

东方田鼠头骨和脏器的形态学指标*

胡忠军 王勇** 张美文 郭聪

(中国科学院长沙农业现代化研究所,世界实验室长沙鼠类控制研究中心 长沙 410125)

摘要:对实验室封闭群第7、8代东方田鼠(*Microtus fortis calamorum*)头骨和脏器的形态学指标进行了测量,并探讨了各指标在雌雄间、年龄组间的差异及其与体重的关系。结果表明,头骨大小在亚成年雌雄鼠间无显著差异,成年雄鼠显著大于成年雌鼠;脏器绝对和相对指标雌雄鼠间差异不显著。头骨指标、脏器绝对指标成年鼠显著长于或大于亚成年鼠,肝、肾脏、睾丸相对重量以及盲肠、大小肠相对长度在年龄组间差异显著。头骨和脏器指标(Y)与体重(X)的关系为 $Y = aX^b$,头骨形态指标、脏器绝对重量或长度与体重正相关,脏器相对重量或长度除睾丸与体重正相关外其余均与体重负相关。

关键词:东方田鼠;头骨;内脏器官;形态学

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2002)04-21-06

Cranium and Internal Organ Morphology Indices of Yangtze Vole (*Microtus fortis calamorum*)

HU Zhong-Jun WANG Yong ZHANG Mei-Wen GUO Cong

(Changsha Institute of Agriculture Modernization, Chinese Academy of Sciences Changsha 410125, China)

Abstract: We measured cranium and internal organ morphology indices of the voles from laboratory population of *Microtus fortis calamorum*. The cranium indices included the greatest length of skull, zygomatic width, skull height, nasal bone length, interorbital breadth, width between maxillary incisor and molar, length of maxillary molar row and head back width, and the internal organ indices comprised weight of heart, lung, liver, spleen, kidney, stomach (without content) and length of caecum and large + small intestine.

There were no significant differences in the three main cranium morphology indices (greatest length of skull, zygomatic width and skull height) between subadult females and males while the three main cranium indices of adult males were significantly larger than those of adult females; and the two sexes of sub-adult and adults displayed no conspicuous variations in terms of absolute and relative indices of internal organs (relative weight of internal organ = internal organ weight/body weight \times 100; relative length of intestinal tract = intestinal tract length/body length). All cranium morphology indices, all absolute indices of internal organ and relative weight of testis of adult voles were accordingly significantly longer or larger than those of sub-adult ones; on the contrary, relative

* 国家“九五”科技攻关项目(No. 96-A23-06-04)专题,中国科学院知识创新项目(No. KSCX2-SW-103);

** 通讯联系人;

第一作者简介 胡忠军,男,26岁,硕士研究生;研究方向:啮齿动物生态学;E-mail: huzj@ms.csiam.ac.cn.

收稿日期:2001-07-05,修回日期:2002-01-10

indices of liver, kidney, caecum and small + large intestine of sub-adult animals were conspicuously larger or longer than those of adult ones; and there were no conspicuous differences in relative weight of heart, lung, spleen and stomach between sub-adult and adult voles. In addition, the regression equation of cranium and internal organ morphology indices (Y) with body weight (X) is $Y = aX^b$; all morphology indices of cranium, all absolute indices of internal organs and relative weight of testis positively correlated with body weight while relative weight of lung, spleen, kidney and stomach, together with relative length of caecum and large + small intestine, negatively correlated with body weight, and relative weight of heart and liver were independent of body weight.

Key words: *Microtus fortis calamorum*; Cranium; Internal organ; Morphology

东方田鼠 (*Microtus fortis calamorum*) 为洞庭湖区优势鼠种, 严重为害当地农林业生产。但其具有天然抗日本血吸虫的特性^[1,2], 对血吸虫病的研究与防治有特别重要的意义。近年来, 由于该鼠可作为实验动物品种资源来开发, 在国外已引起关注^[3]; 在国内, 该鼠的抗血吸虫感染机理研究和实验动物化培育在“九五”期间被列为国家科技攻关项目。头骨形态学指标为动物分类学的重要依据; 内脏器官是生理功能的物质基础, 可以作为其功能的近似指标, 其重量是实验动物的一组基本的解剖生理学数据, 是药理和毒理学研究的一个重要实验观察指标。目前, 国内不少学者已对该鼠的野外生态、室内驯养繁殖、生长发育和昼夜活动节律以及抗日本血吸虫机理等方面进行了较多的研究^[1,2,4-13], 而头骨和脏器形态学指标均未见研究报道。作者对该鼠的头骨和脏器形态学指标进行了测量, 并探讨了这些指标与体重的关系, 现报道如下。

1 材料与方法

1.1 实验动物 将 1996 年于洞庭湖区捕获的野生东方田鼠带回实验室驯养繁殖, 建立室内封闭种群。实验室饲养条件为光照 L:D = 12:12, 温度 20 ~ 25℃, 喂食本所研制生产的颗粒饲料和自来水。本实验所用动物取自该封闭群的第 7、8 代亚成年和成年鼠。

1.2 实验方法 将实验鼠按实际日龄划归为亚成年和成年组^[7], 年龄组内均匀取样。称体重 (± 0.1 g)、量体长 (± 1 mm) 后进行解剖, 仔

细分离各内脏器官, 用电子秤 (± 0.001 g) 称心、肺、肝、脾、肾脏和胃 (不含内容物) 的鲜重, 剔除盲肠、大小肠上的肠系膜和其它组织后将其平展, 用直尺 (± 1 mm) 测量其长度; 最后剪下头部, 剥取头骨, 用游标卡尺 (± 0.02 mm) 测量颅全长、颧宽、颅高、鼻骨长、眶间宽、上齿隙宽、上齿列长和后头宽等头骨指标。

1.3 统计方法 采用绝对指标 (绝对重量和长度) 和相对指标, 即相对重量 (脏器重/体重 $\times 100$, 又称脏器指数) 和相对长度 (脏器长度/体长), 来比较脏器在年龄组及性别间的差异; 年龄组间、性别间各形态学指标比较采用 t -检验; 以体重为自变量 (X), 各形态学指标为因变量 (Y), 求出回归方程 $Y = aX^b$ 。数据分析均在统计软件包 SPSS for windows 上完成。

2 结果

2.1 头骨形态指标

2.1.1 雌雄间、年龄组间的比较 亚成年组内, 所有头骨指标雄鼠均大于雌鼠, 其中上齿隙宽、上齿列长两性间差异达显著水平; 成年雌雄鼠除眶间宽差异不显著外, 其它 7 个指标雄鼠均显著或极显著地大于雌鼠 (表 1)。这说明头骨大小 (用颅全长、颧宽、颅高 3 个指标表示) 在亚成年雌雄鼠间差异不显著, 成年后头骨大小表现出了明显的性二型。成年鼠的各头骨指标均极显著地大于亚成年鼠 (表 1)。

2.1.2 与体重的关系 表 2 为各头骨指标 (Y) 与体重 (X) 的回归方程。各头骨指标与体重均显著正相关, 其中颧宽、颅全长与体重的相关性

最高,眶间宽最低(表2)。

表1 东方田鼠头骨形态指标

指标	性别	亚成年组	成年组	t-值
体重(g)	♀♀	33.95 ± 9.73(14)	60.68 ± 10.81(39)	8.136***
	♂♂	43.26 ± 11.49(27)	76.19 ± 15.92(53)	10.591***
	t-值	2.586*	5.562***	
体长(mm)	♀♀	104.3 ± 12.5(14)	125.7 ± 9.7(43)	6.672***
	♂♂	108.9 ± 11.3(20)	135.9 ± 13.1(57)	8.191***
	t-值	1.122	4.462***	
颅全长(mm)	♀♀	27.16 ± 1.65(12)	30.94 ± 1.44(46)	7.881***
	♂♂	28.15 ± 1.63(27)	32.24 ± 1.44(56)	11.606***
	t-值	1.750	4.540***	
颞宽(mm)	♀♀	15.10 ± 1.09(10)	17.29 ± 1.00(47)	6.176***
	♂♂	15.39 ± 1.05(21)	17.91 ± 1.03(57)	9.506***
	t-值	0.717	3.117**	
颅高(mm)	♀♀	10.57 ± 0.60(12)	11.35 ± 0.51(45)	4.554***
	♂♂	10.86 ± 0.61(24)	11.57 ± 0.47(56)	5.630***
	t-值	1.384	2.252*	
鼻骨长(mm)	♀♀	7.11 ± 0.72(14)	8.14 ± 0.53(46)	5.835***
	♂♂	7.36 ± 0.59(21)	8.67 ± 0.82(50)	6.642***
	t-值	1.153	3.740***	
眶间宽(mm)	♀♀	4.03 ± 0.14(14)	4.16 ± 0.16(49)	2.853**
	♂♂	4.07 ± 0.19(27)	4.20 ± 0.16(59)	3.158**
	t-值	0.816	1.257	
上齿隙宽(mm)	♀♀	8.23 ± 0.57(14)	9.60 ± 0.53(49)	8.371***
	♂♂	8.66 ± 0.58(27)	10.07 ± 0.58(60)	10.444***
	t-值	2.290*	4.325***	
上齿列长(mm)	♀♀	6.75 ± 0.38(14)	7.52 ± 0.34(49)	7.334***
	♂♂	7.11 ± 0.42(27)	7.70 ± 0.38(60)	6.381***
	t-值	2.671*	2.465*	
后头宽(mm)	♀♀	12.39 ± 0.88(10)	13.85 ± 0.52(44)	6.974***
	♂♂	12.86 ± 0.64(25)	14.18 ± 0.61(58)	8.938***
	t-值	1.767	2.897**	

表中数据以($\bar{X} \pm SD$)表示,括号内为样本数; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$;表2,3,4的表注与表1同

表2 东方田鼠头骨指标与体重的回归方程

指标	自由度	回归方程	相关系数
颅全长	123	$Y = 12.9401X^{0.2114}$	0.924***
颞宽	117	$Y = 6.5037X^{0.2367}$	0.926***
颅高	119	$Y = 7.0434X^{0.1163}$	0.773***
鼻骨长	113	$Y = 2.8658X^{0.2559}$	0.863***
眶间宽	129	$Y = 3.3013X^{0.0555}$	0.483***
上齿隙宽	130	$Y = 3.8503X^{0.2221}$	0.863***
上齿列长	130	$Y = 4.2352X^{0.1383}$	0.767***
后头宽	120	$Y = 7.1023X^{0.1611}$	0.909***

2.2 内脏器官形态指标

2.2.1 雌雄间、年龄组间比较 内脏器官绝对、相对指标亚成年雌雄鼠间均无显著差异(P 均 >0.05),成年雌雄鼠间亦无显著差异(P 均

>0.05),故各年龄组内雌雄鼠数据合并计算。脏器的绝对指标成年鼠均显著或极显著大于或长于亚成年鼠(表3)。心脏、睾丸相对重量成年鼠大于亚成年鼠,心脏相对重量两者差异不显著,睾丸相对重量差异达极显著水平;其余脏器的相对指标亚成年鼠均大于或长于成年鼠,其中肝、肾脏相对重量以及盲肠和大小肠相对长度两者差异均达极显著水平(表3)。

2.2.2 与体重的关系 表4为脏器绝对、相对指标(Y)与体重(X)的回归方程。所有绝对指标均与体重呈显著正相关关系;睾丸相对重量与体重显著正相关,肺、脾、肾脏、胃相对重量以及盲肠、大小肠相对长度与体重均显著负相关,

而心、肝脏相对重量与体重不相关。

表 3 东方田鼠内脏器官重量与长度

指标	绝对重量或长度			相对重量或长度		
	亚成年组	成年组	t-值	亚成年组	成年组	t-值
体重(g)	36.88 ± 9.85	64.64 ± 13.93	9.254***	36.88 ± 9.85	64.64 ± 13.93	9.254***
体长(mm)	106.8 ± 11.3	129.0 ± 12.1	7.621***	106.8 ± 11.3	129.0 ± 12.1	7.621***
心脏(g)	0.194 ± 0.046	0.379 ± 0.163	6.169***	0.543 ± 0.120	0.576 ± 0.170	0.911
肺脏(g)	0.283 ± 0.070	0.510 ± 0.197	6.144***	0.797 ± 0.192	0.796 ± 0.264	0.032
肝脏(g)	2.628 ± 0.972	3.543 ± 1.044	3.657**	6.958 ± 1.447	5.560 ± 1.392	3.968***
脾脏(g)	0.044 ± 0.014	0.068 ± 0.030	4.262***	0.122 ± 0.033	0.107 ± 0.042	1.587
肾脏(g)	0.358 ± 0.082	0.565 ± 0.142	7.164***	0.996 ± 0.146	0.877 ± 0.136	3.397**
睾丸(g)	0.140 ± 0.106	0.764 ± 0.322	10.401***	0.312 ± 0.172	0.991 ± 0.337	9.992***
胃(g)	0.289 ± 0.064	0.516 ± 0.178	6.784***	0.844 ± 0.319	0.791 ± 0.191	0.809
盲肠(mm)	87.9 ± 12.6	95.0 ± 14.1	2.137*	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1	2.715**
大小肠(mm)	537.9 ± 56.1	599.2 ± 62.3	4.172***	5.1 ± 0.5	4.7 ± 0.5	3.041**

睾丸样本数:亚成年组 25、成年组 33;体重、体长和其它脏器样本数:亚成年组 33、成年组 32

表 4 东方田鼠内脏器官重量、长度与体重的回归方程

指标	自由度	绝对重量或长度		相对重量或长度	
		回归方程	相关系数	回归方程	相关系数
心脏	63	$Y = 0.0059 X^{0.9785}$	0.863***	$Y = 0.5913 X^{-0.0215}$	-0.037
肺脏	63	$Y = 0.0164 X^{0.8024}$	0.769***	$Y = 1.6415 X^{-0.1976}$	-0.284*
肝脏	63	$Y = 0.1268 X^{0.8050}$	0.665***	$Y = 12.6813 X^{-0.1950}$	-0.211
脾脏	63	$Y = 0.0030 X^{0.7336}$	0.704***	$Y = 0.3034 X^{-0.2664}$	-0.339**
肾脏	63	$Y = 0.0228 X^{0.7650}$	0.922***	$Y = 2.2801 X^{-0.2340}$	-0.588***
睾丸	30	$Y = 0.00001517 X^{2.4469}$	0.878***	$Y = 0.0015 X^{1.4469}$	0.735***
胃	63	$Y = 0.0204 X^{0.7513}$	0.752***	$Y = 2.0439 X^{-0.2487}$	-0.353**
盲肠	63	$Y = 49.9014 X^{0.1542}$	0.402***	$Y = 1.5007 X^{-0.1717}$	-0.400**
大小肠	63	$Y = 260.5732 X^{0.2005}$	0.658***	$Y = 7.8363 X^{-0.1253}$	-0.439***

3 讨论

成年东方田鼠躯体大小雌雄间差异极显著^[6]。同样,雄鼠的头骨显著大于雌鼠(以颅全长、颧宽及颅高表示头骨大小);而内脏器官重量或长度(绝对指标)雌雄间均无明显差异。这说明该鼠进入成体阶段后,在外部和头骨形态特征方面已呈现明显的性二型,而脏器却没有此现象。

消化道形态与能量需求、食性和食物质量等密切相关^[14]。东方田鼠消化器官的相对指标(胃相对重量、盲肠相对长度、大小肠相对长度)亚成年鼠大于或明显大于成年鼠,说明前者正处于生长盛期,营养需要和代谢活动比后者要高,而当动物能量和营养需求加大时,如果要维持较高的消化率,消化道容积加大可能是一种适应对策^[14]。东方田鼠有被迫迁移的行为,

枯水季节(11月~翌年4月)该鼠栖息在湖滩上,主要取食苔草(*Carex* spp.)和水田碎米荠(*Cardamine lyrata*),汛期(5~10月)因洪水压力被迫迁入垌内农田,以水稻(*Oryza sativa*)和双穗雀稗(*Paspalum distichum*)为主食,秋后又主动迁至湖滩^[15,16]。作者测得野外条件下该鼠的食物质量较室内饲养鼠的食物质量(饲料)要差,粗纤维素含量前者较后者高。通过比较生活在3种不同条件下(春季湖滩、秋季稻田和室内人工饲养条件)东方田鼠的消化道形态变化,发现盲肠、总肠道野生鼠均长于或明显长于室内饲养鼠(另文报道)。Sibly^[17]曾预测随着食物质量的下降,动物可能具有较大的消化道,Gross等^[14]研究表明食物中所含纤维素的增加使盲肠大小增加,因而作者测定的结果与他们的预测及研究结果相一致。盲肠是食物发酵的部位,高纤维物质主要在盲肠内消化,纤维素含

量增加盲肠大小增加^[14],作者根据文献数据对其它6种鼠的盲肠相对长度作了粗略的估计(表5),不难看出,盲肠相对长度与动物食性有关,植食性鼠的盲肠明显比杂食性鼠和以果实种子为食的社鼠(*Rattus niviventer confucianus*)的

盲肠长,这与植食性鼠取食纤维素含量较高的根、茎和叶,而杂食性鼠和社鼠取食食物质量高、纤维素含量低的杂粮、瓜果等有关,是各种鼠对食物条件长期适应的结果。

表5 六种鼠盲肠相对长度比较

鼠名	食性	体长(mm)	盲肠长(mm)	盲肠相对长度
社鼠(<i>Rattus niviventer confucianus</i>)	以果实种子为食 ^[18]	125 ~ 195 ^[19]	47.6 ± 1.7 ^[20]	0.24 ~ 0.38
褐家鼠(<i>Rattus norvegicus</i>)	杂食性 ^[21]	130 ~ 255 ^[19]	33.2 ± 0.8 ^[20]	0.13 ~ 0.26
大仓鼠(<i>Cricetulus triton</i>)	杂食性 ^[22]	145 ~ 220 ^[19]	86.2 ± 6.8 ^[23]	0.39 ~ 0.60
根田鼠(<i>Microtus oeconomus</i>)	草食性 ^[24]	100 ~ 150 ^[19]	168.3 ± 15.5 ^[25]	1.12 ~ 1.68
高原鼯鼠(<i>Myospalax baileyi</i>)	植食性 ^[26]	160 ~ 235 ^[19]	254.2 ± 15.2 ^[26]	1.08 ~ 1.58
东方田鼠(<i>Microtus fortis calamorum</i>)	草食性 ^[16]	136.1 ± 2.6	136.8 ± 2.1	1.23 ± 0.17

盲肠相对长度 = 盲肠长/体长;表中数据由文献中的平均数推算而来,以平均数 ± 标准误($\bar{x} \pm SE$)表示;东方田鼠样本数为81只(湖滩鼠61只,稻田鼠20只)

一些脏器指数(相对重量)与体重存在相关性,如普通麝鼩(*Sorex araneus*)^[27]、褐家鼠^[28]及社鼠^[29]的心、肾脏指数均与体重呈负相关,后面2种鼠的肝脏指数与体重亦负相关,而脾脏指数与体重正相关。本文结果表明,该鼠肺、脾、肾脏、胃指数及盲肠、大小肠相对长度与体重呈负相关,睾丸指数与体重则呈正相关,心、肝脏指数与体重不相关。东方田鼠脏器指数、肠道相对长度与体重的相关系数中除睾丸为正数外,其余均为负数(表4),这说明睾丸的生长速度快于身体的生长速度,其余内脏器官的生长速度慢于身体的生长速度。

致谢 本文承蒙陈安国研究员审阅,湖南农业大学学生马俊、黄池参加部分工作,谨此致谢!

参 考 文 献

[1] 黎中恺,朱祖林,金壁如等. 东方田鼠对日本血吸虫的不感染性. 寄生虫学报, 1965, 2(1): 103.

[2] He Y K, Luo X S, Zhang X Y et al. Immunological characteristics of natural resistance in *Microtus fortis* to infection with *Schistosoma japonicum*. *Chinese Medical Journal*, 1999, 112(7): 649 ~ 654.

[3] 于海英,辛淑芳,王晓林等. 国内外实验动物科学发展动态. 中国实验动物学杂志, 1999, 9(3): 187 ~ 190.

[4] 贺宏斌,左家铮,刘柏香等. 室内繁殖和野生东方田鼠感染日本血吸虫的比较. 实用寄生虫病杂志, 1995, 3(2): 72 ~ 74.

[5] 陈安国,郭聪,王勇等. 洞庭湖区东方田鼠种群特性和成灾原因研究. 见:张洁主编. 中国兽类生物学研究. 北京:中国林业出版社, 1995. 31 ~ 38.

[6] 武正军,陈安国,李波等. 洞庭湖区东方田鼠繁殖特性研究. 兽类学报, 1996, 16(2): 142 ~ 150.

[7] 武正军. 东方田鼠长江亚种(*Microtus fortis calamorum*)的生长与发育. 动物学杂志, 1996, 31(5): 26 ~ 30.

[8] 郭聪,张美文,王勇等. 洞庭湖区夏季温光条件及被迫迁移对东方田鼠繁殖的影响. 兽类学报, 1999, 19(4): 298 ~ 307.

[9] 何永康,罗新松,喻鑫玲等. 洞庭湖区东方田鼠天然抗日本血吸虫抗体水平的初步研究. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1999, 17(3): 132 ~ 134.

[10] 王庆林,易新元,周金春等. 东方田鼠感染血清免疫筛选日本血吸虫成虫 cDNA 文库的初步报告. 湖南医科大学学报, 2000, 25(2): 119 ~ 121.

[11] 李浩,何艳燕,林娇娇等. 东方田鼠抗日本血吸虫病现象的观察. 中国兽医寄生虫病, 2000, 8(2): 12 ~ 15.

[12] 郭聪,王勇,张美文等. 洞庭湖区东方田鼠洞群成员分析. 兽类学报, 2001, 21(1): 44 ~ 49.

[13] 胡忠军,郭聪,王勇等. 东方田鼠昼夜活动节律观察. 动物学杂志, 2002, 37(1): 18 ~ 22.

[14] Gross J E, Wang Z, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacities of *Microtus ochrogaster*. *J Mamm*, 1985, 66: 661 ~ 667.

[15] 郭聪,王勇,陈安国等. 洞庭湖区东方田鼠迁移的研究. 兽类学报, 1997, 17(4): 279 ~ 286.

[16] 吴林,张美文,李波等. 洞庭湖区东方田鼠的食物组成调查. 兽类学报, 1998, 18(4): 282 ~ 291.

[17] Sibly R. Strategies in digestion and defecation. In: Townsend C R, Calow P ed. *Physiological Ecology*. Oxford: Blackwell

- Scientific Publication, 1981. 109 ~ 139.
- [18] 鲍毅新, 诸葛阳. 金华北山啮齿类的生态研究. 兽类学报, 1987, 7(4): 266 ~ 274.
- [19] 黄文几, 陈延熹, 温业新著. 中国啮齿类. 上海: 复旦大学出版社, 1995. 143 ~ 236.
- [20] 杜卫国, 鲍毅新. 社鼠和褐家鼠消化道长度和重量的季节变化. 动物学报, 2000, 46(3): 271 ~ 277.
- [21] 陈安国. 南方农区害鼠生态特征及综合治理技术. 见: 王祖望, 张知彬主编. 鼠类治理的理论与实践. 北京: 科学出版社, 1996. 261 ~ 262.
- [22] 王淑卿, 杨荷芳, 郝守身. 大仓鼠 (*Cricetulus triton*) 的某些生态研究. 动物学杂志, 1996, 31(4): 28 ~ 31, 44.
- [23] 王淑卿, 张知彬, 张健旭等. 大仓鼠消化道长度和重量的初步研究. 动物学杂志, 1999, 34(6): 17 ~ 21.
- [24] 孙儒泳, 郑生武, 崔瑞贤. 根田鼠巢区的研究. 兽类学报, 1982, 2(2): 219 ~ 232.
- [25] 王德华, 王祖望, 孙儒泳. 根田鼠消化道长度和重量的变化及其适应意义. 兽类学报, 1995, 15(1): 53 ~ 59.
- [26] 王德华, 王祖望. 高寒地区高原鼯鼠消化道形态的季节变化. 兽类学报, 2000, 20(4): 270 ~ 276.
- [27] Pucek Z. Seasonal and age changes in the weight of internal organs of shrews. *Acta Theriol*, 1965, 10: 369 ~ 438.
- [28] 杜卫国, 俞华英, 施利强等. 褐家鼠的身体及内脏器官重量和含水量的初步研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 1997, 8(3): 161 ~ 163.
- [29] 杜卫国, 鲍毅新, 施利强等. 社鼠内脏器官重量和水分含量的季节变化. 动物学杂志, 1999, 34(1): 23 ~ 25.