

不同海拔环境中藏鸡生长曲线及杂种优势分析

张浩¹ 吴常信¹ 强巴央宗² 凌遥¹ 纪素玲²

(1. 中国农业大学 动物科学技术学院, 北京 100094; 2. 西藏农牧学院 动物科学系, 西藏 林芝 860000)

摘要 为研究藏鸡生长规律及生长性能杂种优势,测定了藏鸡、矮小隐性白肉鸡(低地肉鸡品种)及其杂交 F₁ 代在低海拔和高海拔环境中体重和胫长的生长数据,运用 Richards 模型拟合其生长规律。结果表明 Richards 比较适宜拟合鸡在高、低海拔环境中体重和胫长的生长模式, $R^2 > 0.99$ 。高海拔环境会降低鸡的生长速度、拐点值、生长极限和最大日增长,延长拐点时间。藏鸡在低海拔极限体重、拐点体重和最大日增重分别为 1 008.3、477.9 和 11.69 g,在高海拔分别为 525.0、229.5 和 5.12 g;分别降低了 47.9%、52.0%和 56.8%,但影响程度均低于低海拔品种矮小隐性白肉鸡,表现出高海拔适应性,其杂交 F₁ 代的体重生长参数有明显的杂种优势,尤其在低海拔环境中,极限体重、拐点体重和最大日增重杂种优势率分别达 59.5%、56.8%和 52.3%,是藏鸡杂交利用的良好组合。

关键词 藏鸡; 生长曲线; 海拔; Richards 模型; 杂种优势

中图分类号 S 813.2

文章编号 1007-4333(2007)02-0040-05

文献标识码 A

Influence of altitude on growth curves in Tibetan chicken and its hybrid

Zhang Hao¹, Wu Changxin¹, Chamba Yangzom², Ling Yao¹, Ji Suling²

(1. College of Animal Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Agriculture and Animal Husbandry, Tibet University, Linzhi 860000, China)

Abstract Tibetan chicken is a precious resource in Qinghai-Tibet Plateau. In order to study its growth rhythm and heterosis of its hybrid, three groups, Tibetan chicken (T), Dwarf Recessive White (D) and Tibetan \times Dwarf Recessive White (TD) were reared under the same management at low- and high altitudes. Measurements were made on body weight and shank length, and growth curves were fitted using Richards model. The results showed that the model fitted well with the chickens' growth courses in weight and shank with R^2 of more than 0.99. The high-altitude might retard the growth of chickens, with decreases in inflection point values, final values and maximal growth rates and prolongation of inflection point time. The final weight, inflection point weight, and maximal growth rates of Tibet chicken were 1 008.3 g, 477.9 g and 11.69 g respectively at low-altitude, and 525.3 g, 229.5 g, and 5.12 g at high altitude. This showed a decline of 47.9%, 52.0%, and 56.8% at the high altitude; the degree of influence of altitude were less than that of Dwarf Recessive White. The TD had high heterosis in weight gain, and at high altitude the heterosis of final weight, inflection point weight, and maximal growth rates were 59.5%, 56.8% and 52.3% respectively. Therefore, the Tibetan \times Dwarf Recessive White cross was good for improving the Tibetan Chicken.

Key words Tibetan chicken; growth curve; altitude; Richards model; heterosis

高海拔生态环境特殊,低压低氧是其主要气候特征,尤其是低氧,影响着生物机体的生命活动,引起动物在遗传基因、生理生化和形态结构上发生系

列的变化。目前有许多低氧对动物生理和病理影响的研究报道^[1-2],也有高海拔或低氧条件对鸡蛋孵化影响的研究^[3-4],但很少有海拔环境对动物生长

收稿日期: 2006-07-27

基金项目: 教育部科学技术重大项目(10404)

作者简介: 张浩,博士,副研究员,主要从事动物分子数量遗传学与资源保存利用研究, E-mail: zhanghao827@163.com;

吴常信,教授,通讯作者,主要从事动物分子数量遗传学研究, E-mail: chxwu@public.bta.net.cn

影响的比较研究。藏鸡是我国青藏高原特有的品种资源,长期的自然选择和人工驯化,已形成一个适应高原气候、觅食能力强、耐粗饲、体型外貌和生活习性与家鸡祖先红色原鸡非常近似、人工选择程度很低的原始小型品种。藏鸡体型小、生长慢,但肉质鲜美,且具有较强的海拔适应性,是发展高原养鸡业不可替代的品种。

畜禽生长曲线的拟合和分析是研究畜禽生长发育规律的主要方法之一,是畜禽育种和生产的基础工作。理想的动物生长曲线模型,有助于判断与分析饲养、管理、防疫上的成功与失败,可以用来比较和检验畜禽不同品种类型、不同亲缘关系和不同性别的遗传品质等。常见的非线性生长模型有 Brody、logistic、Gompertz、von Bertalanffy 和 Richards 等^[5],本研究选用的 Richards 模型为 S 形曲线,方程中含有 4 个参数,它包含了 Brody(当 $n = -1$ 时)、Gompertz(当 $n = 0$ 时)和 logistic(当 $n = 1$ 时)模型等多个简单模型。Richards 模型的参数 n 变化范围是 $-1 < n < 1$,生长拐点可能出现在体重的任何时期,所以它既适合早期增长速度较快的生长过程,也适合早期增长速度较慢的生长过程。

本研究比较高海拔对藏鸡、低地良种肉鸡及其杂交 F_1 代影响的差别,用 Richards 模型拟合其生长模式,分析藏鸡生长性能对高海拔生态环境的遗传适应及其与低地肉鸡的杂种优势,为藏鸡资源开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

本试验在北京和西藏林芝进行。北京海拔 100 m 左右,代表低海拔气候环境;西藏林芝海拔 2 900 m 左右,代表高海拔气候环境。试验鸡按品种(组合)分 3 组:藏鸡(T)、矮小隐性白肉鸡(D)和藏鸡 × 矮小隐性白肉鸡杂交 F_1 (TD),种蛋来自中国农业大学试验种鸡场。种蛋均在当地人工孵化(西藏试验用种蛋为空运至试验地点),出雏后在同一饲养条件下笼养。饲养过程分 3 个阶段:0~4、5~8 和 9~13 周,分别饲喂肉仔鸡颗粒料(ME12.12 MJ/kg, CP21%)、肉中鸡颗粒料(ME12.54 MJ/kg, CP20%)和肉大鸡颗粒料(ME13.17 MJ/kg, CP18%),自由采食和饮水。出雏后第一周保持 35℃ 左右,以后逐渐降低,4 周龄时降至 20℃,执行正常的免疫程序,实施规范的饲养管理。

在鸡出雏时,戴翅号;并于出雏、2、4、6、8、10 和

13 周龄测定个体体重和胫长,作为体重和胫长生长曲线拟合的数据。为了保证每组有 60 只个体(公、母各半)的完整数据,在试验开始每组选 150 只以上带翅号,并作测定;以后因掉翅号和死亡,剔除不完整数据。

Richards 模型^[6]如下

$$W_t = a(1 + be^{-rt})^{-1/n}$$

其中, $n > -1, n \neq 0$; W_t 为 t 周龄时的体重; a 为渐近线(生长极限)参数; r 为体重对数生长速率参数, $r > 0$; b 为调节参数; n 为曲线形状参数,决定生长拐点的位置。

$a/(1+b)^{1/n}$ 为初始体重; $-r^{-1} \ln(n/b)$ 为拐点时间; $a/(n+1)^{1/n}$ 为拐点体重; $(ar/(n+1)^{1/n+1})$ 为最大日增重。

方程参数估计采用高斯-牛顿(Gauss-Newton)算法,以残差平方和最小为目标函数,逐次迭代计算各参数值,收敛标准精度为 0.001,同时复相关指数 R^2 作为衡量拟合优度的指标。运用 SAS8.02 软件中 NLIN 过程(非线性回归过程)进行模型参数的最优估计。

2 结果与分析

2.1 体重生长

利用 Richards 模型对鸡在低海拔和高海拔环境中体重生长数据(表 1)进行参数估计,结果见表 2。Richard 模型适宜拟合 T、D 和 TD 在低海拔和高海拔环境中的体重生长, R^2 在 0.99 以上,拟合优度高。

在低海拔环境中,T 的极限体重、拐点体重和最大日增重最小,拐点周龄较大;D 的极限体重、拐点体重和最大日增重都最大,拐点周龄最小。TD 的各参数处于 T 和 D 之间,并表现较高的杂种优势,极限体重、拐点体重、最大日增重和拐点时间的杂种优势率分别为 39.6%、10.7%、10.8%和 -1.8%。

高海拔环境中鸡的极限体重、拐点体重和最大日增重比低海拔环境明显降低,其中 T 分别降低 47.9%、52.0% 和 56.8%,D 分别降低 80.8%、72.4% 和 69.3%,TD 分别降低 68.6%、54.2% 和 52.8%;T 拐点时间提前 4.5 d,而 D 和 TD 拐点时间分别推迟 15.2 和 17.9 d。可见,高海拔生态环境对 T 和 TD 体重生长的抑制程度低于 D,反应出鸡品种间高海拔适应性的差别及适应性能的杂种优

表1 鸡在高、低海拔环境中体重

Table 1 Weights of chickens at low- and high-altitudes

g

海拔	品种	周 龄						
		0	2	4	6	8	10	13
低 (100 m)	藏鸡	27.4 ±2.29 c	74.0 ±12.6 d	141.5 ±32.2 d	245.1 ±66.2 e	381.6 ±93.6 e	556.4 ±148.8 e	761.4 ±212.6 e
	矮小隐性白	48.4 ±4.57 a	196.5 ±25.8 a	392.6 ±62.7 a	825.0 ±138.7 a	1158.1 ±230.7 a	1609.8 ±313.2 a	2097.7 ±444.6 a
	藏矮杂	46.6 ±3.42 a	152.9 ±16.7 b	312.6 ±47.5 b	612.9 ±77.7 b	907.9 ±125.6 b	1218.8 ±173.4 b	1666.8 ±242.3 b
高 (2 900 m)	藏鸡	28.5 ±2.46 c	45.3 ±8.74 fg	82.1 ±18.0 e	147.2 ±29.0 f	219.3 ±39.0 fg	277.9 ±46.6 h	377.8 ±68.6 h
	矮小隐性白	33.8 ±3.07 bc	52.7 ±9.02 e	82.7 ±14.2 e	151.9 ±22.9 f	254.8 ±44.6 f	339.0 ±76.8 fg	504.6 ±130.6 g
	藏矮杂	35.1 ±2.95 b	47.4 ±7.25 f	73.4 ±13.6 f	137.8 ±30.1 f	249.1 ±58.3 f	372.0 ±94.2 f	604.8 ±140.1 f

注:同列数据字母不相同表示差异显著($P < 0.05$);下同。

表2 鸡体重生长的 Richards 模型参数

Table 2 Parameters of Richards model for weight gain in chicken

海拔	品种	R^2	a	r	b	n	初始	拐点周龄	拐点体	最大日增
							体重/g	/周龄	重/g	重/(g/d)
低 (100 m)	藏鸡	0.999 6	1 008.3	0.299 4	11.391 7	0.747 7	34.80	9.10	477.9	11.69
	矮小隐性白	0.998 7	2 986.9	0.194 3	0.218 4	0.049 1	53.45	7.68	1 318.5	29.77
	藏矮杂	0.999 6	2 788.0	0.152 1	-0.219 2	-0.059 8	44.49	8.54	994.2	22.98
高 (2 900 m)	藏鸡	0.998 5	525.0	0.225 6	2.996 4	0.444 7	23.29	8.46	229.5	5.12
	矮小隐性白	0.995 1	573.8	0.658 0	1 710.9	2.612 9	33.21	9.85	351.0	9.13
	藏矮杂	0.998 9	876.1	0.369 3	73.198 6	1.213 0	25.15	11.10	455.2	10.85

势。高海拔环境中,TD的极限体重、拐点体重和最大日增重杂种优势率分别达59.5%、56.8%和52.3%,高于低海拔时的杂种优势。

2.2 胫长生长

用Richards模型拟合T、D和TD分别在低海

拔和高海拔环境中的胫长生长数据(表3),拟合参数见表4。Richard模型也适宜拟合胫长的生长过程, R^2 在0.99以上,拟合优度高。与体重生长相比,胫长的生长拐点较早,且受高海拔环境影响程度相对较小。

表3 鸡在低、高海拔环境中胫长

Table 3 Shank length of chickens at low- and high-altitudes

mm

海拔	品种	周 龄						
		0	2	4	6	8	10	13
低 (100 m)	藏鸡	25.89 ±0.91 a	28.29 ±1.82 f	32.88 ±3.38 e	44.91 ±5.48 d	55.07 ±6.98 d	60.57 ±8.71 bc	69.38 ±12.00 e
	矮小隐性白	26.11 ±0.95 a	37.11 ±0.91 a	47.69 ±3.53 a	60.22 ±5.22 a	72.10 ±6.12 b	78.01 ±6.99 ab	81.05 ±7.38 c
	藏矮杂	26.54 ±0.87 a	35.15 ±2.26 b	44.69 ±4.61 b	64.66 ±4.65 a	76.05 ±6.71 a	87.87 ±8.07 a	97.79 ±10.59
高 (2 900 m)	藏鸡	26.01 ±0.93 a	30.03 ±1.67 g	36.59 ±3.18 d	42.58 ±3.92 de	52.71 ±4.52 de	57.92 ±4.92 cd	65.38 ±4.67 ef
	矮小隐性白	26.06 ±0.95 a	34.44 ±1.51 bc	37.98 ±2.27 d	42.94 ±2.45 d	48.03 ±3.09 f	53.67 ±4.50 d	62.21 ±5.61 f
	藏矮杂	26.39 ±1.05 a	30.94 ±1.61 f	34.99 ±2.58 e	43.10 ±4.18 d	50.87 ±5.49 ef	64.17 ±5.91 bc	73.46 ±7.45 d

T和D在高海拔时,最大胫长、拐点胫长和最大日增长均比低海拔时降低,其中T分别降低

3.6%、4.0%和25.3%,D分别降低26.4%、8.6%和46.9%;TD的最大胫长、最大日增长降低34.0%

和 30.4%，拐点胫长增加 17.2%；T、D 和 TD 的拐点时间分别延迟 1.68、23.3 和 31.2 d。可见，藏鸡的胫长生长受高海拔环境抑制程度较低，而低地鸡

受抑制程度较大；藏鸡与低地鸡杂交 F_1 的胫长生长也受到严重限制，但其胫长生长拐点比较迟，拐点胫长比低海拔时略有增加。

表 4 鸡胫长生长的 Richards 模型参数

Table 4 Parameters of Richards model for shank growth of chicken

海拔	品种	R^2	a	r	b	n	初始长/mm	拐点周龄/周	拐点胫长/mm	最大日增长/(mm/d)
低 (100 m)	藏鸡	0.999 5	70.11	0.786 6	2 154.6	6.705 8	22.32	7.34	51.71	0.75
	矮小隐性白	0.999 2	81.79	0.661 6	140.0	4.525 5	27.40	5.19	56.06	0.96
	藏矮杂	0.998 3	114.3	0.207 2	1.091 1	0.451 8	22.33	4.26	50.08	1.02
高 (2 900 m)	藏鸡	0.996 9	67.58	0.597 1	605.7	6.559 4	25.44	7.58	49.65	0.56
	矮小隐性白	0.995 6	63.25	0.928 6	33 477.4	12.280 5	27.08	8.52	51.24	0.51
	藏矮杂	0.991 6	75.45	0.863 7	17 285.5	9.253 1	26.28	8.72	58.67	0.71

2.3 体重绝对生长速度

对 Richards 方程求导，可以推导出绝对增重方程

$$(d_w/d_t) = W_t r (a^n - W_t^n) / (na^n)$$

将周龄代入绝对增重方程，计算各时期的期望绝对增重，图 1 表示 3 组鸡在低海拔和高海拔环境中的绝对增重曲线。图中明显可见，T 的体重绝对生长速度最低，但其在不同海拔环境生长速度差别最小。TD 体重绝对生长曲线比较接近 D，在低海拔环境中低于 D，在高海拔环境中高于 D，均表现明显的杂种优势。通过 TD 体重绝对生长速度与双亲均值比较，计算杂种优势(图 2)。由图 2 可见，在低海拔环境中，TD 绝对生长速度的杂种优势较稳定，在 20%左右；在高海拔环境中，杂种优势虽然前期呈负值，但后期特别明显，13 周龄时达到了 130%以上。

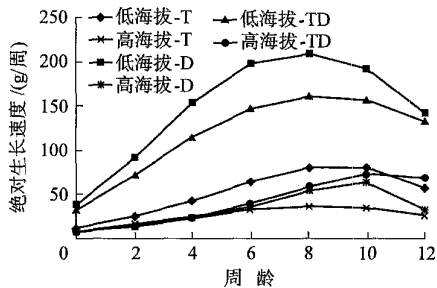


图 1 鸡在高、低海拔环境中体重绝对生长曲线

Fig. 1 Absolute growth curves at low- and high-altitude

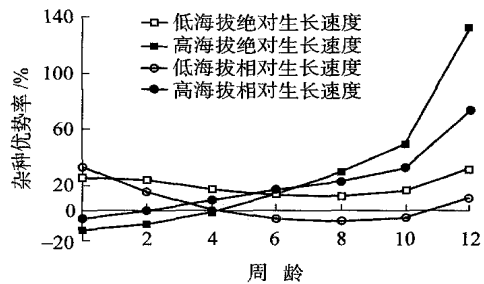


图 2 藏矮杂种鸡绝对生长速度和相对生长速度性状的杂种优势

Fig. 2 Heterosis of Tibet x Dwarf Recessive White in traits of absolute growth rates and relative growth rates

2.4 体重相对生长速度

相对生长速度常用来描述生物量的生长过程，用单位体重百分增长率表示。绝对增重方程除以体重，就得出相对增重方程：

$$(d_w/d_t) / W_t = r (a^n - W_t^n) / (na^n)$$

图 3 表示 3 组鸡在低海拔和高海拔环境中的相对增重曲线。T 在低海拔环境中早期相对生长速度比 D 小；但在高海拔环境中，T 的相对增重曲线与低海拔比变化不大，而 D 的早期相对生长速度大大降低，以至于小于 T 的早期相对生长速度。TD 的相对增重曲线与 D 相似，低海拔时略低于 D，高海拔时高于 D。

TD 相对生长速度性状的杂种优势见图 2。在低海拔环境中，早期杂种优势较高，后期较低；在高海拔环境中，早期较低，后期很高。

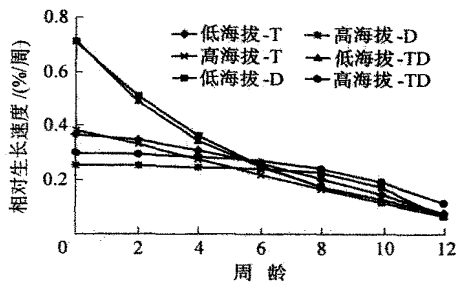


图3 鸡在高低海拔环境中体重相对生长曲线

Fig. 3 Relative growth curves at low and high altitude

3 讨论与小结

本研究发现 Richards 模型对藏鸡、矮小隐性白肉鸡及其杂交 F_1 的体重和胫长在高、低海拔的生长拟合度均较高,是研究藏鸡生长模式以及比较海拔对生长影响较理想的生长模型。

1)藏鸡是原始小型品种,它的生长模式与良种肉鸡明显不同。藏鸡在低海拔环境中体重生长拐点时间、拐点体重和生长极限分别为 9.10 周、477.9 和 1 008.3 g,在高海拔中分别为 8.46 周、229.5 和 525.0 g;在低海拔中胫长生长拐点时间、拐点胫长和生长极限分别为 7.34 周、51.71 和 70.11 mm,在高海拔中分别为 7.58 周、49.65 和 67.58 mm。可以看出,藏鸡是轻小型晚熟性品种。对于肉用性能,较大的极限体重、拐点体重和生长速度是有利的,可以增加产肉量;而较低的生长拐点时间也很重要,拐点时间的提前,可能意味着鸡体成熟和性成熟提前,早期生长速度加快,可以缩短上市日龄。藏鸡与矮小隐性白肉鸡杂交 F_1 在这些生长参数上有很程度的改善,杂种优势明显,特别在高海拔环境中更为突出,产肉性能得到很大提高,是藏鸡杂交利用的良好杂交组合。

2)高海拔生态环境会抑制鸡的生长速度,从而改变生长模式。本研究发现在高海拔时鸡的初始体重、拐点体重、极限体重、最大日增重、绝对生长速度和相对生长速度均较低海拔时降低,拐点周龄推迟。这与前人用低压舱模拟高海拔环境研究结果一致^[7,8]。高海拔对鸡生长影响的主要原因可能是低氧,Guillard 等指出低氧环境中的动物可出现厌食现象^[9];持续低氧会抑制小鼠生长激素(GH)的释放,降低日增重^[10]。高海拔环境也对鸡的胫长生长产生影响,但比体重影响程度相对较小,这说明高海拔

对鸡肌肉生长的影响大于对骨骼生长的影响。

体重和体尺的减小可能是动物对高海拔环境的适应之一^[11],藏鸡体型小,其拐点体重、极限体重和生长速度受高海拔的抑制程度小于矮小隐性白肉鸡,生长拐点变化不大,表现出对高海拔低氧环境的适应。

参 考 文 献

- [1] Endo M, Hata M, Saiki Y, et al. Hypoxia and cold stress on pulmonary venous obstruction[J]. *Pediatr Cardiol*, 2001, 22: 292-296
- [2] Wu R S S. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2002, 45: 35-45
- [3] 张浩, 吴常信, 强巴央宗, 等. 氧气对低地鸡蛋胚胎死亡和孵化率的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2006, 37(2): 112-116
- [4] 张浩, 吴常信, 强巴央宗, 等. 高海拔孵化鸡胚死亡曲线分析[J]. *中国农业大学学报*, 2005, 10(4): 109-114
- [5] Darmani- Kuhl H, Kebreab E, Lopez S, et al. An evaluation of different growth function for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken[J]. *Poult Sci*, 2003, 82: 1536-1543
- [6] Knizetova H, Hyanek J, Knize B, et al. Analysis of growth curves of fowl [J]. *I Chickens Br Poult Sci*, 1991, 32: 1027-1038
- [7] Bond J M, Julian R J, Squires E J. Effect of dietary flax oil and hypobaric hypoxia on right ventricular hypertrophy and ascites in broiler chickens [J]. *Br Poult Sci*, 1996, 37: 731-741
- [8] Durkot M J, Hoyt R W, Darrigrand A, et al. Chronic hypobaric hypoxia decreases intracellular and total body water in microswine[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1996, 114: 117-121
- [9] Guillard J C, Klepping J. Nutritional alterations at high altitude in men[J]. *Eur J Appl Physiol*, 1985, 54: 517-523
- [10] Zhang Y S, Du J Z. The response of growth hormone and prolactin of rats to hypoxia[J]. *Neuroscience Letters*, 2000, 279: 137-140
- [11] Monge C, Leon-Velarde F. Physiological adaptation to high altitude: oxygen transport in mammals and birds [J]. *Physiol Rev*, 1991, 71(4): 1135-1172