

藏鸡蛋壳通透性与水分散失的关系

魏泽辉 吴常信

(中国农业大学 动物科学技术学院,北京 100094)

摘要 为研究藏鸡蛋壳对水的通透性特点和影响因素,分别在西藏林芝地区(海拔:2 900 m)和北京(海拔:100 m)同时测定藏鸡和农大小型鸡(平原品种对照)蛋壳对水的通透性等相关特性,分析了在高原孵化时蛋壳失水率与胚胎死亡日龄的关系。结果显示:藏鸡蛋壳对水的通透性($1.05 \mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{Pa}\cdot\text{g})$)显著低于对照品种($1.20 \mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{Pa}\cdot\text{g})$), $P < 0.01$;蛋壳对水的通透性较低主要由于蛋壳有效气孔面积较小($A_{P_z}/A_{P_D} = 0.584$);在高海拔地区藏鸡出雏组在整个孵化期的失水率都显著低于平原对照出雏组($P < 0.05$),同一时期死亡较早组的失水率较高。结果表明藏鸡蛋壳通透性较低可能是藏鸡在高原孵化失水率较低的主要因素之一。

关键词 藏鸡;蛋壳通透性;蛋壳特性

中图分类号 S 814.5

文章编号 1007-4333(2005)02-0041-04

文献标识码 A

A relation of eggshell conductance of Tibetan chicken to its water loss

Wei Zehui, Wu Changxin

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

Abstract To understand the relationship between the eggshell conductance of Tibetan chicken and water vapour, several relevant characteristics of conductance, thickness, surface area and pore density of in the eggshells of Tibetan chicken and Dwarf chicken as a control were determined at Tibet (altitude: 2 900 m) and Beijing (altitude: 100 m) respectively. The relation was established between water loss rate and death age of the egg during hatching at different altitudes. The conductance of Tibetan chicken eggshell ($1.05 \mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{Pa}\cdot\text{g})$) was significantly lower than the control ($1.20 \mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{Pa}\cdot\text{g})$), $P < 0.01$. The lower conductance was due to the smaller functional pore areas of eggshells ($A_{P_z}/A_{P_D} = 0.584$). The water loss rates of the hatched Tibetan chicken eggs were lower than that of the control at high altitude (2 900 m). The earlier death of embryos, the higher the water loss was found at the same period. It was suggested that a reduction of eggshell conductance might be the main reason of the lower water loss rate.

Key words tibetan chicken; eggshell conductance; eggshell characteristic

藏鸡是我国西藏的地方品种,对海拔 4 100 m 以下的高寒恶劣环境有良好的适应能力^[1]。在西藏的彭波农场、尼木县藏鸡蛋受精蛋孵化率为 86.28%,入孵蛋孵化率为 77.11%^[2]。平原产鸡蛋在高海拔地区孵化率则低得多,海拔 145 m 时受精蛋孵化率 96.15%的鸡蛋,在 3 200 m 高原的孵化率仅为 38.45%^[3];海拔 83 m 时受精蛋孵化率 79.4%的鸡蛋,在 2 194 m 高原的孵化率平均仅为 53.5%^[4]。

平原产鸡蛋在高原孵化率显著下降,主要是由于高海拔地区空气稀薄,鸡胚与外界的气体交换改变^[5,6]。在高原有些鸟类和家禽能够在自然状态下完成繁殖循环,这些鸟类和家禽的明显适应性变化是蛋壳通透性较小^[7-9]。鸡蛋在孵化过程中要维持合适的水分散失(15%),蛋壳通透性小可以防止高原低气压引起的蛋内水分和二氧化碳的过度散失^[10],有利于胚胎生长和提高孵化率^[11],蛋壳通透性对于高原孵化有着至关重要的作用。藏鸡是我国

收稿日期: 2005-01-13

基金项目: 教育部科学技术重大项目资助(10404)

作者简介: 魏泽辉,博士研究生;吴常信,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事动物遗传资源研究。

特有的适应高海拔的地方品种,但有关其蛋壳通透性的研究尚很少,本研究对此进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 蛋壳通透性测定

2003年9—11月在西藏林芝(海拔2900m)测定林芝藏鸡蛋(T样品蛋购自西藏农牧学院养鸡场)蛋壳通透性,同时在北京测定北京藏鸡(样品蛋来自中国农业大学实验种鸡场—藏鸡群体)的蛋壳通透性。2 试验测定方法相同并均以平原鸡(农大小型鸡D,样品蛋来自中国农业大学实验种鸡场)为对照。

将无精蛋放入加有硅胶和KOH片的干燥器,将干燥器放入37.8℃的孵化机中保持恒温,约每24h称蛋质量1次,连续7d。无精蛋失重的主要原因是水分散失。蛋内水蒸气分压 P_{H_2O} 为饱和蒸气压;蛋外有硅胶和KOH的吸收作用,因此认为其水蒸气分压为0。根据失重值绘制回归曲线,斜率即为蛋壳对水分的散失率 M_{H_2O} ,mg/d。蛋壳对水的一般通透性为 $G_{H_2O} = M_{H_2O} / P_{H_2O}$, $\mu\text{g}/(\text{d} \cdot \text{Pa})$;式中 P_{H_2O} 为蛋壳内外水蒸气分压差,37.8℃时水的饱和蒸汽压力为6.506kPa。用在高海拔环境测定的通透性结果乘以 $P_B/101.32$ kPa(P_B 为实际环境大气压力,71.99kPa;101.32kPa为标准大气压力)来校正气压降低对气体扩散速度的影响^[12]。为标准化,用蛋质量对 G_{H_2O} 加以校正,得蛋壳对水的特殊通透性 $g_{H_2O} = G_{H_2O}/m$ 。

1.2 蛋壳物理特性的测定

在西藏林芝对以上测定过蛋壳通透性的无精蛋进行相关物理性状(主要包括蛋壳表面积、蛋壳厚度及蛋壳气孔数)的测定。蛋壳表面积 $S = 4.94(0.51LB^2)^{0.667}$, m^2 ;式中 L 、 B 分别为蛋的长径和

短径^[11]。然后去除蛋内容物,并剥离蛋的内外壳膜,用蛋壳厚度仪测定蛋的钝端、锐端和中间的蛋壳厚度,求其平均值。气孔数测定时,分别从蛋的钝端、锐端和中部取一片蛋壳,先置于沸腾的1%(质量分数)KOH溶液中煮约5min,去除蛋壳内的纤维膜;用清水冲洗后放入1%(质量分数)的HCl溶液中浸泡约30s扩大气孔;然后在蛋壳内表面滴少量的高锰酸钾溶液,静置数分钟致高锰酸钾溶液渗到蛋壳外表面后,数单位面积(0.25cm^2)上蛋壳的气孔数^[13]。

1.3 高原孵化过程中蛋的失水率

用飞机和汽车将对照鸡种蛋运到西藏林芝与林芝藏鸡蛋一起在西藏农牧学院养鸡场孵化室孵化,孵化温度37.8℃,相对湿度60%。分别在孵化前和孵化的第6、12和18天称胚蛋质量,并按0~6、7~12和3~18d3个阶段来分析水分的散失情况。在孵化的第6、12和19天进行照蛋,检出不同阶段死亡的胚蛋。并根据胚胎的死亡阶段和出雏分成4组:第1组为第0~12天死亡个体;第2组为第13~19天死亡个体;第3组为第20~22天死亡个体;第4组为出雏个体。根据死亡阶段分组后,分析藏鸡与对照间失水率的差异。失水率=(初始蛋质量-最终蛋质量)/初始蛋质量 $\times 100\%$ 。

2 结果与分析

1) 蛋壳通透性。在北京和西藏林芝对对照的蛋壳通透性进行了测定和校正,其结果差异没有达到显著水平($P = 0.14$),说明测定和校正方法可信。两地产鸡蛋蛋壳通透性测定结果见表1。可以看出,两地产藏鸡蛋蛋壳通透性均显著小于平原对照品种($P < 0.01$),北京藏鸡蛋的蛋壳通透性显著小于林芝藏鸡蛋($P < 0.01$)。

表1 两地分别测得的2个品种的蛋壳通透性

Table 1 Eggshell conductance of Linzhi Tibetan and Beijing Tibetan at different altitude

测定项目	平原鸡(CK)		北京藏鸡	林芝藏鸡
$G_{H_2O}/(\mu\text{g} \cdot (\text{d} \cdot \text{Pa})^{-1})$	67.13 a \pm 11.55	63.38 a \pm 12.08	32.85 c \pm 6.08	46.88 b \pm 8.55
$g_{H_2O}/(\mu\text{g} \cdot (\text{d} \cdot \text{Pa} \cdot \text{g})^{-1})$	1.20 a \pm 0.22	1.28 a \pm 0.30	0.83 c \pm 0.15	1.05 b \pm 0.22
测定地点及样本数	北京,30	林芝,30	北京,32	林芝,29

注:同行不同字母表示差异显著($P < 0.05$);下同。

2) 蛋壳表面积、蛋壳厚度及蛋壳气孔数。表2示出蛋壳的物理特性。可以看出,藏鸡蛋蛋壳厚度、

单位面积蛋壳气孔数和蛋壳表面积均显著小于对照品种($P < 0.05$)。

表 2 蛋壳物理特性

Table 2 Eggshell characteristics of Linzhi Tibetan chicken and control

品 种	蛋质量/g	蛋壳厚度/mm	蛋壳气孔数/(个 cm^{-2})	蛋壳表面积/ cm^2
林芝藏鸡蛋 (T)	50.939 a \pm 13.153	0.301 b \pm 0.005	12.8 b \pm 0.97	61.47 b \pm 8.99
平原鸡蛋 (D)	45.819 b \pm 9.659	0.360 a \pm 0.005	15.9 a \pm 0.99	64.01 a \pm 14.19

3) 高原孵化过程中的失水率。由表 3 可以看出,不同阶段对照死亡组失水率都较高,而出雏组的失水率最低。对于藏鸡蛋而言,虽然出雏组的失水率也低于死亡组,但差异都没有达到显著水平 ($P >$

0.05)。藏鸡蛋的失水率都小于对照,其出雏组各阶段失水率与对照各组比较差异都达到了极显著水平 ($P < 0.01$)。

表 3 在高原孵化时鸡胚死亡组与出雏组的失水率

Table 3 Water loss rate of the died and hatched Linzhi Tibetan at high altitude

水分散失 阶段/d	平原鸡分组(样本数)				藏鸡分组(样本数)		%
	1(33)	2(48)	3(179)	4(194)	3(16)	4(45)	
0~6	5.91 a \pm 0.002	5.67 ab \pm 0.001	5.45 b \pm 0.001	5.20 c \pm 0.001	5.15 bc \pm 0.002	4.75 d \pm 0.001	
7~12		5.94 a \pm 0.001	5.70 ab \pm 0.001	5.52 bc \pm 0.001	5.16 cd \pm 0.002	4.74 d \pm 0.001	
13~18		6.87 a \pm 0.001	6.28 b \pm 0.001	6.08 c \pm 0.001	5.45 d \pm 0.002	5.05 d \pm 0.001	

注:1—0~12 d 死亡;2—13~19 d 死亡;3—20~22 d 死亡;4—出雏。藏鸡 1,2 组因死亡个体较少无法进行统计。

3 讨 论

将平原鸡蛋带到高原孵化,气体交换环境发生变化。随着海拔的升高,大气压力逐渐下降,同时 O_2 、 CO_2 和水的分压也相应下降。成年哺乳动物和鸟类进入高海拔地区时,表现出肺通气加强,气体交换增加^[14,15]。鸟类在胚胎期的高原适应性则表现为在不同环境中生存的亲代所产蛋的蛋壳通透性不同。Packard 等^[8]通过对北美在不同海拔高度(1 132~2 883 m)繁殖的鸟类进行研究,证明随着海拔的升高蛋壳对水的通透性下降。Wangensteen 等^[9]研究了对高原习服的一群白来航鸡的蛋壳通透性,结果表明,蛋壳通透性从平原的 $0.27 \text{ cm}^3/(\text{d} \cdot \text{Pa})$ (standard temperature, pressure, dry gas, STPD) 下降到高原的 $0.19 \text{ cm}^3/(\text{d} \cdot \text{Pa})$ (STPD)。本试验结果表明:藏鸡蛋壳对水的通透性 ($46.88 \mu\text{g}/(\text{d} \cdot \text{Pa})$) 显著小于对照 ($67.13 \mu\text{g}/(\text{d} \cdot \text{Pa})$);另外本试验北京藏鸡蛋壳通透性显著低于林芝藏鸡,可能是由于该群体已连续多代在平原地区饲养和繁殖产生了低海拔适应性变化。

鸡胚通过蛋壳进行的气体交换过程是完全靠气体的扩散作用完成的,这一过程可以用 Fick 第一扩散定律的一个变形公式来说明:

$$\dot{G} = \left(\frac{D}{RT} \right) \left(\frac{A_p}{L} \right) P \quad (1)$$

式中: \dot{G} 为蛋壳对气体的通透性, $\text{cm}^3/\text{s} \cdot \text{Pa}$ (STPD); D 为气体双向扩散系数, m^2/s ; RT 为气体常数和热力学温度, $\text{cm}^3 \cdot (\text{Pa}/\text{cm}^3)$; A_p 为有效气孔面积, cm^2 ; L 为扩散路径长度或蛋壳厚度, cm ; P 为蛋壳两侧气体分压差, Pa 。

将式(1)变形为公式(2)可知,在环境条件不变的情况下,蛋壳通透性主要由蛋壳厚度 L 和有效气孔面积 A_p 决定。同时藏鸡蛋蛋壳通透性为平原对照的 0.698 倍。

$$\frac{\dot{G}_T}{\dot{G}_D} = \frac{A_{p_T} L_D}{A_{p_D} L_T} = 0.698 \quad (2)$$

式中: \dot{G}_T 为林芝藏鸡蛋壳通透性; \dot{G}_D 为平原鸡蛋壳通透性; A_{p_T} 为林芝藏鸡蛋有效气孔面积; A_{p_D} 为平原鸡蛋有效气孔面积。

由于藏鸡蛋蛋壳比对照薄,所以有

$$A_{p_T}/A_{p_D} = 0.584$$

因此可以认为,藏鸡蛋蛋壳通透性较小,主要是由蛋壳有效气孔面积决定的。有效气孔面积取决于蛋壳表面积、单位面积的蛋壳气孔密度及气孔大小与形状。为分析蛋壳表面积和单位面积气孔数对有效气孔面积的影响,根据表 2 计算,蛋壳表面积比为 $S_T/S_D = 0.9603$;单位面积气孔数比为 $N_T/N_D = 0.805$ 。说明虽然表面积是有效气孔面积的影响因

素之一,但其影响较小;蛋壳单位面积上的气孔密度对有效气孔面积影响较大。另外气孔形状、大小可能是导致藏鸡蛋有效气孔面积变小的主要因素。Wangensteen 等^[9]比较了高原鸡与平原鸡的蛋壳厚度和有效气孔面积等可能影响蛋壳通透性的指标,结果表明,高原鸡蛋壳通透性下降主要是由于有效气孔面积下降造成的。这一结果也被 Ar^[13]和 Carey^[11]等的试验所证明。

在高海拔地区,蛋内外气体的双向扩散系数与气压呈反比增大,这意味着当环境气压下降时,靠扩散作用进行的蛋的 H₂O 和 CO₂ 的散失及 O₂ 的摄入速度都比平原地区高。由于鸡胚所有气体的交换都是通过蛋壳上相同的气孔进行的,所以蛋壳要适应高原环境面临 2 种相反的选择,其一是为防止 H₂O 和 CO₂ 过度散失要求蛋壳通透性下降,其二是为防止过度缺 O₂ 要求蛋壳通透性增高^[10]。很多文献认为高海拔地区鸡蛋孵化率降低的主要原因是 O₂ 的缺乏^[5, 16]。本试验中探讨了藏鸡蛋壳通透性较低对孵化率的影响,比较了在高原孵化时不同死亡日龄胚胎的失水率(表 3),结果表明,在高海拔地区孵化出雏组的失水率较低,且藏鸡蛋出雏组的失水率较平原鸡蛋低。由于水分散失取决于蛋壳通透性,而 H₂O 与 O₂ 分子通过蛋壳的通道又是完全相同的,因此水分散失较低意味着通过蛋壳的 O₂ 将更少,更加不利于胚胎成活;但是鸟类胚胎对缺氧的适应性取决于其血管密度、血红蛋白含量、血氧亲和力等血液学性状、心血管特性和胚胎代谢率,等等;而其 CO₂ 和 H₂O 的散失则几乎完全由蛋壳通透性决定。

因此笔者认为,藏鸡对高原环境的适应性在蛋壳上主要表现为通透性下降,以防止水分和 CO₂ 的过度散失。至于由此而导致的进入蛋内的 O₂ 的减少,则可能还存在其他机制来满足 O₂ 对胚胎正常生长的需要。

参 考 文 献

- [1] 纪素玲,徐业芬,牛加强. 对西藏藏鸡保种的建议[J]. 中国家禽, 2001, 23: 48
- [2] 张学余. 我国优质鸡种资源——藏鸡[J]. 中国家禽, 2003, 25: 44 - 45
- [3] Stephen B F, Ploog H P. Incubation of chicken eggs at high altitudes, 10500ft (3 200 m) [J]. World's Poult Sci J, 1967, 23: 346 - 354
- [4] Francis D W, Bernier P E, Hutto D C. The effect of altitude on the hatchability of chicken eggs[J]. Poult Sci, 1967, 46: 1384 - 1389
- [5] Visschedijk A H J. Gas exchange and hatchability of chicken eggs incubated at simulated high altitude [J]. J Appl Physiol, 1985, 58: 416 - 418
- [6] Grand H, Visschedijk A H J. Altitude hypocapnia at 2 800 m does not affect development of the chicken embryo [J]. J Exp Zool, 1987(Suppl 1): 365 - 370
- [7] Snyder G K, Black C P, Birchard G F. Respiratory properties of blood from embryos of highland vs. lowland geese[J]. J Appl Physiol, 1982, 53: 1432 - 1438
- [8] Packard G C, Sotherland P R, Packard M J. Adaptive reduction in permeability of avian eggshells to water vapour at high altitudes [J]. Nature (London), 1977, 266: 255 - 256
- [9] Wangenstein O D, Rahn H, Burton R R, et al. Respiration gas exchange of high altitude adapted chick embryos [J]. Respir Physiol, 1974, 21: 61 - 70
- [10] Leon-Velarde F, Monge C, Carey C. Physiological strategies of oxygen transport in high altitude bird embryos[J]. Comp Biochem Physiol, 1997, 118A: 31 - 37
- [11] Carey C, Steven D G, Edward L T. Avian reproduction over an altitudinal gradient Physical characteristics and water loss of eggs[J]. Physiol Zool, 1983, 53: 340 - 352
- [12] Carey C, Leon-Velarde F, Castro G, et al. Shell conductance, daily water loss, and water content of Andean gull and Puna ibis eggs[J]. J Exp Zool, 1987, (Suppl 1): 247 - 252
- [13] Ar A, Rahn H. Pores in avian eggshells: gas conductance, gas exchange and embryonic growth rate [J]. Respir Physiol, 1985, 61: 1 - 20
- [14] Leon-Velarde F, Monge C. Avian embryos in hypoxic environments[J]. Respir Physiol & Neurobiol, 2004, 141: 331 - 343
- [15] Monge C, Leon-Velarde F. Physiological adaptation to high altitude: oxygen transport in mammals and birds [J]. Physiol Rev, 1991, 71: 1135 - 1172
- [16] Thompson R L. Incubation at high altitude. The effect of wind, barometric pressure and humidity on foetal mortality in the hen's egg[J]. Poult Sci, 1952, 31: 497 - 509