muscle fibre in Beijing Fatty, cross and RWPR at 14 weeks was 42.89 μm , 49.29 μm and 56.93 μm respectively; Contrarily, the density at 14 weeks was 581.80 piece/ mm^2 , 447.53 piece/ mm^2 and 349.87 piece/ mm^2 respectively; From 4 weeks to 14 weeks, the diameters of muscle fibre between Beijing Fatty and RWPR were significantly different($P < 0.01$). To conclude, the diameter of thigh muscle fibre was greater than that of breast muscle, while the density was smaller; The diameter of thigh and breast muscle fibre in RWPR at 6 weeks was 27.96 μm and 24.61 μm , and their density was 1557.50 piece/ mm^2 and 1809.30 piece/ mm^2 . The heterosis rate of the diameter and density of muscle fibre did not vary steadily along with weeks. As a whole, there was hardly any heterosis in these traits in the offspring from the cross of Beijing Fatty (♂) and RWPR (♀), however, they tended to follow that of the maternal line.

收稿日期: 2005-08-10

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目(30225032); 科技部“863”计划项目(2002AA242021)

作者简介: 刘冰(1979-), 女, 辽宁辽阳人, 硕士, 主要从事家禽遗传育种方面的研究

* 通讯作者: 杨宁, 教授, 博士生导师; E-mail: nyang@cau.edu.cn

Key words: Beijing Fatty; Recessive White Plymouth Rock; muscle fibre; development; heterosis; maternal effect

畜禽的品种、年龄、饲料都影响肉的品质,而这些因素都改变肌肉组织的生物学特性,比如陈继兰等在鸡肉肌苷酸和肌肉脂肪上的相关研究所报道的^[1,2];而许多研究也都证明了肌纤维跟肉质性状的紧密联系。肌纤维直径和密度作为肌纤维的反映指标,被证实与肉质性状有密切关系^[3~5];同时,肌纤维的生长发育是机体生长发育的重要组成部分,它又跟生长性状联系在一起,据报导,肌纤维面积与胴体性状、肌纤维直径与体重等成显著正相关^[4,5]。研究肌纤维的发育规律,既可以为肉质性状的研究提供帮助,又能给集合了亲本肉质性状和生长性状两方面优势的杂交鸡的育种,提供一定的理论依据。

我国地方品种在肉质方面优于外来肉用品种,因此优质鸡的生产往往用我国地方品种来改良外来肉鸡,使后代在保持高生长性能的同时肉质表现能得到提高。本试验选择了生长速度和肉质性状差异比较大的两个品种:北京油鸡和隐性白鸡,让它们杂交得到后代(北京油鸡♂×隐性白鸡♀),以肌纤维直径和密度为研究指标,研究不同品种的肌纤维发育规律和肌纤维性状的杂种优势。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以北京油鸡和隐性白鸡为试验材料,得到3个试验组:纯繁北京油鸡,纯繁隐性白鸡,杂交鸡(北京油鸡为父本、隐性白鸡为母本)。每组各400只雏鸡,在相同条件下饲养14周。

鸡群饲养于中国农业大学试验鸡场,笼养(0~4周龄为大群笼养,4周龄后转为每笼2~3只),自然通风,自然采光结合人工采光,饲喂全价饲料,自由采食,常规饲养管理。

1.2 试验方法

1.2.1 采样 从出雏到14周龄,每2周采集1次腿肌和胸肌肌肉样品。采样方法:每次每组随机取健康公、母鸡各6只,屠宰后马上割取腿肌、胸肌获得组织块(2 cm×0.5 cm×0.5 cm),每只鸡都取大致相同部位的肌肉。

1.2.2 切片制备 将采样得到的组织块立即放入10%甲醛溶液(pH=7)中固定,12~24 h后用石蜡

包埋,垂直于肌纤维延展方向做横切切片(3 μm厚),进行HE染色。

1.2.3 图像分析 在NIKON(YS100型)显微镜下观察(初生为10×40倍,2~12周龄10×10倍,14周龄10×4倍),用JVC(TK-C920型)摄像机采集切片图像,并经北京嘉恒中自(OK-C30A型)图像采集卡保存到电脑中,再用Image Tool 2.0软件对其进行进一步的测定分析。

肌纤维直径测定:每个样品随机挑选50根肌纤维,测定每根肌纤维的横截面积,换算成直径,得出平均值。

肌纤维密度测定:每个样品随机挑选5个区域,每个区域包含固定根数(如20根)紧挨着的肌纤维,测定每个区域的总面积,换算成单位面积内的肌纤维根数,即肌纤维密度;最后得出平均值。

1.2.4 统计分析 计算出肌纤维直径和密度的平均值,根据各自放大倍数将数据转换成统一单位;用SAS 8.0软件进行显著性检验和相关分析;计算杂种优势率,公式如下:

$$H\% = \frac{\bar{y}_{AB} - \frac{1}{2}(\bar{y}_A + \bar{y}_B)}{\frac{1}{2}(\bar{y}_A + \bar{y}_B)} \times 100\%$$

H表示杂种优势, \bar{y}_{AB} 是杂交群体的均值, \bar{y}_A 、 \bar{y}_B 是两亲本群体各自的均值。

2 结 果

2.1 肌纤维直径

表1是3组鸡从出雏到14周龄腿肌和胸肌肌纤维的直径变化情况。首先来看腿肌肌纤维直径,随着周龄的增加,直径逐渐增大,0~2周龄时生长速度最快。8~12周龄,北京油鸡与杂交鸡差异不显著,但与隐性白鸡之间差异极显著($P < 0.01$);而在14周龄,3个品种之间差异为显著水平($P < 0.05$)。从4周龄到14周龄,在同一周龄肌纤维直径由小到大的顺序都是:北京油鸡、杂交鸡、隐性白鸡。

再来看胸肌肌纤维,其直径也是随着周龄增长逐渐增大;同一周龄下隐性白鸡的直径最大,北京油鸡的最小;除了初生和4周龄,同一周龄相比,北京油鸡和杂交鸡的差异显著,和隐性白鸡的差异极显著。除

表 1 不同品种鸡的腿肌和胸肌的肌纤维直径变化情况

Table 1 The diameter of thigh and breast muscle fibre in different broilers

 μm

周龄 wks	腿肌肌纤维 Thigh muscle fibre			胸肌肌纤维 Breast muscle fibre		
	北京油鸡	杂交鸡	隐性白鸡	北京油鸡	杂交鸡	隐性白鸡
	Beijing Fatty	Cross	RWPR	Beijing Fatty	Cross	RWPR
0	9.20±1.65 ^{ab}	7.98±0.84 ^b	9.30±1.51 ^a	5.72±0.93	6.95±0.36	6.52±0.95
2	12.69±1.56 ^{bb}	16.35±3.25 ^{Aa}	15.15±1.94 ^{ABa}	13.83±1.18 ^{Bb}	15.84±2.07 ^{ABa}	16.29±2.19 ^{Aa}
4	19.73±2.69 ^B	21.5±2.65 ^{AB}	24.01±3.62 ^A	18.44±2.49	19.56±2.47	20.77±3.92
6	22.24±1.85 ^{Bc}	24.44±1.77 ^{Bb}	27.96±3.38 ^{Aa}	19.59±1.43 ^{Bb}	22.91±3.16 ^{Aa}	24.61±2.99 ^{Aa}
8	22.35±2.06 ^{Bb}	28.38±2.42 ^{Aa}	30.59±4.01 ^{Aa}	22.00±2.13 ^B	23.75±1.94 ^B	26.23±2.09 ^A
10	25.54±2.49 ^{Bb}	30.62±2.40 ^{Aa}	32.14±3.02 ^{Aa}	23.15±1.64 ^{Bb}	28.17±7.02 ^{ABa}	28.61±2.83 ^{Aa}
12	37.69±4.75 ^{Bb}	43.49±5.46 ^{Aa}	47.36±4.63 ^{Aa}	29.16±2.13 ^B	33.34±4.18 ^A	35.83±4.12 ^A
14	42.89±5.37 ^{Bc}	49.29±4.91 ^{Bb}	56.93±8.02 ^{Aa}	35.43±2.49 ^{Bc}	40.78±5.62 ^{Ab}	45.08±3.70 ^{Aa}

表中数据为均值±标准差,每周每组 n=12;同一行数据,上标大写字母不同为差异极显著($P<0.01$),小写字母不同为差异显著($P<0.05$)。下表同

The data is mean ± SD, n=12/group/wks; Datas followed by different capital letters in a row are significantly different($P<0.01$), datas followed by different small letters in a row are different($P<0.05$). The same as below

了 2 周龄,同一品种鸡在同一周龄,胸肌肌纤维直径都要小于腿肌。

2.2 肌纤维密度

表 2 是肌纤维密度变化情况。随着肌肉的发育,3 个品种的肌纤维密度都在降低。同一周龄,北京油

鸡的肌纤维密度最大,隐性白鸡的密度最小。除 2 周龄外,同一品种的鸡在同一周龄,腿肌肌纤维密度小于胸肌。隐性白鸡和北京油鸡之间差异极显著($P<0.01$),杂交鸡处于二者之间。另外,2 周龄数值的标准差偏大。

表 2 不同品种鸡的腿肌和胸肌的肌纤维密度变化情况

Table 2 The density of thigh and breast muscle fibre in different broilers

piece/mm²

周龄 wks	腿肌肌纤维 Thigh muscle fibre			胸肌肌纤维 Breast muscle fibre		
	北京油鸡	杂交鸡	隐性白鸡	北京油鸡	杂交鸡	隐性白鸡
	Beijing Fatty	Cross	RWPR	Beijing Fatty	Cross	RWPR
0	13 087.00±4 903.90	16 262.00±3 328.10	12 514.00±3 720.90	44 972.00±23 084.40 ^{Ab}	26 316.00±8 572.30 ^{Aa}	27 541.00±8 932.10 ^{Aa}
2	6 646.20±1 800.29 ^{Bb}	4 309.90±1 277.34 ^{Aa}	4 519.10±1 017.3 ^{Aa}	5 805.50±1 121.12 ^{Bb}	4 416.60±1 012.95 ^{Aa}	4 293.20±1 055.67 ^{Aa}
4	2 963.00±645.05 ^{Bb}	2 479.60±712.27 ^{ABab}	1 997.40±536.03 ^{Aa}	3 285.70±844.17	2 875.60±574.56	2 742.20±804.17
6	2 528.70±381.33 ^{Bc}	1 941.20±349.61 ^{Ab}	1 557.50±356.18 ^{Aa}	2 567.30±219.10 ^{Bb}	2 014.40±613.68 ^{ABa}	1 809.30±615.31 ^{Aa}
8	2 393.50±370.19 ^{Bb}	1 509.40±145.79 ^{Aa}	1 311.80±367.62 ^{Aa}	2 421.90±459.06 ^{Bb}	2 106.30±285.20 ^{ABb}	1 602.70±295.16 ^{Aa}
10	1 880.80±372.17 ^{Bb}	1 331.30±2 90.34 ^{Aa}	1 180.70±268.97 ^{Aa}	2 270.50±334.47 ^{Bc}	1 760.90±490.51 ^{Ab}	1 392.50±249.33 ^{Aa}
12	758.76±197.09 ^{Bb}	549.14±133.52 ^{Aa}	437.11±157.20 ^{Aa}	1 415.81±156.85 ^{Bb}	1 114.94±269.06 ^{Aa}	985.49±259.62 ^{Aa}
14	581.80±134.96 ^{Bc}	447.53±91.89 ^{Ab}	349.87±96.46 ^{Aa}	888.55±90.84 ^{Bc}	717.16±280.36 ^{ABb}	561.89±111.77 ^{Aa}

2.3 肌纤维直径与密度的相关性

无论是品种的不同,还是腿肌、胸肌的不同,肌纤维直径与密度都表现出极显著负相关($P<0.000 1$) (表 3),即肌纤维直径越小,肌纤维密度越大。

2.4 肌纤维直径与密度的杂种优势

表 4 是腿肌和胸肌的肌纤维直径和密度的杂种优势率。首先看肌纤维直径,腿肌肌纤维直径的杂种优势率在 2、8、10、12 周龄是正值,而在 0、4、6、14 周龄是负值;胸肌的除了 4、8 周龄外都是正值。随着周龄增加,杂种优势率没有递增或递减的规律性变化,而且它变化幅度比较大,即使刨除两个极值,

表 3 不同品种鸡的腿肌和胸肌的肌纤维直径与密度的相关性

Table 3 The correlation between the diameter and the density of thigh and breast muscle fibre in different broilers

	腿肌肌纤维 Thigh muscle fibre	胸肌肌纤维 Breast muscle fibre
北京油鸡 Beijing Fatty	-0.73****	-0.64****
杂交鸡 Cross	-0.59****	-0.62****
隐性白鸡 RWPR	-0.82****	-0.75****

****. $P<0.000 1$

杂交后代腿肌肌纤维直径值在初生时低于其低值亲本,在2周龄高于其高值亲本;胸肌在初生时高于其高值亲本(表1)。

表4 不同品种鸡的腿肌和胸肌的肌纤维直径和密度的杂种优势率

Table 4 Heterosis of the diameter and the density of thigh and breast muscle fibre in different broilers

周龄 wks	杂种优势率 Heterosis /%			
	直径 Diameter		密度 Density	
	腿肌 Thigh	胸肌 Breast	腿肌 Thigh	胸肌 Breast
0	-13.73	13.56	27.04	-27.42
2	17.46	5.18	-22.80	-12.53
4	-1.69	-0.23	-0.02	-4.59
6	-2.63	3.67	-4.99	-7.95
8	7.22	-5.66	-18.53	4.67
10	6.17	8.85	-13.03	-3.85
12	2.26	2.60	-8.16	-7.14
14	-1.24	1.30	-3.93	-1.11

最高值也有7.22%,最低值则是一2.63%。另外,肌纤维密度的杂种优势率也没有呈现出随周龄递增或递减的变化趋势,变化幅度也是比较大。其杂种优势率以负值为主,只是腿肌在初生时、胸肌在8周龄为正值。对应于直径,杂交后代的密度值在早期也有高于高值亲本和低于低值亲本的情况(表2)。

3 讨论

3.1 肌纤维生长发育规律

家禽中肌纤维的形成分为两个阶段:孵化阶段和出生以后。在孵化阶段,主要是成肌细胞也就是肌纤维前体细胞增殖,然后融合形成肌肉管,最后分化形成肌纤维^[6]。在鸟类中,肌纤维总数在出雏前就已经确定,出生以后肌肉量的增加主要是靠已有纤维的卫星细胞相互融合而使纤维膨大^[7,8]。形态学上,肌纤维分为红肌纤维、中间型纤维和白肌纤维。红肌纤维以氧化代谢为主,包含更多的红色细胞色素和肌血球素、更多的线粒体和毛细血管,为慢收缩型,直径比较小;白肌纤维与之相对,进行酵解代谢^[7]。腿肌和胸肌中都存在这三种纤维,但红肌纤维在腿肌比在胸肌所占比例更大^[9,10]。由于循环系统或运氧系统障碍,肌肉组织氧供给不足后,正常肌细胞会代偿性扩大成巨型纤维,其体积一般是正常肌纤维的3~5倍^[11]。

本试验中,随着鸡的生长,肌纤维逐渐变粗。0~2周龄时杂交鸡的值有高于高值亲本等的偏离现象,以及密度值的标准差高,这可能是因为这时的鸡比较小,肌肉样细小,在取样、做切片和计量肌纤维面积的时候容易出错导致。肌纤维的密度是逐渐降低的,这是因为在肉鸡肌纤维发育过程中,肌纤维的根数是基本不变的^[12],其发育只表现为肌纤维的增粗和延长。这些与陈国宏等对肖山鸡、白耳鸡研究、王立克等对固始鸡研究的结果一致^[12,13]。注意到由于直径和密度极显著的负相关($P < 0.0001$),所以它们的各项结果往往是相互对应的。

在同一周龄,同一品种的腿肌肌纤维直径要大于胸肌,密度则要小。14周龄的隐性白鸡,腿肌和胸肌肌纤维直径分别是56.93 μm 和45.08 μm ,密度分别是349.87根/ mm^2 和561.89根/ mm^2 。但我们知道,腿肌内红肌纤维的比例更大,而在同一机体同一部位,红肌纤维的直径是小于白肌纤维的^[10],这就就会使腿肌肌纤维直径更小,与本试验结果相矛盾;因此推断,造成这一结果是因为腿肌肌纤维发育得比胸肌更快,它们不是处于相同的发育阶段。从生长速度也可以看到,14周龄隐性白鸡腿肌和胸肌肌纤维直径分别是4周龄时的2.37倍和2.17倍。

不同品种鸡的肌纤维生长速度差异明显。以腿肌肌纤维直径为例,14周龄时,北京油鸡为42.89 μm ,杂交鸡是49.29 μm ,而隐性白鸡的达56.93 μm ,分别是它们4周龄时的2.17倍、2.29倍和2.37倍,这与各品种本身生长速度的差异是相对应的,14周龄时,北京油鸡平均体重为1307.90 g,杂交鸡是1961.02 g,而隐性白鸡达2440.63 g,分别是它们初生重的36.44倍、46.57倍和58.03倍^[3]。每一周龄隐性白鸡直径总是比北京油鸡大($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),包括初生时(9.30 μm :9.20 μm),主要的原因是孵化阶段和出生以后,隐性白鸡的肌纤维发育得更快、生理发育阶段进展得更快,并且其转化出更多巨型纤维,另外,其白肌纤维比例更大也是一个原因。

不同品种肌纤维密度的大小排序则相反,14周龄时,北京油鸡、杂交鸡和隐性白鸡的腿肌肌纤维密度分别是581.8、447.53和349.87根/ mm^2 ,分别是4周龄时的19.64%、18.05%、17.52%。

3.2 杂种优势

三个品种肌纤维直径和密度的杂种优势率,并没有像其直径和密度本身一样表现出随周龄而变化

的典型规律,没有递增或递减的变化趋势,并且波动幅度比较大,没有稳定在一个值附近窄幅波动。由此可以想到,如果只取其中某个周龄的结果来判断,得出某个杂交组合的杂种优势的大小和有无,是可能有问题的。

其次,取 10 周龄的数据来看,腿肌和胸肌肌纤维直径的杂种优势率是正值(6.17%和 8.85%),腿肌和胸肌肌纤维密度的杂种优势率是负值(-13.03%和-3.85%),即相对于亲本均值,杂交后代的肌纤维直径更大、密度更小;总体来看也是这样的情况。考虑到之前提到的相关性,这意味着杂交后代较之亲本均值,在获得体重等生长性状提高的同时,也会导致剪切力上升等肉质性状的负面影响,这与朱砺等的研究结果一致^[4]。肌纤维横截面积的增加主要是肌内膜和肌束膜结缔组织的生长,生长速度的提高使肌肉组织生长超出其支撑系统的极限,会导致对肌肉组织的伤害,肉质下降。Velleman 等研究也表明,仅仅选择火鸡的生长速度,可能会引起肌纤维退化,导致肌肉损伤,最终使肉质下降^[14]。因此,在育种过程中,我们需要综合考虑各性状,找到最佳的平衡点,获取最大的经济效益。

3.3 母体效应

任意一个数量性状的表型值都可以剖分为几个效应值,杂种优势主要同显性效应和上位效应有关,也包含一定的母体效应和父体效应^[15]。前面说到,总体来看,杂交后代相对于亲本均值显得肌纤维直径更大、密度更小,这意味着杂交后代的表现更偏向其隐性白鸡母本,可能有较大的母体效应。施启顺等在猪上估计出肌纤维直径的母体杂种优势效应参数值是 1.380,比较大(以 0.05 为比较界限),而个体杂种优势效应为-0.475 和 0.325(正反交)^[16],可见在这一性状上母体效应的影响可能比较大。

注意到腿肌 2 周龄的肌纤维直径杂种优势率明显大于 2 周龄之后的,而密度的杂种优势率则相反;胸肌初生的直径杂种优势率明显大于初生之后周龄的,初生和 2 周龄密度的杂种优势率则明显小于 2 周龄之后的。除了之前分析的可能试验误差外,母体效应的可能影响也不能排除。

参考文献:

[1] 陈继兰,文 杰,王述柏,等. 鸡肉肌苷酸和肌内脂肪沉

积规律研究[J]. 畜牧兽医学报,2005,36(8): 843~845.

- [2] 陈继兰,文 杰,李建军,等. 不同贮藏条件下肌肉肌苷酸生成与降解规律的研究[J]. 畜牧兽医学报,2004,35(3): 276~279.
- [3] 吴信生,陈国宏,陈宽维,等. 中国部分地方鸡种肌肉组织学特点及其肉品质的比较研究[J]. 江苏农学院学报,1998,19(4):52~58.
- [4] 朱 砺,李学伟,李芳琼,等. 肌纤维生长的影响因素分析[J]. 四川农业大学学报,2002,20(1):29~31.
- [5] 刘 冰. 不同品种鸡的肌纤维发育规律及其与肉质的关系[D]. 北京:中国农业大学,2005.
- [6] Picard B, Lefaucheur L, Berri C, *et al.* Muscle fibre ontogenesis in farm animal species[J]. *Reprod Nutr Dev*, 2002, (42):415~431.
- [7] Remignon H, Gardahaut M F, Marche G, *et al.* Selection for rapid growth increases the number and the size of muscles fibres without changing their typing in chickens[J]. *J Muscle Res Cell Motil*, 1995, (16):95~102.
- [8] Grondret F. Towards understanding skeletal muscle regeneration[J]. *Pathol Res Pract*, 1991, (187): 1~22.
- [9] Warriss P D. *Meat Science*[M]. CABI publishing, 1999. 58.
- [10] 陈宽维,李慧芳,张学余,等. 肉鸡肌纤维与肉质关系研究[J]. 中国畜牧杂志,2002,38(6): 6~7.
- [11] 刘宗华,张 牧. 猪肉品质的研究进展[J]. 动物科学与动物医学,1999,16(3):11~13.
- [12] 陈国宏,吴信生,王克华,等. 肖山鸡、白耳鸡肌肉生长发育规律研究[J]. 江苏农学院学报,1998,19(4):63~66.
- [13] 王立克,金光明,胡亚民. 固始鸡肌纤维生长发育规律研究[J]. 安徽技术师范学院学报,2001,15(4): 45~47.
- [14] Velleman S G, Anderson J W, Coy C S, *et al.* Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development[J]. *Poult Sci*, 2003, 82:1 069~1 074.
- [15] 张 沅. *家畜育种学*[M]. 北京:中国农业出版社,2001. 7.
- [16] 施启顺,柳小春,吴晓林,杜洛克,长白、大约克猪生长和肉用性状的杂交参数估计[J]. 中国农业科学,1998,31(4): 65~69.