

阿拉善荒漠区五趾跳鼠不同年龄组体重 与体尺特征的关系模型

杨素文 张蓉 袁帅 付和平 纪羽 郭乾伟 温都苏 武晓东*

内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 草业与草地资源教育部重点实验室, 内蒙古农业大学啮齿动物研究中心 呼和浩特 010011

摘要: 啮齿动物年龄的划分对研究其年龄结构和种群数量变化等生态学特征具有重要的意义。利用体重来划分年龄组不仅对于野外实验研究方便快捷, 而且能够较为真实地反映年龄与其形态特征指标的关系。五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*) 是我国北方分布较为广泛的啮齿动物之一, 对其年龄组进行划分, 是了解其生活史特征的有效方法。本文利用系统聚类法对 2012 至 2014 年在内蒙古阿拉善荒漠区捕获的五趾跳鼠体重进行分析, 将五趾跳鼠划分为 3 个年龄组, I 龄组体重 62 ~ 80 g (包括 80 g), II 龄组体重 80 ~ 110 g (不包括 80, 但包括 110 g), III 龄组体重 > 110 g; 并建立五趾跳鼠体重 (W , g) 与 4 个体尺特征指标体长 (L_B , mm)、尾长 (L_T , mm)、后足长 (L_P , mm) 及耳长 (L_E , mm) 的关系模型: I 龄组 $W_I = -1.032 + 0.137L_B + 0.259L_T$, $R^2 = 0.244$, $AIC = -50.3941$, $F = 0.005$; II 龄组 $W_{II} = 0.072 + 0.099L_B + 0.060L_T + 0.214L_P$, $R^2 = 0.212$, $AIC = -131.0215$, $F = 0.001$ 。结果表明, 五趾跳鼠的体尺指标在整个生长发育过程中并不是统一生长的, 在特定阶段固定的体尺指标会开始生长。耳长在 I 龄时已经完成生长或生长速度减缓; 体长与尾长在 I 龄时与体重具有较强的关系, 在 II 龄时生长速度减慢; 后足长在 II 龄时与体重关系较强, 且生长速度加快; III 龄时体长、尾长和后足长停止生长或生长速度缓慢。荒漠区五趾跳鼠体重与体尺特征关系模型直观地反映了年龄与体尺特征的生长发育关系。

关键词: 五趾跳鼠; 年龄划分; 体尺特征; 模型; 荒漠区

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 06-833-08

The Age Groups Sectionalization of Five-Toed Jerboa (*Allactaga sibirica*) by Relational Model between Weight and Body Characteristics

YANG Su-Wen ZHANG Rong YUAN Shuai FU He-Ping JI Yu GUO Qian-Wei
WEN Du-Su WU Xiao-Dong*

College of Grassland and Resources Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Key Laboratory of Prataculture and Grassland Resources, Ministry of Education, Inner Mongolia Agricultural University Rodent Research Center, Hohhot 010011, China

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31772667, 31602003, 31560669), 内蒙古自然科学基金项目 (No. 2016MS0351);

* 通讯作者, E-mail: wuxiaodong_hgb@163.com;

第一作者介绍 杨素文, 男, 博士研究生; 研究方向: 草地保护与环境; E-mail: yangsuwen2014@126.com.

收稿日期: 2018-03-31, 修回日期: 2018-07-11 DOI: 10.13859/j.cjz.201806001

Abstract: The sectionalization of rodent age have a far-reaching ecological significance for studying their age structure and population density variation. It is more convenience to identify rodent's age by their body weight in the field study. Based on the systematic clustering method we weighed the body weight of five-toed jerboa captured in 2012 - 2014 and divided them into three different age groups (age group I: 60 - 80 g; Age group II: 80 - 110 g; Age group III: > 110 g, Table 2). Then we established the relational model between weight and body characteristics, and group the captured five-toed jerboa as three age groups: group I: $W_I = -1.032 + 0.137L_B + 0.259L_T$; age group II: $W_{II} = 0.072 + 0.099L_B + 0.060L_T + 0.214L_P$. Here, W is body weight, L_B is body length, L_T is tail length, L_P back feet length. Our results showed that the body characteristics, such body length, tail length, back feet were not simultaneously growing in their body growths process. One body characteristic may grow at a specific stage, such as the ear length was growing or growing slowly at the age. The body length and the tail length had a strong relationship with weight in the age I, then slowed down during the age stage II. The Back feet length was strong related with body weight at age II and accelerated growth rate at age II. However the body length, tail length and back feet length eigher stopped growing or growing slow down at age III.

Key words: Five-toed jerboa, *Allactaga sibirica*; Age sectionalization; Body characteristics; Relational mode; Desert area

五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*) 是跳鼠科五趾跳鼠属中体型最大的一种, 头圆, 眼大, 耳长, 背部灰色, 腹部纯白色。其适应性强, 活动范围广, 不集群生活, 夜行性, 有冬眠习性, 食物组成以植物性食物为主, 每年繁殖 1 ~ 2 次, 每次产仔 2 ~ 4 只, 在荒漠地区占有极重要位置, 遍布于蒙新-哈萨克温旱型荒漠区中除贺兰山和龙首山山地的各种生境中, 包括地带性荒漠化草原、沙漠、戈壁、较湿润的林地、石质山地、盐化灌丛, 是我国分布最广的跳鼠 (赵肯堂 1978, 施大钊 1991, 武晓东等 2003)。年龄结构是动物种群基本的生态学特征之一, 鼠类年龄的划分对种群动态研究有重要指导意义。种群中的个体生长率、性成熟年龄、寿命等均需要对年龄做出准确判断, 年龄结构对鼠情分析具有重要指导作用。目前, 对于鼠类年龄结构划分的方法有很多, 主要包括以胴体重 (王廷正等 1995, 董维惠等 2001, 李俊等 2007, 王也等 2014)、臼齿齿冠磨损程度及其形态变化 (Adamczewska-Andrzejewska 1967, 赵肯堂等 1985, 卢浩泉等 1987)、眼晶体干重 (Yabe 1979, 董维惠等 1991, Jennifer 2003)、

头骨指标 (张洁等 1978, 薛河儒 1992, 张越等 1997) 或体重 (Brown 1969, 王岐山等 1984, 洪朝长等 1991, 张蓉等 2017) 为划分依据。利用体重来划分年龄组在野外实验研究时操作方便快捷, 并且能够较为真实地反映年龄与其形态特征指标变化的关系。而且在掌握五趾跳鼠种群的年龄结构及其动态变化规律, 研究其种群变化、生活习性以及行为等生态学特征, 了解野生环境下五趾跳鼠不同年龄组的形态特征在生长发育过程中的变化规律, 特别是在采用标志重捕法研究鼠种群落动态时, 需要解决活体鼠年龄划分的问题。

本文利用五趾跳鼠的活体体重对其年龄进行分组, 并建立相应的关系模型来分析其体重与体尺特征之间的关系以及变化规律, 以期在五趾跳鼠的生态生物学研究提供必要的方法和基础资料。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古阿拉善左旗南部典型荒漠区, 地处腾格里沙漠东缘, 地理坐标为 37°24'

~ 38°25'N, 104°10' ~ 105°30'E, 海拔 1 399 m 左右。气候为典型大陆性气候, 年降水量为 75 ~ 215 mm, 且主要集中在 7 ~ 9 月。土壤类型为灰漠土和灰棕土。植被以旱生、超旱生和盐生的灌木、半灌木、小灌木为主, 以藜科 (Chenopodiaceae)、蒺藜科 (Zygophyllaceae) 和菊科 (Asteraceae) 植物建群。植被盖度为 1% ~ 25%。草地类型为温性荒漠类的砂质荒漠亚类。

1.2 研究方法

本研究以五趾跳鼠体重为主要划分年龄组的依据, 以体长、尾长、耳长、后足长以及繁殖状况为辅助来增加年龄组划分的准确性。由于雌性鼠类在繁殖期体重变化较大, 故对已孕和未孕雌性五趾跳鼠的体重进行独立样本 T 检验, 发现其怀孕 (91.73 ± 2.879) g ($n = 13$) 与未怀孕 (92.22 ± 4.08) g ($n = 32$) 雌性个体之间体重无显著性差异 ($P = 0.925$), 所以将数据合并进行分析。同时, 对五趾跳鼠雌雄鼠体重及上述 4 项体尺特征数据进行独立样本 T 检验, 雌鼠与雄鼠的体重、体长、尾长、后足长及耳长均无显著性差异, 故将雌雄性的数据合并进行分析 (表 1)。

对 2012 至 2014 年每年 4 月、7 月和 10 月所采集到的五趾跳鼠体重、体长、尾长、后足长和耳长, 以及性别、繁殖状况、采集时间和采集地点等数据进行分析。3 年中共记录五趾跳鼠标本 139 只, 其中雌鼠 45 只, 雄鼠 94 只。怀孕雌鼠 13 只, 睾丸下降雄鼠 46 只。

睾丸下降率 $V_{TDR} = (T/M)100\%$, 式中, V_{TDR} 为睾丸下降率, T 为睾丸下降的雄性鼠数量,

M 为雄性鼠数量。

怀孕率 $V_{PR} = (P/F)100\%$, 式中, V_{PR} 为怀孕率, P 为怀孕雌性鼠数量, F 为雌性鼠数量。

雌雄性比 $V_{SR} = (F/M)100\%$, 式中, V_{SR} 为雌雄性比, F 为雌性鼠数量, M 为雄性鼠数量。

1.3 数据处理

利用 SPSS 22.0 软件对雌雄五趾跳鼠体重及体尺特征、已孕与未孕雌鼠体重等数据进行差异性 T 检验, 对五趾跳鼠体重数据进行系统聚类分析, 以及对五趾跳鼠各年龄组体重与 4 个体尺特征数据进行 Spearman 相关性分析, 显著水平为 $P = 0.05$, 极显著水平为 $P = 0.01$ 。划分五趾跳鼠年龄组, 运用逐步回归分析来建立各年龄组体重与体尺特征的关系模型, 模型选择时, 基于 Akaike 信息量准则 (Akaike information criterion, AIC) 和拟合最优原则, 一般考虑在被择模型中拟合度 (R^2) 相对最大并且 AIC 最小的关系模型为最优模型, 以上拟合度与 AIC 值为回归分析时计算所得。

2 结果与分析

2.1 五趾跳鼠年龄组的划分

对五趾跳鼠体重进行聚类分析 (图 1), 依据欧氏距离为 9.569 的分类结果, 结合繁殖状况将年龄划分为 3 组, 即体重 62 ~ 80 g 为 I 龄组 (包括 80 g), 80 ~ 110 g 为 II 龄组 (不包括 80 g, 包括 110 g), > 110 g 为 III 龄组。根据划分的年龄组给出相应的体尺特征变化范围 (表 2), 体长在 II 龄组和 III 龄组之间有一定程度的重叠; 尾长、后足长和耳长在 3 个年龄组之间均有重叠且界限不明显。

表 1 五趾跳鼠雌雄鼠 5 项体形特征数据及差异性 T 检验

Table 1 Body characteristic of Five-toed Jerboa in each sex

		体重 (g) Weight	体长 (mm) Body length	尾长 (mm) Tail length	后足长 (mm) Back feet length	耳长 (mm) Ear length
平均值 \pm 标准误	♂ ($n = 94$)	93.74 \pm 2.480	136.69 \pm 2.073	184.99 \pm 4.636	59.24 \pm 3.174	42.86 \pm 1.205
Mean \pm SE	♀ ($n = 45$)	91.87 \pm 2.676	132.58 \pm 2.403	188.69 \pm 4.663	55.84 \pm 3.339	44.09 \pm 1.195
显著性 Significance		$P = 0.452$	$P = 0.092$	$P = 0.426$	$P = 0.286$	$P = 0.310$

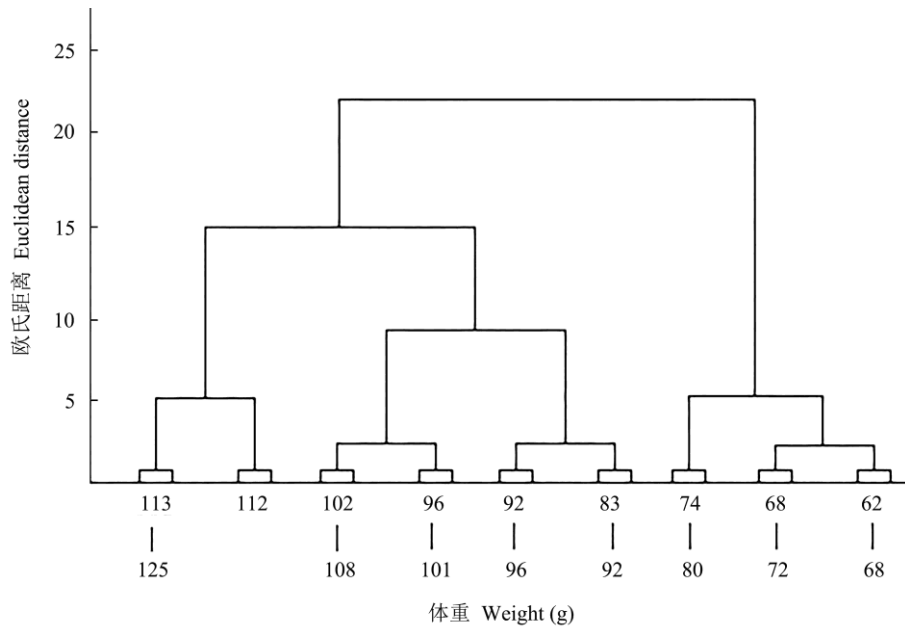


图 1 五趾跳鼠体重聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis based on the weight of Five-toed Jerboa

上图使用数据为野外夹捕实验采集数据，五趾跳鼠体重不是连续数值，故中间有缺失情况，图中两个分支分别为每组数据范围的两端。
 The data in above are gained in the wild experiment. The weight of Five-toed Jerboa is discontinuous due to the value of body weight is not continuous. The values in two branches respectively represent the minimum and maximum value for each data item.

表 2 五趾跳鼠年龄组划分

Table 2 Age group of Five-toed Jerboa

		年龄组 Age groups		
		I 龄组 Age group I (n = 32)	II 龄组 Age group II (n = 90)	III 龄组 Age group III (n = 17)
体重(g) Weight	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	73.71 ± 5.02	95.87 ± 6.92	114.28 ± 5.46
	范围 Range	62 - 80	80 - 110	> 110
体长(mm) Body length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	125.88 ± 1.29	137.66 ± 1.2	141.06 ± 2.23
	范围 Range	114 - 146	120 - 156	120 - 154
尾长(mm) Tail length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	171.25 ± 4.17	189.1 ± 2.66	198.88 ± 4.44
	范围 Range	140 - 213	160 - 225	165 - 226
后足长(mm) Back feet length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	36.19 ± 4.17	64.53 ± 0.90	65.65 ± 0.80
	范围 Range	16 - 73	41 - 79	59 - 73
耳长(mm) Ear length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	48.87 ± 1.36	41.78 ± 0.51	40.53 ± 1.79
	范围 Range	36 - 59	31 - 50	34 - 50

3 个年龄组中, I 龄组标本 32 只, 最小体重为 62 g, 在该年龄组中雌鼠怀孕率为 12.5%, 雄鼠睾丸下降率为 21.85%, 其中, 孕鼠 2 只体重分别为 70 g 和 72 g, 雌雄性比为 1:1, 因此我们推断 I 龄组为亚成体, 体重小于 62 g 为幼体。同时, 由于五趾跳鼠多数每年繁殖一胎, 这些亚成体应均属前一年出生。II 龄组标本 90 只, 为成体组, 雌鼠怀孕率为 30.43%, 雄鼠睾丸下降率为 44.93%, 孕鼠平均为体重 (98.81 ± 7.33) g ($n=7$), 雌雄性比为 1:3.09。III 龄组标本 17 只, 雌鼠怀孕率和雄鼠睾丸下降率均为 0, 并且在 4 月 (4 只)、7 月 (6 只)、10 月 (7 只) 3 个月共 17 只个体中雌雄性比为 1:1.43, 因此推断该年龄组为老年组。3 年内我们所记

录的五趾跳鼠中没有幼体 (小于 62 g), 这可能与幼鼠活动范围小有关。

2.2 五趾跳鼠各年龄组体重与各项体尺特征的关系模型

由 3 个年龄组中体重与各项体尺特征之间的相关性分析可以看出, 耳长在 3 个年龄组中与体重的关系均不显著; I 龄组中尾长和后足长与体重的关系显著, II 龄组中除耳长外其他 3 个指标与体重的关系均显著, III 龄组中体重与各项体尺特征的关系均不显著 (表 3)。

利用逐步回归方法和 Akaike 信息量准则 (AIC) 建立五趾跳鼠体重与体尺特征之间的关系模型。根据相关性分析结果, 计算 I 龄组、II 龄组的体重与体尺特征的关系模型。

表 3 五趾跳鼠各年龄组体重与体尺特征之间的相关性分析

Table 3 The correlativity between weight and body index in different age groups of Five-toed Jerboa

年龄组 Age group	指标 Index	体重 Weight	体长 Body length	尾长 Tail length	后足长 Back feet length	耳长 Ear length
I 龄组 Age group I	体重 Weight	1				
	体长 Body length	- 0.055	1			
	尾长 Tail length	0.465**	- 0.440*	1		
	后足长 Back feet length	0.358*	- 0.320	0.866**	1	
	耳长 Ear length	- 0.272	0.504**	- 0.807**	- 0.672**	1
II 龄组 Age group II	体重 Weight	1				
	体长 Body length	0.342**	1			
	尾长 Tail length	0.281**	0.333**	1		
	后足长 Back feet length	0.398**	0.284**	0.350**	1	
	耳长 Ear length	0.133	0.325**	0.205	0.079	1
III 龄组 Age group III	体重 Weight	1				
	体长 Body length	0.133	1			
	尾长 Tail length	- 0.249	0.285	1		
	后足长 Back feet length	0.281	- 0.206	- 0.256	1	
	耳长 Ear length	0.007	0.066	0.468	0.163	1

表中数据为不同年龄组五趾跳鼠个体体重与 4 种体尺特征的相关系数; * 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; ** 在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

It is correlation coefficient between the weight and four kinds of body characteristics of Five-toed Jerboa in different age groups above table; * indicates $P < 0.05$; ** indicates $P < 0.01$.

I 龄组中所得关系模型为:

- ① $W_I = -1.342 - 0.040L_B$, $R^2 = 0.003$,
 $AIC = -43.8092$, $F = 0.767$;
- ② $W_I = -1.032 + 0.137L_B + 0.259L_T$, $R^2 = 0.244$, $AIC = -50.3941$, $F = 0.005$;
- ③ $W_I = -1.048 + 0.150L_B + 0.358L_T - 0.099L_P$, $R^2 = 0.257$, $AIC = -48.9353$,
 $F = 0.489$;

II 龄组所得关系模型为:

- ① $W_{II} = 0.123 + 0.166L_B$, $R^2 = 0.086$, $AIC = -121.7351$, $F = 0.005$;
- ② $W_{II} = 0.117 + 0.145L_B + 0.096L_T$, $R^2 = 0.112$, $AIC = -122.3399$, $F = 0.112$;
- ③ $W_{II} = 0.072 + 0.099L_B + 0.060L_T + 0.214L_P$, $R^2 = 0.212$, $AIC = -131.0215$,
 $F = 0.001$;

式中, W 为体重 (g), L_B 为体长 (mm), L_T 为尾长 (mm), L_P 为后足长 (mm)。其中, I 龄组中模型②的 AIC 值最小, 并且 $F < 0.01$, 因此选择模型②为最优模型。II 龄组中模型③的 AIC 最小, 并且 $F = 0.001$, 达到极显著水平, 因此模型③为最优模型。

根据 I 龄组和 II 龄组的关系模型分析得出: 体长和尾长在 I 龄时生长占优势, II 龄时生长速度减慢; 后足长在 I 龄时生长缓慢, 而在 II 龄时开始快速生长。III 龄组中体重与体尺特征的关系均未达到显著水平, 表明五趾跳鼠在 III 龄时体长、尾长、后足长等体尺特征可能停止生长或生长速度极其缓慢。

3 讨论

3.1 五趾跳鼠年龄组划分

鼠类年龄的判断对鼠类生态学研究具有重要意义, 判断小型兽类年龄的方法主要分为两大类: 依据生长进程 (生长变化) 和结构衰退 (Morris 1972, 杨荷芳 1990), 牙齿磨损程度或身体大小量度及增长情况通常可以作为划分依据 (Adamczewska-Andrzejewska 1967, 赵肯堂 1985, 卢浩泉等 1987)。Morris (1972) 认

为臼齿磨损程度与年龄成正相关。但臼齿磨损程度受生活环境影响较大 (李玉春等 1989), 并且在鼠类的不同年龄段, 臼齿齿冠磨损程度变化重叠性较大, 釉质和齿质比例变化也不好区分。为了更精准地判断啮齿动物的年龄, 前人还尝试根据阴茎骨、眼晶体干重以及啮齿动物在生长过程中体内器官的某些蛋白或元素含量的变化 (水溶性蛋白、氮、酪氨酸等) 等对技术要求更严谨的方法 (Morris 1972, 杨荷芳 1990)。董维惠等 (1991) 利用眼晶体干重将五趾跳鼠划分为 7 个年龄组, 但眼晶体在五趾跳鼠冬眠时生长速度下降, 当年出生的亚成体在入蛰后其眼晶体干重会和成体鼠眼晶体干重重叠, 单纯依靠眼晶体干重划分年龄有一定局限性。

为了便于在野外活捕实验操作, 本实验利用活体体重来划分五趾跳鼠的年龄。然而跳鼠具有冬眠习性, 在入蛰前体重明显增加, 出蛰时体重明显减少, 这对于出入蛰时用体重判断五趾跳鼠年龄影响较大。周延林等 (1992) 的研究发现, 入蛰主要以亚成体和成体为主, 亚成体经过一次冬眠晋升为成体, 因此出蛰时主要以成体为主。为了确定冬眠对本实验用五趾跳鼠体重判断年龄的影响程度, 我们分析了标志重捕得到的五趾跳鼠体重在一年中的变化, 五趾跳鼠体重在 10 月开始增加, 在下一年的 4 月出蛰时体重与前一年 10 月初时近似。因此, 在 10 月中后期时体重受入蛰影响较大, 4 月初刚出蛰时会出现体重偏小的个别个体。但就野外活捕实验而言, 10 月五趾跳鼠开始逐渐进入冬眠, 直到次年 4 月初之间五趾跳鼠均处于冬眠期不能被捕获到, 因此本实验认为 10 月野外实验中由冬眠引发的体重增加对五趾跳鼠年龄判断影响不大, 捕获到体重处于临近亚成体和成体之间的鼠时, 可以根据体长和尾长范围作为辅助方法来增加年龄判断的准确性。

3.2 五趾跳鼠体重与体尺特征的关系模型

小型兽类的体重与年龄成正比, 鼠类体重基本随年龄一直增长 (杨荷芳 1990)。目前对

于鼠类等野生动物体重与体尺特征之间关系的研究较少(米景川等 1989, 李仲来等 2004), 学者对鼠类的研究主要以肥满度为主(体重和体长的比值)(杨再学等 1995, 房继明 1995, 刘伟 2001, 李仲来等 2004)。有研究发现褐家鼠(*Rattus norvegicus*)的体重增加符合逻辑斯蒂曲线, 体重在褐家鼠出生 100 日内呈直线稳定增长, 体长、尾长、后足长和耳长则符合指数增长, 在接近 100 日时增长率降低(姚伟兰等 2000)。对长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*) (武晓东等 1992) 和棕色田鼠(*Lasiopodomys mandarinus*) (张越等 1997) 各项生长指标进行主成分分析, 发现体重对年龄有较强的代表性。本文建立体重与体尺特征的关系模型发现, 五趾跳鼠的体尺指标在整个生长发育过程中并不是统一协调生长的, 这种情况在子午沙鼠(*M. meridianus*) 生长发育过程中同样存在(张蓉等 2017)。耳在五趾跳鼠幼体时就已完成生长, 躯体和尾的生长期主要在 I 龄时, 后足的生长期主要在 II 龄时。III 龄时体重与体尺特征的关系均不显著, 这说明五趾跳鼠在 III 龄时各项体尺特征已经发育成熟停止生长。因此利用体尺特征来辅助判断年龄时, I 龄时考虑体长和尾长, II 龄时考虑后足长, 耳长在判断五趾跳鼠年龄时可以不参考。

综上所述, 本文根据体重将五趾跳鼠划分为 3 个年龄组并建立体重与体尺特征的关系模型。耳长与体重在五趾跳鼠生长阶段中关系较弱, 建立模型时被排除; 在 I 龄时体长和尾长生长速度较快, II 龄时生长速度减慢; 后足长在 II 龄组时与体重关系较强, 且生长速度加快; III 龄时体长、尾长和后足长与体重相关性均较低, 因此推断尾长和后足长在 III 龄时停止生长或生长速度极其缓慢。

致谢 野外工作得到了阿拉善盟草原工作站的大力支持, 内蒙古农业大学已毕业的张晓东、张福顺、查木哈、柴亨贤等以及在读研究生李燕妮、王鑫等人在野外采样期间给予大力帮助, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- Adamczewska-Andrzejewska K A. 1967. Age reference model for *Apodemus flavicollis* (Melchior 1834). *Ekologia Polska, Seria A*, 15(41): 787-790.
- Brown L E. 1969. Field experiments on the movements of *Apodemus sylvaticus* L. using trapping and tracking techniques. *Oecologia*, 2(2): 198-222.
- Jennifer M B, Rudy B. 2003. Age determination in yellow-pine chipmunks (*Tamias amoenus*): a comparison of eye lens masses and bone sections. *Canadian Journal of Zoology*, 81(10): 1774-1779.
- Morris P. 1972. A review of mammalian age determination methods. *Mammal Review*, 2(3): 69-104.
- Yabe T. 1979. Eye Lens weight as an age indicator in the Norway rat. *The Journal of the Mammalogical Society of Japan*, 8(1): 54-55.
- 董维惠, 侯希贤, 杨玉平, 等. 1991. 用水晶体干重鉴定五趾跳鼠的种群年龄. *动物学研究*, 12(3): 265-270.
- 董维惠, 侯希贤, 周延林, 等. 2001. 小毛足鼠种群年龄鉴定和组成的研究. *中国媒介生物学及控制杂志*, 12(3): 168-170.
- 房继明, 王红梅, 于晓东. 1995. 啮齿动物肥满度指标的探讨. *生态学报*, 15(2): 221-222.
- 洪朝长, 陈小彬. 1991. 小家鼠的年龄鉴定及种群年龄组成的研究. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2(6): 377-381.
- 李俊, 阿布力米提·阿不都卡迪尔. 2007. 红尾沙鼠 (*Meriones libycus*) 的年龄鉴定及种群年龄组成. *干旱区研究*, 24(1): 43-48.
- 李玉春, 卢浩泉, 张学栋, 等. 1989. 黑线仓鼠的生长指标分析与年龄指标确定. *兽类学报*, 9(1): 49-55.
- 李仲来, 刘天驰, 牛勇. 2004. 锡林郭勒草原布氏田鼠体重和体长关系的研究. *四川动物*, 23(1): 24-28.
- 刘伟. 2001. 长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 肥满度研究 // 中国生态学会动物生态专业委员会、中国动物学会兽类学分会、广西师范大学. 野生动物生态与管理学术讨论会论文集. 桂林: 野生动物生态与管理学术讨论会.
- 卢浩泉, 李玉春, 张学栋. 1987. 黑线仓鼠种群年龄组成及其数量季节消长的研究. *兽类学报*, 7(1): 28-34.
- 米景川, 包士俊. 1989. 蒙古旱獭体重体长变化及其年龄划分的研究. *动物学研究*, 10(3): 219-225.

- 施大钊. 1991. 内蒙古半荒漠地区啮齿动物调查初报. 干旱区研究, (2): 90-93.
- 王岐山, 叶文虎, 谭明文, 等. 1984. 用体重和体长鉴定黑线姬鼠年龄方法的商榷. 兽类学报, 4(2): 117-126.
- 王廷正, 张越. 1995. 棕色田鼠种群年龄的研究. 兽类学报, 15(4): 302-308.
- 王也, 张文杰, 任娅茹, 等. 2014. 浑善达克沙地三趾跳鼠体重与年龄划分. 动物学杂志, 49(6): 798-803.
- 武晓东, 傅和平, 庄光辉, 等. 2003. 内蒙古阿拉善地区啮齿动物的地理分布及区划. 动物学杂志, 38(2): 27-31.
- 武晓东, 薛河儒. 1992. 长爪沙鼠种群年龄指标的主成分分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 3(6): 373-377.
- 薛河儒. 1992. 逐步判别分析在呼市地区长爪沙鼠年龄鉴定中的应用. 内蒙古农牧学院学报, 13(3): 35-38.
- 杨荷芳. 1990. 小型兽类年龄鉴定方法简评. 生态学杂志, 9(2): 56-57.
- 杨再学, 郭世平. 1995. 褐家鼠肥满度的研究. 生态学杂志, 14(6): 25-28.
- 姚伟兰, 戚根贤, 王骏, 等. 2000. 褐家鼠的生长发育. 中国媒介生物学及控制杂志, 11(1): 3-6.
- 张洁, 周庆强, 钟文勤, 等. 1978. 布氏田鼠种群年龄的研究. 动物学报, 24(4): 344-358.
- 张蓉, 武晓东, 袁帅, 等. 2017. 阿拉善荒漠区子午沙鼠 (*Meriones meridianus*) 年龄组划分. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 48(2): 153-158.
- 张越, 王廷正, 裘国勇, 等. 1997. 棕色田鼠生长及年龄指标的评价. 动物学研究, 18(4): 49-53.
- 赵肯堂. 1978. 内蒙古啮齿动物及其区系划分. 内蒙古大学学报: 自然科学版, (1): 57-64.
- 赵肯堂. 1985. 长爪沙鼠的年龄鉴定. 动物学杂志, 30(1): 4-6.
- 周延林, 杨玉平, 侯希贤, 等. 1992. 五趾跳鼠出入蛰特征的调查. 中国媒介生物学及控制杂志, 3(1): 32-36.