

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

胡忠军^{1,2} 王 勇^{1*} 郭 聪³ 张美文¹

(1 中国科学院长沙农业现代化研究所, 长沙, 410125) (2 华东师范大学生命科学学院, 上海, 200062)

(3 四川大学生命科学学院, 成都, 610064)

摘要: 在实验室饲养条件下, 对东方田鼠指名亚种繁殖特性和幼仔生长发育进行了初步观察。该鼠全年均可繁殖, 平均每胎产仔 3.8 ± 1.5 只, 妊娠期 $20 \sim 21$ d, 繁殖间隔期 39.3 ± 26.4 d, 雌雄比为 1.48。幼鼠 3 日龄耳壳完全直立, 4 日龄开始长下门齿, 5 日龄长上门齿, 7~8 日龄睁眼, 20 日龄可断奶, 55 日龄左右性成熟。3 种生长模型 (Logistic 方程、Gompertz 方程和 Von Bertalanffy 方程) 对体重、体长、尾和后足的生长过程的拟合优度均很高, 择优选出 Von Bertalanffy 方程对体重、体长和尾长进行描述, 选用 Logistic 方程对后足的生长过程进行描述。将该鼠的生长发育过程划分为 4 个阶段, 乳鼠阶段: 初生至 10 日龄; 幼鼠阶段: 11 日龄至 20 日龄; 亚成年阶段: 21 至 55 日龄; 成年阶段: 56 日龄以后。对指名亚种和长江亚种生长、繁殖特性异同亦作了初步分析。

关键词: 东方田鼠指名亚种; 人工饲养条件; 繁殖特性; 生长发育

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2003)01-0058-08

Reproduction and Postnatal Growth of *Microtus fortis* fortis under Artificial Feeding Conditions

HU Zhongjun^{1,2} WANG Yong¹ GUO Cong³ ZHANG Meiwen¹

(1 Changsha Institute of Agricultural Modernization, the Chinese Academy of Sciences, Changsha, 410125)

(2 College of Life Science, East China Normal University, Shanghai, 200062)

(3 College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, 610064)

Abstract: Preliminary studies on the reproduction and postnatal growth of *Microtus fortis fortis* were carried out under laboratory feeding conditions. The animals could be bred all year round with mean litter size, gestation period, mean breeding intervals, and the ratio of females to males of 3.8 ± 1.5 , 20-21 days, 39.3 ± 26.4 days, and 1.48, respectively. New-born pups could erect their ears completely 3 days after birth; lower and upper front teeth begin to emerge at day 4 and day 5, respectively; open their eyes at day 7-8; could be weaned at day 20; and could be sexually matured at around day 55. All three sigmoidal growth models, i. e., logistic, Gompertz and Von Bertalanffy equations, are fitted well with growth data of body weight, body length, tail length, and hind foot length from birth up to the age of 120 days. In this studies, Von Bertalanffy equation was chosen for the growth of body weight, body length, and tail length, and logistic equation was selected for the growth of hind foot length. The growth of *Microtus fortis fortis* could be divided into four stages: infancy phase, from birth to 10 day old; juvenile phase, from 11 to 20 days old; sub adult phase, from 21 to 55 days old; and adult phrase, over 56 days old. In addition, we compared preliminarily the differences of growth and development, and reproduction characteristics between of *M. f. fortis* and of *M. f. calamorum*.

Key words: *Microtus fortis fortis*; Artificial feeding conditions; Reproduction characteristics; Growth and development

基金项目: 国家科技部“九五”攻关资助项目 (96-A23-06-04); 中国科学院知识创新工程资助项目 (KSCX2-SW-103)

作者简介: 胡忠军 (1975-), 男, 硕士, 现在华东师范大学读博士学位, 主要从事动物生态学研究。

收稿日期: 2001-10-29; 修回日期: 2002-02-20

*通讯作者

东方田鼠 (*Microtus fortis*) 分布于我国西北、东北及南方 17 省区以及俄罗斯西伯利亚、蒙古和朝鲜^[1]。在我国, 该鼠有 5 个亚种^[2], 即指名亚种 (*M. f. fortis*)、乌苏里江亚种 (*M. f. pelliceus*)、新民亚种 (*M. f. dolicocephalus*)、长江亚种 (*M. f. calamorum*) 和福建亚种 (*M. f. fujianensis*)。国内对长江亚种的野外生态和生长发育等方面^[1,3~7]进行了较多的研究, 而对其它 4 亚种的研究报道很少。

东方田鼠指名亚种分布于陕、甘、宁和内蒙古南部^[1], 严重危害当地的林木和农作物^[8]。对于该亚种, 曾在野外生态、药物防治、微生物和寄生虫检测以及分子遗传学特征等方面进行了观察和研究^[8~10]。1999 年 9 月作者从宁夏青铜峡捕获野生东方田鼠带回长沙实验室饲养、驯化和繁殖, 并对其生长发育进行了初步的研究, 现将结果作一报道。

1 材料与方法

将捕自宁夏青铜峡市郊农田区的野生东方田鼠带回湖南长沙实验室, 按 1 雌 1 雄随机配对, 饲养在 43 cm × 32 cm × 19 cm 的塑料盒中, 以锯木屑为垫料, 并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。

用于生长发育研究的是 2000 年 11 月至 2001 年 2 月出生的幼鼠。从初生至 30 日龄, 每天称体重一次; 30 ~ 120 日龄, 每隔 5 d 称重一次。从初生至 80 日龄, 体长、尾长和后足长每隔 5 d 测量一次; 80 ~ 120 日龄, 每隔 10d 测量一次。逐日观察记录外表特征和行为等变化。

体重 (BW) 数据从初生至 45 日龄样本数雌鼠为 36 只, 雄鼠为 22 只; 50 ~ 120 日龄样本数雌鼠为 28 ~ 33 只, 雄鼠为 18 ~ 21 只。体长 (BL)、尾长 (TL) 和后足长 (HL) 每个测定日测量雌鼠 23 ~ 33 只, 雄鼠 12 ~ 22 只。

人们通常采用以下 3 种“S”形曲线方程来描述动物的生长过程^[11]:

(1) Logistic 方程:

$$M_{(t)} = A / [1 + e^{-k(t-b)}] \quad [1]$$

(2) Gompertz 方程:

$$M_{(t)} = Ae^{-e^{-k(t-b)}} \quad [2]$$

(3) Von Bertalanffy 方程:

$$M_{(t)} = A [1 - 1/3 e^{-k(t-b)}]^3 \quad [3]$$

以上 3 种方程表达式中, $M_{(t)}$ 分别代表 t 日龄 (d) 的体重 (g)、体长 (mm)、尾长 (mm)、后足长 (mm)。A 为渐进重量或长度, k 为生长速率, b 为拐点出现的时间 (日龄)。

本文采用以上 3 种生长模型对体重、体长、尾长和后足长的观测值 (平均数) 进行曲线拟合。拟合过程在统计软件 SPSS 10.1 for Windows 上完成, 采用 Marquardt 算法以保证拟合结果最优^[12], 并在拟合过程中估算出模型中的所有待定参数^[13]。瞬时生长率按苏建平^[14]建议的方法计算。

2 结果

2.1 繁殖特性

指名亚种在实验室饲养条件下, 全年均可繁殖。每胎产仔 1 ~ 9 只, 一般每胎产 3 ~ 4 仔, 平均每胎产 3.8 ± 1.5 只 (78 窝)。对其中 51 只母鼠称量产后体重, 相关分析表明窝仔数 (3.9 ± 1.3 只) 与母鼠产后体重 (75.47 ± 10.30 g) 无显著相关关系 ($r = 0.150$, $P = 0.294$)。

雌鼠的妊娠期约为 20 ~ 21 d。繁殖间隔期 39.3 ± 26.4 d ($n = 50$), 最短为 21 d, 最长为 167 d。室内繁殖的指名亚种所产幼仔中, 雌性明显多于雄性, 雌雄比为 1.48 (雌:雄 = 80:54)。

2.2 生长发育

2.2.1 初生仔鼠体尺特征

对初生幼仔的体尺特征进行了测量, 结果列于表 1。

2.2.2 生长分析

2.2.2.1 体重生长

采用 Logistic、Gompertz、Von Bertalanffy 方程对雌雄鼠体重、体长、尾长和后足长的生长数据进行了拟合, 从拟合优度 (表 2) 和雌雄间的可比较性两方面来考虑, 选用 Von Bertalanffy 方程对体重、体长和尾长的生长过程进行描述, 选用 Logistic 方程对后足长的生长过程进行描述。

表 1 初生东方田鼠指名亚种幼鼠的体尺特征
Table 1 Body characteristics of new-born *M. f. fortis*

项 目 Items	样本数 n	平均值 ±标准差 Mean ± SD	范围 Range
体 重 BW (g)	36	3.66 ±0.35	2.7 ~ 4.3
体 长 BL (mm)	36	40.6 ±1.2	39.0 ~ 43.5
尾 长 TL (mm)	36	10.3 ±0.5	9.5 ~ 11.2
后足长 HFL (mm)	36	6.8 ±0.2	6.3 ~ 7.3

BW: Body weight; BL: Body length; TL: Tail length; HFL: Hind foot length

表 2 3 种生长方程对东方田鼠指名亚种生长的拟合优度 (R²)
Table 2 The goodness of fit of three growth equations to growth of *M. f. fortis*

项 目 Items *	性别 Sex	Logistic equation	Gompertz equation	Von Bertalanffy equation
体重 BW		0.992	0.996	0.996
体长 BL		0.977	0.990	0.993
尾长 TL		0.996	0.997	0.997
后足长 HFL		0.982	0.989	0.991
		0.985	0.991	0.992
		0.973	0.983	0.987
		0.999	0.998	0.996
		0.998	0.998	0.997

* See foot note in table 1 for abbreviations

根据回归分析结果，雌雄鼠的体重生长过程可用方程式 [4]、[5] 和图 1 曲线来描述：

$$BW = 49.790\ 0 [1 - 1/3 e^{-0.0576(t - 10.1745)}]^3 \quad [4]$$

$$BW = 86.112\ 5 [1 - 1/3 e^{-0.0327(t - 18.2466)}]^3 \quad [5]$$

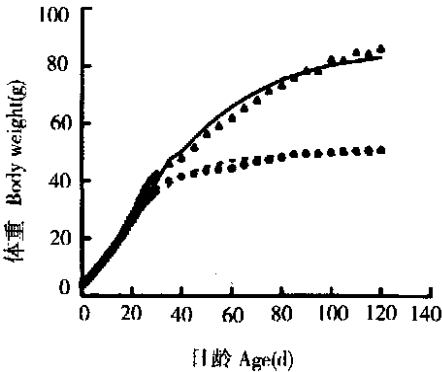


图 1 东方田鼠指名亚种的体重生长
Fig. 1 The growth of body weight of *M. f. fortis*

雌鼠观察值 Female observed
雄鼠观察值 Male observed
雌鼠拟合值 Female fitting value
雄鼠拟合值 Male fitting value

按 Von Bertalanffy 方程计算，雌鼠出生时体重瞬时生长率 (k_{BW}) 为 0.82 g/d，生长曲线拐点

(b) 出现在 10.2 d ($k_{BW} = 1.27$ g/d, $BW = 14.75$ g)，瞬时生长率曲线拐点 (用 i 表示) 出现在 24.0 d ($k_{BW} = 0.93$ g/d)。雄鼠出生时 k_{BW} 为 0.79 g/d, b 出现在 18.2 d ($k_{BW} = 1.25$ g/d, $BW = 25.51$ g)， i 出现在 42.6 d ($k_{BW} = 0.92$ g/d)。雌雄鼠从出生至 b 时间段体重瞬时生长率减速增加， b 处达最大， $b \sim i$ 时间段加速下降，之后减速下降并逐渐趋于零。

2.2.2.2 体长生长

雌雄鼠的体长生长可用方程式 [6]、[7] 和图 2 曲线描述。按 Von Bertalanffy 方程计算，雌鼠出生时体长瞬时生长率 (k_{BL}) 为 3.61 mm/d，生长曲线无拐点，瞬时生长率曲线拐点 i 出现在 11.5 d ($k_{BL} = 2.65$ mm/d)。雄鼠出生时 k_{BL} 为 4.18 mm/d，生长曲线亦无拐点， i 出现在 11.9 d ($k_{BL} = 3.08$ mm/d)。雌雄鼠体长瞬时生长率从出生至 i 加速下降，之后减速下降并逐渐趋于零。

$$BL = 122.207\ 6 [1 - 1/3 e^{-0.0665(t + 0.4403)}]^3 \quad [6]$$

$$BL = 142.236\ 0 [1 - 1/3 e^{-0.0467(t + 0.0662)}]^3 \quad [7]$$

以体长 (L) 为自变量，体重 (W) 为因变量，得到雌鼠 Lagler 重长系数公式^[15] 为： $W = 0.000\ 982\ L^{2.241466}$ ($r = 0.997$, $P < 0.000\ 1$)，雄鼠 Lagler

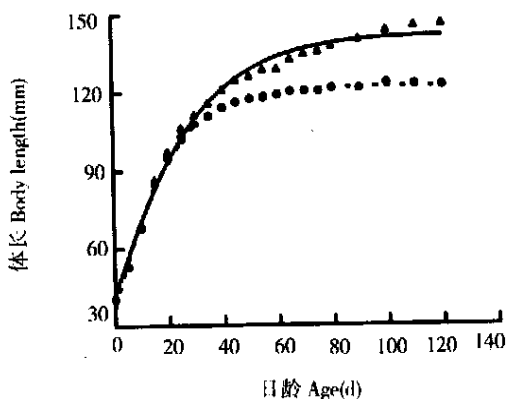


图2 东方田鼠指名亚种的体长生长

Fig. 2 The growth of body length of *Microtus fortis fortis*

雌鼠观察值 Female observed

雄鼠观察值 Male observed

雌鼠拟合值 Female fitting value

雄鼠拟合值 Male fitting value

重长系数公式为： $W = 0.000\ 488\ L^{2.411035}$ ($r = 0.996$, $P < 0.000\ 1$)。由相关系数 r 和图 3、4 可以看出，指名亚种从出生至 120 日龄其体长与体重大致符合 Lagler 重长系数公式。

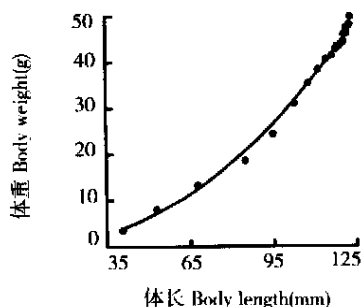


图3 雌东方田鼠指名亚种体长与体重的关系

Fig. 3 The relationship between body weight and

body length of female *M. f. fortis*

观察值 Observed; 拟合值 Fitting

2.2.2.3 尾长生长

尾长生长描述见方程式 [8]、[9] 和图 5。按 Von Bertalanffy 方程计算，雌鼠出生时尾长瞬时生长率 (k_{TL}) 为 1.75 mm/d，生长曲线拐点 b 出现在 3.3 d ($k_{TL} = 1.87$ mm/d, $TL = 15.4$ mm)，瞬时生长率曲线拐点 i 出现在 13.2 d ($k_{TL} = 1.36$ mm/d)。雄鼠出生时 k_{TL} 为 1.51 mm/d， b 出现在 4.1 d ($k_{TL} = 1.59$ mm/d, $TL = 17.7$ mm)， i 出现在 17.4 d ($k = 1.17$ mm/d)。雌雄鼠从出生至 b 时间段尾长

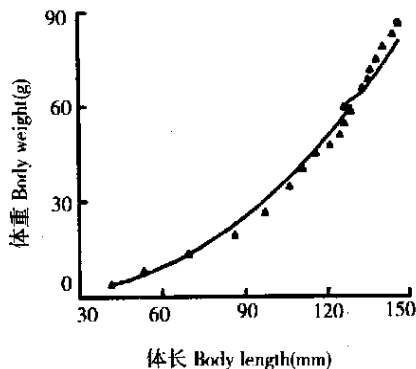


图4 雄东方田鼠指名亚种体长与体重的关系

Fig. 4 The relationship between body weight

and body length of male *M. f. fortis*

观察值 Observed; 拟合值 Fitting

瞬时生长率减速增加， b 处达最大， $b \sim i$ 时间段加速下降，之后减速下降并逐渐趋于零。

$$TL = 52.079\ 0 [1 - 1/3 e^{-0.0806(t - 3.2922)}]^3 \quad [8]$$

$$TL = 59.722\ 8 [1 - 1/3 e^{-0.0599(t - 4.1250)}]^3 \quad [9]$$

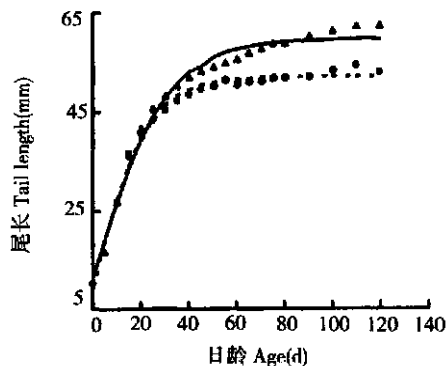


图5 东方田鼠指名亚种的尾长生长

Fig. 5 The growth of tail of *M. f. fortis*

雌鼠观察值 Female observed

雄鼠观察值 Male observed

雌鼠拟合值 Female fitting value

雄鼠拟合值 Male fitting value

2.2.2.4 后足生长

方程式 [10]、[11] 和图 6 对雌雄鼠后足的生长过程作了描述。按 Logistic 方程计算，雌鼠出生时后足瞬时生长率 (k_{HFL}) 为 0.82 mm/d，生长曲线 b 出现在 4.6 d ($k_{HFL} = 0.96$ mm/d, $HFL = 11.0$ mm)，瞬时生长率曲线拐点 i 出现在 12.1 d ($k_{HFL} = 0.64$ mm/d)。雄鼠出生时后足瞬时生长率为 0.77 mm/d， b 出现在 5.2 d ($k_{HFL} = 0.90$ mm/d，

HFL = 11.6 mm), i 出现在 13.6 d ($k_{HFL} = 0.60$ mm/d)。雌雄鼠从出生至 b 时间段后足瞬时生长率减速增加, b 处达最大, $b \sim i$ 时间段加速下降, 之后减速下降并逐渐趋于零。

$$HFL = 21.9213 / [1 + e^{-0.1760(t - 4.5770)}] \quad [10]$$

$$HFL = 23.1100 / [1 + e^{-0.1567(t - 5.2008)}] \quad [11]$$

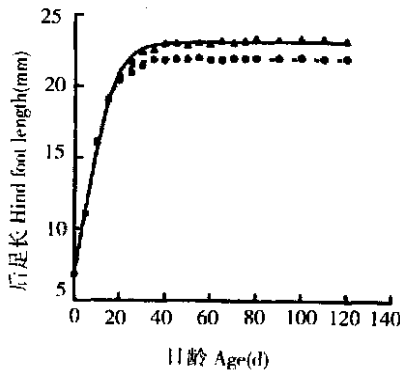


图6 东方田鼠指名亚种的后足生长

Fig.6 The growth of hind foot of *M. f. fortis*

雌鼠观察值 Female observed

雄鼠观察值 Male observed

雌鼠拟合值 Female fitting value

雄鼠拟合值 Male fitting value

2.2.3 形态和行为发育

武正军^[4]曾报道了东方田鼠长江亚种幼仔的生长发育过程, 今观察到指名亚种的生长发育状况与前者大体一致, 部分进程略有差别, 描述如下:

被毛: 初生鼠乳鼠全身裸露, 呈肉红色, 皮肤甚薄, 腹部清晰可见肠蠕动情况。2 日龄时头顶和背部开始长出绒毛, 4 日龄时腹部开始长毛, 7~8 日龄时, 披毛基本长全。长江亚种 8~10 日龄披毛才基本长全^[4]。

耳壳: 初生仔鼠耳壳紧贴颅部, 1 日龄时耳壳开始与颅部分离, 2 日龄时绝大多数幼仔的耳壳与颅部已分离, 3 日龄耳壳全部直立。

萌牙: 4 日龄时, 开始长上门齿, 5 日龄时开始长下门齿。

睁眼: 初生仔鼠的眼球为未分化的眼膜所包裹, 7~8 日龄睁眼。长江亚种 8~10 日龄睁眼^[4]。

行为发育: 初生乳鼠活动能力很弱, 仅能摆动四肢和转动头部, 常发出轻微的吱吱声。2 日龄可翻身。3 日龄可匍行。睁眼后, 受惊吓有逃避和隐蔽行为。11 日龄开始取食青草和饲料, 而长江亚种 13 日龄始食草^[4]。20 日龄将幼鼠与母鼠分开,

幼鼠均能正常生长发育, 说明幼鼠 20 日龄时可以断奶。

2.2.4 性成熟的初步观察

雌鼠阴门开孔最早时间为 44 日龄, 一般于 50~60 日龄开孔, 55 日龄后多数均已开孔(武正军报道, 长江亚种雌鼠阴门开孔见于 48 和 60 日龄^[4])。雌鼠开孔早晚与体重有关联, 体重大的一般比体重小的开孔要早, 2 只小个体雌鼠分别重 34.4 和 35.3 g, 120 日龄时仍未开孔。

通过镜检, 雄鼠附睾最早在 52 日龄时可见有活动精子, 50~60 日龄共镜检 5 只, 4 只有活动精子, 平均日龄为 54.3 ± 2.9 d, 另 1 只 55 日龄雄鼠未见有活动精子, 60 日龄时大多数雄鼠附睾明显, 其中储存有成熟精子。

2.2.5 生长的阶段性

根据指名亚种外形、行为的变化和性成熟情况, 认为可将其生长过程划分为 4 个阶段:

(1) 乳鼠阶段: 从初生至 10 日龄, 体重为 2.7~14.2 g。此阶段, 母乳为仔鼠的唯一食源。形态发育变化最大, 如门齿长出、披毛基本长全、睁眼等。

(2) 幼鼠阶段: 11 日龄至 20 日龄, 体重为 14.3~27.1 g。幼鼠在前期既取食青草和饲料又吮吮乳汁, 后期完全取食青草和饲料。

(3) 亚成年阶段: 21 日龄至 55 日龄, 雌鼠体重为 27.2~44.1 g, 雄鼠为 27.2~59.3 g。此阶段可完全独立生活。少数雌鼠阴门开孔, 少数雄鼠附睾可见活动精子, 但在此阶段尚未发现有参加繁殖的个体。

(4) 成年阶段: 56 日龄以后, 雌鼠体重为 44.2 g, 雄鼠体重 59.4 g。大部分雌鼠阴门开孔, 雄鼠附睾明显并具成熟精子。

这 4 个阶段的划分, 与武正军^[4]对长江亚种的划分, 在日龄上大体一致。但前 3 阶段的体重指标以指名亚种稍偏大。

3 讨论

东方田鼠分为 5 个亚种, 即指名亚种、乌苏里江亚种、新民亚种、长江亚种和福建亚种^[2]。在实际工作中, 分类学家一般采用形态学标准进行物种分类^[16]。但为深入研究的需要, 对以形态学标准划分的东方田鼠各亚种在生物学定义上是否属于同

一“种”，需要进行生殖和杂交检验。在实验室里，将指名亚种与长江亚种（ F_0 ）配对，产下后代记作 F_1 ， F_1 代雌雄鼠（无亲缘关系）交配能产下后代 F_2 ，且均能正常生长发育。由此从种的生物学定义方面也可以判定，东方田鼠指名亚种（*M. f. fortis*）和长江亚种（*M. f. calamorum*）确属同一物种。

我所自 1992 年开始对洞庭湖区的东方田鼠长江亚种进行研究，武正军等^[4,5]曾报道了该亚种的繁殖特性和生长发育特征，指出：长江亚种自然种群平均窝仔数为 4.6 只，雌雄比为 0.76；在室内天然温光条件下，该鼠平均窝仔数为 4.33 只，雌雄比为 1.36（15/11），其体重增长可用 Logistic 方程进行拟合，雌雄鼠生长曲线差别不大，而野外结果则表明雌雄成年鼠的体重差异极显著。考虑到不同饲养条件（温度、光照和饲料等）会对动物生长发育和繁殖产生一定影响，近年我们在长沙实验室采取本文所述的同一饲养条件，同期饲养 2 个亚种，结果是：长江亚种每胎产 1~10 只，一般 4~5 只，平均窝仔数为 4.8 ± 1.9 只（246 窝），指名亚种为 3.8 ± 1.5 只（78 窝），差异极显著（ $t = 4.717$ ， $P < 0.001$ ）；两亚种雌鼠妊娠期均为 20~21d；所产幼仔中，长江亚种雄性多于雌性，雌雄比为 0.89（167/188），指名亚种雌性多于雄性，雌雄比为 1.48（80/54）；用 3 种方程对长江亚种体重数据（2000 年 11 月至 2001 年 2 月出生的 18 只雌鼠和 22 只雄鼠）进行拟合，其中 Von Bertalanffy 方程拟合效果最优，体重（BW）增长方程为： $BW = 53.0495 [1 - 1/3 e^{-0.0614(t - 10.4652)}]^3$ 和 $BW = 75.8828 [1 - 1/3 e^{-0.0391(t - 14.4255)}]^3$ ，两方程式拟合优度 R^2 分别为 0.996 和 0.992，指名亚种亦以 Von Bertalanffy 方程为最优，两者一致。其中部分结果与上述武正军报道有差别，可能与饲养条件及样本数大小有关，武正军等^[4,5]当时未控制实验室温度和光照，人工饲料亦属初期研制的试用品，而所报道的窝仔数、性比是对 6 窝幼仔进行统计的结果，生长曲线是由 1 窝幼仔（3 雌 2 雄）体重增长数据拟合得来。在形态与行为发育及 4 个发育阶段特征方面，2 个亚种基本一致，在披毛、睁眼及食草始期等进程上，指名亚种均显出稍快一些，是否因饲养条件改善（温度控制及颗粒饲料优化），抑或两亚种遗

传特征差异所致，值得进一步研究。

自然条件下，长江亚种种群性比偏雄，雌雄比为 0.76^[5]，指名亚种偏雌，雌雄比为 1.4^[8]；本文结果表明，两亚种室内种群性比与自然条件下的性比一致，即：指名亚种雌性比大于长江亚种，这可认为是两亚种种群遗传特性在一定时期内保持相对稳定的反映。指名亚种生活在较高纬度地区，冬季死亡率较后者高，繁殖季节较短，作为一种补偿，其性比偏雌可能有利于提高繁殖出生率，与“随纬度升高雌雄比有减少趋势”^[17]的一般规律相符。

张知彬等^[17]指出在高纬度、高海拔地区，种群增大生殖强度在于补偿较短的繁殖期和较低的存活率，以维持种群稳定和繁衍成功。Keller^[18]则认为由于遗传、取样季节与样本大小、胎次及雌鼠生理状况等因素，很难在种间和种内对美洲大陆的田鼠（New world *Microtus*）胎仔数进行比较。洞庭湖区长江亚种野外种群的平均胎仔数为 5.13 只^[5]，比黑龙江带岭乌苏里江亚种的（4.85 只）要大^[19]；室内观察结果亦表明，长江亚种平均窝仔数（4.8 只）比指名亚种的（3.8 只）明显要大，与随纬度增加胎仔数有增加趋势的结论^[17]不一致，我们认为可能是由于以下因素所致：（1）洞庭湖区长江亚种冬春季栖息在湖滩，汛期被迫迁入农田，郭聪等^[6]指出被迫迁移过程中需消耗大量能量和体力、夏季高温与激烈的种间竞争以及农田双季稻栽培系统不能为其提供足够的定居和繁殖时间等因素，抑制了该鼠在农田区的繁殖，故该鼠在野外虽能全年繁殖但主要繁殖期限于栖息在湖滩的 11 月至翌年 4 月，并不比西北指名亚种的繁殖期（4~9 月）^[8]长多少；（2）该鼠在汛期被迫迁移过程中，死亡率很高，迁到农田后，由于农事活动以及种间竞争，也会造成相当数量个体死亡；（3）每年汛期来临时间及其长短并不固定，导致繁殖期长短不稳定，具有不可预测性。在这 3 种因素的综合作用下，湖区东方田鼠不仅需在不很长并不断变化的繁殖期内补充正常死亡所造成的种群数量的丧失，还要补偿汛期所丧失的大量个体，以维持一定的种群数量和种族繁衍，所以该鼠具有较大的胎仔数也许是对洞庭湖区特殊环境条件的一种适应。

动物的生长过程一般呈“S”形曲线，通常采用 Logistic、Gompertz 和 Von Bertalanffy 方程对其生长过程进行描述^[11]。Zullinger 等^[11]采用这 3 种曲线

方程对 49 种哺乳动物的体重生长过程进行了拟合, 其中对 27 种动物体重增长过程采用 Von Bertalanffy 方程进行拟合的效果较其它 2 种方程为优, 对 14 种动物采用 Logistic 方程为最优, 8 种动物采用 Gompertz 方程为最优, 且后者对其它 41 种动物体重增长的拟合优度均为次优; 因此他们认为在种间进行体重增长比较时, 选用 Gompertz 方程较为合适。我们采用上述 3 种生长模型对 9 种啮齿类动物的 17 组 (6 种动物数据分雌雄, 其中 1 种有春秋两组数据) 体重增长数据进行了拟合, 拟合优度列于表 3, 由表 3 可以看出, Von Bertalanffy、Gompertz 和 Logistic 模型分别对 11、6 和 4 个组数据的拟合效果最好 (其中 Von Bertalanffy 和 Gompertz 模型对 4 个组数据的拟合效果相同且均为最佳), 因此我们

认为对不同啮齿类动物体重增长过程进行比较, 采用 Von Bertalanffy 模型较为合适。

由于疾病、雌鼠妊娠和脂肪的消耗或积累等原因, 成年动物体重波动可能很大, 故在采用 “S” 形曲线拟合动物生长过程时, 苏建平等^[13] 建议所收集的生长资料最好不要覆盖成年阶段。本文所用数据中, 成年东方田鼠的体重波动不大, 并且采用 Von Bertalanffy 方程, 由不包含成年阶段 (年龄 55 日龄) 体重数据所计算出来的拟合优度与由包含成年阶段 (年龄 120 日龄) 体重数据所计算出来的差别不大 (不包含成年阶段拟合优度: 雌鼠 0.994, 雄鼠 0.995; 包含成年阶段拟合优度: 雌鼠 0.996, 雄鼠 0.993), 故我们对该鼠体重增长进行曲线拟合时, 包含了成年阶段数据。

表 3 啮齿动物体重增长模型拟合优度比较

Table 3 Comparisons among goodness of fit of three growth models matched to the growth data of rodents' body weight

种名 Species	性别 Sex	Logistic equation	Gompertz equation	Von Bertalanffy equation	资料来源 Source of reference
小家鼠 <i>Mus musculus</i>		0.991 ^w	0.994 ^b	0.993	王祖望等 ^[15] 1978
黄毛鼠 <i>Rattus losea</i>	#	0.995 ^w	0.998 ^b	0.998 ^b	秦耀亮等 ^[20] 1981
	#	0.997 ^b	0.995	0.993 ^w	
	\$	0.998 ^b	0.988 ^w	0.991	
	\$	0.979 ^w	0.989	0.992 ^b	
板齿鼠 <i>Bandicota indica</i>		0.983 ^w	0.993	0.996 ^b	黄铁华等 ^[21] 1980
黑线仓鼠 <i>Cricetulus barabensis</i>		0.993 ^w	0.998 ^b	0.998 ^b	杨玉平等 ^[22] 1996
		0.981 ^w	0.992	0.995 ^b	
高原鼯鼠 <i>Myospalax baileyi</i>		0.976 ^w	0.988	0.992 ^b	张道川等 ^[23] 1993
草原兔尾鼠 <i>Lagurus lagurus</i>		0.987 ^b	0.981	0.976 ^w	蒋卫等 ^[24] 1995
		0.936 ^w	0.949	0.954 ^b	
东方田鼠 <i>Microtus fortis</i>		0.993 ^w	0.998 ^b	0.998 ^b	本文 Present data
		0.992 ^w	0.996 ^b	0.996 ^b	
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>		0.977 ^w	0.990	0.993 ^b	叶润蓉等 ^[25] 1989
		0.996 ^w	0.999 ^b	0.998	
甘肃鼠兔 * <i>Ochotona cansus</i>		0.996 ^w	0.999 ^b	0.998	苏建平等 ^[13] 2001
		0.956 ^b	0.830 ^w	0.942	

注 Note: *拟合优度 (R^2) 直接引自原始文献, 其它均由原始文献中的数据计算得来 Goodness of fit (R^2) is from original literature directly, others are computed from the original data; # 为春季数据 R^2 calculated from the original data of Spring, \$ 为秋季数据 R^2 calculated from the original data of autumn; 每行中上标 b 表示最佳模型, 上标 “w” 表示最差模型 Superscript “b” denotes the best model in each row, and “w” the worst one

致谢：本文承蒙陈安国研究员审阅并提出宝贵意见，中国科学院西北高原生物研究所苏建平研究员在曲线拟合方面给予宝贵指导，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，特此一并致谢。

参考文献：

- [1] 陈安国, 郭聪, 王勇, 张美文, 刘辉芬, 李波. 东方田鼠的生态学及控制对策 [A]. 见: 张知彬, 王祖望主编. 农业重要害鼠的生态学与控制对策 [C]. 北京: 海洋出版社, 1998. 130 - 152.
- [2] 温业新. 东方田鼠 [A]. 见: 罗泽珣等编著. 中国动物志·兽纲·啮齿目 (下册) [C]. 北京: 科学出版社, 2000. 221 - 232.
- [3] 盛和林, 钱国桢. 长江田鼠的生态观察 [J]. 动物学杂志, 1964, 6 (5): 200 - 204.
- [4] 武正军. 东方田鼠长江亚种 (*Microtus fortis calamonum*) 的生长与发育 [J]. 动物学杂志, 1996, 31 (5): 26 - 30.
- [5] 武正军, 陈安国, 李波, 郭聪, 王勇, 张美文. 洞庭湖区东方田鼠繁殖特性研究 [J]. 兽类学报, 1996, 16 (2): 142 - 150.
- [6] 郭聪, 张美文, 王勇, 李波, 陈安国. 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 [J]. 兽类学报, 1999, 19 (4): 298 - 307.
- [7] 郭聪, 王勇, 张美文, 陈安国. 洞庭湖区东方田鼠洞群成员分析 [J]. 兽类学报, 2001, 21 (1): 44 - 49.
- [8] 曹建军, 周俊义, 马永亮. 东方田鼠的生活习性观察和药物防治初步试验 [J]. 宁夏农业科技, 1985, (6): 28 - 30.
- [9] 高诚, 沈志敏, 刘雄伟, 陆国平, 邵伟娟, 王胜昌, 柏熊. 不同地区东方田鼠微生物学和寄生虫学检测初步研究 [J]. 上海实验动物科学, 2000, 20 (1): 22 - 25.
- [10] 王胜昌, 谢建云, 邵伟娟, 高诚. 两个地区东方田鼠基因组 RAPD 分析比较研究 [J]. 中国实验动物学报, 2001, 9 (1): 26 - 32.
- [11] Zullinger E M, Richlefs R E, Redford K H, Mace G M. Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves [J]. *J Mamm*, 1984, 65 (4): 607 - 636.
- [12] 陆国泉. 高原鼠兔体重生长动态数学模型之再研究 [J]. 高原生物学集刊, 1990, 9: 257 - 262.
- [13] 苏建平, 刘季科. 甘肃鼠兔幼子生长的初步研究 [J]. 兽类学报, 2001, 21 (2): 94 - 100.
- [14] 苏建平, 张堰铭, 刘季科. 动物瞬时生长率的概念和计算方法 [J]. 兽类学报, 2001, 21 (3): 216 - 220.
- [15] 王祖望, 曾缙祥, 李经才, 戴克华. 小家鼠的生长和发育 [A]. 灭鼠和鼠类生物学研究报告 [C]. 北京: 科学出版社, 1978. 3: 51 - 68.
- [16] 刘凌云等主编. 普通动物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1997. 636 - 637.
- [17] 张知彬, 朱靖, 杨荷芳. 中国啮齿类繁殖参数的地理变异 [J]. 动物学报, 1991, 37 (1): 36 - 46.
- [18] Keller B L. Reproductive patterns [A]. In: Tamarin R H ed. Biology of New World *Microtus*. Special publication No. 8 [C]. The American Society of Mammalogists, 1985. 751.
- [19] 梁治安. 东方田鼠 [A]. 见: 马逸清等编著. 黑龙江省兽类志 [C]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1986. 320 - 324.
- [20] 秦耀亮, 廖崇惠, 黄进同. 黄毛鼠 (*Rattus rattoides exiguus* Howell) 的生长和发育 [A]. 灭鼠和鼠类生物学研究报告 [C]. 北京: 科学出版社, 1981. 4: 105 - 113.
- [21] 黄铁华, 廖崇惠, 秦耀亮, 黄进同. 板齿鼠的生长发育 [J]. 动物学报, 1980, 26 (4): 386 - 391.
- [22] 杨玉平, 周延林, 张鹏利, 侯希贤, 董维惠. 黑线仓鼠生长发育的研究 [J]. 兽类学报, 1996, 16 (4): 309 - 311, 263.
- [23] 张道川, 周文扬, 张堰铭. 人工饲养高原鼯鼠生长和发育的观察 [J]. 兽类学报, 1993, 13 (4): 304 - 306, 259.
- [24] 蒋卫, 郑强, 张兰英, 杨东生. 草原兔尾鼠的生长发育 [J]. 动物学杂志, 1995, 30 (3): 27 - 31.
- [25] 叶润蓉, 梁俊勋. 人工饲养条件下高原鼠兔生长和发育的初步研究 [J]. 兽类学报, 1989, 9 (2): 110 - 118.