

浙江丽水中国石龙子的食性、两性异形和雌性繁殖

林植华, 计翔

(杭州师范学院生物学系, 杭州 310036)

摘要: 丽水分布的中国石龙子 (*Eumeces chinensis*) 摄入的食物均为无脊椎动物, 分别属于环节、软体和节肢动物, 涉及 30 余科。成体和幼体的食物生态位宽度分别为 7.26 和 6.69, 成体和幼体的食物生态位重叠度为 0.59。性成熟雄性个体大于雌性。成雄和幼体的头长和头宽随体长 SVL 的增长速率大于成雌, 成雄头长随 SVL 的增长速率显著大于幼体, 成雌和幼体的头长随 SVL 的增长速率无显著差异。成雄头部大于成雌, 幼体特定 SVL 的头长大于成雌。雌性性成熟个体的最小 SVL 为 88.1mm, 大于此 SVL 的雌体在繁殖期内均产单窝卵, 产卵起讫时间为 5 月 31 日~6 月 28 日。窝卵数为 9~25 (平均 15.3) 枚, 窝卵重为 5.20~18.98 (平均 10.49)g, 相对窝卵重为 0.188~0.438 (平均 0.327)。窝卵数和窝卵重与雌体 SVL 呈正相关, 卵长径与短径呈正相关, 卵长径和短径与窝卵数无显著的相关性, 卵大小与窝卵数无显著的相关性, 卵大小与雌体 SVL 呈正相关。中国石龙子能通过增加窝卵数及对应的窝卵重和卵大小来增加繁殖输出。

关键词: 中国石龙子; 食性; 两性异形; 雌性繁殖

Food habits, sexual dimorphism and female reproduction of the skink (*Eumeces chinensis*) from a Lishui population in Zhejiang

LIN Zhi-Hua, JI Xiang (Department of Biology, Hangzhou Normal College, Hangzhou 310036, China)

Abstract: *Eumeces chinensis* from a Lishui population consumed a broad range of annelid, molluscan and arthropod invertebrates covering more than 30 families. Food niche breadth was 7.26 for adults and 6.69 for juveniles. Food niche overlap between adults and juveniles was 0.59. Males were the larger sex in *E. chinensis*. Head size (head length and head width) increased more rapidly with SVL in adult males and juveniles than in adult females. Adult males had larger heads than did adult females juveniles had large size (SVL)-specific head length than did adult females. The smallest female that could lay eggs in our sample was 88.1 mm SVL, and all females surpassing this size produced a single clutch per breeding season. Egg-laying occurred between 31 May and 28 June. Clutch size and clutch mass varied from 9 to 25 (mean = 15.3) and from 5.20 to 18.98g (mean = 10.49g), respectively. Relative clutch mass varied from 0.188 to 0.438 (mean = 0.327). Clutch size and mass and egg size were positively correlated with female SVL. The increase of egg length was accommodated by an increase of egg width. Egg length, egg width and egg size were independent of clutch size. Females increased reproductive output through increasing clutch size (hence clutch mass) and egg size.

Key words: *Eumeces chinensis*; food habits; sexual dimorphism; female reproduction

文章编号: 1000-0933(2000)02-0304-07 中图分类号: Q958 文献标识码: A

中国石龙子是浙江省蜥蜴区系组成的重要成分^[1]。有关中国石龙子的生态学研究主要涉及: 杭州中国石龙子的食性、活动节律和繁殖^[2,3], 头、体大小的两性异形^[4], 主要储能部位^[5], 热生物学特征^[6]和孵化过

基金项目: 国家自然科学基金(39270124)和浙江省自然科学基金青年人才专项基金资助项目

收稿日期: 1999-12-03 万方数据 日期: 1998-12-03

作者简介: 林植华(1965~), 男, 讲师。

程中的物质和能量收支^[7];另外相关的记述还见于各省动物志(如华东地区已出版的《浙江动物志-两栖类、爬行类》和《安徽两栖爬行动物志》等)。王培潮^[2,3]提供的背景材料十分充实,但侧重于定性论述。由于雌性中国石龙子在捕获的成体样本中数量极显著地少于雄性,计翔^[4]的工作中涉及的成年雌体较少($N=16$)。因此,对该种进一步的生态学研究是十分重要的。本研究试图用较大样本数的动物,深入研究中国石龙子的食性、成幼体的食物生态位宽度和重叠度、两性异形和雌性繁殖。

1 材料和方法

研究用石龙子于 1997 年和 1998 年的 3 月和 5 月捕自浙江丽水三岩寺。捕回的石龙子带回实验室测量、称重、鉴定性别、记录断尾情况。体长(SVL , snout-vent length)为吻端至泄殖腔孔前缘间距,头长(HL)为吻端至外耳道前缘间距,头宽(HW)为左右颌关节间距。大于能够产卵的雌体最小 $SVL(88.1\text{ mm})$ 的个体判断为性成熟个体。部分成年雌体(后简称成雌)和成年雄体(后简称成雄)被饲养在实验室内的蜥蜴专用玻璃缸(长×宽×高=900mm×650mm×500mm)内,动物能在其中自由取食足量的面包虫(larvae of *Tenebrio molitor*)。定期在石龙子的饮水中添加德国产爬行动物专用复合微量元素(NEKTON-REP[®])、儿童钙粉和 21 金维他等,保证动物全面的营养需求。

部分石龙子经过测量和称重后,用 10% 的福尔马林溶液处死,然后保存在 5% 的福尔马林溶液中。这些石龙子以后被解剖、取出整胃。借助放大镜和解剖镜鉴别胃内容物中的食物种类,统计各种食物的数量。食物生态位(Food niche)宽度用 Simpson 多样性指数 B 表示^[8]

$$B = 1 / \sum p_i^2$$

其中, p_i 为实际利用的第 i 种食物在所有被利用的食物中所占的比例。食物生态位重叠度用 Levins(O_{jk} 或 O_{kj})指数表示^[9,10]

$$O_{jk} = L_{kj} = \sum p_{ij}p_{ik} / (\sum p_{ij}^2 \sum p_{ik}^2)^{1/2}$$

其中, P_{ij} 和 P_{ik} 分别为被 j 和 k 种类或性别组动物利用的第 i 种食物在所有被利用的食物中所占的比例。

中国石龙子雌体对产卵巢址要求严格,通常产卵于潮湿土壤或洞穴中^[3]。当受到惊扰时,产卵雌体会在输卵管内过期滞留卵,导致卵内胚胎死亡和产出卵大小异常,或将已产出的卵吃掉。另外,该种产卵壳极薄的柔性卵,极易从环境中吸收水分,导致新生卵在产后较短的时间内有明显的重量变化^[7]。因此,本文中仅报道产后 2h 内收集完整的新生卵大小和重量。相对窝卵重(RCM , Relative clutch mass)用窝卵重/(窝卵重+产后体重)表示^[11,12]。

所有数据在作进一步统计检验前,用 Kolmogorov-Smirnov 和 F-max(Statistica 统计软件包)分别检验其正态性和方差同质性。用 t -检验,线性回归、协方差分析(ANCOVA)、方差分析(ANOVA)和因子分析等处理相应的数据;比较矫正平均值前,检验斜率的均一性。显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 食性

胃检结果表明丽水中国石龙子摄入的食物均为无脊椎动物,分别属于环节、软体和节肢动物,涉及 30 余科;摄入最多的食饵是鳃角金龟甲科(20.0%)和步甲科(20.0%)昆虫,潮虫科甲壳动物(11.6%),鳞翅目幼虫(9.8%)和钐蚓科环节动物(6.4%)(表 1)。幼体和成体食性有一定的差别,如幼体摄入潮虫科动物(29.1%)最多,成体摄入最多的是鳃角金龟甲科(23.8%)和步甲科动物(22.6%)(表 1)。成体和幼体食物生态位宽度分别为 7.26 和 6.69,成体食物生态位宽度略大于幼体。成体和幼体食物生态位重叠度为 0.59。

2.2 两性异形

本研究中的中国石龙子雌性性成熟的最小 SVL 为 88.1 mm。ANCOVA 检测 1998 年幼体数据显示两性幼体头长($F_{1,28}=0.44, P=0.511$)和头宽($F_{1,28}=1.28, P=0.267$)无显著差异;因此,两性幼体数据被合并。成、幼体测量数据见表 2。性成熟个体的个体大小两性异形显著,成雄的 SVL 大于成雌($t=9.94, df=604, P<0.001$)。成雄和幼体头部(HL 和 HW)大小均与 SVL 呈正相关($P_s<0.001$)(图 1)。以 SVL 为协变量的 ANCOVA 显示:成雄头长增长速率大于幼体($F_{1,553}=9.52, P=0.002$)和成雌($F_{1,602}=27.70,$

$P<0.0001$);成雄头宽随 SVL 的增长速率大于成雌($F_{1,602}=21.78$, $P<0.0001$),但成雄与幼体头宽随 SVL

表 1 浙江丽水中国石龙子成体($N=74$)和幼体($N=45$)胃内容物中的食饵类型及数量
Table 1 Prey items found in stomach contents of adult($N=74$) and juvenile($N=45$)
Eumeces chinensis from Lishui, Zhejiang

食饵类型 Prey type	食物数量及比例 Prey number (and proportion of total)		食饵类型 Prey type	食物数量及比例 Prey number (and proportion of total)	
	成体 Adults	幼体 Juveniles		成体 Adults	幼体 Juveniles
环节动物门 Annelida			蚤蛄科 Tridactylidae	1(0.0038)	0(—)
顎蛭目 Arhynthobdellida			蛄蛄科 Gryllotalpidae	2(0.0075)	3(0.0171)
山蛭科 Haemodipsidae	1(0.0038)	0(—)			
后孔目 Ophisthopora			革翅目 Dermaptera		
钐蛭科 Megascolecidae	23(0.0868)	5(0.0286)	蠼蛄科 Labiduridae	1(0.0038)	4(0.0229)
软体动物门 Mollusca			同翅目 Homoptera		
			沫蝉科 Cercopidae	2(0.0075)	0(—)
柄眼目			半翅目 Hemiptera		
Stylommatophora			蜻科 Pentatomidae	2(0.0075)	0(—)
蛞蝓科 Limacidae	11(0.0415)	2(0.0114)			
巴蜗牛科 Bradybaenidae	6(0.0226)	3(0.0171)	鞘翅目 Coleoptera		
			鳃角金龟甲科 Melolonthidae	63(0.2377)	25(0.1429)
钻头螺科 Subulinidae	2(0.0075)	2(0.0114)	步甲科 Carabidae	60(0.2264)	28(0.1600)
琥珀螺科 Succineidae	1(0.0038)	0(—)	丽金龟科 Rutelidae	13(0.0491)	0(—)
节肢动物门 Arthropoda			象甲科 Curculionidae	1(0.0038)	0(—)
蜘蛛目 Araneida	7(0.0264)	15(0.0857)	叩头甲科 Elateridae	1(0.0038)	0(—)
长尾鞭蝎目 Uropygi	1(0.0038)	0(—)	蜣螂科 Scarabaeidae	1(0.0038)	0(—)
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	2(0.0075)	11(0.0629)	脉翅目 Neuroptera		
			鱼蛉科 Corydalidae	0(—)	1(0.0057)
等足目 Isopoda			长翅目 Mecoptera		
潮虫科 Oniscidae	0(—)	51(0.2914)	蜎蛉科 Panorpidae	1(0.0038)	1(0.0057)
卷甲虫科 Armadillidiidae	2(0.0075)	0(—)	毛翅目 Trichoptera		
			石蛾科 Phryganeidae	1(0.0038)	0(—)
弹尾目 Collembola			鳞翅目 Lepidoptera		
跳虫科 Poduridae	0(—)	2(0.0114)	未知幼虫 Unknown larvae	32(0.1208)	11(0.0629)
蜻蜓目 Odonata			尺蛾科 Geometridae	1(0.0038)	0(—)
蜻蜓科 Aeschnidae	4(0.0151)	0(—)			
蜚蠊目 Blattaria			双翅目 Diptera		
蜚蠊科 Corydiidae	1(0.0038)	0(—)	丽蝇科 Calliphoridae	3(0.0113)	1(0.0057)
翅目 Plecoptera			家蝇科 Muscidae	10(0.0377)	0(—)
石蝇科 Perlidae	2(0.0075)	0(—)			
直翅目 Orthoptera			膜翅目 Hymenoptera		
蟋蟀科 Gryllidae	1(0.0038)	3(0.0171)	胡蜂科 Vespidae	1(0.0038)	2(0.0141)
蝗科 Acridiidae	3(0.0113)	3(0.0171)	蚁科 Formicidae	0(—)	1(0.0057)
菱蝗科 Tetrigidae	0(—)	1(0.0057)	姬蜂科 Ichneumonidae	2(0.0075)	0(—)

的增长速率的差异不显著($F_{1,523}=1.90, P=0.169$);成雌头宽($F_{1,205}=16.09, P<0.00001$)随 SVL 的增长速率小于幼体,但成雌与幼体头长随 SVL 的增长速率的差异不显著($F_{1,205}=3.33, P=0.070$)。由于成雄和成雌的头部随 SVL 的增长呈异速增长, ANCOVA 不适用于比较特定 SVL 的成雄和成雌头部大小。ANOVA 显示,成雄头部显著大于成雌($HL-F_{1,604}=528.33, P<0.0001$; $HW-F_{1,604}=462.85, P<0.0001$),成雌头部的绝对大小大于幼体($HL-F_{1,207}=554.94, P<0.0001$; $HW-F_{1,207}=304.86, P<0.0001$)(表 2)。ANCOVA 显示:特定 SVL 的幼体头宽比成雄大 0.74mm ($F_{1,554}=5.02, P=0.025$);特定 SVL 的幼体头长比成雌大 1.19 mm($F_{1,206}=23.46, P<0.0001$)。

2.3 雌性繁殖

本研究涉及的中国石龙子产卵起讫时间为 5 月 31 日~28 日,每年仅产 1 窝卵。表 3 显示雌性繁殖特征的描述统计值。中国石龙子窝卵数($r=0.52, F_{1,75}=27.91, P<0.0001$)和窝卵重($r=0.51, F_{1,61}=21.62, P<0.0001$)与雌体 SVL 呈正相关(图 2)。因子分析卵长径、短径和窝卵数三者关系显示,当控制第三者恒定时,卵长径与短径呈正相关($r=0.48, t=4.25, df=61, P<0.0001$),窝卵数与卵长径($r=-0.21, t=1.64, df=61, P=0.105$)和卵短径($r=0.23, t=1.79, df=61, P=0.079$)无显著的相关性。因子分析雌体 SVL、窝卵数和卵大小三者关系显示,当控制第三者恒定时,窝卵数($r=0.43, t=3.63, df=61, P<0.001$)和卵大小($r=0.36, t=2.76, df=61, P=0.008$)与雌体 SVL 呈正相关($r=0.57, t=2.47, df=14, P<0.05$),卵大小与窝卵数($r=-0.09, t=0.68, df=61, P=0.502$)无显著的相关性。

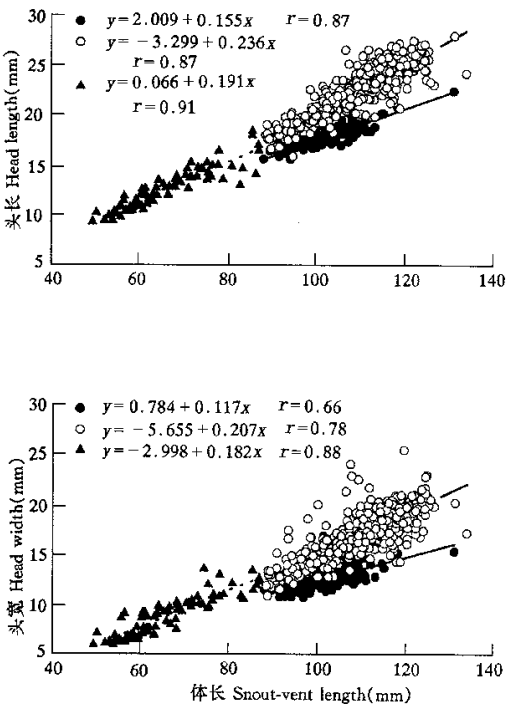


图 1 中国石龙子成、幼体头长和头宽与个体大小 (SVL) 之间的回归
Fig. 1 The regressions of HL and HW on SVL for adult and juvenile *Eumeces chinensis*

表 2 中国石龙子成、幼体头、体大小的测量(数据用平均值±标准误表示,样本数和数据范围如表中所示,mm)

Table 2 Measurements of body and head sizes for adult and juvenile *Eumeces chinensis* (Data are expressed as mean±SE. Sample size and range are indicated in the table)

项目 Item	幼体(Juveniles) N=80		成雌(Adult females) N=129		成雄(Adult males) N=477	
体长 SVL	66.1±1.1	49.4~86.9	102.2±0.6	88.1~131.1	110.2±0.4	88.5~133.9
头长 HL	12.7±0.2	9.4~18.4	17.8±0.1	15.7~22.4	22.7±0.1	15.9~27.8
头宽 HW	9.0±0.2	6.1~13.6	12.8±0.1	10.7~16.9	17.2±0.1	11.0~15.4

3 讨论

食性、两性异形和繁殖是爬行动物生态学研究 中 3 个有密切联系的方面,研究的结果有益于阐述爬行动物繁殖输出的种群间、种群内和年间的变异^[13,14],有益于论述两性异形在特定种类中发生的选 择压力^[15~20]。和某些爬行动物一样,爬行动物中普遍存在个体大小、局部形态特征和体色等方面的两性差异^[15,18,21~23]。两性异形可能是由性选择、非性选择、或两者某种组合的选择压力导致的。性选择压力是一种

直接与雌体增加子代输出或雄体增加交配次数的繁殖利益有关的自然选择压力,因而确实是导致不少爬行动物两性异形的重要原因。但性选择以外的原因也能导致两性异形,这些原因主要包括,两性寿命或死亡率的差异^[24],两性食性的分离^[15,20],以及性成熟个体分配物质和能量的两性差异^[17]等。本文将以这些理论为框架,根据本研究中已得的结果展开一些讨论。

成体食物生态位宽度大于幼体与成体较大的头部有关;因为,较大头部的个体至少在摄食大型食物的能力方面比较小头部的个体强,因而显示较宽的食物利用谱。如,成年中国石龙子较多地摄食体型较大的鳃角金龟甲科和步甲科动物,与幼体较多地摄食潮虫科动物不同,成体没有摄食这类小型甲壳动物的记录。本研究中关于成、幼体食物生态位重叠度的结果(0.59)提示成、幼体食物生态位的分离度(0.41)与成、幼体头部大小的差异有关,不同头大小的中国石龙子在摄入的食物类型和大小上可能有一定的差异。种内食性差异的存在对中国石龙子有重要的适应意义,因为它能在一定程度上减缓了不同年龄和性别组的个体对共同食物资源的竞争,有益于在特定生境内持有较多数量的个体。

中国石龙子成雄头部随 *SVL* 的增长速率大于成雌和幼体,提示性成熟雄性中国石龙子在分配用于生长的物质时较多地照顾头部的生长,导致其头部显著地大于成雌。头部大小在一定程度上可视为资源持有能力的标志,头部较大的雌性通常被头部较小的雄性视为竞争中潜在的胜利者^[4]。头部可以通过两种途径变得较大:①随 *SVL* 增大头部,②相对于 *SVL* 增大头部。中国石龙子雄性较大的头部是这两种途径组合的结果,其头部增长的模式与宽头石龙子(*Eumeces laticeps*)^[25]和五线石龙子(*Eumeces fasciatus*)^[26]相似。实验室观察发现,中国石龙子雄性较大的头部对征服潜在的配偶有利,较大头部的雄性能获得较大的繁殖利益(交配成功率高)。这一结果证实了计翔^[4]的结论:成雄较大的头部至少部分地是由性选择压力决定的。

表 3 雌性繁殖特征的描述统计值

Table 3 Descriptive statistics on female reproductive characteristics			
项目 Item	样本数 Sample size	平均值±标准误 Mean±SE	范围 Range
体长 <i>SVL</i> (mm)	77	102.3±0.7	88.1~118.0
产后体重 Postpartum body mass (g)	77	21.6±0.5	15.3~38.2
窝卵数 Clutch size	77	15.3±0.4	9~25
卵长径 Egg length(mm)	63	14.1±0.1	11.9~16.4
卵短径 Egg width(mm)	63	9.1±0.1	8.1~10.2
卵重 Egg mass(g)	63	0.66±0.01	0.42~1.10
窝卵重 Clutch mass(g)	63	10.49±0.38	5.20~18.98
相对窝卵重 Relative clutch mass	63	0.327±0.008	0.188~0.438

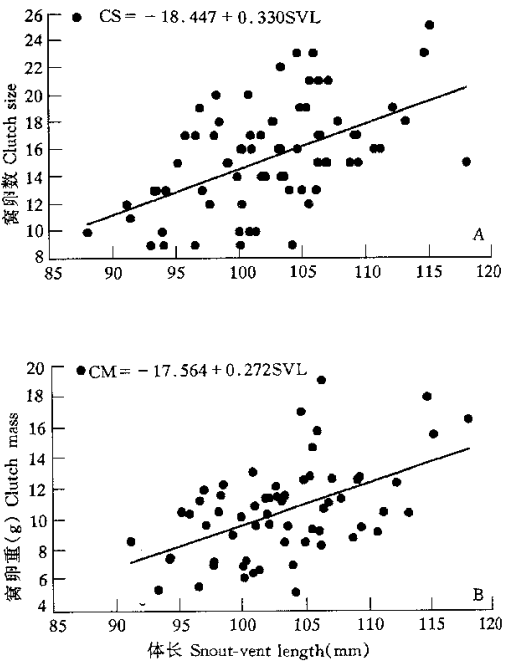


图 2 中国石龙子窝卵数和窝卵重与雌体 *SVL* 之间的回归
Fig. 2 The regressions of clutch size and clutch mass on female *SVL*

计翔^[4]对杭州中国石龙子的研究中涉及的成雌样本较少($N=16$),他在报道中提到了成雄 SVL 大于成雌,但没有发现两者的 SVL 有统计上显著的差异。本研究的结果明确显示成雄 SVL 大于成雌,成年中国石龙子个体大小上存在着显著的两性异形。这种两性异形可能系性选择压力所致;因为过小的成雄一般是不能够获得交配机会的^[4]。在寻求雄性繁殖利益的性选择压力作用下,雄体能向较大体型的方向进化。

中国石龙子幼体和成雌头部随 SVL 的增长速率较为接近,反映了两者在分配用于生长的物质时都兼顾了躯干的生长。这种分配模式对幼体和成雌有各自的适应意义。对幼体而言,兼顾躯干的生长能使其较早地生长到性成熟的最小 SVL。然而,雄性幼体将较多的物质投入头部的生长不是一个好的对策;因为达到性成熟最小 SVL 的雄体一般是不能够获得交配机会的^[4],较大的头部并不给刚性成熟的雄体带来明显的繁殖利益。因此,兼顾躯干的生长是幼体最经济的分配生长物质的对策,这也可能是两性幼体没有明显的形态差异的原因。

尽管成雌头部随 SVL 的增长速率同幼体相似,成雌也显然地兼顾了躯干的生长,但特定 SVL 的成雌头部小于幼体。这一结果揭示成雌比幼体更多地将生长物质用于能够直接强化其繁殖利益的躯干生长。这种物质分配模式对成雌有重要的适应意义。因为,在食物可得性不成为限制因子的前提下,爬行动物繁殖输出(以卵的数量和大小为标志)的种间差异与各种动物的腹腔容纳量直接有关,较大的躯干(进而是较大的腹腔容纳量)是雌体增加繁殖输出、获得最大繁殖利益的基本条件^[16~18]。中国石龙子的窝卵数和窝卵重与雌体 SVL 呈正相关(图 20,故成雌较小头部和相对较大躯体对其增加繁殖输出是十分有益的。在寻求最大繁殖利益的性选择压力作用下,成雌以牺牲头部的生长来充分保证躯体的生长。

根据本研究的结果和讨论,本文能得出 3 个基本的结论:①中国石龙子成、幼体食物生态位宽度的差异和食物生态位的分离度与头部大小有一定的关系;②雌体能通过增加窝卵数及对应的窝卵重和卵大小来增加繁殖输出;③成雄和成雌个体大小和头部大小的两性异形可能主要是由性选择压力决定的。

参考文献

[1] 顾辉清. 蜥蜴目. 浙江动物志. 杭州:浙江科学技术出版社,1990. 129~152.

[2] 王培潮. 杭州四种蜥蜴的生态研究 I. 分布状况、活动规律及食性. 动物学杂志,1964, 9(2):70~85.

[3] 王培潮. 杭州四种蜥蜴的生态研究 II. 繁殖. 动物学报,1966, 18(2):170~185.

[4] 计翔. 中国石龙子头、体大小的性二态. 杭州师范学院学报(自然科学版),1994, 6:79~84.

[5] 计翔,郑向忠,徐永根,等. 中国石龙子热生物学的研究. 动物学报,1995, 41:268~274.

[6] 计翔,徐永根,郑向忠. 中国石龙子的主要储能部位的研究. 动物学研究,1994, 15(3):59~64.

[7] Ji X, Fu S Y, Fu, Zhang H S, *et al.* Material and energy budget during incubation in a Chinese skink, *Eumeces chinensis*. *Amphibia-Reptilia*, 1996, 17:209~216.

[8] MacArthur R H. *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species*. New York: Harper and Row, 1972. 1~269.

[9] Pianka E R. Zoogeography and speciation of Australian desert lizards: an ecological perspective. *Copeia*, 1972, 1972:127~145.

[11] Seigel R A and Fitch H S. Ecological patterns of relative clutch mass in snakes. *Oecologia*, 1984, 61:293~301.

[12] Vitt L J and Price H J. Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards. *Herpetologica*, 1982, 38:237~255.

[13] Ballinger R E. Reproductive strategies: food availability ass a source of proximal variation in a lizard. *Ecology*, 1977, 58:628~635.

[14] Bauwens D and Verheyen R F. Variation of reproductive traits in a population of the lizard *Lacerta vivipara*. *Holarctic Ecology*, 1987, 10:120~127.

[15] Berry J F and Shine R. Sexual size dimorphism and sexual selection in turtle (order Chelononia). *Oecologia*, 1980, 44:185~190.

[16] Braña F. Sexual dumorphism in lacertid lizards: male head increase vs female abdomen increase? *Oikos*, 1996, 75:185~190.

511~523.

[17] Cooper W E and Vitt L J. Sexual dimorphism of head and body size in an iguanid lizard; paradoxical results. *Am. Nat.* , 1989, **133**:729~735.

[18] Fitch H S. Sexual size differences in reptiles. *Mus. Nat. Hist. , Univ. Kansas, Misc. Publ.* , 1981, **70**:1~72.

[19] Hedrick A V and Temeles E J. The evolution of sexual dimorphism in animals; hypothesis and tests. *Trends Ecol. Evol.* , 1989, **4**:136~138.

[20] Powell G L and Russell A P. Growth and sexual size dimorphism in Alberta populations of the eastern short-horned lizard, *Phrynosoma douglassi brevirostre*. *Can. J. Zool.* , 1985, **63**:139~154.

[21] Schoener T W. Biology and the Reptilia, *Ecology and Behaviour*. London: Academic Press, 1977. **7**:35~136.

[22] Gibbons W J and Lovich J E. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slide turtle(*Trachemys scripta*). *Herpetol. Monogr.* , 1990, **4**:1~29.

[23] Shine R. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *Am. Nat.* **138**:103~122.

[24] Dunham A E. Populations in a fluctuating environment; the comparative population ecology of the iguanid lizards *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. *Misc. Publ. Univ. Mich. Mus. Zool.* , 1981, **158**:1~62.

[25] Vitt L J and Cooper W E. The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*; an example of sexual selection. *Can. J. Zool.* , 1985, **63**:995~1002.

[26] Vitt L J and Cooper W E. Skink reproduction; *Eumeces fasciatus* in the southeastern United States, with notes on *Eumeces inexpectatus*. *J. Herpetol.* , 1986, **20**:65~76.

[27] Shine R. Reptilian reproductive modes; the oviparity-viviparity continuum. *Herpetologica*, 1983, **39**:1~8.

[28] Iverson J B and Ewert M A. *Egg Incubation, Its Effect on Embryonic Development in Birds and Reptiles*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 87~100.