

## 高海拔孵化鸡胚死亡曲线分析

张浩<sup>1</sup> 吴常信<sup>1</sup> 强巴央宗<sup>2</sup> 马雪英<sup>3</sup> 唐晓惠<sup>2</sup> 普布<sup>3</sup>

(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 畜牧兽医系, 西藏 林芝 860000;  
3. 西藏农牧科学院 畜牧兽医研究所, 拉萨 850009)

**摘要** 利用 2 阶段增长曲线模型拟合藏鸡和 2 种低地鸡及其杂交种蛋在 2 900 m(西藏林芝)和 3 650 m(西藏拉萨)海拔的孵化胚胎死亡曲线,分析海拔高度对不同鸡种胚胎死亡的影响。结果表明该模型适宜拟合鸡蛋高海拔孵化时的胚胎死亡规律,拟合度高。藏鸡是高原适应品种,在 2 个海拔环境中胚胎死亡率均较低。在 2 900 m 海拔孵化时,各品种胚胎第 1 死亡高峰出现在第 2.30~4.05 d,第 2 高峰期出现在第 17.20~17.68 d,品种间相差不大;但藏鸡的第 1 高峰期持续时间相对较长,为 4.04~9.92 d;低地鸡和杂种鸡为 2.59~3.93 d。海拔从 2 900 m 升高到 3 650 m,胚胎死亡率增加 33.48%~54.12%;同时藏鸡第 2 高峰期死亡比例增加 7.70%~15.65%;低地鸡第 2 高峰持续期延长 13.71~15.44 d;杂交鸡第 1 高峰期死亡比例增加了 5.55%~7.34%,持续期延长 0.15~0.66 d。  
**关键词** 鸡;高海拔;胚胎死亡;阶段增长曲线

中图分类号 S 814.5

文章编号 1007-4333(2005)04-0109-06

文献标识码 A

### Curve analysis of embryonic mortality in chickens incubation at high altitude

Zhang Hao<sup>1</sup>, Wu Changxin<sup>1</sup>, Chamba Yangzom<sup>2</sup>, Ma Xueying<sup>3</sup>, Tang Xiaohui<sup>2</sup>, Pobu<sup>3</sup>

(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;

3. Institute of Animal Husbandry, Tibet Agricultural Sciences Academy, Lhasa 850009, China)

**Abstract** A model of phasic growth was used to describe the embryonic mortality of Tibetan chicken and two lowland chicken breeds and their hybrids that were incubated at 2 900 m (Linzhi, Tibet) and 3 650 m altitude (Lhasa, Tibet) and to analyze influences of breed and attitude on distribution of embryonic death. The result indicated that the model was suitable to describe the embryonic mortality of eggs at high altitude, and the R<sup>2</sup> were higher than 0.98. Embryonic mortality of Tibetan chicken that adapted to highland environment was lower at both of high altitudes than the others. At 2 900 m altitude, the proportions of embryonic mortality during the first phase were 28.59% to 45.97%, and the days of peak mortality were 2.30 to 4.05, and the duration were 2.59 to 9.92 d; and the days of peak mortality during the second phase were 17.20 to 17.68, and the duration were 1.39~2.34 d. Rise to 3 650 m altitude, the embryonic mortality increased by 33.48% to 54.12%, and the proportions of embryonic mortality of Tibetan during the second phase also increased by 7.70% to 15.65%; and the duration of the second phase of lowland breeds were delayed 13.71 to 15.44 d; and the proportions of embryonic mortality of hybrids during the first phase increased by 5.55% to 7.34% and duration delayed 0.15 to 0.66 d.

**Key words** chicken; high altitude; embryonic mortality; phasic growth curve

鸡蛋孵化期胚胎死亡率是养鸡生产中重要的经济指标。研究表明胚胎死亡不是均匀分布于整个孵

化期,而呈明显的 2 阶段性<sup>[1]</sup>。每个阶段胚胎死亡的原因不同,孵化前期(1~8 d)主要原因是种蛋质

收稿日期:2005-03-25

基金项目:教育部科学技术重大资助项目(10404)

作者简介:张浩,博士研究生;吴常信,教授,通讯作者,主要从事家禽遗传育种研究。

量、种蛋保存及孵化环境等;孵化中期(9~14 d)死亡主要原因是遗传和种鸡营养,孵化条件的影响较小;孵化后期(15~21 d)死亡主要原因是温度、湿度和通风等。分析孵化期胚胎死亡分布规律,可以帮助理解种蛋不同的死亡原因,对生产和育种都有一定的现实意义。国内研究胚胎死亡分布多是将孵化期划分阶段,观察其中死亡比例<sup>[2]</sup>。尚未见采用模型分析死亡规律报道。

许多生物学现象呈阶段性增长,已有许多利用阶段增长模型来研究生物学生长规律的报道,例如体重生长<sup>[3]</sup>、鸡产蛋<sup>[4]</sup>和奶牛情期受胎率<sup>[6]</sup>。Jassim 等用多阶段模型分析了白考尼什鸡(White Cornish)胚胎死亡分布规律<sup>[1]</sup>,Kuurman 等用多阶段模型分析了种蛋贮存时间对胚胎死亡分布的影响<sup>[7]</sup>,拟合度均较高,并指出阶段增长方程是分析鸡胚胎死亡规律较好的模型。

本文根据胚胎死亡的阶段性,选用阶段增长模型来分析鸡蛋在高海拔孵化的胚胎死亡规律,研究高海拔低氧环境对胚胎发育的影响以及不同品种对高原环境的适应性差别,为高海拔地区鸡育种和生产提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 数学模型

Jassim 等介绍了可用于描述鸡孵化期胚胎死亡规律的多阶段模型<sup>[1]</sup>:

$$P = g + (f - g) \left[ \prod_{i=1}^n \frac{m_i}{1 + e^{-\left(\frac{t - c_i}{d_i}\right)}} \right]$$

式中: $P$ 为孵化第 $t$ 天胚胎累积死亡率; $g$ 为无精蛋率; $f$ 为总死亡率; $m_i$ 为第 $i$ 阶段胚胎死亡比率, $m_i = 1$ ;  $t$ 为孵化期,d; $c_i$ 为第 $i$ 阶段死亡高峰期发生时间,d; $d_i$ 为第 $i$ 阶段持续期,包括本阶段96%的死亡个体<sup>[5]</sup>;e为自然对数的底。

本试验主要分析鸡高海拔地区孵化胚胎死亡分布的变化,所以从模型中去掉了 $g$ ;由于孵化期鸡胚胎死亡集中分布于2个高峰阶段,所以我们选用2阶段增长方程,公式如下:

$$P = f \left[ \frac{m_1}{1 + e^{-\left(\frac{t - c_1}{d_1}\right)}} + \frac{1 - m_1}{1 + e^{-\left(\frac{t - c_2}{d_2}\right)}} \right]$$

式中: $f$ 为受精蛋孵化率; $m_1$ 为第1高峰期胚胎死亡比率; $1 - m_1$ 为第2高峰期胚胎死亡比率; $c_1$ 为第1高峰期发生时间,d; $c_2$ 为第2高峰期发生时间,d; $d_1$ 为第1高峰持续期,d; $d_2$ 为第2高峰持续期,d,其他同上。

### 1.2 试验方法

本研究于2004年7—9月在西藏林芝和拉萨2个地点进行。林芝海拔2900 m,气压70.5 kPa,氧分压14.5 kPa;拉萨海拔3650 m左右,气压65.5 kPa,氧分压13.5 kPa。

试验用种蛋按品种(组合)分组,分别是:藏鸡(T)、饲养在北京的藏鸡( $T_B$ )、矮小隐性白(D)、寿光鸡(S)、藏鸡 $\times$ 矮小隐性白(TD)、藏鸡 $\times$ 寿光鸡(TS)。其中T为长期饲养在西藏农牧学院教学实习牧场(2900 m海拔)的纯种藏鸡; $T_B$ 为从西藏海拔3000 m左右引进到北京饲养繁殖3代的纯种藏鸡;矮小隐性白、寿光鸡及其杂交种蛋均来自中国农业大学实验种鸡场(约100 m海拔)。藏鸡为高海拔适应鸡种,高海拔孵化率高,矮小隐性白和寿光鸡是2个低地鸡,高海拔孵化率低,藏鸡和低地鸡的杂交种含有1/2的藏鸡高原适应基因,孵化率介于2者之间。

所有种蛋贮存不超过10 d,北京收集的种蛋空运至西藏,与西藏收集的种蛋同时入孵。孵化器为电子41所生产的EIF/CDM 8400型箱体式孵化机和出雏器。在孵化期第5、11和18天分别照检,拣出无精和死胚蛋;解剖全部未出雏的种蛋,判定其死亡时期。整个孵化期共22 d,入孵当天为第0天,满1 d后不足2 d为第1天,依次类推;胚胎发育到第18天,但未能内啄的死胚记为第18天死亡;已内啄但未能啄破蛋壳的死胚记为第19天死亡;已啄破蛋壳,有的虽然在出雏时仍存活,但未能成功出雏的胚胎,都记为第20天死亡。计算孵化期每天的胚胎死亡数、死亡率和累积死亡率。

### 1.3 参数估计

用鸡蛋孵化期胚胎累积死亡率数据对2阶段增长模型进行非线性分析,试位法进行参数估计,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0.000 1,同时计算残差平方和( $E$ )和复相关指数( $R^2$ ),作为衡量拟合优度的指标。运用SAS8.02软件中NLIN过程进行模型参数的最优估计。

## 2 结果与分析

### 2.1 胚胎死亡率

在西藏林芝和拉萨两地孵化试验中,从孵化期鸡胚日累积死亡率(表 1)和累积死亡曲线(图 1)可见,所有品种(组合)种蛋在 2 900 m 海拔左右的林芝孵化时,明显表现 2 个死亡高峰阶段,孵化中期死亡较少。

第 1 个死亡高峰阶段发生在胚胎迅速发育及形

态显著变化时期,胚胎重要的器官如血管、心脏等在这个阶段形成,并开始起作用;此期孵化环境稍有不当地,如高海拔缺氧,即会造成血液循环障碍,营养供应不足,对胚胎造成伤害,导致胚胎生命力减弱、畸形,甚至大量死亡。第 2 个死亡高峰阶段处于卵黄囊收缩并吸收进入腹腔,尿囊动、静脉血管退化并枯萎,由尿囊呼吸转为肺呼吸,胚胎需氧量迅速增加;此期低氧环境会导致胚胎摄氧不足或胎位不正,无力啄壳而死亡。

表 1 不同海拔高度孵化鸡胚胎孵化期累积死亡率

Table 1 Cumulative proportions of dead embryos for each day of incubation at different altitude

海拔/ m	组别*	入孵数	孵 化 时 间/d										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 900	T	200	0	0.041 0	0.065 6	0.073 8	0.073 8	0.082 0	0.090 2	0.090 2	0.090 2	0.090 2	0.098 4
	T <sub>B</sub>	190	0	0.041 1	0.071 7	0.089 9	0.089 9	0.096 0	0.102 1	0.114 1	0.120 2	0.120 2	0.126 3
	D	574	0	0.090 6	0.143 4	0.152 8	0.158 5	0.166 0	0.171 7	0.175 5	0.183 0	0.188 7	0.190 6
	S	528	0	0.129 7	0.232 6	0.241 5	0.257 2	0.261 8	0.270 7	0.281 9	0.293 1	0.295 4	0.302 1
	TD	500	0	0.025 8	0.059 7	0.064 0	0.068 3	0.071 6	0.073 8	0.076 0	0.080 2	0.080 2	0.080 2
	TS	551	0	0.078 3	0.130 3	0.146 9	0.157 2	0.157 2	0.163 4	0.169 6	0.173 7	0.179 9	0.184 0
3 650	T	464	0	0.064 3	0.131 6	0.146 2	0.155 0	0.166 7	0.175 4	0.181 3	0.181 3	0.187 1	0.193 0
	T <sub>B</sub>	324	0	0.069 9	0.160 8	0.188 8	0.199 3	0.209 8	0.213 3	0.223 8	0.230 8	0.234 3	0.244 8
	D	586	0	0.115 5	0.310 6	0.354 1	0.395 8	0.426 1	0.460 2	0.503 7	0.537 8	0.566 2	0.590 9
	S	574	0	0.188 1	0.405 9	0.469 3	0.507 4	0.526 4	0.551 7	0.579 2	0.600 4	0.625 7	0.649 0
	TD	371	0	0.093 8	0.205 3	0.240 5	0.255 1	0.263 9	0.269 8	0.278 6	0.287 4	0.293 3	0.305 0
	TS	588	0	0.096 6	0.229 6	0.259 7	0.281 1	0.300 4	0.315 5	0.328 3	0.343 3	0.360 5	0.373 4
海拔/ m	组别	入孵数	孵 化 时 间/d										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
2 900	T	200	0.098 4	0.098 4	0.098 4	0.098 4	0.098 4	0.106 6	0.172 2	0.196 8	0.205 0	0.205 0	
	T <sub>B</sub>	190	0.132 4	0.138 4	0.144 5	0.150 6	0.156 7	0.174 9	0.307 9	0.332 1	0.356 3	0.356 3	
	D	574	0.196 2	0.200 0	0.207 5	0.220 8	0.245 3	0.283 0	0.584 9	0.632 1	0.683 0	0.683 0	
	S	528	0.308 8	0.317 7	0.322 2	0.340 1	0.364 7	0.418 5	0.637 7	0.657 8	0.677 9	0.677 9	
	TD	500	0.082 4	0.082 4	0.084 6	0.084 6	0.095 3	0.106 0	0.211 4	0.224 3	0.245 2	0.245 2	
	TS	551	0.190 2	0.196 4	0.204 6	0.214 9	0.229 3	0.256 0	0.418 6	0.439 2	0.447 4	0.447 4	
3 650	T	464	0.204 7	0.213 5	0.216 4	0.233 9	0.254 4	0.283 6	0.649 1	0.684 2	0.693 0	0.693 0	
	T <sub>B</sub>	324	0.251 7	0.265 7	0.276 2	0.286 7	0.304 2	0.381 1	0.727 3	0.755 2	0.772 7	0.772 7	
	D	586	0.617 4	0.649 6	0.685 6	0.723 4	0.763 2	0.810 6	0.931 8	0.937 5	0.937 5	0.937 5	
	S	574	0.674 4	0.704 0	0.737 8	0.765 3	0.790 7	0.833 01	0.957 8	0.961 95	0.961 9	0.961 9	
	TD	371	0.316 7	0.337 2	0.354 8	0.369 5	0.390 0	0.454 5	0.744 9	0.768 3	0.777 1	0.777 1	
	TS	588	0.388 4	0.405 6	0.414 2	0.437 8	0.465 7	0.519 3	0.849 8	0.862 7	0.864 8	0.864 8	

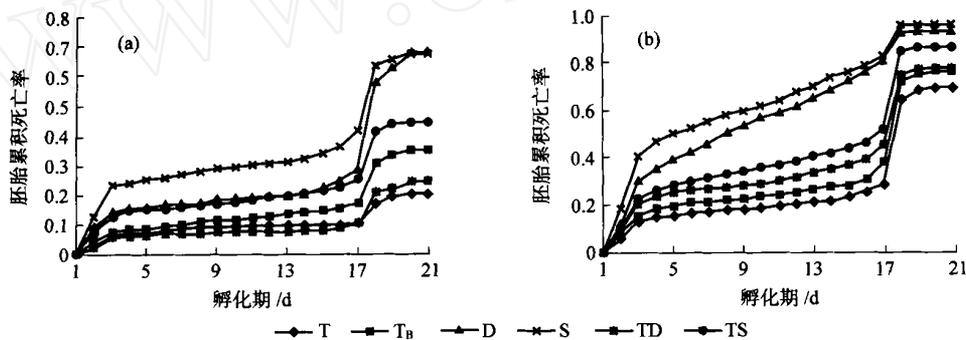
注:藏鸡(T)、饲养在北京的藏鸡(T<sub>B</sub>)、矮小隐性白(D)、寿光鸡(S)、藏鸡×矮小隐性白(TD)、藏鸡×寿光鸡(TS)。下同。

不同品种由于对高海拔低氧环境适应能力不同,在2个死亡高峰阶段的死亡率也存在很大差别,藏鸡死亡率最低,全期累积死亡率为20.50%;其次为TD、 $T_B$ 和TS;死亡率最高的为2个低地鸡种D和S,累积死亡率分别达到了68.30%和67.79%。

从表1和图1(b)中可见,各组种蛋在3650 m海拔的拉萨孵化时,也表现前期和后期2个死亡高峰阶段,但中期(8~14 d)也有少量胚胎死亡,尤其是低地鸡种D和S在中期也持续死亡。T死亡率仍最低,全期累积死亡率为69.30%;其次为TD、 $T_B$ 和TS;死亡率最高的为2个低地鸡种D和S,累积死亡率分别达到了93.75%和96.19%。这说明由于海拔的差距和气候环境的不同,特别是缺氧程度的强弱,对胚胎发育有严重的影响;海拔的升高会造成鸡胚死亡率增加,尤其对不能适应低氧环境的低

地鸡种更为敏感。

在2个海拔环境的孵化试验中,藏鸡胚胎死亡率均较低,与其他品种相比表现出了较强的高原适应性,但藏鸡并不是高原完全适应动物品种,对于3650 m的高海拔表现了明显的胚胎死亡率升高。在北京饲养的藏鸡 $T_B$ ,回到高原孵化,胚胎死亡率比低地鸡种低,但比高原环境饲养的藏鸡高,说明除了遗传基础外,种鸡饲养环境也很大程度影响孵化期胚胎发育。TD和TS是藏鸡与低地鸡的杂交种,其胚胎死亡率介于藏鸡和低地鸡之间,TD在2个海拔孵化胚胎死亡率均低于TS,说明不同的低地鸡与藏鸡杂交,高原适应性表现出不同杂种优势;TD杂种优势很高,胚胎死亡率较接近藏鸡,甚至低于低地饲养的藏鸡 $T_B$ 。



(a) 在2900 m孵化

(b) 在3650 m孵化

图1 孵化期鸡胚胎累积死亡曲线

Fig. 1 Accumulated mortality of chicken embryo during incubation

## 2.2 估计参数

利用表1数据进行2阶段曲线方程拟合,估计的方程参数见表2。该方程对各组胚胎死亡规律拟合度均较好, $R^2$ 都在0.98以上, $RSE$ 很小。所以,本研究所选用的模型适宜模拟鸡胚高原孵化时胚胎死亡的分布规律,方程参数具有生物学意义,可以用来分析高原环境对鸡胚胎发育的影响和不同品种对高原适应性的差别。

林芝孵化各组鸡胚死亡率估值均接近实测的胚胎累积死亡率,从低到高依次为T、TD、 $T_B$ 、TS、D和S。胚胎第1死亡高峰比例( $m_1$ )28.59%~45.97%,高峰期( $c_1$ )在第2.30~4.05 d,持续时间(含盖本阶段96%的死亡个体)为2.59~9.92d;第2高死亡峰比例( $1 - m_1$ )54.13%~71.41%,高峰期在第17.20~17.68天,持续时间为1.39~2.34 d。可见2900 m海拔孵化时,鸡胚后期死亡高于前

期,且分布集中。

拉萨孵化时,T、TD、 $T_B$ 和TS鸡胚死亡率估值接近实测胚胎累积死亡率,但D和S的 $f$ 估值超过了1, $c_2$ 估值较低(14.25和15.12 d),4倍 $d_2$ 值也较大(16.97和16.05 d);这可能是由于这2个低地鸡种,对高原适应性较差,在较高海拔孵化时,胚胎死亡率很高,中期也持续死亡,2阶段性表现不太明显;该方程把中期的死亡个体也划分到了后期,所以导致死亡率估值偏高、第2阶段高峰提前以及第2阶段持续期较长。T、TD、 $T_B$ 和TS的胚胎第1死亡高峰比例在30.32%~46.99%,高峰期在第2.94~3.76 d,持续时间为4.69~8.38 d;胚胎第2死亡高峰期在第17.25~17.42 d,持续时间为1.00~1.54 d。可见3650 m海拔孵化时,鸡胚后期死亡也高于前期,后期死亡分布也更集中。

海拔从2900 m升高到3650 m,胚胎死亡率明

显增加 33.48%~54.12%;藏鸡的第2高峰期死亡比例增加了 7.70%~15.65%;低地鸡的第2死亡高峰持续期延长了 13.71~15.44 d;杂交鸡的第1

高峰死亡比例增加了 5.55%~7.34%,死亡持续期延长 0.15~0.66 d。

表2 不同海拔高度孵化期鸡胚胎死亡曲线方程参数分析

Table 2 Estimates and standard errors for parameters of embryonic mortality curves at different altitude

海拔/m	组别	曲线方程参数							$R^2$	RSE
		$f$	$m_1$	$c_1$	$c_2$	$d_1$	$d_2$			
2 900	T	估值	0.203 5	0.459 7	2.572 1	17.683 3	1.012 0	0.363 2	0.984 8	0.000 806
		SE	0.004 57	0.015 8	0.209 6	0.115 3	0.202 3	0.089 2		
	T <sub>B</sub>	估值	0.350 7	0.405 7	4.053 8	17.546 7	2.479 4	0.360 2	0.987 2	0.002 56
		SE	0.008 03	0.023 1	0.501 9	0.115 5	0.542 7	0.078 0		
	D	估值	0.672 0	0.285 9	2.422 5	17.487 3	0.913 9	0.382 1	0.989 7	0.008 11
		SE	0.014 4	0.012 6	0.304 7	0.088 4	0.292 0	0.062 0		
	S	估值	0.683 7	0.430 3	2.301 4	17.208 6	0.648 4	0.584 3	0.981 7	0.011 6
		SE	0.019 1	0.018 2	0.195 8	0.162 1	0.176 9	0.140 4		
	TD	估值	0.239 8	0.332 5	2.542 2	17.513 9	0.712 9	0.347 4	0.990 9	0.000 855
		SE	0.004 60	0.011 5	0.205 5	0.083 7	0.185 0	0.054 5		
	TS	估值	0.448 8	0.414 4	2.576 7	17.316 5	0.983 1	0.416 1	0.980 6	0.005 71
		SE	0.012 2	0.018 4	0.276 1	0.138 4	0.264 4	0.112 3		
3 650	T	估值	0.691 0	0.303 2	3.225 8	17.420 2	1.683 3	0.252 4	0.991 5	0.007 61
		SE	0.013 2	0.013 9	0.404 3	0.089 2	0.419 4	0.046 4		
	T <sub>B</sub>	估值	0.769 7	0.328 7	3.026 7	17.319 5	1.245 0	0.306 5	0.990 3	0.010 2
		SE	0.015 5	0.013 5	0.313 7	0.089 3	0.303 8	0.064 5		
	D	估值	1.092 0	0.310 5	2.545 7	14.252 7	0.414 9	4.241 7	0.990 3	0.013 4
		SE	0.101 1	0.078 5	0.164 4	1.006 6	0.160 7	1.121 2		
	S	估值	1.108 5	0.425 3	2.348 9	15.148 5	0.458 4	4.012 4	0.991 0	0.011 2
		SE	0.114 1	0.084 2	0.105 9	1.241 8	0.114 0	1.281 7		
	TD	估值	0.781 0	0.405 9	2.935 1	17.255 3	1.173 2	0.384 9	0.980 7	0.018 5
		SE	0.021 4	0.019 4	0.324 8	0.134 6	0.312 6	0.115 7		
	TS	估值	0.866 6	0.469 9	3.759 5	17.270 7	2.094 4	0.251 2	0.988 5	0.022 6
		SE	0.022 7	0.024 3	0.431 0	0.163 8	0.455 2	0.125 5		

### 3 结 论

本研究根据多阶段模型建立的2阶段增长方程适用于研究鸡高海拔地区不同鸡种孵化期胚胎死亡的分布规律,拟合度高于0.98,参数有具体的生物学意义,有助于理解饲养管理、遗传基础和孵化环境对胚胎发育的影响。

模型分析可知,鸡蛋在高原孵化时胚胎死亡呈

明显的2个高峰期,一般第1高峰期死亡比例低于第2高峰期,第1高峰期出现在2.30~4.05 d,第2高峰期出现在17.20~17.68 d。品种间在胚胎死亡高峰期发生时间上未见明显差异,说明不同品种的胚胎发育模式是一致的,胚胎发育的关键时期也相同。

不同海拔的孵化环境严重影响着胚胎孵化期的死亡;海拔从2 900 m升高至3 650 m,所有品种的胚

胎在 2 个高峰期的死亡率均增加,增加幅度为 33.48%~54.12%;同时藏鸡第 2 高峰期死亡比例增加 7.70%~15.65%;低地鸡第 2 高峰持续期延长 13.71~15.44 d;杂交鸡第 1 高峰期死亡比例增加了 5.55%~7.34%,持续期延长 0.15~0.66 d。

藏鸡是高原适应性较强的鸡种,在 2 个海拔环境中均表现胚胎死亡率相对较低;但死胚分布规律在海拔 2 900 m 时各品种相差不大;在海拔 3 650 m 时,低地鸡种胚胎死亡时间明显延长。藏鸡引入低地饲养数年后,虽然仍含有高原适应基因,但由于其生活在平原常压常氧环境中,可能是由于产下的种蛋缺少了抗高原低压低氧生理特性,在高海拔孵化胚胎死亡率比低地鸡种低,但比高原环境饲养的藏鸡高。这说明了除了鸡本身的遗传基础外,种鸡饲养环境也很大程度影响孵化期胚胎发育。藏鸡与低地鸡的杂交种 TD 和 TS 对高原的适应性具有不同杂种优势;尤其是 TD 杂种优势很高。

### 参 考 文 献

- [1] Jassim E W, Grossman M, Koops W J, et al. Multiphasic analysis of embryonic mortality in chickens [J]. Poultry Sci, 1996, 75:464~471
- [2] 张慧林,孙俊丽,龙明秀,等. 孵化期肉鸡胚胎死亡规律的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31:143~146
- [3] Kwakkel R P, Ducro B J, Koops W J. Multiphasic analysis of growth of the body and its chemical components in White Leghorn pullets [J]. Poultry Sci, 1993, 72: 1421~1432
- [4] Grossman M and Koops W J. A model for individual egg production in chickens [J]. Poultry Sci, 2001, 80(7): 859~867
- [5] Koops W J, Grossman M. Application of a multiphasic growth function to body composition in pigs[J]. J Anim Sci, 1991, 69: 3265~3273
- [6] Koops W J, Grossman M and Daas H G. A model for reproductive efficiency of dairy bulls[J]. J Dairy Sci, 1995, 78(4): 921~928
- [7] Kuurman W W, Bailey B A, Koops W J, et al. Influence of storage days on the distribution for time of embryonic mortality during incubation[J]. Poultry Sci, 2002, 81(1): 1~8