

三种鹭异步孵化与雏鸟生长的比较研究*

朱曦** 李再国 陈伟贞

(浙江林学院, 临安 311300)

【摘要】 根据1996~1999年的野外工作和实验饲养,研究了池鹭、白鹭、夜鹭3种鹭的繁殖、雏鸟生长和异步孵化对雏鸟生长的影响。3种鹭于4月上、中旬迁到常山、余杭鹭保护区,9月下旬陆续迁离。孵卵期池鹭为23.0 d($n=26$),白鹭23.9 d($n=32$),夜鹭25.3 d($n=34$);孵化率池鹭为76.32%,白鹭86.96%,夜鹭95.45%,池鹭繁殖力为3.21只,白鹭3.38只,夜鹭3.50只。雏鸟体重增长与成体体形大小呈负相关。幼雏体重增长与孵化顺序相关。在生长早期(≤ 8 d)全部雏鸟正常发育,之后差异显著。第1和第2孵化雏鸟生长曲线相似,但明显高于第4雏鸟,表明较早孵化者获得食物能力较强,而迟孵出雏鸟有食物不足现象。该3种鹭孵育幼雏能力的最适度估计为3只左右。

关键词 异步孵化 雏鸟生长 白鹭 池鹭 夜鹭

文章编号 1001-9332(2005)01-0125-04 **中图分类号** Q959.7 **文献标识码** A

A comparative study on asynchronous hatching and nestling growth of three heron species. ZHU Xi, LI Zaiguo, CHEN Weizhen (Institute of Zoology, Zhejiang Forestry University, Lin'an 311300, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(1):125~128.

The study on the asynchronous hatching and nestling growth of three heron species (*Ardeola bacchus*, *Egretta garzetta*, *Nycticorax nycticorax*) in laboratory and field at the Changshan and Yuhang heron reserve in Zhejiang Province in 1996~1999 showed that the herons migrated to the reserve in the first and second ten days of April, and left in late September. The average hatching period was 23.0 days for *Ardeola bacchus*, 23.9 days for *Egretta garzetta*, and 25.3 days for *Nycticorax nycticorax*. *Nycticorax nycticorax* had the highest hatching rate (95.45%), followed by *Egretta garzetta* (86.98%) and *Ardeola bacchus* (76.32%). The hatch ability of *Nycticorax nycticorax* (3.50) was higher than those of *Egretta garzetta* (3.38) and *Ardeola bacchus* (3.21). The increase of nestling weight was negatively related to the adult body size, but positively related to the hatching order. All nestlings developed well at their early growth stage, and then, there existed a significant difference among the nestlings based on the hatching order. The growth curves of the first three nestlings were similar and obviously better than that of the fourth, which indicated that early-hatched nestlings could obtain enough food, while the last one might be short of food. The optimal hatching quantity of the three heron species was assumed to be three offsprings.

Key words Asynchrony hatching, Nestling growth, *Egretta garzetta*, *Ardeola bacchus*, *Nycticorax nycticorax*.

1 引言

鸟类在一窝卵未产齐即开始孵化,这种孵化方式通称为异步孵化。异步孵化是部分晚成鸟繁殖的特点,由于异步孵化而导致同窝雏鸟间个体大小差别,使得雏鸟获得食物能力的不同,而影响雏鸟的生长发育和存活^[2,4,10],并普遍认为异步孵化是一种适应性繁殖对策。异步孵化与其所产生的体重等级影响雏鸟发育和成活,低等级雏鸟在食物资源充足年份易于成活,而在匮乏年份被遗弃,从而依据食物丰富度调节成活数量^[1,3,8]。雏鸟出壳顺序一致,且出壳时间的间隔逐步延长,同窝雏鸟间还形成显著的体重等级^[7]。不同孵出顺序雏鸟早期发育无差异,之后差异显著^[11]。本文在通过池鹭(*Ardeola bacchus*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、夜鹭(*Nycticorax*

nycticorax)繁殖生态生物学研究^[13~15]的基础上,在人工饲养条件下探讨异步孵化对雏鸟生长的影响,并比较不同属种间的差异性。

2 材料与方法

1996~1999年5~9月在浙江省常山县、杭州余杭2个鹭类保护区,进行繁殖生态生物学研究。4月下旬、5月上旬在林内对鹭巢作标记和编号,产卵后标记卵的顺序并称重和测量。计算出观察总窝数的平均孵化率,并按照Nice(1937)公式计算繁殖力。5月中、下旬在野外采集已作彩色线标记和测量的3~5日龄池鹭、白鹭、夜鹭雏鸟带回饲养室进行人工饲养。饲养室体积为82 m³,室内置枯树供幼鸟停栖用。10日龄前雏鸟以切碎的杂鱼、泥鳅喂饲,日喂5次。10日龄以

* 中国野生动物保护协会和浙江省教育厅资助项目(1994)。

** 通讯联系人。

2003-12-24 收稿,2004-05-09 接受。

后以盆养活杂鱼、泥鳅供自由采食,直到33日龄。每日8:00以前空腹时用托盘天平(感量0.01g)测量雏鸟体重。用游标卡尺(精度0.02mm)测量雏鸟嘴峰长、跗蹠长;用钢卷尺测量体长、翼长和尾长。应用显著性(t)检验法检验不同日龄雏鸟体重及外部器官生长差异性。采用适合于非雀形目鸟类的Compertz曲线方程拟合雏鸟体重增长曲线方程。

3 结果与分析

3.1 产卵与孵化

浙江常山伏江和余杭良渚2个鹭保护区中的白鹭、池鹭、夜鹭均为夏候鸟,4月上中旬陆续迁到保护区,4月下旬开始产卵,产卵期6~9d。雌性成鸟在产下第1或第2枚卵后即进入孵卵期,开始阶段孵卵时间较短,产完窝卵后全天孵卵。孵卵期池鹭

23.0 d($n=26$),白鹭23.9 d($n=32$),夜鹭25.3 d($n=34$)。孵化率池鹭为76.23%,白鹭为86.96%,夜鹭为95.45%,池鹭的孵化率稍低。繁殖率池鹭为3.21只,白鹭3.38只,夜鹭3.50只。

3.2 雏鸟生长与成鸟体形大小关系

池鹭、白鹭、夜鹭雏鸟生长过程中,雏鸟体重完成总生长量一半以上时,绝对生长率才开始下降。雏鸟会飞以后,其体重和各器官增长明显减慢。池鹭、白鹭、夜鹭体重分别在19日龄、30日龄、31日龄时开始出现负增长,这与鹭的活动能力增强及学飞有关。在鹭种间比较,不同日龄雏鸟在生长不同阶段也存在显著差异($P<0.01$)(表1)。在18日龄前,体重增长在3种鹭间存在显著性差异,28日龄以后体重、跗蹠长及翅长生长的差异更为明显。

表1 不同日龄夜鹭、池鹭、白鹭雏鸟体重、体长和外部器官生长

Table 1 Comparison of nestlings growth at various day of age

日龄 Day of age	项目 Items	夜鹭 A <i>Nycticorax nycticorax</i>		池鹭 B <i>Ardeola bacchus</i>		白鹭 C <i>Egretta garzetta</i>		t 检验 t test		
								A-B	A-C	B-C
		X	SD	X	SD	X	SD			
5日龄 5 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	68.7	3.22	56.9	6.41	93.6	10.5	4.35**	6.0**	7.89**
	体长 Body length	14.2	0	13.8	1.88	15.8	0.67	0.56	6.32**	2.65
	跗蹠长 Tarsus length	2.4	0.48	2.7	0.59	2.9	0.15	1.04	2.63	0.87
	翅长 Wing length	2.1	0.45	3.0	0.75	3.8	0.75	2.72	5.14**	2.0
	嘴峰长 Bill length	2.1	0.45	2.0	0.25	2.2	0.32	5.14**	0.48	1.30
	尾长 Tail length			0.6	0.07					
8日龄 8 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	143.4	15.83	105.1	8.21	140.5	9.95	5.68**	0.41	7.26**
	体长 Body length	17.9	0.71	19.5	0.70	19.8	1.25	4.25**	3.51**	0.55
	跗蹠长 Tarsus length	3.5	0.58	3.7	0.48	3.8	0.34	0.70	1.18	0.45
	翅长 Wing length	3.7	0.51	7.6	0.45	5.9	1.0	9.50**	5.19**	4.10**
	嘴峰长 Bill length	2.7	0.10	3.0	0.53	2.7	0.25	1.47	0	1.35
	尾长 Tail length		3		0.08	0.8	0.13			
13日龄 13 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	281.4	44.28	177.7	18.53	229.4	35.76	5.72**	2.42	3.4**
	体长 Body length	25.1	2.80	24.8	2.15	25.9	0.98	0.23	0.71	1.23
	跗蹠长 Tarsus length	4.8	0.43	4.6	0.14	5.5	0.65	1.17	2.38	3.58**
	翅长 Wing length	7.2	0.57	11.3	1.18	10.0	0.81	8.28**	7.48**	2.40
	嘴峰长 Bill length	3.6	0.46	3.6	0.45	3.5	0.32	0	0.47	0.48
	尾长 Tail length			2.2	0.42	1.7	0.43			
18日龄 18 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	395.1	47.22	215.7	10.95	283.2	54.4	9.79**	4.11**	3.23**
	体长 Body length	30.5	1.41	30	1.56	30.5	2.99	0.63	0	0.392
	跗蹠长 Tarsus length	6.3	0.39	5.2	0.56	6.6	0.84	4.27**	0.86	3.67**
	翅长 Wing length	11.5	1.08	15.0	1.67	14.1	1.22	4.66**	3.85**	1.15
	嘴峰长 Bill length	4.5	0.58	4	0.22	4.2	0.19	2.13	1.30	1.82
	尾长 Tail length			3.0	0.7	2.8	0.67			0.55
23日龄 3 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	418.3	75.7	212.4	7.91	326.7	36.01	7.16**	2.89	8.20**
	体长 Body length	36.0	2.36	30.0	2.76	35.1	1.23	4.37**	0.90	4.47**
	跗蹠长 Tarsus length	16.5	1.58	17.4	0.14	18.0	1.13	1.50	2.01	1.39
	翅长 Wing length	6.9	0.9	5.5	0.60	7.4	0.85	3.43**	1.07	4.83**
	嘴峰长 Bill length	5.2	0.69	4.4	0.16	4.8	0.57	2.99**	1.18	1.79
	尾长 Tail length			4.4	0.72	3.7	0.69			1.86
28日龄 28 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	441.5	38.29	207.4	21.60	345	21.69	14.09**	5.80**	11.89**
	体长 Body length	41.1	2.68	39.4	1.12	40.8	1.77	1.55	0.25	1.77
	跗蹠长 Tarsus length	7.4	0.60	5.6	0.08	8.1	0.72	7.87**	1.98	9.13**
	翅长 Wing length	19.1	1.56	19.0	1.09	20.9	1.41	0.14	2.27	2.82
	嘴峰长 Bill length	5.5	0.48	4.7	0.53	5.3	0.23	2.96	0.99	2.75
	尾长 Tail length			5.4	0.14	5.4	0.90			
33日龄 33 days of age ($n=8$)	体重 Body weigh	44.1	41.68	205.1	12.71	339.8	43.44	9.78**	13.0**	7.87**
	体长 Body length	45.4	2.65	42.3	0.81	46.4	1.09	2.96	0.92	7.99**
	跗蹠长 Tarsus length	7.5	0.63	5.6	0.08	8.6	0.15	7.92**	4.49**	46.66**
	翅长 Wing length	22.1	0.71	19.9	0.82	23.5	0.39	5.49**	4.57**	10.49**
	嘴峰长 Bill length	5.8	0.24	4.8	0.08	5.7	0.63	10.46**	0.39	3.75**
	尾长 Tail length			6.3	0.64	7.2	0.23			3.50**

** $P<0.01$.

表 2 3 种鹭体重增长的 Compertz 曲线方程及生长特征参数
Table 2 Compertz growth equations of three herons and parameters

种类 Species	渐近线 Asymptote	拐点 Inflection point (days)	增长率 Growth rate	t ₁₀₋₉₀ (days)	Compertz 曲线方程 Compertz equations
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	260	7.4	0.16	23.5	260 exp[-3.28e ^{-0.16t}]
白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	450	9.2	0.14	25.5	450 exp[-3.49e ^{-0.14t}]
夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	550	9.6	0.13	30.2	550 exp[-3.81e ^{-0.13t}]

鹭科鸟类雏鸟生长曲线呈“S”型,3 种鹭中“S”型弯曲的程度不同,并与生长曲线拐点出现早晚有关.对上述 3 种鹭体重增长拟合 Compertz 曲线方程并获得相关生长参数(表 2).

从表 2 可以看出,池鹭生长曲线的拐点最低,夜鹭雏鸟最高,池鹭体重生长早于白鹭和夜鹭.体重由渐近线的 10% 增长到 90% 所需时间,夜鹭最长,池鹭最短,表现出同科或同目鸟类中,生长率与成体体形大小呈负相关关系.

3.3 异步孵化雏鸟生长

幼雏的体重和孵化的日数及孵化顺序有关(图 1).雏鸟体重随日龄增加而上升,但雏鸟生长曲线随其孵出次序而不同.第 1、2 孵出的幼雏鸟生长曲线基本相似,但高于第 3、第 4 孵出雏鸟.第 3 孵出雏鸟生长曲线在前期与第 1、2 孵出雏鸟相似,但在 10 日龄(池鹭)、15 日龄(白鹭)、10 日龄(夜鹭)后生长较缓慢.而白鹭、夜鹭第 4 孵出雏鸟在生长初期正常发育,但在 9 日龄和 10 日龄开始生长速度明显减慢.较早孵出的第 1、第 2 雏有一较快的生长曲线,显示出较早孵化者获得食物的能力较强,而最后孵出的第 4 雏的生长显示出食物不足的现象.

4 讨 论

鸟类的生长过程和特性反映了鸟类受环境的影响及其对环境的适应,鹭科鸟类的生长也不例外.池鹭、白鹭、夜鹭雏鸟均为晚成雏,在同巢幼雏之间因产卵和孵出顺序不同,个体之间大小差异明显,也因此导致幼雏间不同的竞争能力.

异步孵化是鸟类对付育雏期间不可预测的外界条件的一种适应性行为^[5].由于异步孵化所产生出来的雏鸟日龄不同,在食物缺乏时,自然选择使得年幼的雏鸟在孵出后迅速被淘汰,从而保证同巢中其他雏鸟拥有足以生存的食物.从本实验可看出,较早孵化雏鸟有一较快的生长曲线,明显表现出较早孵出雏鸟因竞争优势获得食物能力较强.而晚孵出雏鸟生长迟缓,幼雏的体重和孵化的天数及孵化顺序有关,其结果和 Zach 等^[12]的研究一致.

池鹭、白鹭、夜鹭均在卵未产齐之前开始孵化,

这种异步孵化的现象,被认为是一种调节幼雏数量的机制^[6].是一种对不可预测环境的适应,亲鸟借

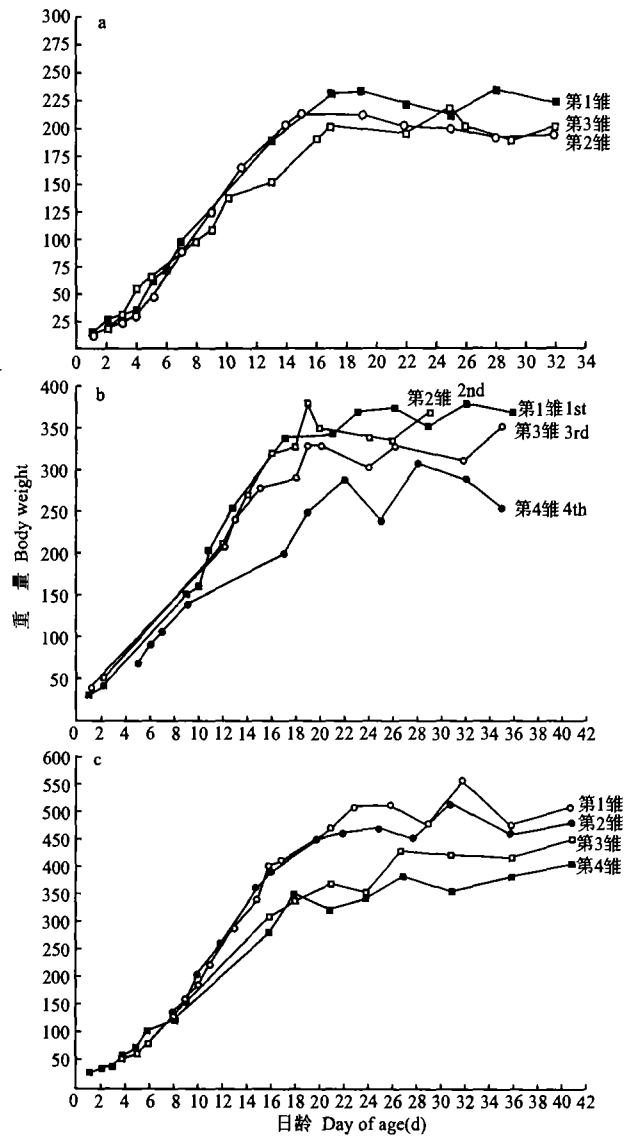


图 1 鹭雏鸟孵出顺序与体重增长的关系
Fig. 1 Body weight changes of the nestlings in hatching asynchrony.
a)池鹭 *Ardeola bacchus*; b)白鹭 *Egretta garzetta*; c)夜鹭 *Nycticorax nycticorax*.

此可因食物丰富度来调整适当的幼雏数^[7]. Richter^[9]认为是因强大的捕食压力而减少孵卵及幼雏羽化的时间,因此,亲鸟在卵未完全产下就开始孵卵,异步孵化只是个伴随结果.当全部幼雏一起长大,所需求食物会达到一个高峰,亲鸟可能无法负担,异步孵化会使高峰分散而下降,以减轻亲鸟负

担^[4]。魏国安等^[11]对白鹭雏鸟观察,不同孵出顺序雏鸟在5日龄前发育无差异,而本研究表明,池鹭、白鹭、夜鹭雏鸟发育无差异则在8日龄前,该结果较魏国安等报道推迟了3 d。3种鹭中第1~3雏鸟都能正常发育,第4雏生长明显减缓,表现出雏鸟生长也与幼雏间食物竞争有关。较早孵化者获得食物能力较强,而最后孵出的第4雏由于食物竞争能力较弱,其生长发育显示出食物不足的现象。结合野外研究,池鹭、白鹭、夜鹭年繁殖力分别为3.21只、3.38只和3.50只^[13,16,17]。因此,该3种鹭亲鸟孵育幼雏能力的最适度估计为3只左右。

参考文献

- 1 Fujioka M. 1985. Feeding behavior, sibling competition, and siblicide in asynchronously hatching broods of the cattle egret *Bubulcus ibis*. *Animal Behav*, 33:1228~1242.
- 2 Harper RG, Thompson SA. 1993. Avian hatching asynchrony: Brood classification based on discriminant function analysis of nestling masses. *Ecology*, 74:191~196
- 3 Hussell DJT. 1972. Factors affecting clutch size in Arctic passerines. *Ecol Monogr*, 42:317~364
- 4 Konarzewski M. 1993. The evolution of clutch size and hatching asynchrony in altricial birds: The effect of environmental variability, egg failure and predation. *Oikos*, 67:97~106
- 5 Lack D. 1947. The significance of clutch size. *Ibis*, 89:302~352
- 6 Lack D. 1954. *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Clarendon Press.
- 7 Liu Z-H(刘泽华), Zhao L(赵亮), Zhang X-A(张晓爱). 2002. Hatching in twite. *Acta Biol Plateau Sin*(高原生物学集刊), 15: 123~128(in Chinese)
- 8 Mock DW. 1985. Siblicidal brood reduction: The prey size hypothesis. *Am Nat*, 125:327~343
- 9 Richter W. 1982. Hatching asynchrony: The nest failure hypothesis and brood reduction. *Am Nat*, 120:828~832
- 10 Stenning MJ. 1996. Hatching asynchrony, brood reduction and other rapidly reproducing hypotheses. *Trends Ecol Evol*, 11(6):243~246
- 11 Wei G-A(魏国安), Chen X-L(陈小麟), Hu H-J(胡慧娟), et al. 2003. Observation on some activities of reproduction in little egrets (*Egretta garzetta*) of Juyu Island in Xiamen. *Zool Res*(动物学研究), 24(5):343~347(in Chinese)
- 12 Zach R. 1982. Hatching asynchrony, egg size, growth, and fledging in tree swallows. *Auk*, 99:695~700
- 13 Zhu X(朱曦), Yang C-J(杨春江). 1988. Studies on the breeding biology and ecology of *Ardeola bacchus*. *J Zhejiang For Coll*(浙江林学院学报), 5(2):197~205(in Chinese)
- 14 Zhu X(朱曦), Ma S-L(马水龙), Dai Y-X(戴永祥), et al. 1994. Study on the activities and biomass production of breeding population of Chinese pond heron *Ardeola bacchus*. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 14(1):75~79(in Chinese)
- 15 Zhu X(朱曦), Lin X-H(林小会), Pan J-F(潘俊峰), et al. 1996. Factors affecting nesting habitat selection of herons in Zhejiang. In: *Studies on Chinese Ornithology*. Beijing: China Forestry Press. 119~123(in Chinese)
- 16 Zhu X(朱曦), Yang S-D(杨士德), Zou X-P(邹小平), et al. 2000. The breeding habits and growth of the nestling black crowned night heron, *Nycticorax nycticorax*. *Zool Res*(动物学研究), 21(1):58~64(in Chinese)
- 17 Zhu X(朱曦), Zou X-P(邹小平), Yang S-D(杨士德). 1999. Studies on the breeding biology and ecology of *Egretta garzetta*. In: Wang Z-Q(王兆寿). ed. *Ecology*. Beijing: China Environment Science Press. 191~199(in Chinese)

作者简介 朱曦,男,1944年生,教授,主要从事鸟类学和保护生物学研究,发表论文96篇,出版专著1部,参编多部,主编教材1部。E-mail: Zhuxi@zjfc.edu.cn
