

孵化温度对火赤链游蛇幼体特征的影响 兼评剩余卵黄的功能

计翔 许雪峰 林植华

(杭州师范学院生物学系 杭州 310036 xji @public. hz. zj. cn)

摘要: 研究3个温度中孵出火赤链游蛇 (*Dinodon rufozonatum*) 幼体的特征并评估剩余卵黄的功能。孵化温度显著影响孵化期和孵出幼体的体长和尾长。与其他类似研究结果不同的是, 低温(24) 孵出的幼体体长和尾长小于较高温度(28 和 30) 孵出的幼体。在24~30 温度范围内, 孵化温度对孵化成功率、胚胎对卵内物质和能量的利用、幼体的性比和畸形率、孵出幼体总干重及躯干长、剩余卵黄和脂肪体干重无显著影响。孵出的雄性幼体数量显著多于雌性幼体。剩余卵黄的主要功能是用于孵出幼体的早期维持和躯干的生长。新生卵内容物中81.4%的干物质、70.0%的脂肪和79.4%的能量在孵化过程中被转移到幼体。

关键词: 火赤链游蛇, 卵, 孵化, 孵出幼体

中图分类号: Q959.6⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254 - 5853(1999) - 05 - 0342 - 05

卵生爬行动物母体能够通过改变卵内的繁殖投入和选择产卵巢址等途径影响孵出幼体的大小。母体卵内繁殖投入与卵的大小呈正相关, 从大卵孵出的幼体亦较大, 较大的幼体可能比较小的幼体有更高的孵后生存几率和生长速率。产不定窝卵数的爬行动物的卵大小与窝卵数的关系复杂, 单枚卵内繁殖投入的相对增加是以牺牲窝卵数为代价的。卵产出后, 孵化条件对孵出幼体特征的影响程度将直接关系到繁殖成功率。已知孵出幼体的大小和形态特征与孵化条件有关, 孵出幼体的大小和形态特征的精细变化有可能对其生存和生长有深远的影响。许多研究表明, 孵化环境影响孵化成功率、孵化期和幼体的大小、行为、生长等(Packard 等, 1988; Congdon 等, 1990; Booth 等, 1991; Packard, 1991); 在环境决定性别的种类中, 孵化环境(尤其温度)能决定孵出幼体的性别(Bull, 1980; Deeming 等, 1988; Janzen 等, 1991; Mrosovsky 等, 1991)。就孵化温度对孵出幼体的影响, 一些作者认为卵在胚胎存活孵化温度范围内的较低或温和温度中孵化能产生较大、较重或功能表现较好的幼体(Gutzke 等, 1987a, b; Packard 等, 1988, 1989; Burger, 1990; van Damme 等, 1992)。这一结论提示有一个特定种类的适宜孵

化温度范围, 卵在这一范围内孵化能产出高质量的幼体。然而, 判定幼体质量的标准迄今尚不明确。较高的孵后存活率和生长率固然是判定幼体质量的两个绝对标准, 但在野外很难被监测。简单地将幼体质量与幼体重量或大小相关联是不合理的: 在不少情况下, 不同温度中孵出的幼体重量变异仅仅是水分差异所致; 爬行动物的剩余卵黄能用于躯干的生长, 外型较小但有较多剩余卵黄的幼体能够通过剩余卵黄向躯干转移增加个体大小(Ji 等, 1997a)。

火赤链游蛇年产单窝柔性卵, 繁殖投入无同年卵内的亲体窝间变化, 很适合用来检测温度对孵出幼体特征的影响。本研究用3个温度孵化火赤链游蛇卵, 旨在: 阐明孵化温度对孵化期、胚胎利用卵内能量、幼体特征(性别、大小和组成成分)的影响; 评估剩余卵黄的功能。

1 材料和方法

研究用的16条怀卵火赤链游蛇 (*Dinodon rufozonatum*) 于1997-07-05购自浙江舟山定海。带回杭州实验室后, 关养在专用蛇笼(600 mm × 600 mm × 500 mm)内。游蛇可在笼内自由饮水,

* 收稿日期: 1998-11-12, 修改稿收到日期: 1999-04-19

基金项目: 浙江省自然科学基金青年人才专项基金资助项目 (397033)

取食泽蛙 (*Rana limnocharis*), 接受自然光照。7 月 11~19 日, 每条雌体产一窝卵, 总计 149 枚卵。为避免卵吸水或失水导致初始质量变化, 均在产卵后数分钟内收集、测量长短径和称重。从每窝卵随机取 1~2 枚, 分离成卵壳和卵内容物(胚胎+卵黄)。把卵壳用清水冲洗、纸巾吸干后, 称出湿重。卵内容物移入已知重量的玻璃皿内, 称出重量。然后, 将卵壳和卵内容物移入 65 的烘箱中干燥至恒重, 称出干重。合并同窝卵成分分析的样品。卵内容物中的非极性脂肪用索氏脂肪抽提仪在 55 条件下抽提 5.5 h, 分析纯乙醚作抽提溶剂。卵内容物样品脂肪质量由抽提前后样品质量的差值表示, 能量用 GR-3500 弹式氧弹仪(长沙仪器厂造)测定。

其余卵经可孵性鉴别(受精卵可见清晰的血管和胚胎, 未受精卵无任何血管痕迹)后移入 190 mm × 220 mm、含恒定湿度(-12 kPa)蛭石(vermiculite)的加盖塑料盒内。塑料盒放置在温度为 24、28 和 30 (±0.3) 的生化培养箱内。在不同的温度处理中尽可能均匀地分配同窝卵, 卵的 1/3 被埋在蛭石中, 胚胎位置向上。每日将塑料盒内的水分调整到原有量, 保持湿度恒定。每日按照预先设定的顺序调整塑料盒在培养箱中的位置, 减少箱内可能存在的温度梯度影响。均在幼体出壳 1 h 内测量体长(SVL, snout-vent length)和尾长(TL, tail length)、称重。部分幼体(后称 0 天幼体)经称量后立即冰冻; 其余幼体分别于孵出后第 7 和第 14 天冰冻。冰冻前 7 和 14 天幼体关在室温为 26~33 小型蛇专用培养缸内, 仅给饮水, 不给食物, 直到孵化后第 7 和第 14 天。化解冰冻幼体, 鉴别性别(雄幼体有明显的半阴茎), 解剖分离成躯干、剩余卵黄和脂肪体。分离出的幼体 3 组分放在 65 的烘箱中干燥至恒重, 分别称出干重。幼体脂肪含量和能量的测定方法与卵内容物测定一致。

所有数据在作进一步统计分析前, 用 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett (Statistica 统计软件包) 分别检验正态性和方差的同质性。经检验, 部分原始数据须经 Log_e 转化才能用于参数统计。用 G-检验、方差分析(ANOVA)、协方差分析(ANCOVA)和 Post-hoc 比较(Tukey 检验)等处理和比较相应的数据。文中涉及的 ANCOVA 均以初始卵重为协变量, 比较校正平均值前检验斜率的均一性。描述性

统计值用平均值 ± 标准误表示, 显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

本研究用的火赤链游蛇雌体($n = 16$) SVL 为 80.2 ± 2.2 (71.5~98.2) cm, 窝卵数为 9.3 ± 0.6 (6~15) 枚, 窝卵重为 53.5 ± 4.9 (21.7~85.5) g。窝卵数 ($r^2 = 0.79$, $F_{1,14} = 53.65$, $P < 0.0001$) 和窝卵重 ($r^2 = 0.67$, $F_{1,14} = 28.34$, $P < 0.0001$) 与雌体 SVL 呈正相关。16 窝卵中有 4 窝共 36 枚卵不可孵, 表现为卵黄浓缩、卵壳发育不良或未受精。不可孵卵占产卵总数的 24.2% (36/149)。

表 1 显示孵化期、孵化成功率、孵出幼体的性比和畸形率。不同温度间孵化期 (Log_e 转化) 差异显著 (ANOVA, $F_{2,72} = 5910.60$, $P < 0.0001$)。温度对孵化成功率无显著影响 ($G = 0.31$, $df = 2$, $P > 0.90$)。孵出幼体总性比(雌/雄 = 29/46) 显著偏离 1:1 ($G = 3.89$, $df = 1$, $P < 0.05$), 雄性幼体数量显著多于雌性幼体。温度对孵出幼体的性比无显著影响 ($G = 0.06$, $df = 2$, $P > 0.95$)。24 和 28 中有畸形个体, 但畸形率的分布与孵化温度无关 ($G = 0.19$, $df = 2$, $P > 0.90$)。畸形主要表现为腹部的粘连。所有畸形个体均发育完全, 但不能出壳, 故这些个体不被用于统计分析。

两性幼体的体重、SVL 和 TL 无显著差异 (ANCOVA, 所有 $P > 0.05$), 故对应数据被合并。不同温度中孵出幼体的体重、SVL 和 TL 见表 2。温度对孵出幼体重量 (ANCOVA, $F_{2,71} = 1.20$, $P = 0.306$) 无显著影响, 但影响幼体 SVL (ANCOVA, $F_{2,71} = 12.29$, $P < 0.0001$) 和 TL (ANCOVA, $F_{2,71} = 12.50$, $P < 0.0001$); Tukey 检验显示 24 中孵出幼体 SVL 和 TL 显著小于 28 和 30 中孵出幼体 ($P < 0.001$), 后两个温度中孵出幼体 SVL ($P > 0.365$) 和 TL ($P > 0.380$) 无显著差异。

孵化温度对孵出幼体总干重 (ANCOVA, $F_{2,43} = 0.42$, $P = 0.661$) 及躯干 (ANCOVA, $F_{2,43} = 0.50$, $P = 0.608$) 和剩余卵黄 (ANCOVA, $F_{2,43} = 0.91$, $P = 0.411$) 干重无显著影响。孵出幼体脂肪体干重与入孵卵重无关, 故 ANCOVA 不适用比较该变量。ANOVA 显示孵出幼体脂肪体干重亦与孵化温度无关 ($F_{2,44} = 0.16$, $P = 0.850$)。上述统计分析明确表明孵出幼体总干重及躯干、剩余卵黄和脂肪体干重在 24~30 范围内不受温度变化的影响,

故将不同温度中孵出幼体的相应数据合并。0、7 和 14 天幼体的组分数见表 3。ANCOVA 显示 0、7 和 14 天幼体湿重 ($F_{2,70} = 7.20, P = 0.001$)、干重 ($F_{2,70} = 4.07, P = 0.021$)、躯干干重 (Log_e 转化, $F_{2,70} = 22.19, P < 0.0001$)、SVL ($F_{2,70} = 33.92, P < 0.0001$) 和 TL ($F_{2,70} = 11.32, P < 0.0001$) 差异显著; Tukey 检验显示 0 天幼体湿重和干重显著大于 7 和 14 天幼体 ($P < 0.05$), 0 天幼体躯干干重、SVL 和 TL 显著小于 7 和 14 天幼体 ($P < 0.05$)。幼体孵

出后的两周, 剩余卵黄持续减少, 但脂肪体大小几乎保持恒定 (ANOVA, $F_{2,71} = 1.12, P = 0.333$) (表 3)。

新生卵内容物的干重、脂肪量和能量均大于孵出幼体 (表 4)。卵内容物中 81.4% 的干物质、70.0% 的脂肪和 79.4% 的能量转移到幼体, 卵内容物中 18.6% 的干物质、30.0% 的脂肪和 20.6% 的能量用于孵化期的胚胎代谢。新生卵卵壳干重和灰分量大于孵出卵 (表 4)。

表 1 孵化温度对火赤链游蛇孵化期、孵化成功率、幼体性比和畸形率的影响

Table 1 Influences of incubation temperatures on incubation length, hatching success and sex ratio and abnormality of hatchlings in *Dinodon rufozonatum*

孵化温度/ (temperature)	孵化卵数 (incubated eggs)	孵化期/d (incubation length)	孵化成功率/% (hatching success)	性比 (/) (sex ratio)	畸形率/% (abnormality)
24	42	77.5 ^a ±0.3 (74.8~81.1)	71.4 (30/42)	11/19	9.5 (4/42)
28	36	47.6 ^b ±0.2 (45.8~49.0)	61.1 (22/36)	9/13	2.8 (1/36)
30	35	45.8 ^c ±0.2 (44.1~47.8)	65.7 (23/35)	9/14	0 (0/35)

孵化期数据用平均值 ±标准误 (范围) 表示, 不同上标的平均值之间差异显著 (Tukey's 检验, $\alpha = 0.05$) [data on duration of incubation are expressed as mean ±SE (range). Means with different superscripts are statistically different (Tukey test, $\alpha = 0.05$)].

表 2 不同温度中孵出的火赤链游蛇幼体体重、体长和尾长

Table 2 Body mass, snout-vent length and tail length of *Dinodon rufozonatum* hatchlings from different incubation temperatures

孵化温度/ (temperature)	样本数 (n)	入孵卵重/g (initial egg mass)	幼体体重和大小 (hatchling size and mass)		
			体重/g (body mass)	体长/cm (snout-vent length)	尾长/cm (tail length)
24	30	6.15 ±0.14 (4.96~7.91)	5.68 ±0.14 (4.39~7.91)	21.2 ±0.2 (18.5~23.1)	4.8 ±0.1 (3.4~5.6)
			6.46 ±0.19 (4.09~7.59)	6.12 ±0.19 (3.81~7.33)	22.7 ±0.3 (19.3~25.0)
30	23	6.34 ±0.17 (4.96~7.69)	5.93 ±0.18 (4.84~7.32)	22.3 ±0.2 (21.0~24.6)	5.3 ±0.1 (4.5~6.0)
			6.34 ±0.17 (4.96~7.69)	5.93 ±0.18 (4.84~7.32)	22.3 ±0.2 (21.0~24.6)

表 3 0、7 和 14 天火赤链游蛇幼体体重、大小和组成成分

Table 3 Size, mass and components of 0-day, 7-day and 14-day *Dinodon rufozonatum* hatchlings

		0 天幼体 (n=47) (0-day hatchlings)	7 天幼体 (n=15) (7-day hatchlings)	14 天幼体 (n=12) (14-day hatchlings)
入孵卵重/g (initial egg mass)		6.21 ±0.12 (4.09~7.91)	6.41 ±0.22 (4.96~7.51)	6.51 ±0.20 (5.31~7.40)
幼体湿重/g (wet body mass)	孵出时 (at hatching)	5.76 ±0.12 (3.81~7.31)	6.25 ±0.22 (4.78~7.38)	6.20 ±0.22 (5.15~7.33)
	7 或 14 d 后 (7 or 14 days after hatching)	—	5.66 ±0.24 (4.37~6.88)	5.60 ±0.20 (4.48~6.51)
幼体体长/cm (hatchling snout-vent length)	孵出时 (at hatching)	21.5 ±0.2 (18.5~24.6)	22.7 ±0.3 (21.1~25.0)	22.8 ±0.3 (21.0~24.7)
	孵出 7 或 14 d 后 (7 or 14 days after hatching)	—	23.4 ±0.3 (21.4~25.7)	24.3 ±0.3 (22.3~26.2)
幼体尾长/cm (hatchling tail length)	孵出时 (at hatching)	5.0 ±0.1 (3.4~6.1)	5.3 ±0.1 (4.5~6.0)	5.5 ±0.1 (5.0~6.1)
	孵出 7 或 14 d 后 (7 or 14 days after hatching)	—	5.5 ±0.1 (4.8~6.0)	5.7 ±0.1 (5.0~6.5)
幼体干重/g (hatchling dry mass)		1.81 ±0.04 (1.06~2.30)	1.75 ±0.08 (1.37~2.13)	1.74 ±0.07 (1.39~2.12)
	躯干 (carcass)	1.06 ±0.02 (0.72~1.30)	1.23 ±0.06 (0.93~1.55)	1.29 ±0.05 (1.04~1.52)
	剩余卵黄 (residual yolk)	0.335 ±0.014 (0.111~0.570)	0.071 ±0.013 (0.0~0.146)	0.007 ±0.003 (0.0~0.038)
	脂肪体 (fat bodies)	0.41 ±0.01 (0.18~0.63)	0.45 ±0.03 (0.30~0.67)	0.45 ±0.03 (0.23~0.62)

表 4 火赤链游蛇孵出卵和新生卵主要成分比较和 ANCOVA 的 F 值

Table 4 Major components and F values of ANCOVA for *Dinodon rufozonatum* hatched eggs and freshly laid eggs

	新生卵 ($n = 16$) (freshly laid eggs)	孵出卵 ($n = 46$) (hatched eggs)	$F_{1,59}$
	卵内容物 (egg contents)	幼体 (hatchlings)	
湿重/g (wet mass)	5.85 \pm 0.02	5.74 \pm 0.04	2.02 ^{NS}
干重/g (dry mass)	2.21 \pm 0.05	1.80 \pm 0.02	70.56 ^{****}
脂肪质量/g (lipid mass)	0.787 \pm 0.023	0.551 \pm 0.014	71.34 ^{****}
能量/kJ (energy)	56.2 \pm 1.3	44.6 \pm 0.7	68.58 ^{****}
	卵壳 (eggshells)	卵壳 (eggshells)	
干重/g (dry mass)	0.203 \pm 0.007	0.175 \pm 0.004	13.88 ^{****}
灰分质量/g (ash mass)	0.058 \pm 0.002	0.043 \pm 0.001	29.12 ^{****}

数据用矫正平均值 \pm 标准误表示, 初始卵质量为协变量, 卵重设置为 6.2 g。F 值后的符号代表显著性水平: NS $P > 0.05$, **** $P < 0.0001$ (data are expressed as adjusted mean \pm SE, with initial egg mass as the covariate. Egg mass is set to 6.2 g. Symbols immediately after F values represent significant level: NS $P > 0.05$ and **** $P < 0.0001$)。

3 讨 论

本研究有两个与其他类似的研究不同的结果。第 1, 24 孵出的火赤链游蛇幼体体形 (SVL + TL) 最小, 这与一些其他爬行动物中发现的较低或温和和温度 (近孵化临界低温一端的相对高温) 中孵出幼体的 SVL 较大的结论不同 (Gutzke 等, 1987a, b; Packard 等, 1989; Burger, 1990; van Damme 等, 1992)。第 2, 24 ~ 30 范围内, 孵出幼体重量和主要组成成分 (躯干、剩余卵黄和脂肪体) 几乎相同, 与一些其他爬行动物中发现的低温孵化产出体重大、剩余卵黄小的结论不同 (van Damme 等, 1992)。这些差异提示: 爬行动物的胚胎对孵化热环境的变化所作的反应因种而异; 胚胎发育的适宜温度因种而异。作者将另文报道高温孵化产出确实较小的渔游蛇 (*Xenochrophis piscator*) 和北草蜥 (*Takydromus septentrionalis*) 幼体, 高温孵出的地中海蜥蜴 (*Podarcis muralis*) 幼体仅仅 TL 较小而其他特征与较低温度中孵出的幼体基本相同。

24 ~ 30 范围内, 孵化温度对火赤链游蛇孵出幼体的湿重、干重和幼体躯干、剩余卵黄和脂肪体干重无显著的影响, 但影响孵出幼体的外形特征。由于本研究未追踪两周后幼体的生存几率和生长速率, 幼体外形特征的差异是否影响其长期的适应性待进一步明确。除幼体外形特征外, 没有任何指标 (如孵化成功率、卵内物质和能量利用率、畸形率、幼体重量和主要组成等) 能够证明其他幼体特征受孵化温度的精细影响。因此, 24 ~ 30 是孵化火赤链游蛇的适宜温度。在保证幼体的一些主要特征正常或良好的前提下, 用相对较高的温度孵化卵、缩短孵

化期可能具有重要的生态学意义。较短的孵化期意味着孵出幼体在越冬前有较长的活动时间, 幼体活动时间段内可通过摄食而生长、储存能量、提高越冬能力和越冬后的生存几率。因此, 在 24 ~ 30 范围内用较高的温度孵化火赤链游蛇卵是合理的。

在缺乏亲代抚育的爬行动物中, 剩余卵黄是母体投入到卵内的一部分超过胚胎发育所需的物质和能量。以往对剩余卵黄功能的论述是: 剩余卵黄主要用于提供幼体早期活动的能量; 剩余卵黄能给幼体提供能量而有益于幼体的早期生长 (Kraemer 等, 1981; Troyer, 1983, 1987; Wilhoft, 1986; Congdon, 1989; Congdon 等, 1989)。Ji 等 (1997a) 定量阐明了王锦蛇 (*Elaphe carinata*) 的剩余卵黄内的资源能被转移, 用于幼体躯干的早期生长。本研究结果支持 Ji 等 (1997a) 的结论, 明确了至少在一些有鳞类中, 剩余卵黄的主要功能之一是用于孵出幼体躯干的早期生长的。7 和 14 天火赤链游蛇幼体的躯干干重、SVL 和 TL 大于 0 天幼体 (表 3) 是剩余卵黄支持幼体躯干早期生长的结果。0 ~ 14 天幼体的脂肪体大小基本不变, 说明火赤链游蛇的剩余卵黄还能用于幼体早期的维持。

对于国内有鳞类爬行动物, 我们已报道了多疣壁虎 (*Gekko japonicus*)、北草蜥、中国石龙子 (*Eumeces chinensis*)、王锦蛇、虎斑游蛇 (*Rhabdophis tigrinus lateralis*) 和眼镜蛇 (*Naja naja atra*) 等种的孵化数据 (赵群等, 1997; Ji, 1992; Ji 等, 1996, 1997a, b)。这些种的数据和本研究的数据表明: 孵化过程中卵内物质和能量的转化率种间差异显著, 并与胚胎发育的能耗、孵出幼体状态和主要组分比例量的差异等因素密切相关。

参 考 文 献

- 赵 群,张菊清,黄宏英等,1997. 虎斑游蛇孵化期卵内物质和能量的利用 [J]. 杭州师范学院学报, **97**(3): 60 - 64. [Zhao Q, Zhang J Q, Huang H Y *et al*, 1997. Utilization of egg energy and material by *Rhabdophis tigrinus lateralis* embryos during incubation. *J. Hangzhou Normal College*, **97**(3): 60 - 64.]
- Booth D T, Thompson M B, 1991. Egg Incubation, its effect on embryonic development in birds and reptiles [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 325 - 344.
- Bull J J, 1980. Sex determination in reptiles [J]. *Quart. Rev. Biol.*, **55**: 3 - 21.
- Burger J, 1990. Effects of incubation temperature on behavior of young black racers (*Coluber constrictor*) and kingsnakes (*Lampropeltis getulus*) [J]. *J. Herpetol.*, **24**: 158 - 163.
- Congdon J D, 1989. Proximate and evolutionary constraints on energy relations of reptiles [J]. *Physiol. Zool.*, **62**: 356 - 373.
- Congdon J D, Gibbons J W, 1990. Life history and ecology of the slider turtle [M]. Washington: Smithsonian Institution Press. 109 - 123.
- Deeming D C, Ferguson M W J, 1988. Environmental regulation of sex determination in reptiles [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **322B**: 19 - 39.
- Gutzke W H N, Packard G C, 1987a. Influence of the hydric and thermal environments on eggs and hatchlings of bull snakes *Pituophis melanoleucus* [J]. *Physiol. Zool.*, **60**: 9 - 17.
- Gutzke W H N, Packard G C, Packard M J *et al*, 1987b. Influence of the hydric and thermal environments on eggs and hatchlings of painted turtles (*Chrysemys picta*) [J]. *Herpetologica*, **43**: 393 - 404.
- Janzen F J, Paukstis G L, 1991. Environmental sex determination in reptiles: ecology, evolution, and experimental design [J]. *Quart. Rev. Biol.*, **66**: 149 - 179.
- Ji X, 1992. Storage and utilization of energy and material in eggs of two lizard species, *Gekko japonicus* and *Takydromus septentrionalis* [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, **102A**: 781 - 784.
- Ji X, Fu S, Zhang H *et al*, 1996. Material and energy budget during incubation in a Chinese skink, *Eumeces chinensis* [J]. *Amphibia Reptilia*, **17**: 209 - 216.
- Ji X, Sun P, Fu S *et al*, 1997a. Utilization of energy and some nutrients in incubating eggs and post-hatching yolk in a colubrid snake, *Elaphe carinata* [J]. *Herpetol. J.*, **7**: 7 - 12.
- Ji X, Sun P, Fu S *et al*, 1997b. Incubation and utilization of energy and material during embryonic development in the cobra *Naja naja atra* [J]. *J. Herpetol.*, **31**: 302 - 306.
- Kraemer J E, Bennett S H, 1981. Utilization of posthatching yolk in loggerhead turtle, *Caretta caretta* [J]. *Copeia*: 406 - 411.
- Mrosovsky N, Pieau C, 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles [J]. *Amphibia Reptilia*, **12**: 169 - 179.
- Packard G C, 1991. Egg incubation, its effect on embryonic development in birds and reptiles [M]. Cambridge: Cambridge University Press. 213 - 228.
- Packard G C, Packard M J, 1988. Biology of the reptilia [M]. vol. 16. New York: A. Liss. 523 - 605.
- Packard G C, Packard M J, Birchard G F, 1989. Sexual differentiation and hatching success by painted turtles incubating in different thermal and hydric environments [J]. *Herpetologica*, **45**: 385 - 392.
- Troyer K, 1983. Posthatching yolk energy in a lizard: utilization pattern and interclutch variation [J]. *Oecologia (Berl.)*, **58**: 340 - 344.
- Troyer K, 1987. Posthatching yolk in a lizard: internalization and contribution to growth [J]. *J. Herpetol.*, **21**: 102 - 106.
- van Damme R, Bauwens D, Bra a F *et al*, 1992. Incubation temperature differentially affects hatching time, egg survival, and hatchling performance in the lizard *Podarcis muralis* [J]. *Herpetologica*, **48**: 220 - 228.
- Wilhoft D C, 1986. Egg and hatchling components of the snapping turtle (*Chelydra serpentina*) [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, **84A**: 483 - 486.

INFLUENCE OF INCUBATION TEMPERATURE ON CHARACTERISTICS OF *Dinodon rufozonatum* (REPTILIA: COLUBRIDAE) HATCHLINGS, WITH COMMENTS ON THE FUNCTION OF RESIDUAL YOLK

JI Xiang XU Xue-feng LIN Zhi-hua

(Department of Biology, Hangzhou Normal College, Hangzhou 310036 xji@public.hz.zj.cn)

Abstract: Influences of incubation temperatures on hatchling characteristics and the function of residual yolk were studied in the colubrid snake, *Dinodon rufozonatum*, from a population in Zhoushan Islands. Duration of incubation was strongly dependent on incubation temperature, and decreased as temperature increased. The result that hatchlings from eggs incubated at a lower temperature (24 °C) had a smaller body dimension (SVL and TL) than did those incubated at higher temperatures (28 and 32 °C) was in contrast to that reported for other species of reptiles. Except for the influence on hatchling dimension, over the range from 24 to 32 °C, incubation temperature did

not affect embryonic use of material and energy and other hatching characteristics such as mass and major components (carcass, residual yolk, fat bodies, lipids and energy) of hatchlings. Incubation temperature did not determine sex of hatchlings. The overall sex ratio of hatchlings was biased towards males. The residual yolk could be used to support carcass growth and maintenance during the first days of a hatchling's life. During incubation, approximately 81.4% dry material, 70.0% lipids and 79.4% energy in egg contents of the freshly laid egg were transformed to the hatchling.

Key words: *Dinodon rufozonatum*, Egg, Incubation, Hatchling