

# 东方田鼠两亚种幼体生长特征参数的比较

胡忠军<sup>①②</sup> 王勇<sup>①\*</sup> 刘其根<sup>②</sup> 郭聪<sup>③</sup> 张美文<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>中国科学院亚热带农业生态研究所 长沙 410125;

<sup>②</sup>上海水产大学生命科学学院 上海 200090; <sup>③</sup>四川大学生命科学学院 成都 610064)

**摘要:**在相同驯养条件下同步测定东方田鼠(*Microtus fortis*)指名亚种和长江亚种幼体的生长特征参数。两亚种初生幼体表型特征无明显差异。采用 Von Bertalanffy 生长模型对两亚种幼体的体重、体长和尾长,以 Logistic 生长方程对后足生长过程进行拟合与描述。指名亚种雄体渐近体重、体长和尾长均大于或显著大于长江亚种,雌体前者小于后者,两亚种在 17~20 d 体重均已产生性二型分化,长江亚种两性个体渐近体重、体长和尾长差值大于指名亚种。两亚种雌体体重、体长、尾长和后足生长速率均相应地大于雄体,体重生长曲线拐点出现时间、瞬时生长率曲线拐点出现时间较体长、尾长和后足长明显迟缓。两亚种两性个体的后足生长速率要大于其体重、体长和尾长。结果表明(1)雌体较雄体早熟;(2)雄性体重指名亚种大于长江亚种,雌体相反,指名亚种性二型现象较长江亚种明显;(3)后足长较体重、体长和尾长较早地达到成熟时的大小;(4)两亚种幼体性二型分化时间早于其性成熟过程。

**关键词:**东方田鼠指名亚种;东方田鼠长江亚种;生长;性二型

中图分类号:Q958.1 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)05-32-08

## Comparison on the Postnatal Growth Parameter of *Microtus fortis calamorum* and *M. f. fortis*

HU Zhong-Jun<sup>①②</sup> WANG Yong<sup>①</sup> LIU Qi-Gen<sup>②</sup> GUO Cong<sup>③</sup> ZHANG Mei-Wen<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125;

<sup>②</sup>Life Science and Technology College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090;

<sup>③</sup>College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract** The postnatal growth of *Microtus fortis fortis* and *M. f. calamorum* born during the same period and raised in the identically artificial conditions were measured. There were no significant differences in body weight (BW), body length (BL), tail length (TL) and hind foot length (HFL) between *M. f. fortis* and *M. f. calamorum*'s natal pups. Von Bertalanffy equation was well fitted with growth data of BW, BL and TL, and Logistic equation with those of HFL. The male's asymptotic BW, BL and TL of *M. f. fortis* were larger than those of *M. f. calamorum*, which of female were in the opposite situation. The sexual dimorphism of the two subspecies both occurred at day 17-20, and the differences between the asymptotic BW, BL and TL for *M. f. fortis* were larger than those for *M. f. calamorum*. The growth rate ( $k$ ) of the four phenotypic characteristics of female were larger than that of male, respectively, and the inflexion of growth curve and instantaneous growth rate curve of BW occurred late than those of BL, TL and HFL. The growth rate of HFL for female and male of the two subspecies' were larger than that of BW, BL, and TL. The

基金项目 国家科技攻关项目(No. 2005BA529A05),上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金,上海水产大学博士启动经费;

\* 通讯作者;

第一作者简介 胡忠军 男 博士 讲师 研究方向 动物生态学 E-mail: huzj929@sina.com

收稿日期 2006-03-08,修回日期 2006-07-04

results showed that: (1) female matured early than male relatively; (2) the male body size of *M. f. fortis* were obviously larger than that of *M. f. calamorum*, on the contrary, which of female of the latter larger than that of the former, and the sexual dimorphism of *M. f. fortis* are more obvious than that of *M. f. calamorum*; (3) HFL approached early to the size of the matured voles than BW, BL and TL; (4) The initial dimorphism of body weight for the two subspecies occurred before the sexual maturation process.

**Key words** : *Microtus fortis fortis*; *M. f. calamorum*; Growth curve; Sexual dimorphism

东方田鼠 (*Microtus fortis*) 广布于我国 17 个省区及俄罗斯的西伯利亚、蒙古和朝鲜<sup>[1]</sup>。在我国该鼠是重要的有害啮齿动物之一。我国有 5 个亚种<sup>[2]</sup> 其中对长江亚种 (*M. f. calamorum*) 和指名亚种 (*M. f. fortis*) 的研究较多, 两者对日本血吸虫 (*Schistosoma japonicum*) 病具有天然的抗性, 为实验动物种质资源<sup>[3~6]</sup>。1995 年以来, 对该物种的实验化培育和抗日本血吸虫感染机理已进行了大量的研究<sup>[6~8]</sup>。

生长是动物固有的特征, 是合成代谢和分解代谢相互对抗作用的结果, 受多种生物与非生物因素 (如日常活动、温度、光照、降雨以及种群密度等) 的影响<sup>[9,10]</sup>。描述生长过程、揭示生长规律可估计野生动物种群的年龄<sup>[10]</sup>, 揭示动物生活史特征的进化及其对环境的适应<sup>[11]</sup>, 预测动物各生长期的体重、生长率、饲料消耗量, 探讨营养、温度等因子对动物生长的影响<sup>[12]</sup>, 从而指导经济和实验动物的生产及培育。因此研究动物生长规律不仅是动物生态学研究的内容之一, 并具有一定的实践意义。国内不少学者<sup>[13]</sup> 已对鼠类的生长发育进行过研究, 其中, 武正军<sup>[14]</sup> 和胡忠军等<sup>[13]</sup> 分别报道了东方田鼠长江亚种和指名亚种的生长及发育, 但他们的研究是在不同时间段和不同饲养条件下进行的, 不便于进行比较。本文在同一时期及相同实验室条件下, 对东方田鼠 2 个亚种的幼仔生长过程进行比较研究, 旨在揭示两亚种生长规律的异同, 并为东方田鼠的实验动物化提供依据, 现报道如下。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 供实验用的动物为东方田鼠长江亚种和指名亚种, 其初生幼体选自 2000 年

11 月 ~ 2001 年 2 月室内封闭种群繁殖的个体。2 个亚种的饲养条件完全相同, 实验动物饲养在 43 cm × 32 cm × 19 cm 的塑料盒中, 以锯木屑为垫料, 投放干稻草供其作巢。实验室温度 18 ~ 25℃, 光照 12L:12D。喂食本所研制的专用颗粒饲料, 提供充足的饮水。

**1.2 实验方法** 在初生至 120 日龄阶段, 每 5 d 测定体重 (BW) 1 次。在初生至 80 日龄阶段, 每 5 d 对体长 (BL)、尾长 (TL) 和后足长 (HFL) 测定 1 次; 在 80 ~ 120 日龄阶段, 每 10 d 对体长 (BL)、尾长 (TL) 和后足长 (HFL) 测定 1 次。

长江亚种生长数据的测定样本数: 初生至 120 日龄雌雄幼体体重样本数见表 4, 体长、尾长和后足长每测定日的样本雌体为 10 ~ 20 只, 雄体 12 ~ 14 只。指名亚种生长样本数: 体重数据从初生至 120 日龄雌雄体样本数列于表 5, 体长、尾长和后足长每测定日测定雌体为 23 ~ 33 只, 雄体 12 ~ 22 只。

采用电子天平 (0.1 g) 测定体重, 普通直尺 (1 mm) 测定体长、尾长和后足长。

**1.3 生长模型** 采用 Logistic 方程  $M_{(t)} = A / [1 + e^{-k(t-b)}]$ 、Gompertz 方程  $M_{(t)} = Ae^{-e^{-k(t-b)}}$  和 Von Bertalanffy 方程  $M_{(t)} = A [1 - 1/3 e^{-k(t-b)}]$  3 种非线性方程<sup>[15]</sup> 描述东方田鼠 2 个亚种幼体的生长过程。其中,  $M_{(t)}$  分别代表  $t$  日龄 (d) 的体重 (g)、体长 (mm)、尾长 (mm)、后足长 (mm)。

以上生长方程的参数 ( $A$ 、 $k$ 、 $b$ ) 均为常数 (constant), 具有特定的生物学意义, 并能表达与动物生长有关的生理学机制<sup>[16]</sup>。 $A$  为渐进体重或长度 (asymptotic weight or length): 不是某一个体所能达到的最大体重或长度, 而是成熟个体体重或长度的平均值<sup>[17]</sup>, 亦称为成熟体重

或长度(mature weight or length)<sup>[16,18,19]</sup>。k 为生长速率(growth rate)或成熟速率(maturing rate)<sup>[16,17]</sup>。生长曲线的平均曲率,表示趋近渐近

值的相对速度<sup>[20]</sup>,k 值越大表明相对早熟<sup>[17,18,21]</sup>。b 为生长曲线拐点出现的时间(日龄),此时动物的瞬时生长率(instantaneous growth rate, IGR)最大。

表 1 3 种生长方程对东方田鼠两亚种幼体生长的拟合优度(R<sup>2</sup>)

Table 1 The goodness of fit (R<sup>2</sup>) of three growth equations to growth of *M. f. fortis* and *M. f. calamorum*

项目 Items	性别 Sex	Logistic equation	Gompertz equation	Von Bertalanffy equation
BW	雌性 ♀♀	0.992/0.983	0.996/0.992	0.996/0.994
	雄性 ♂♂	0.976/0.981	0.988/0.991	0.992/0.994
BL	雌性 ♀♀	0.993/0.996	0.997/0.997	0.998/0.997
	雄性 ♂♂	0.991/0.982	0.997/0.989	0.998/0.991
TL	雌性 ♀♀	0.987/0.985	0.995/0.991	0.996/0.992
	雄性 ♂♂	0.986/0.973	0.994/0.983	0.996/0.987
CL	雌性 ♀♀	0.997/0.999	0.997/0.998	0.996/0.996
	雄性 ♂♂	0.997/0.998	0.997/0.998	0.997/0.997

BW: 体重 Body weight; BL: 体长 Body length; TL: 尾长 Tail length; HFL: 后足长 Hind foot length. 下表和图同表 1 The same for the tables and figures below.

斜线上方数据为长江亚种,斜线下方的为指名亚种。Data upon the slash are for *M. f. calamorum*, which under the slash for *M. f. fortis*. 表 3 同 The same in table 3.

在统计软件 SPSS 10.1 for Windows 上采用上述 3 种生长模型对东方田鼠 2 亚种体重、体长、尾长和后足长的平均观测值进行拟合。拟合时采用 Marquardt 算法\*,使拟合结果最优,在拟合过程中,估计所有参数<sup>[11]</sup>。学者们常根据拟合优度(R<sup>2</sup>)或平均方差值(MS = RSS/df,或称为 MSE)等指标选择生长模型,最优模型 R<sup>2</sup> 最大或 MS 最小<sup>[11,22]</sup>。本文以 R<sup>2</sup> 作为选择最优模型的依据,当 R<sup>2</sup> 相同时,再以雌雄间、亚种间的可比较性作为选择标准(表 1)。瞬时生长率按苏建平<sup>[23]</sup>的方法计算。采用成组 t-检验分析两亚种间初生幼体生长表型特征及体重性二型分化,在分析性二型分化时,指名亚种 0~30 d 体重数据为每日数据<sup>[13]</sup>。

## 2 结果

2.1 初生幼体表型特征 表 2 列示 2 亚种初生幼体的表型特征,2 亚种初生幼体的表型特征极为接近,t-检验 2 个亚种幼体的 4 项特征均无显著差异(表 2)。

表 2 东方田鼠 2 亚种初生幼鼠表型特征测定值( $\bar{M} \pm SD$ )

Table 2 Phenotypic characteristics of natal *M. f. fortis* and *M. f. calamorum*

亚种 Subspecies	n	BW (g)	BL (mm)	TL (mm)	HFL (mm)
长江亚种 <i>M. f. calamorum</i>	36	3.53 ± 0.44	40.9 ± 1.8	10.4 ± 0.7	6.8 ± 0.6
指名亚种 <i>M. f. fortis</i>	36	3.66 ± 0.35	40.6 ± 1.2	10.3 ± 0.5	6.8 ± 0.2
P	-	0.175	0.522	0.769	0.762

2.2 生长曲线及参数的性别和亚种差异 2 亚种雌雄鼠体重、体长、尾长和后足长的生长数据分别采用 Logistic、Gompertz、Von Bertalanffy 方程进行拟合,根据方法(1.3)中交代的标准,本文选用 Von Bertalanffy 方程对体重、体长和尾长,Logistic 方程对后足的生长过程进行描述。两亚种各表型特征生长曲线和模型见图 1 和图 2,生长方程参数(A、k、b 及瞬时生长率曲线拐点出现时间[用 i 表示])列于表 3。

2.2.1 体重生长参数 东方田鼠长江亚种两

性幼体的体重生长速率(k 值)分别大于指名亚种。长江亚种雌体体重渐近值(A)略大于指名亚种,而指名亚种雄鼠则明显大于长江亚种,指名亚种两性 A 的差值(39.99 g)明显大于长江亚种(22.81 g),2 个亚种体重雄性 b 值明显迟于雌性,i 值亦是如此。长江亚种雌体 k 值明显大于雄体,指名亚种亦然(表 3)。

\* 陆国泉. 高原鼠兔体重生长动态数学模型之再研究. 高原生物学报, 1990, 9: 257-262.

表 3 东方田鼠 2 亚种生长曲线参数

Table 3 Parameter of postnatal growth curve for two subspecies of *M. fortis*

项目 Items	性别 Sex	$h$ (d)	$i$ (d)	$A$	$k$ (g/d)
BW	雌性 ♀♀	10.5/10.0	23.5/24.9	53.06/49.92 (g)	0.061/0.055
	雄性 ♂♂	14.4/19.5	34.7/47.7	75.87/89.91 (g)	0.039/0.028
BL	雌性 ♀♀	-	11.1/11.5	122.0/122.2 (mm)	0.066/0.067
	雄性 ♂♂	-	14.0/11.9	133.7/142.2 (mm)	0.055/0.047
TL	雌性 ♀♀	3.3/3.3	13.8/13.2	52.8/52.1 (mm)	0.076/0.081
	雄性 ♂♂	3.9/4.1	16.0/17.4	56.5/59.7 (mm)	0.066/0.060
CL	雌性 ♀♀	4.5/4.6	11.5/12.1	22.9/21.9 (mm)	0.188/0.176
	雄性 ♂♂	5.0/5.2	12.7/13.6	23.7/23.1 (mm)	0.172/0.158

$b$  生长曲线拐点,  $i$  瞬时生长率曲线拐点。  $b$  and  $i$  stand for inflexion of growth curve and instantaneous growth rate curve, respectively.

$A$  渐近值,  $k$  生长速率。  $A$  and  $k$  denote asymptotic value and growth rate, respectively.

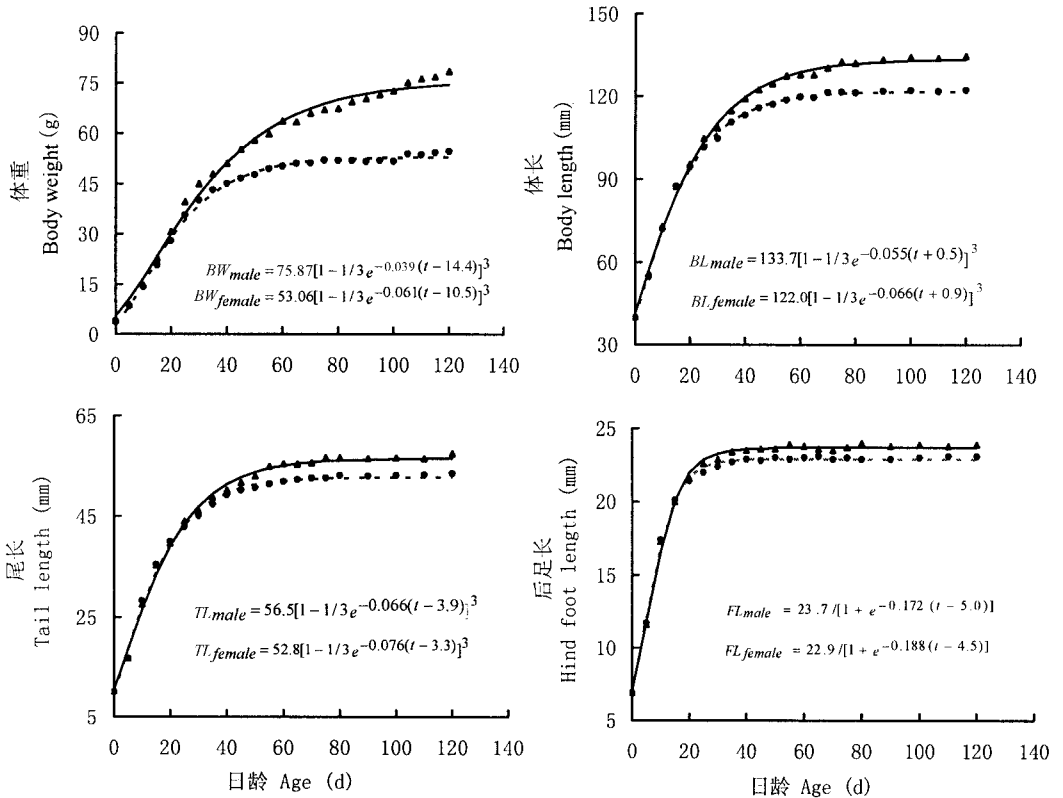


图 1 东方田鼠长江亚种生长曲线

Fig. 1 Postnatal growth curve of *M. f. calamarum*

● 雌鼠观察值 Observed for female; ▲ 雄鼠观察值 Observed for male; --- 雌鼠拟合值 Predicted for female; — 雄鼠拟合值 Predicted for male; 图 2 相同 The same for figure 2.

2 个亚种两性个体体重均在 17~20 d 时出现性二型分化(表 4、5)。长江亚种体重在 20 d 时产生性二型分化,此时雌体体重为(27.87 ± 4.55) g,雄体为(30.64 ± 3.53) g,二者差异显

著 20 d 前两亚种的  $P$  值均 > 0.05,之后的  $P$  值均 < 0.05(表 4),两性体重的绝对差值越来越大。指名亚种体重在 17 d 时产生性二型分化,此时雌体体重为(21.96 ± 3.02) g,雄体为

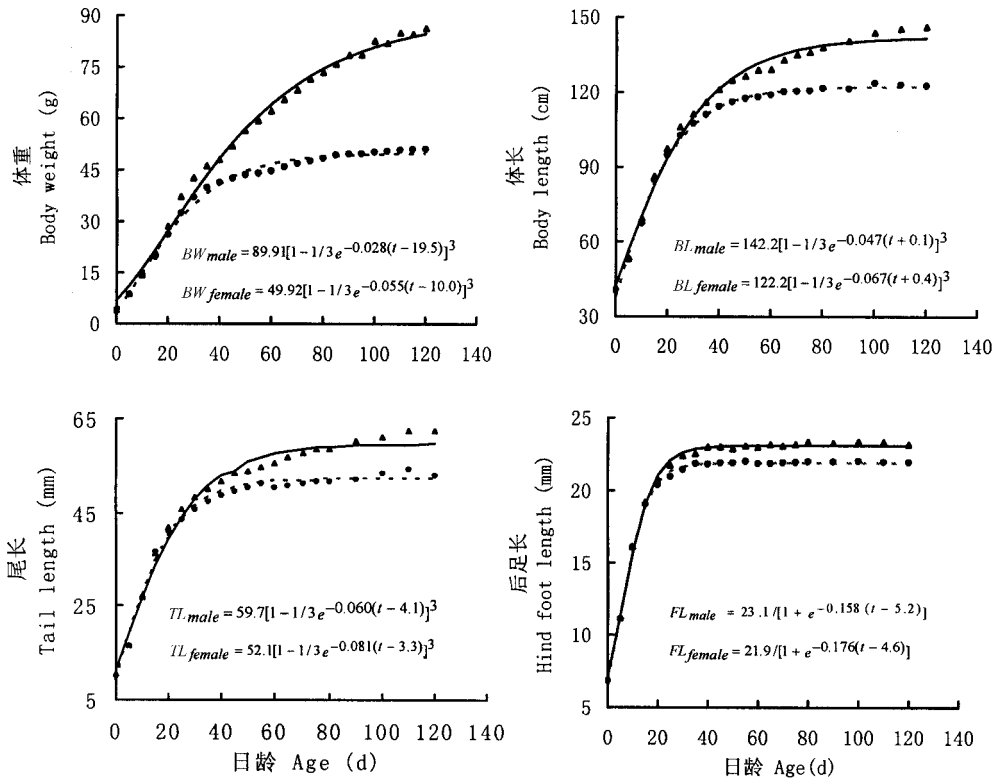


图 2 东方田鼠指名亚种生长曲线

Fig. 2 Postnatal growth curve of *M. f. fortis*

表 4 东方田鼠长江亚种体重及性别差异 ( $\bar{M} \pm SD$ )

Table 4 Process of sexual dimorphism of body weight for *M. f. calamorum*

日龄 Days	雌鼠 Female	雄鼠 Male	t-值 t-value	P-值 P-value	日龄 Days	雌鼠 Female	雄鼠 Male	t-值 t-value	P-值 P-value
0	4.00 ± 0.33	3.97 ± 0.30	0.319	0.752	65	51.09 ± 5.91	63.46 ± 13.86	3.527	0.001
5	8.41 ± 1.30	8.88 ± 1.24	1.158	0.254	70	51.18 ± 6.09	5.97 ± 12.81	4.493	0.000
10	14.15 ± 2.42	14.68 ± 1.82	0.792	0.433	75	52.03 ± 6.10	67.10 ± 12.77	4.588	0.000
15	20.69 ± 3.47	22.69 ± 2.81	2.012	0.051	80	51.89 ± 5.78	67.52 ± 12.68	4.827	0.000
20	27.87 ± 4.55	30.64 ± 3.53	2.167	0.037	85	51.87 ± 6.41	69.50 ± 12.25	5.511	0.000
25	35.48 ± 4.57	39.65 ± 4.38	2.935	0.006	90	51.60 ± 6.18	70.38 ± 12.77	5.708	0.000
30	40.08 ± 4.94	45.04 ± 6.80	2.587	0.014	95	51.92 ± 6.67	71.73 ± 13.36	5.728	0.000
35	43.05 ± 5.43	47.93 ± 7.67	2.271	0.029	100	51.74 ± 6.35	72.73 ± 14.30	5.768	0.000
40	44.97 ± 5.79	51.05 ± 10.10	2.267	0.029	105	53.91 ± 6.19	75.31 ± 14.11	5.972	0.000
45	46.56 ± 5.44	55.29 ± 10.43	3.205	0.003	110	53.62 ± 6.10	76.40 ± 13.19	6.752	0.000
50	47.57 ± 5.68	57.89 ± 10.85	3.641	0.001	115	54.32 ± 6.54	76.98 ± 14.51	6.127	0.000
55	49.44 ± 5.36	59.79 ± 11.70	3.462	0.001	120	54.69 ± 6.42	78.59 ± 14.42	6.508	0.000
60	50.21 ± 5.65	63.70 ± 11.57	4.518	0.000					

雌雄个体样本数分别为 18 和 22。The sample sizes for female and male are 18 and 22, respectively.

(23.80 ± 3.65) g, 两者差异显著 (表 5), 两性体重绝对差异亦愈来愈大。

长江亚种在 45 d 时差异极显著, 45 ~ 65 d 后的 P 值介于 0.003 和 0.001 之间, 65 d 之后

表 5 东方田鼠指名亚种体重及性别差异( $\bar{M} \pm SD$ )Table 5 Process of sexual dimorphism of body weight for *M. f. fortis*

日龄	雌鼠	雄鼠	<i>t</i> -值	<i>P</i> -值	日龄	雌鼠	雄鼠	<i>t</i> -值	<i>P</i> -值
Days	Female	Male	<i>t</i> -value	<i>P</i> -value	Days	Female	Male	<i>t</i> -value	<i>P</i> -value
0	3.91 ± 0.38(36)	4.02 ± 0.30(22)	1.139	0.260	25	32.48 ± 3.9(36)	37.28 ± 4.6(22)	4.216	0.000
1	4.67 ± 0.6(36)	4.70 ± 0.4(22)	0.199	0.843	26	33.41 ± 4.3(36)	38.31 ± 4.7(22)	3.991	0.000
2	5.63 ± 0.90(36)	5.57 ± 0.5(22)	0.296	0.768	27	34.93 ± 4.4(36)	40.05 ± 4.7(22)	4.158	0.000
3	6.63 ± 1.14(36)	6.58 ± 0.6(22)	0.196	0.846	28	35.47 ± 4.4(36)	40.80 ± 4.8(22)	4.288	0.000
4	7.71 ± 1.4(36)	7.63 ± 0.8(22)	0.232	0.817	29	36.44 ± 4.7(36)	41.79 ± 5.5(22)	3.927	0.000
5	8.57 ± 1.2(36)	8.75 ± 0.9(22)	0.565	0.674	30	37.16 ± 5.0(36)	42.66 ± 5.4(22)	3.916	0.000
6	9.75 ± 1.5(36)	9.86 ± 1.1(22)	0.280	0.780	35	39.90 ± 4.8(36)	46.12 ± 6.1(22)	4.296	0.000
7	10.88 ± 1.8(36)	11.00 ± 1.2(22)	0.278	0.782	40	41.33 ± 4.9(36)	47.97 ± 6.8(22)	4.284	0.000
8	12.00 ± 2.1(36)	11.95 ± 1.5(22)	0.100	0.921	45	42.65 ± 5.3(36)	51.90 ± 8.2(22)	5.181	0.000
9	13.07 ± 2.2(36)	13.10 ± 1.7(22)	0.062	0.951	50	43.63 ± 5.5(33)	56.40 ± 7.9(21)	6.960	0.000
10	14.21 ± 2.4(36)	14.26 ± 2.0(22)	0.094	0.926	55	44.05 ± 5.6(33)	59.31 ± 8.9(21)	7.720	0.000
11	15.15 ± 2.5(36)	15.15 ± 2.3(22)	0.004	0.997	60	44.66 ± 6.0(33)	62.13 ± 9.2(21)	8.405	0.000
12	16.27 ± 2.7(36)	16.24 ± 2.5(22)	0.043	0.966	65	45.86 ± 6.0(33)	65.49 ± 10.6(21)	8.633	0.000
13	17.50 ± 2.7(36)	17.69 ± 2.7(22)	0.251	0.803	70	46.84 ± 6.2(33)	68.29 ± 11.0(21)	9.125	0.000
14	18.55 ± 2.8(36)	18.94 ± 2.9(22)	0.488	0.623	75	47.57 ± 6.1(36)	71.45 ± 11.0(21)	10.499	0.000
15	19.66 ± 3.0(36)	20.74 ± 3.1(22)	1.279	0.206	80	48.41 ± 6.4(35)	73.38 ± 11.4(21)	10.478	0.000
16	20.65 ± 2.9(36)	22.17 ± 3.4(22)	1.769	0.082	85	49.41 ± 7.0(33)	75.86 ± 11.1(20)	10.588	0.000
17	21.96 ± 3.0(36)	23.80 ± 3.6(22)	2.076	0.043	90	49.61 ± 6.8(35)	78.43 ± 11.2(21)	11.987	0.000
18	23.37 ± 3.1(36)	25.22 ± 3.6(22)	2.063	0.044	95	49.76 ± 6.4(29)	78.57 ± 12.5(18)	10.394	0.000
19	24.93 ± 3.3(36)	27.13 ± 3.8(22)	2.289	0.026	100	50.20 ± 6.5(33)	82.60 ± 11.9(21)	12.850	0.000
20	26.16 ± 3.4(36)	28.53 ± 4.0(22)	2.381	0.021	105	50.43 ± 6.3(28)	82.01 ± 12.5(18)	11.307	0.000
21	27.62 ± 3.5(36)	30.21 ± 4.0(22)	2.572	0.013	110	50.83 ± 6.4(33)	84.99 ± 11.0(21)	14.397	0.000
22	29.15 ± 3.7(36)	32.23 ± 4.3(22)	2.888	0.006	115	50.97 ± 6.6(28)	84.62 ± 11.1(18)	12.837	0.000
23	30.33 ± 3.7(36)	34.06 ± 4.3(22)	3.451	0.001	120	51.06 ± 6.9(33)	86.33 ± 10.6(21)	14.758	0.000
24	31.25 ± 4.2(36)	35.50 ± 4.6(22)	3.594	0.001					

括号内数字为样本数。The numbers in parenthesis are sample size.

均  $< 0.001$  (表 4) 指名亚种在 22 d 时两性体重差异极显著 25 d 后的 *P* 值均  $< 0.001$  (表 5)。

**2.2.2 体长、尾长和后足长生长参数** 2 亚种间雌体渐近体长差别不大, 而指名亚种雄体的体长渐近值明显  $>$  长江亚种雄体; 长江亚种雌雄鼠渐近体长差值(20.0 mm)明显  $>$  指名亚种(11.7 mm); 体长生长曲线 2 亚种均无 *b* 出现。2 亚种雌体体长 *k* 值极为接近, 雄鼠亦然。2 亚种雌体体长 *k* 值均相应  $>$  雄体(表 3)。

指名亚种雄体渐近尾长  $>$  长江亚种, 2 亚种雌体则比较接近; 指名亚种两性渐近尾长差值(7.6 mm)  $>$  长江亚种(3.7 mm)。2 亚种雌体尾长 *k* 值明显  $>$  雄体; 指名亚种雌体尾长 *k* 值稍大于长江亚种, 雄体与此相反。2 亚种尾长 *b* 值均在 3.3 ~ 4.1 d 之间(表 3)。

两亚种雌体后足 *k* 值相应  $>$  雄体, 长江亚

种两性后足之 *k* 值  $>$  指名亚种的两性个体。长江亚种两性个体的后足长的 *A* 值均分别大于指名亚种两性个体。亚种后足 *b* 值均出现在 4.5 ~ 5.2 d 之间(表 3)。

**2.3 生长速率的时间变异** 按 Von Bertalanffy 和 Logistic 方程的增长模式, 从出生至 *b* 时间段 2 亚种两性体重、体长和后足长增长呈加速趋势, 即 IGR 越来越大, 但增加的速度则越来越慢, 即减速增加, 且在 *b* 处最大; *b* 处之后, 体重、尾长和后足长增长呈减速趋势, 即 IGR 逐渐下降, 不同时期其下降的速度不同, *b* ~ *i* 时间段下降的速度越来越快, 即加速降低; *i* 处之后, 下降的速度越来越慢, 即减速降低, 且渐趋于零。

体长生长曲线未出现拐点(表 3)。依 Von Bertalanffy 方程生长格局, 2 亚种两性体长的增

长从出生则呈减速趋势,即 IGR 从出生便越来越小,不同时间段其降低的速度不同,0 日龄至  $i$  时间段加速降低,之后减速降低且渐趋于零。

**2.4 生长曲线间的参数比较** 如表 3 所示,2 亚种两性个体体重  $b$  值、 $i$  值较体长、尾长和后足长明显迟。2 亚种两性个体的后足长的  $k$  值即成熟指数相应地明显  $>$  体重、体长和尾长的,说明后足比体重、体长和尾长较早地达到成熟时的大小。

### 3 讨论

动物的成熟速率( $k$  值)表示趋近渐近值的相对速度<sup>[20]</sup>,此值大表明相对早熟<sup>[17,18,21]</sup>。本文结果表明,长江亚种雌性体重、体长、尾长以及后足的生长速率均大于雄体,指名亚种亦然。说明东方田鼠表型特征生长到体成熟大小时,雌体所需时间较雄体短,即雌体较雄体相对早熟。

东方田鼠指名亚种的体形较长江亚种大<sup>[2]</sup>,本文结果揭示,指名亚种雄体渐近体重、体长和尾长均大于或明显大于长江亚种,雌体则相反,与罗泽珩<sup>[21]</sup>的结论不尽一致。指名亚种雌雄体渐近体重、体长和尾长的差值分别为 39.99 g、20.0 mm 和 7.6 mm,长江亚种雌雄体这 3 项指标的差值分别为 22.81 g、11.7 mm 和 3.7 mm,前者均大于后者,说明指名亚种体形性二型特征较长江亚种更显著。

哺乳动物的性二型是物种在进化过程中所形成的,且具有特定的进化机制<sup>[24]</sup>。一些动物(如根田鼠)的性二型分化时间与性成熟时间同步,有些动物(如牛、羊)的则早于性成熟过程<sup>[24]</sup>。本文的结果表明,东方田鼠指名亚种和长江亚种均在 17~20 日龄之间产生性二型分化。东方田鼠 2 亚种均在 20 日龄时才能断乳,但雄体睾丸未见膨大,小于 45 日龄指名亚种雄体未发现可活动的精子,且 2 亚种均于 50~60 日龄达到性成熟<sup>[13,14]</sup>,由此推导,东方田鼠指名亚种和长江亚种性二型分化时间可能要早于其性成熟过程。

胡忠军等<sup>[13]</sup>报道的指名亚种生长参数与

本文有差别。这种差别来自数据的处理,在对 0~30 日龄数据的利用上,前者采用的是每日数据,本文采用的是每 5 日龄的数据。

致谢 湖南农业大学实习生马俊、黄池和胡雅辉同学参加部分工作。特致以深深的谢意!

### 参 考 文 献

- [1] 陈安国,郭聪,王勇等. 东方田鼠的生态学及控制对策. 见:张知彬,王祖望主编. 农业重要害鼠的生态学与控制对策. 北京:海洋出版社,1998,130~152.
- [2] 罗泽珩等编著. 中国动物志·兽纲·啮齿目(下册). 北京:科学出版社,2000,221~232.
- [3] 黎申恺,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.
- [4] 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.
- [5] 刘金明,林娇娇,傅志强等. 东方田鼠抗日本血吸虫病机制研究. 实验动物科学和管理,2003,20(增刊):141~142.
- [6] 倪丽菊,高诚,谢建云. 东方田鼠实验动物化研究进展. 实验动物科学和管理,2003,20(增刊):73~76.
- [7] 姚利晓,林娇娇,蔡幼民. 东方田鼠抗日本血吸虫的研究进展. 中国血吸虫病防治杂志,2003,15(6):471~473.
- [8] 李小红,阎玉涛,刘述先. 东方田鼠及其抗日本血吸虫感染的特性. 中国血吸虫病防治杂志,2005,17(2):154~157.
- [9] Fontoura N F, Agostinho A A. Growth with seasonally varying temperatures: an expansion of the von Bertalanffy growth model. Journal of Fish Biology, 1996, 48:569~584.
- [10] 宛新荣,钟文勤. 生长模型的误差函数及其数学特征. 生物数学学报,2001,16(2):192~197.
- [11] 苏建平,刘季科. 甘肃鼠兔幼子生长的初步研究. 兽类学报,2001,21(2):94~100.
- [12] Baruch A S. Comparative growth and efficiency of various avian species. In: Hunton P ed. Poultry Production. Amsterdam: Elsevier Science B V, 1995, 53~58.
- [13] 胡忠军,王勇,郭聪等. 人工饲养条件下东方田鼠指名亚种繁殖特性及其幼仔的生长发育. 兽类学报,2003,23(1):58~65.
- [14] 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.

- [ 15 ] Zullinger E M , Richlefs R E , Redford K H , *et al.* Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves. *Journal of Mammalogy* , 1984 **65** ( 4 ) : 607 ~ 636.
- [ 16 ] de Behr V , Hornick J L , Cabaraux J F , *et al.* Growth patterns of Belgian Blue replacement heifers and growing males in commercial farms. *Livestock Production Science* , 2001 , **71** : 121 ~ 130.
- [ 17 ] Bathaei S S , Leroy P L. Growth and mature weight of Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research* , 1996 **22** : 155 ~ 162.
- [ 18 ] 宋九州 , 耿社民 , 李军等. 西镇牛生长发育模型的研究. *中国畜牧杂志* , 1994 , **30** ( 2 ) : 22 ~ 24.
- [ 19 ] Topal M , Ozdemir M , Aksakal V , *et al.* Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. *Small Ruminant Research* , 2004 , **55** : 229 ~ 232.
- [ 20 ] 詹秉义编著. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995 , **27**.
- [ 21 ] Lesage L , Crête M , Huot J , *et al.* Evidence for a trade-off between growth and body reserves in northern white-tailed deer. *Oecologia* , 2001 , **126** : 30 ~ 41.
- [ 22 ] Zeng Y , Wan X R. A new mathematical model and its application to the growth of Crustaceans. *Crustaceana* , 2000 , **73** ( 5 ) : 565 ~ 573.
- [ 23 ] 苏建平 , 张堰铭 , 刘季科. 动物瞬时生长率的概念和计算方法. *兽类学报* , 2001 **21** ( 3 ) : 216 ~ 220.
- [ 24 ] 都玉蓉 , 苏建平 , 刘季科. 根田鼠身体大小的性二型. *兽类学报* , 2001 **21** ( 3 ) : 236 ~ 239 215.