

根田鼠身体大小的性二型 SEXUAL DIMORPHISM OF BODY SIZE IN ROOT VOLE (*MICROTUS OECONOMUS*)

关键词: 根田鼠; 性二型; 性选择; 捕食压力

Key words: Root vole (*Microtus oeconomus*); Sexual dimorphism; Sexual selection; Pressure of predation

中图分类号: Q958.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1050(2001)03-0236-04

在雌雄异体的有性生物中,反映身体结构和功能特征的某些变量在两性之间常常出现固有的和明显的差别,使得人们能够以此为根据判断一个个体的性别,这种现象被称为性二型 (sexual dimorphism)。

国外大量研究表明,哺乳动物性二型现象十分普遍,并且,在大多数情况下,雄性个体大于雌性个体^[1];国内同类研究还不多,仅见周立等^[2]、盛和林^[3]、陈国芳^[4]、杜铭章^[5]分别对高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*)、黄鼬 (*Mustela sibirica*)、摇蚊和海蛇的性二型现象作过报道,但均未分析其产生原因。

本研究试图从两个方面探讨根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 身体大小的性二型现象。其一,检验成年根田鼠体重的性别差异,并在实验室饲养条件下,繁殖后代,分析个体发育中根田鼠体重的性别差异,目的在于检验性二型出现时间与青春期发育相关的假设;其二,根据自然条件下雌雄根田鼠繁殖期间的能量需求差异以及由此产生的后果,分析捕食压力与性二型现象的关系,以探讨性二型现象的进化原因。

1 材料和方法

1.1 实验动物

本研究所用实验动物系捕自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区的野生根田鼠 (雌 30 只,雄 35 只) 及其在实验室条件下繁殖的子一代健康成年个体 (92 对)。

1.2 方法

将未怀孕成年雌性根田鼠与成年雄性根田鼠逐一配对,每对单独饲养于塑料养鼠笼 (464 mm × 314 mm × 200 mm) 中,提供适量锯屑和脱脂棉,作为笼底铺垫物和巢材。主食物是繁育型兔颗粒饲料 (北京实验动物饲养中心生产),同时补充部分胡萝卜,提供充足饮水。饲养房温度控制在 18~20℃,光照为 16L:8D。测定配对时雌雄鼠体重,此后每天监测雌鼠体重变化直到分娩。用剪趾法标记幼仔,逐日测定幼仔体重直到 70 日龄。30 日龄后根据外观鉴定幼子性别。全部体重用电子秤测量,精度为 0.1 g。

1.3 数据处理与分析

用配对时两性体重的差异反映成年根田鼠体重的性二型特征,并以单因素方差分析 (ANOVA) 检验其显著性。从出生至 70 日龄,用 ANOVA 逐日比较两性之间的体重差异,以确定性二型在个体发育

基金项目:西部之光项目资助

作者简介:都玉蓉 (1968-),女,青海师范大学讲师,现在中国科学院西北高原生物研究所攻读硕士学位,从事啮齿动物繁殖生物学研究。

收稿日期:2000-11-21;修回日期:2001-02-14

中出现的时间及其与性发育和性成熟过程的关系。实验结果以均值 \pm 标准差表示。统计分析由大型统计软件 SPSS 10.0 for Windows 完成。

2 结果

2.1 成年雌雄根田鼠的体重差异

本项研究共获得 92 对成年根田鼠的体重数据。其中，雌性体重为 25.98 ± 0.31 g，其变化范围在 18.8 ~ 31.1 g 之间；雄性体重为 36.92 ± 0.63 g，变动区间为 22.2 ~ 50.6 g。显然雄性体重的变异幅度比雌性要大。ANOVA 表明，两性之间体重差异达到极显著水平 ($F = 246.2353$, $P = 1.18e - 35$)，说明成年根田鼠体重性二型现象十分明显。

2.2 个体发育中根田鼠两性体重的差异

表 1 列出从出生至 70 日龄根田鼠两性的体重及其差异的显著性检验结果。由表 1 可知，33 日龄前，两性体重差异一般不明显；第 6、7、12 日龄的差异达到显著水平，可能是由于部分个体在这几天没有体重测定结果，或测定体重的时间由通常的上午改为下午造成的取样误差。从 33 日龄起至 70 日龄，根田鼠体重的性别差异达到显著或极显著水平，其绝对差值越来越大，这是雄性增重大于雌性增重的结果。由此可以认为，根田鼠体重的性二型现象大致在 33 日龄左右就已经形成。

表 1 初生至 70 日龄的根田鼠体重及性别差异

Table 1 Body mass and its sexual dimorphism of root vole from birth to the age of 70 days

日龄 Age in days	雄性 Male			雌性 Female			F	P
	样本数 Sample size	平均体重 Mean body mass	标准差 Standard deviation	样本数 Sample size	平均体重 Mean body mass	标准差 Standard deviation		
0	53	2.3887	0.2569	49	2.3429	0.2533	0.821	0.367
1	48	2.6625	0.3462	41	2.6195	0.3422	0.345	0.559
2	50	3.0360	0.4411	47	2.9872	0.3848	0.335	0.564
3	47	3.4574	0.5303	42	3.3571	0.4025	0.992	0.322
4	53	3.9094	0.5871	49	3.7612	0.4217	2.114	0.149
5	50	4.3740	0.7464	45	4.1756	0.4672	2.351	0.129
6	52	4.8462	0.7865	49	4.5755	0.4530	4.419	0.038
7	50	5.2400	0.8362	45	4.8800	0.6979	5.126	0.026
8	53	5.5774	0.8644	49	5.2837	0.6336	3.778	0.055
9	50	5.9300	1.1689	45	5.6067	0.7488	2.514	0.116
10	52	6.2923	0.9038	48	5.9604	0.7778	3.844	0.053
11	48	6.7958	0.9675	45	6.4289	0.8447	3.775	0.055
12	53	7.0774	1.1349	49	6.6408	0.9762	4.305	0.041
13	50	7.5420	1.2573	45	7.1111	1.0667	3.207	0.077
14	52	7.8923	1.4322	48	7.4667	1.1690	2.625	0.108
15	50	8.5120	1.6614	45	8.0778	1.3175	1.962	0.165
16	53	9.0075	1.6782	49	8.5306	1.3605	2.461	0.120
17	50	9.6860	1.8659	45	9.2200	1.5212	1.756	0.188
18	53	10.1623	1.9302	49	9.6653	1.7115	1.881	0.173
19	50	11.0180	1.7989	44	10.4864	1.8144	2.028	0.158
20	48	11.5396	1.8441	47	11.0915	1.6904	1.522	0.220
21	50	12.0340	1.8760	45	11.8667	1.8186	0.194	0.661
22	50	12.6020	1.9188	46	11.9870	1.6590	2.800	0.098
23	50	13.1620	1.9331	45	12.8267	1.9148	0.719	0.399
24	49	13.5714	2.0157	47	12.9191	1.5095	3.200	0.077
25	47	14.2766	2.0039	41	13.5537	1.8042	3.125	0.081
26	51	14.6275	1.9299	48	14.0500	1.4844	2.760	0.100
27	50	15.3600	1.9118	45	14.6733	1.6556	3.465	0.066
28	44	15.5909	1.6693	44	15.1182	1.4995	1.953	0.166
29	50	16.2060	1.9747	45	15.5400	1.4677	3.418	0.068

续表 1 Continued from table 1

30	52	16.6923	1.9684	49	15.9959	1.5426	3.884	0.052
31	46	17.4022	2.0967	43	16.3698	1.5543	6.886	0.010
32	52	16.9000	2.2551	48	16.5063	1.4110	1.075	0.302
33	49	17.5102	2.1394	45	16.6044	1.4706	5.623	0.020
34	50	17.5900	2.1906	47	16.7277	1.4174	5.225	0.024
35	49	17.7857	2.2107	45	16.8156	1.5677	5.927	0.017
36	50	17.4840	2.0339	48	16.7771	1.5715	3.686	0.058
37	49	17.9184	2.5208	44	16.8227	1.7469	5.805	0.018
38	50	17.3380	2.0503	48	16.4292	1.5508	6.087	0.015
39	48	17.6979	2.6159	45	16.5600	1.5702	6.363	0.013
40	50	17.3080	2.2751	48	16.4369	1.6573	4.633	0.034
41	49	17.8041	3.0103	44	16.2795	1.8227	8.486	0.005
42	49	17.4245	2.3879	46	16.3565	1.7850	6.035	0.016
43	48	17.9313	3.3905	44	16.1750	1.8099	9.356	0.003
44	48	17.5333	2.7897	48	16.2146	1.6664	7.906	0.006
45	49	18.2714	3.6203	42	16.4405	1.9941	8.518	0.004
46	47	17.8191	3.2193	43	16.4930	1.9176	5.506	0.021
47	49	18.3837	3.9754	44	16.4432	2.0729	8.421	0.005
48	48	17.8688	3.3100	47	16.3489	1.9090	7.474	0.007
49	45	18.1556	4.0271	44	16.4068	2.0820	6.577	0.012
50	48	18.0417	3.4046	46	16.4826	2.0300	7.193	0.009
51	47	18.7043	4.4410	42	16.4476	1.9617	9.227	0.003
52	48	18.0146	3.5707	43	16.3558	1.9885	7.258	0.008
53	43	18.8419	4.7694	44	16.4318	2.1051	9.369	0.003
54	51	18.9059	4.7773	47	16.4723	2.1468	10.277	0.002
55	45	18.5533	3.9900	42	16.3667	2.1216	9.976	0.002
56	50	19.0380	4.6884	41	16.4634	2.0865	10.621	0.002
57	47	18.7383	4.1549	43	16.3186	2.0916	11.832	0.001
58	41	19.3024	5.2881	43	16.6047	2.3201	9.315	0.003
59	44	19.0318	4.1185	40	16.3850	2.1778	13.164	0.000
60	50	19.4080	4.8951	47	16.7213	2.3664	11.604	0.001
61	44	19.1250	4.2732	37	16.3189	2.1482	13.142	0.001
62	48	19.6083	5.2263	47	16.7234	2.3552	11.944	0.001
63	41	19.1000	4.5233	40	16.5100	2.3166	10.440	0.002
64	50	19.5900	5.1337	47	16.7830	2.3154	11.791	0.001
65	45	19.3467	4.4610	42	16.6595	2.3458	12.108	0.001
66	46	19.7174	5.3707	43	16.7791	2.1770	11.151	0.001
67	40	19.4250	4.5748	39	16.9564	2.7038	8.470	0.005
68	44	20.0955	5.5229	46	17.0913	2.4705	11.260	0.001
69	41	19.7707	4.8737	40	16.8950	2.4122	11.238	0.001
70	27	20.0778	5.5848	27	16.3185	1.8634	11.008	0.002

3 讨论

3.1 性二型现象的出现与性成熟过程同步

本项研究的结果表明, 根田鼠体重的性二型现象是在 33 日龄以后逐渐表现出来的, 而且, 随着日龄增加, 两性体重差异越来越大, 平均体重的差别从最初的 0.5 g 左右到 70 日龄的 3~4 g, 成年以后这种差别可达到 10 g 以上。根据梁杰荣等^[7]以及我们的观察, 雄性根田鼠睾丸从 35 日龄起开始明显膨大, 45 日龄以后陆续出现可游动精子; 与此同时, 雌性卵巢也开始发育, 但能够进行交配の日龄大约在 50 日龄以后, 因为在这之前, 雌性阴道尚未开口。由此可见, 两性体重之差伴随性成熟过程逐步加大。也就是说, 在根田鼠中, 体重性二型现象的出现与性成熟过程基本同步。该结果与在人类和其它哺乳动物如大鼠等中所观察到的性二型出现时间^[7,8]相似, 但与牛、羊的情况有所不同, 在后

二者中，性二型出现早于性成熟过程^[9-11]。

3.2 性二型现象的进化原因浅析

在哺乳动物中，一般认为雄性个体大于雌性个体^[1]，并且 97% 的物种其婚配制度都是一雄多雌制^[12]。在一雄多雌制的物种中，雄性要和多个雌性交配，但是性比又是 1:1，在这种情况下，雄性之间为了与同一个雌性交配必须展开激烈竞争^[13]。这种竞争可以成为导致雄性个体增大有效的性选择压力^[13]。但这种解释并未说明为什么雌性的体重必须小于雄性。

有趣的是，在某些哺乳动物中，雌性个体明显大于雄性个体，这种现象被称为性二型倒置。显然，上述解释不能说明倒置的性二型现象进化的原因。Ralls^[14,15]提出 5 种可能的假设来解释倒置的性二型现象。(1) 雌性之间存在性选择；(2) 雌性优势超过雄性；(3) 两性之间的食物竞争减少；(4) 雌性之间存在对某些资源的激烈竞争；(5) 个体大的母亲具有高的品质。Ralls 找到了支持第 4 条假设的强有力证据，但她认为，要充分理解倒置的性二型现象就必须研究差不多相似的一类动物，在那里某些种类表现出雄性大于雌性，而另一些种类则刚好相反。

Bondrup - Nielsen 和 Ims 找到了满足 Ralls 条件的一类动物，即田鼠科。他们一共收集到 13 种 21 个种群的田鼠类动物体型数据，分析发现，3 个种体型大小的性别差异不明显，4 个种雄性明显大于雌性，其余种类则是雌性大于雄性；而且两性体型大小之比与巢区面积之比呈极显著的负相关，这种关系反映了同性个体对资源和配偶的竞争压力在两性之间的差别。

值得注意的是，关于性二型进化问题的讨论很少涉及捕食风险的作用，但这并不意味着不存在捕食风险的影响。众所周知，两性在生殖过程中所付出的代价明显不同，就一般情况而言，在哺乳动物的繁殖中，雌性的能量投入远大于雄性。根据王祖望等的研究结果^[16]，雌性根田鼠在妊娠和哺乳期维持能的平均值与非繁殖鼠相比将分别提高 24.31% 和 37.81%。因此，自然条件下，处于繁殖状态的雌性根田鼠为满足其能量需要必定大幅度提高觅食时间，如果雌性根田鼠本身体重很大的话，那么觅食时间增高的幅度就会更大。不仅如此，我们在野外工作中发现，妊娠期间，特别是临产前 3~5 d，雌性根田鼠体重急剧增加，其活动变得迟缓，当受到天敌攻击时，逃跑能力明显下降。总之，雌性根田鼠在繁殖期内，不可避免地要增加暴露给天敌的机会，同时其逃避能力也有所下降，以至雌性动物被天敌捕食的机会大大增加，其结果就是雌性死亡率明显升高，成年动物的性比可能因此而严重失调，并导致种群内部雄性个体间的竞争加剧，这也许就是雄性根田鼠体重较大的原因。另一方面，在长期的进化过程中，生存下来的物种逐渐发展出一些有效对策，以防止种群性比偏离 1:1，其中包括：雌性动物维持较小的体重有助于降低其繁殖过程中的死亡率。由此可以认为，繁殖期间，两性面临的捕食风险之差异可能也是体型性二型现象的一种进化和选择压力。

参考文献：

- [1] Eisenberg J F. The mammalian radiation [M]. Chicago: The Chicago University Press, 1981.
- [2] 周立, 刘季科, 刘阳. 高原鼠兔种群生产量生态学的研究 I. 高原鼠兔体重生长动态数学模型的研究 [J]. 兽类学报, 1987, 7: 67 - 78.
- [3] 盛和林. 黄鼬 (*Mustela sibirica*) 体型大小的性二型及地理变异 [J]. 兽类学报, 1987, 7: 92 - 95.
- [4] 陈国芳. 硕士论文中英摘要 (台湾国立中山大学海洋生物研究所): 两种海生摇蚊 *Pontomyia* spp. (双翅目: 摇蚊科) 生活史之初步研究 [D]. 1993.
- [5] 杜铭章. 硕士论文中英摘要 (台湾国立中山大学海洋生物研究所): 兰屿阔尾青斑海蛇 (*Laticauda semifasciata*) 之生殖生态 [D]. 1987.
- [6] 梁杰荣, 曾缙祥, 王祖望, 韩永才. 根田鼠生长和发育的研究 [J]. 高原生物学集刊, 1982, 1: 195 - 207.
- [7] Tanner J M. Growth at Adolescence [M]. edn 2. Blackwell: Oxford, 1962.

(下转第 215 页)

STUDY ON REPRODUCTIVE ECOLOGY OF NYCTALUS VELUTINUS

SHI Hongyan¹ WU Yi² HU Jinchu³ LI Yanhong³

(1 *Biology Department, Mianyang Teachers' College, Mianyang, Sichuan, 621000*)

(2 *Biology Department, Guangzhou Teachers' College, Guangzhou, 510400*)

(3 *Institute of Wild Rare Animals and Plants, Sichuan Teachers' College, Nanchong, 637002*)

Abstract: With mark-recapture method and other methods such as sounds recording, photography, the reproductive ecology of *Nyctalus velutinus* in the campus of Sichuan Teachers' College were studied, and got the following results. Female *Nyctalus velutinus* formed maternity colonies in old buildings in Summer and raised infants without the help of males which had left out. They were gestated in middle or late April and labored in late May or early or middle June. Females each bore 2 infants once, except a few only 1. The neonatal sex ratio was 1.1 1 (/). Young bats did not choose their mother, but mother bats only raised their own. At the beginning of the 6th week, the infants first began learning to fly and hunt for food themselves. The survival rate before they could fly freely was 72.20%. Young bats matured at approximately of 3 and a half months of age, and would mate in the first Autumn.

Key words: *Nyctalus velutinus*; Reproductive ecology; Mark-recapture

(上接第 239 页)

- [8] Eden S. Age- and sex-related differences in episodic growth hormone secretion in the rat [J]. *Endocrinology*, 1979, 105: 555 - 560.
- [9] Brody S, Hogan A G, Kempster HL, Ragsdale A C, Trowbridge EA. Growth and development, with special reference to domestic animals. I. Quantitative data. 1. Weight growth and linear growth [J]. *University of Missouri Agricultural Experimental Station Research Bulletin*, 1926, No. 96.
- [10] Fourie P.D, Kirton A H, Jury K.E. Growth and development of sheep. II. Effect of breed and sex on the growth and carcass composition of the Southdown and Romney and their cross [J]. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1970, 13: 753 - 770.
- [11] Gutford KL, Egan A R, Clarke IJ, Owens P C. Sexual dimorphism of the somatotrophic axis [J]. *Journal of Endocrinology*, 1998, 157: 373 - 389.
- [12] Kleiman D G. Mrognamy I mammals [J]. *Quart Rev Biol*, 1977, 52: 39 - 69.
- [13] Clutton - brock T H, Iason G R. Sex ratio variation in mammals [J]. *Quart Rev Biol*, 1986, 61: 339 - 374.
- [14] Ralls K. Mammals in which females are larger than males [J]. *Quart Rev Biol*, 1976, 51: 245 - 276.
- [15] Ralls K. Sexual dimorphism in mammals: avian models and unanswered questions [J]. *Am Nat*, 1977, 111: 917 - 938.
- [16] 王祖望, 曾绪祥, 梁杰荣, 韩永才. 根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 繁殖时期的能量需要 [A]. 高寒草甸生态系统第 1 集 [C]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1982. 101 - 109.

都玉蓉 苏建平 (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

DU Yurong SU Jianping

(*Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Science, Xining, 810001*)

刘季科 (浙江大学生命科学院, 杭州, 310012)

LIU Jike (*College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310012*)

* 通讯作者