

黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 的种群繁殖参数 及其地理分异特征

杨再学¹, 郑元利¹, 金星²

(1. 贵州省余庆县植保植检站, 贵州 余庆 564400 2. 贵州省植保植检站, 贵阳 550001)

摘要 黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 是我国广大地区的主要害鼠之一, 是余庆县农田害鼠优势种, 占总鼠数的 94.81%。探讨其种群繁殖参数的变动规律及其地理分异特征, 对其种群数量预测预报具有重要意义。通过对 1987~2005 年贵州省余庆县黑线姬鼠种群繁殖参数分析结果表明 研究期间共解剖标本 5497 只, 其中, 雌鼠 2698 只, 雄鼠 2799 只, 黑线姬鼠在当地 1~11 月份均可繁殖, 主要繁殖期在 3~10 月份, 每年 4~5 月份和 8~9 月份出现 2 次妊娠高峰。种群总性比 (♀/♂) 为 0.96, 多年平均怀孕率为 36.91% ± 6.79%, 平均胎仔数为 5.33 ± 1.07 只, 平均繁殖指数为 0.81 ± 0.17, 平均睾丸下降率为 59.13% ± 7.89%。不同年龄组种群繁殖力存在显著差异, 随着种群年龄的增长繁殖力不断增加, 成年 I 组、成年 II 组、老年组是种群繁殖的主体。种群繁殖参数不同年度之间比较稳定, 不同月份、不同季节之间变化差异较大, 具有明显的季节变化特征。年均种群密度与年均繁殖指数呈极显著正相关, 与胎仔数显著正相关, 与年均怀孕率、睾丸下降率、性比相关性不显著, 繁殖指数是影响黑线姬鼠种群密度的重要因子。比较全国各地黑线姬鼠种群繁殖参数的地理分异特征认为, 黑线姬鼠种群繁殖参数具有明显的地理分异现象, 胎仔数、生殖强度由南向北逐渐增加, 具有随纬度的升高趋向增加的特征 在高纬度地区繁殖时间较短 性比与纬度、经度的变化关系密切 各繁殖参数与海拔的变化相关性不明显, 可排除海拔因素的影响。

关键词 黑线姬鼠 繁殖参数 年龄变化 时间分异 地理分异

文章编号 1000-0933 (2007)06-2425-10 中图分类号 Q142, Q958.1 S443.5 文献标识码 A

Species reproductive parameters and the comparison of geography variation in *Apodemus agrarius*

YANG Zai-Xue¹, ZHENG Yuan-Li¹, JIN Xing²

1 Guizhou Yuqing Plant Protection Station, Guizhou Yuqing 564400, China

2 Guizhou Province Plant Protection Station, Guiyang 550001, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (6): 2425~2434.

Abstract : *Apodemus agrarius*, the main pest rat in China, represents 94.81% of all farmland rats in Yuqing County, Guizhou. From 1987—2005, we captured rodents once a month (from 5th—15th day of the month) in rice field and dry field habitats. Captured *A. agrarius* were brought back to laboratory, numbered, measured for morphological characteristics, and then autopsied to determine sex, age and reproductive condition.

基金项目 贵州省科学技术基金资助项目 (黔科合 J 字 [2005]2041 号); 贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目 (黔省专合字 [2005]30 号)

收稿日期 2006-06-01; **修订日期** 2006-12-15

作者简介 杨再学 (1964~), 男, 贵州余庆人, 研究员, 主要从事鼠害研究和植保技术推广工作. E-mail: yzx@gzsh.org

致谢 承蒙贵州大学农学院蒋选利教授和中国科学院亚热带农业生态研究所张美文副研究员帮助写作, 美国 University of California (伯杰莱·加州大学) 的 Robert Dudley (罗伯特·达德利) 教授对英文摘要进行润色, 在此一并表示感谢!

Foundation item The project was financially supported by Guizhou Province Science and Technongy Foundation (No. QKHJZ [2005]2041) and The special fund proiect of Guizhou Province (No. QSZHZ [2005]30)

Received date 2006-06-01; **Accepted date** 2006-12-15

Biography YANG Zai-Xue, Professor, mainly engaged in study rodents and plant protection. E-mail: yzx@gzsh.org

A total of 5497 specimens were captured, among which 2698 were male and 2799 were female. The rats bred from January to November, and the most favorable breeding period was March to October. Two reproductive peaks (April-May and August-September) were evident. Sex ratio ($\text{♀} / \text{♂}$), the average pregnancy rate, mean litter size, reproductive index and the rate of scrotal testis presence for the whole study population were 0.96, 36.91% $\pm$ 6.79%, 5.33 $\pm$ 1.07, 0.81 $\pm$ 0.17 and 59.13% $\pm$ 7.89%, respectively.

Individuals were assigned to five age classes based on either weight or body weight without viscera. Reproductive data of 1261 *A. agrarius* from 1999 to 2005 showed obvious variation with the age. All juveniles were sexually immature with no reproductive activity. The sub-adult group had begun to reproduce with a pregnancy rate is 4.68% and a rate of scrotal testis presence of 14.97%. All of the adult group I, group II and the old group were sexually mature, with a pregnancy rate ranging from 31.62% – 68.33% and a rate of scrotal testis presence from 79.39% – 100.00%. Reproductive capacity would increase continuously with growth within age categories. Adult group I, group II and the old group were the main reproductive contributors.

Comparison of reproductive parameters in *A. agrarius* captured from 1987 to 2005 showed that the pregnancy rate, mean litter size, the rate of scrotal testis presence and the reproductive index (except for sex ratio) varied by month and season. However, in different years, only the sex ratio showed significant variation. Reproductive parameters of *A. agrarius* were relatively stable among different years, but fluctuated in different months and different seasons. Correlational analysis of reproductive parameters showed that population densities each year were positively correlated significantly with the reproductive index and mean litter size, whereas there was no correlation between populations and either the pregnancy rate, the rate of scrotal testis presence, or the sex ratio. Population density of *A. agrarius* depends strongly on the reproductive index, which is very useful in forecasting population density for the rodent.

Comparison of reproductive parameters of *A. agrarius* among different areas in China demonstrated obvious regional variation. Mean litter size and reproductive capacity increased gradually from south to north; i. e., the rat's fecundity increased with increasing latitude. However, reproductive period was lower in high-latitude areas. Sex ratio increased from south to north and also from west to east. Reproductive parameters were not correlated with altitude, so this parameter can be eliminated in analysis of the reproductive traits of *A. agrarius*.

Key Words : *Apodemus agrarius* ; reproductive parameters ; age variation ; temporal variation ; regional variation

黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 是我国广大地区的主要害鼠之一, 广泛分布于我国除新疆、西藏以外的其余各省 (市、区)。是贵州省农田中数量最多, 危害最大的一种鼠类, 占农田总鼠数的 67.01%^[1], 在余庆县高达 94.81%^[2], 常常危害水稻、玉米、小麦等作物, 同时也是姬鼠型肾综合征出血热 (HFRS) 的主要传染媒, 在流行病学方面具有更重要的意义^[3]。繁殖参数是种群参数中一个重要组成部分, 研究繁殖参数的变动规律对于揭示鼠类种群水平上的进化机制, 以及种群数量动态规律具有一定的理论意义^[4]。在中国境内, 有关涉及黑线姬鼠种群繁殖参数的研究文献较多^[5~36], 对其种群繁殖参数的地理分异特征研究国内报道较少^[37, 38], 尤其对胎仔数与纬度的关系研究结果不同, 张知彬等^[4]进行不同地区 8 个啮齿动物物种胎仔数与纬度的关系研究时认为黑线姬鼠胎仔数随纬度增加而增加, 曾宗永等^[7]、李正洁等^[8]则认为胎仔数与纬度不存在相关性。本文对贵州省余庆县 1987 ~ 2005 年黑线姬鼠种群繁殖参数进行分析研究, 旨在探讨贵州黑线姬鼠种群繁殖参数的变化规律及其时间分异特征, 为其种群数量预测预报提供依据, 同时比较了黑线姬鼠种群繁殖参数在我国不同地区的分异情况, 进一步明确黑线姬鼠种群繁殖参数的地理分异特征。

1 研究方法

1.1 自然概况

余庆县地处贵州省东部, 位于东经 107°25' ~ 108°2', 北纬 27°8' ~ 27°41', 总面积 1623.7 km², 耕地面积

1.91hm²,海拔 400~1360m,属亚热带季风湿润气候,四季较分明,冬无严寒,夏无酷暑,年平均气温 15℃,1 月份最低气温 -9.6℃,7 月份 17~28℃,年平均降水量 1100mm,主要集中在 4~10 月份,全年降水在 160d 以上,无霜期 290~300d。粮食作物以水稻、小麦、玉米为主,经济作物以油菜、烟草居多。调查地点设在贵州省余庆县白泥镇上里村,东经 107°48′,北纬 27°12′,海拔 580m,面积 66.7 余 hm²,主要种植水稻、玉米、小麦、甘蔗、油菜、蔬菜等作物,为一年两熟或三熟区。

1.2 调查方法

调查工具采用 7cm×17cm 木板夹,田间直线或曲线排列,夹行距 5m×50m,花生仁作诱饵,晚放晨收,每月上中旬(5~15 日)在稻田、旱地两种生境类型地调查 1 次,置夹 200 夹夜以上,对所捕获的黑线姬鼠进行编号,性别、年龄鉴定,体外形态测量,并解剖观察其繁殖状况,统计种群性比(♀/♂)、年龄、怀孕率、胎仔数(子宫内肉眼可见的胚胎数)、睾丸下降率、繁殖指数(计算公式为 $I = NE/P$ ^[1]),*I* 为繁殖指数,*N* 为孕鼠数,*E* 为平均胎仔数)等有关数据。种群年龄划分为幼年组(I)、亚成年组(II)、成年 I 组(III)、成年 II 组(IV)、老年组(V)5 个年龄组,年龄划分指标为体重、胴体重,各年龄组的体重、胴体重划分标准参见文献 ^[9,40]。数据的处理均在电子表格(Microsoft Excel)和 DPS 数据处理系统 ^[11] 中进行求和、平均、显著性以及相应的统计分析。其它地区的数据则引自正式文献并均在文章中注明。

2 结果与分析

2.1 繁殖期

从 1987~2005 年 19a 系统调查结果可看出,12 月当地黑线姬鼠停止繁殖,1 月、2 月份和 11 月份有部分个体参与繁殖,仅在 1988 年 1 月和 2 月、1989 年 11 月、1990 年 11 月、1991 年 1 月、2002 年 11 月发现少量孕鼠,平均怀孕率为 0.40%~1.67%。3~10 月份是黑线姬鼠的主要繁殖期,其间有 2 次妊娠高峰,第 1 次繁殖高峰期出现在 4~5 月份,峰尖在 4 月份,第 2 次出现在 8~9 月份,峰尖多在 8 月份,在盛夏 6~7 月份出现一个繁殖低潮,说明当地气温可能是影响黑线姬鼠种群繁殖力的一个生态因子。

2.2 种群繁殖参数的年龄变化

对 1999~2005 年 1261 只黑线姬鼠怀孕率、胎仔数、睾丸下降率、性比和繁殖指数统计结果表明(表 1),幼年组性未成熟,雌鼠无怀孕个体,雄鼠睾丸均未下降。亚成年组有少量个体参与繁殖,怀孕率为 4.68%,睾丸下降率为 14.97%,怀孕鼠最低体重为 17.61g,胴体重为 13.82g,睾丸下降鼠最低体重为 18.69g,胴体重为 14.03g。成年 I 组、成年 II 组、老年组个体全部性成熟,怀孕率为 31.62%~68.33%,为亚成年组的 6.76~14.60 倍,不同年龄组怀孕率经 χ^2 检验,差异极显著($\chi^2 = 78.99 > \chi^2_{0.01}$)。睾丸下降率为 79.39%~100.00%,为亚成年组的 5.30~6.68 倍,因部分雄鼠个体在繁殖结束后,睾丸缩回腹腔,因此,出现了有部分个体睾丸未下降的现象,不同年龄组睾丸下降率差异极显著($\chi^2 = 53.14 > \chi^2_{0.01}$)。各年龄组平均胎仔数不同,以老年组最高(5.57 只),亚成年组最低(4.75 只),随着年龄的增长,平均胎仔数有明显的增加趋势。繁殖指数仍以老年组最高为 1.2335,亚成年组最低为 0.0531。由此可知,不同年龄组之间种群繁殖力存在显著差异,随着种群年龄的增长,黑线姬鼠种群繁殖力不断增加,成年 I 组、成年 II 组、老年组是种群繁殖的主体。

表 1 黑线姬鼠 1999~2005 年不同年龄组种群繁殖参数的变化									
Table 1 Population reproductive parameters in different age group of <i>Apodemus agrarius</i> in 1999~2005									
年龄组 Age group	雌鼠数 No. of female	孕鼠数 No. of pregnancy	怀孕率(%) Pregnant rate	平均胎仔数 ±标准差 X±SD Mean litter size	雄鼠数 No. of male	下降鼠数 No. of testis in scrotum	下降率(%) Rate of crotal testis	性比 Sex ratio	繁殖指数 Reproductive index
I (juvenile)	69	0	0.00	—	39	0	0.00	1.77	—
II (sub-adult)	171	8	4.68	4.75±0.96	187	28	14.97	0.91	0.0531
III (adult I)	136	43	31.62	4.52±0.76	131	104	79.39	1.04	0.5581
IV (adult II)	160	78	48.75	4.96±1.07	201	190	94.53	0.80	0.9197
V (old-adult)	60	41	68.33	5.57±1.14	107	107	100.00	0.56	1.2335

2.3 种群繁殖参数的时间分异

1987~2005 年共捕获黑线姬鼠 5497 只,其中,雌鼠 2698 只,雄鼠 2799 只,种群总性比为 0.96,雌雄个体数量无显著性差异 ($\chi^2=1.82,P>0.05$),种群性比符合 1:1 的关系。年均怀孕率 21.05%~47.14%,多年平均怀孕率为 $31.96\% \pm 6.79\%$,胎仔数最多 10 只,最少 3 只,平均胎仔数为 5.33 ± 1.07 只,以 6 只最多,占总孕鼠数的 35.62%,4~7 只的占 93.93%。年均睾丸下降率 37.42%~72.21%,多年平均睾丸下降率为 $59.13\% \pm 7.98\%$ 。年均繁殖指数 0.52~1.24,多年平均繁殖指数为 0.81 ± 0.17 。

2.3.1 不同月份变化

不同月份种群繁殖参数变化列于表 2,经 F 值检验,不同月份之间种群性比差异不显著 ($F=1.75 < F_{0.05}(1,199)=1.83,P>0.05$),怀孕率差异极显著 ($F=81.76 > F_{0.01}(1,200)=2.34,P<0.0001$),胎仔数差异极显著 ($F=3.56 > F_{0.01}(0,118)=2.47,P<0.001$),睾丸下降率差异极显著 ($F=40.33 > F_{0.01}(1,188)=2.34,P<0.0001$),繁殖指数差异极显著 ($F=77.59 > F_{0.01}(1,200)=2.34,P<0.0001$)。

表 2 黑线姬鼠 1987~2005 年不同月份种群繁殖参数的变化
Table 2 Population reproductive parameters in different month of *Apodemus agrarius* in 1987~2005

月份 Month	雌鼠数 No. of female	孕鼠数 No. of pregnancy	怀孕率 (%) Pregnant rate	胎仔数 (只) Mean litter size	雄鼠数 No. of male	下降鼠数 No. of testis in scrotum	下降率 (%) Rate of scrotal testis	性比 Sex ratio	繁殖指数 Reproductive index
1	157	2	0.40	7.00	204	26	16.42	0.79	0.01
2	132	1	0.67	6.00	152	51	33.29	0.98	0.01
3	190	18	6.30	5.34	187	123	73.59	1.22	0.18
4	175	142	80.89	5.32	186	136	83.62	0.97	2.03
5	358	251	70.35	5.31	326	230	82.44	1.05	1.90
6	465	93	21.83	5.00	471	322	77.50	1.01	0.55
7	256	46	18.83	5.01	274	219	83.20	1.02	0.45
8	185	143	75.99	5.17	153	129	88.22	1.35	2.14
9	186	134	66.57	5.50	193	136	77.89	1.03	1.84
10	208	53	28.48	5.63	243	101	40.16	0.87	0.52
11	237	7	1.67	5.33	226	49	26.61	1.09	0.04
12	149	0	0.00	—	184	19	15.14	0.86	0.00

2.3.2 不同季节变化

按春 (1~5 月份)、夏 (6~8 月份)、秋 (9~11 月份)、冬 (12~2 月份) 四季统计,不同季节种群繁殖参数变化列于表 3,经 F 值检验,不同季节之间种群性比差异不显著 ($F=2.19 < F_{0.05}(3,71)=2.74,P>0.05$),怀孕率差异极显著 ($F=52.96 > F_{0.01}(3,71)=4.08,P<0.0001$),胎仔数差异极显著 ($F=6.45 > F_{0.01}(3,53)=4.16,P<0.001$),睾丸下降率差异极显著 ($F=85.39 > F_{0.01}(3,71)=4.08,P<0.0001$),繁殖指数差异极显著 ($F=43.67 > F_{0.01}(3,71)=4.08,P<0.0001$)。

表 3 黑线姬鼠 1987~2005 年不同季节种群繁殖参数的变化
Table 3 Population reproductive parameters in different season of *Apodemus agrarius* in 1987~2005

季节 Season	雌鼠数 No. of female	孕鼠数 No. of pregnancy	怀孕率 (%) Pregnant rate	胎仔数 (只) Mean litter size	雄鼠数 No. of male	下降鼠数 No. of testis in scrotum	下降率 (%) Rate of scrotal testis	性比 Sex ratio	繁殖指数 Reproductive index
春季 Spring	723	411	52.25	5.31	699	489	80.04	1.03	1.36
夏季 Summer	906	282	32.19	5.07	898	670	81.19	1.04	0.84
秋季 Autumn	631	194	30.45	5.52	662	286	49.21	0.98	0.85
冬季 Winter	438	3	0.34	6.50	540	96	19.69	0.86	0.01

2.3.3 不同年度变化

不同年度种群繁殖参数变化列于表 4,经 F 值检验,不同年度之间种群性比差异显著 ($F = 1.90 > F_{0.05}(8,192) = 1.65, P < 0.05$),怀孕率差异不显著 ($F = 0.40 < F_{0.05}(8,193) = 1.65, P > 0.05$),胎仔数差异不显著 ($F = 2.05 < F_{0.05}(8,110) = 1.70, P > 0.05$),睾丸下降率差异不显著 ($F = 0.58 < F_{0.05}(8,182) = 1.65, P > 0.05$),繁殖指数差异不显著 ($F = 0.35 < F_{0.05}(8,193) = 1.65, P > 0.05$)。

表 4 黑线姬鼠 1987 ~ 2005 年不同年度种群繁殖参数的变化
Table 4 Population reproductive parameters in different year of *Apodemus agrarius* in 1987 ~ 2005

年度 Year	雌鼠数 No. of female	孕鼠数 No. of pregnancy	怀孕率 (%) Pregnant rate	胎仔数 (只) Mean litter size	雄鼠数 No. of male	下降鼠数 No. of testis in scrotum	下降率 (%) Rate of scrotal testis	性比 Sex ratio	繁殖指数 Reproductive index	种群密度 (只) Population density
1987	260	85	24.76	5.56	209	—	—	1.35	0.82	9.77
1988	149	60	37.56	5.95	200	92	56.79	0.79	0.97	8.03
1989	221	73	33.09	5.30	246	158	49.63	0.90	0.83	11.34
1990	363	121	32.16	5.26	353	195	59.34	1.03	0.89	9.90
1991	261	108	47.14	5.47	272	160	37.42	0.98	1.24	9.45
1992	131	35	28.10	5.43	141	55	65.11	0.97	0.74	9.00
1993	63	32	42.50	5.21	58	39	61.31	1.01	1.11	9.51
1994	159	59	30.74	5.74	146	99	59.77	1.11	0.94	7.34
1995	137	44	33.88	5.34	130	74	58.07	1.05	0.94	8.07
1996	142	41	31.39	5.37	136	81	66.34	1.06	0.88	8.88
1997	118	38	31.17	5.28	134	94	58.96	0.94	0.79	6.07
1998	95	21	27.56	5.31	102	64	72.21	0.95	0.66	5.35
1999	70	30	45.91	5.17	51	38	57.01	1.32	0.96	3.36
2000	94	32	26.48	5.01	105	71	54.29	1.00	0.72	4.64
2001	89	25	31.48	5.21	106	61	59.84	0.84	0.79	4.19
2002	73	16	26.57	5.14	107	60	60.42	0.72	0.52	3.50
2003	73	20	21.05	4.79	66	44	65.44	1.23	0.65	3.17
2004	87	21	26.47	4.58	100	70	72.03	1.43	0.59	3.92
2005	113	29	29.29	5.24	137	86	50.40	0.79	0.72	5.54

为了解黑线姬鼠种群繁殖参数对种群密度的调节作用,本文将 1987 ~ 2005 年各繁殖参数与种群密度作相关性分析,年均繁殖指数与年均种群密度呈极显著正相关 ($\chi = 0.5887 > r_{0.01} = 0.575$),年均胎仔数与年均种群密度显著正相关 ($\chi = 0.5712 > r_{0.05} = 0.456$),年均怀孕率 ($\chi = 0.3035 < r_{0.05}$)、睾丸下降率 ($\chi = | -0.3445 | < r_{0.05}$)、性比 ($\chi = | -0.0996 | < r_{0.05}$)与年均种群密度相关性不显著,表明繁殖指数对当年种群密度的调节作用最大,是影响黑线姬鼠种群密度的重要因子,对于预测种群数量具有重要意义。

2.4 种群繁殖参数的地理分异

表 5 汇集了我国不同地区黑线姬鼠种群繁殖参数 (性比、繁殖期、怀孕率、胎仔数) 的地理 (纬度、经度、海拔) 分异情况,为了比较全面地反映种群的生殖投入,并引入一个综合指标即生殖强度 (种群性比 $\times$ 怀孕率 $\times$ 胎仔数) 进行比较。

经相关性分析发现 (表 6),黑线姬鼠种群性比与纬度的变化呈显著正相关 ($\chi > r_{0.05}$),与经度的变化呈极显著正相关 ($\chi > r_{0.01}$);胎仔数、生殖强度与纬度的变化均呈极显著正相关 ($\chi > r_{0.01}$);其余相关性均不显著 ($\chi < r_{0.05}$)。由此可以看出,黑线姬鼠种群繁殖参数与纬度、经度的变化具有明显的相关性,其中,种群性比、胎仔数、生殖强度随着纬度的增加有增加的趋势,性比随着经度的增加也呈显上升趋势。各繁殖参数与海拔

的变化相关性不明显。

表 5 我国不同地区黑线姬鼠的种群繁殖参数比较

Table 5 Population reproductive parameters of some rodents in different regions of china of <i>Apodemus agrarius</i>										
调查地点	调查时间	纬度	经度	海拔 (m)	性比	繁殖期	怀孕率 (%)	胎仔数	生殖强度	文献来源
Census places	Census time	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude	Sex ratio	Reproductive period	Pregnant rate	Mean litter size	Reproductive index	Cited
内蒙古伊图里河										
Yitulihe Inner Mongolia	1957	51	—	—	1.03	5 ~ 9		6.91		[5]
黑龙江绥芬河										
Suifenhe Helonjiang	1979	44.4	131.2	497	1.43	5 ~ 9	46.67	6.8571	4.5763	[6]
辽宁清源										
Qingyuan Liaoning	1977	42	125	600	1.11			6.77		[7]
辽宁营口										
Yingko Liaoning	1977 ~ 1978	41	122	20	1.08	3 ~ 11	61.54	5.8557	3.8919	[8]
北京西郊										
Beijing	1982 ~ 1986	40	117	50	0.99	4 ~ 10	33.16	5.87	1.9270	[9]
山东薛城										
Xuecheng Sandong	1982 ~ 1986	37	117	600		2 ~ 10		5.48		[4]
山东费县										
Feixian Sandong	1995 ~ 1997	35	117	120	1.14	3 ~ 10	23.47	5.05	1.3512	[10]
陕西西安										
Xian Shanxi	1958 ~ 1960	34	108	500	0.70	2 ~ 11				[11]
安徽涡阳										
Woyang Anhui	1982 ~ 1988	33.5	116	31	0.72	3 ~ 10	36.90	5.30	1.4081	[12]
安徽霍邱										
Huoqiu Anhui	1984 ~ 1986	32	117	23	0.97	1 ~ 12		5.70		[13]
江苏通州										
. Tonzhou Jiangsu	1992 ~ 1994	32	121	5		3 ~ 10		5.17		[14]
江苏江宁										
Jiangning Jiangsu	1986 ~ 1993	31.9	118.8	50	0.79	1 ~ 12	23.03	5.20	0.9461	[15]
上海郊区										
Shanghai	1962 ~ 1980	31	122	25		2 ~ 11	33.61	5.866		[16]
四川成都										
Chengdu Sichuan	1959 ~ 1973	31	104	500	0.96	2 ~ 11	33.00	5.287	1.6749	[17]
四川成都平原										
Chengdu Sichuan	1987 ~ 1988	31	—	—	0.76	1 ~ 12				[18]
四川达县										
Daxian Sichuan	—	31	107	50		2 ~ 11		5.36		[19]
四川彭山										
Penshan Sichuan	1984 ~ 1987	30	103	436	0.88	3 ~ 12	40.64	6.07	2.1708	[20]
浙江杭州										
Hangzhou Zhejiang	1958 ~ 1960	30	120.6	200	0.73	1 ~ 12		5.18		[21]
浙江舟山岛										
Zhoushan Zhejiang	1990 ~ 1992	29.5	122	84	1.40	2 ~ 10	14.50	4.30	0.8729	[22]
浙江义乌										
Yiwu Zhejiang	1962 ~ 1963	29.2	120	75	1.17	2 ~ 12		4.85		[21]
浙江临海										
Linhai Zhejiang	1982 ~ 1989	29	121	8		3 ~ 11		6.00		[23]
浙江台州										
Taizhou Zhejiang	1987 ~ 1997	29	121	55	0.90	2 ~ 11	25.65	5.54	1.2789	[24]
浙江诸暨										
Zhuji Zhejiang	1984 ~ 1997	29	120	12	0.79	3 ~ 11	23.10	5.36	0.9781	[25]
湖南桃源										
Taoyuan Hunan	1972 ~ 1984	28.9	111	40	0.81	3 ~ 11		4.70		[26]

续表 5

调查地点 Census places	调查时间 Census time	纬度 Latitude (°)	经度 Longitude (°)	海拔 (m) Altitude	性比 Sex ratio	繁殖期 Reproductive period	怀孕率 (%) Pregnant rate	胎仔数 Mean litter size	生殖强度 Reproductive index	文献来源 Cited
湖南桃源 Taoyuan Hunan	1986 ~ 1990	28.9	111	40	0.84	1 ~ 12	48.60	5.30	2.1637	[7]
江西安义 Anyi Jiangxi	1985 ~ 1986	28.8	115.5	50	0.88	1 ~ 12	36.72	5.115	1.6528	[8]
浙江缙云 Jinyun Zhejiang	1985 ~ 1989	28.6	106	179	0.82	3 ~ 12	39.10	5.38	1.7249	[9]
贵州岑巩 Cengong Guizhou	1984 ~ 1987	27.9	108	560	1.07	3 ~ 11	29.33	4.85	1.5221	[0]
贵州余庆 Yuqing Guizhou	1987 ~ 2005	27.1	107.5	580	0.96	1 ~ 11	31.96	5.33	1.6353	本文 This paper
贵州息烽 Xifeng Guizhou	1986 ~ 2002	26.6	106.3	1100	0.97	2 ~ 12	40.44	4.86	1.9064	[1]
贵州贵定 Guidin Guizhou	1960	26.5	107	1200	0.75	3 ~ 10	50.80	6.00	2.2860	[2]
贵州雷山 Leishan Guizhou	1994 ~ 1996	26.4	107.5	850	0.87	2 ~ 11	37.02	5.997	1.9315	[3]

表 6 黑线姬鼠种群繁殖参数与纬度、经度及海拔的相关关系

Table 6 The correlation coefficients between population reproductive parameters and latitude,longitude,altitude of *Apodemus agrarius*

繁殖参数 Reproductive parameters	纬度 Latitude		经度 Longitude		海拔 Altitude	
	自由度	相关系数	自由度	相关系数	自由度	相关系数
	DF	Correlation coefficient	DF	Correlation coefficient	DF	Correlation coefficient
性比 Sex ratio	25	0.4049 *	23	0.5089 **	23	-0.0252
怀孕率 Pregnant rate	18	0.2801	18	-0.1340	18	0.2953
胎仔数 Litter size	28	0.6561 **	27	0.2684	27	0.2431
生殖强度 Reprocapacity	17	0.6497 **	18	0.2879	18	0.2015

* 表示到达 0.05 显著水平, ** 表示到达 0.01 显著水平 * $P < 0.05$, indicate the significant correlation at 0.05 level, ** $P < 0.01$, indicate the significant correlation at 0.01 level

3 小结与讨论

3.1 关于黑线姬鼠的繁殖期和繁殖高峰。从全国不同地区研究报道来看,因地而异。基本规律是我国北方地区的黑线姬鼠繁殖期较短,一般 4 ~ 10 月份,其北则在 5 ~ 9 月份,长江流域及以南地区繁殖期较长,一般可从 2 月份开始,多数在 3 月份,到 11 月份才结束,有的地区 1 ~ 12 月份均可繁殖。在贵州,繁殖期在 1 ~ 12 月份,主要繁殖期在 3 ~ 10 月份,其间出现 2 次妊娠高峰,前峰比较稳定,多出现在 4 ~ 5 月份,后峰持续时间长,有的年份可从 7 月持续到 10 月份,多在 8 ~ 9 月份。

3.2 关于黑线姬鼠种群繁殖参数的时间分异。对贵州省余庆县 1987 ~ 2005 年系统调查资料分析表明,黑线姬鼠不同月份、不同季节之间种群繁殖参数除种群性比差异不显著外,怀孕率、胎仔数、睾丸下降率、繁殖指数均差异极显著;不同年度之间怀孕率、胎仔数、睾丸下降率、繁殖指数差异均不显著,仅种群性比差异显著。说明在同一地区黑线姬鼠种群繁殖参数年度间比较稳定,不同月份、不同季节之间变化差异较大,具有明显的季节变化特征。

3.3 关于黑线姬鼠种群繁殖参数对种群密度的调节作用。通过对黑线姬鼠各繁殖参数与种群密度的相关性分析,年均繁殖指数与年均种群密度呈极显著正相关,表明繁殖指数对当年种群密度的调节作用最大,是影响黑线姬鼠种群密度的重要因子,这种现象已在一些鼠类中得到证实,如黑线仓鼠 (*Cricetulus barabensis*) [21]、长

爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*)^[3]。年均胎仔数与年均种群密度显著正相关,而年均怀孕率、睾丸下降率、性比与年均种群密度相关性不显著,尤其在这里值得一提的是黑线姬鼠当年怀孕率对种群密度的调节作用呈不显著的正相关关系,这与国内报道布氏田鼠 (*Microtus brandti*)^[4]、小家鼠 (*Mus musculus*)^[5]、长爪沙鼠^[3]、子午沙鼠 (*Meriones meridianus*)^[6]等鼠类,在鼠密度低时表现为怀孕率高,鼠密度高时则怀孕率低,怀孕率的高低受 1a 种群密度负反馈的调节作用的结论不同,说明鼠类繁殖参数对种群密度的调节作用,在不同鼠种之间的表现是不一样的。

3.4 关于黑线姬鼠种群繁殖参数的地理分异。在纬度、经度、海拔的变化现象已在几种鼠类中得到证实^[3,7,38]。根据本文的统计分析,黑线姬鼠种群繁殖参数也具有明显的地理分异现象,胎仔数、生殖强度由南向北逐渐增加,具有随纬度的升高趋向增加的特征,但廖子书^[7]报道,在贵州省贵定县出现胎仔数 (6.00 只)、生殖强度 (1.2860) 偏高的现象,这可能是由于调查年限较短所致,若连续多年调查的平均值可能会降低,这一结果支持了张知彬等^[4]认为,随纬度增加,黑线姬鼠的胎仔数、生殖强度有增加趋势的结论,但与曾宗永等^[7]、李正洁等^[8]报道黑线姬鼠胎仔数与纬度不相关的结论不一致。同时繁殖期也具有明显的地理差异,由南向北逐渐缩短,表现在高纬度地区繁殖时间较短,纬度的改变就是温度的改变,繁殖期随纬度的增加而缩短可能是温度直接作用的结果,因为高纬度地区温度较低,鼠类在冬季不繁殖,说明繁殖期同样也受气候因子的影响。种群性比是影响种群数量变化的重要因素,各地的研究结果,种群性比与纬度、经度之间关系也十分密切,由南向北、由西向东逐渐增加。但各繁殖参数在海拔上的变化规律不明显,可排除海拔因素的影响。

References :

[1] Yang Z X, Song H W, Lei B H . Studies on occurrence and foyecast of *Apodemus agrarius* . Journal of Guizhou Agric, 1993, 12 (1) 80 — 84.

[2] Yang Z X . Study on the seasonal population dynamics of *Apodemus agrarius* . Journal of Guizhou Agric, 1997, 16 (Supplement) 44 — 47.

[3] Wang Z X, Lu D Q, Lu D F, et al . Preliminary study on epidemic hemorrhagic fever (EHF) in Guizhou Province . Chinese Journal of Epid Emiology, 1989, 10 (1) 1 — 5.

[4] Zhang Z B, Zhu J, Yang H F . Regional variations of reproductive parameters of some rodents in China . Acta Zoologica Sinica, 1991, 11 (1) 36 — 46.

[5] Lou Z X . The age structure of *Apodemus agrarius* population in Great Xingan Mountains and Sanjiang plain . Acta Zoologica Sinica, 1963, 15 (1) : 382 — 395.

[6] Fan W, Cui W F, Zhang B S, et al . An ecological survey of rodents in Suifenhe area . Chinese Journal of Zoology, 1985, 20 (4) 8 — 12.

[7] Xiao Z H, Yao L W, Lu Y T . Studies on population age of *Apodemus agrarius* in Qingyuan of Liaoning . Chinese Journal of Ecology, 1982, 1 (4) 50 — 52.

[8] Xiao Z H, Qian G W, Zhang Y X, et al . The species composition and the seasonal population dynamics of small rodent in paddy field of Yingko of Liaoning . Chinese Journal of Zoology, 1980, 15 (1) 7 — 10.

[9] Zhang J . On the population age and repeedction of *Apodemus agrarius* in Beijing Aren . Acta Theriologica Sinica, 1989, 9 (1) 41 — 48.

[10] Liu Y X, Wu Q Y, Yang Z Q, et al . Studies on the population fluctuation and reproductive characteristics of rodent in hilly landof middle-south of shandong Prorince . Chinese Journal of Pest Control, 1998, 14 (6) 12 — 16.

[11] Wang T Z, Zhou X Z, Zhang S T . An ecological survey of rodents in Xian . Chinese Journal of Zoology, 1963, 5 (1) 52 — 65.

[12] Zhu S K, Qin Z H . On the population dynamics of striped field mouse in rural area of northern huaihe river in Anhui . Acta Theriologica Sinica, 1991, 11 (1) 213 — 219.

[13] Chen B . Stusy on occurrence situation of *Apodemus agrarius* . Chinese Journal of Rodent Control, 1989, 5 (Special 3th) 17.

[14] Zhang X L, Zhang Z, Zhang J M, et al . Study on population dynamics and economic threshold of *Apodemus agrarius* in rice growing region . Chinese Journal of Vector Biology and Control, 1995, 6 (6) 441 — 444.

[15] Ruan Z A, Qin W Y, Zhou D Y, et al . Study on population reproduction of *Apodemus agrarius* . Chinese Journal of Vector Biology and Control, 1997, 8 (Special, 1th) 11 — 14.

[16] Zhu L B, Qian G Z . On the age structure and population renewal of field mouse (*Apodemus agrarius*) from Shanghai . Acta Theriologica Sinica, 1982, 2 (1) 211 — 217.

[17] Health and Anti-Epidemic Station of Sichuan Province . Biological characters of *Apodemus agrarius* . Study report on rodents biology and control (Third volume) . Beijing Science Press, 1978, 75 — 79.

[18] Tan X H, Jiang G Z, Ni J Y . On The population character and its dynamics of *Apodemus agrarius* in Sichuan . Southwest China Journal of

Agricultural Sciences,1991,4 (4) 80—83.

[9] Zhang W D,Liu W Y,Tang W T,*et al* . The census on nature incidence of leptosprisis of *Apodemus agrarius* and crowd istaken bad the relations . Chinese Journal of Rodent Control,1988,4 (5) 219.

[10] Luo H H,Wang J Q,Hu Y H,*et al* . Preliminary study on the population ecology of *Apodemus agrarius* pallas . Journal of Southwest Agricultural University,1990,12 (1) 133—136.

[11] Zhu G Y,Lu C C. Study on the reproduction and population dynamics of *Apodemus agrarius* . Study report on rodents biology and control (Third volume) . Beijing Science Press,1978,80—85.

[12] Bao Y X,Ding P,Zhu G Y,*et al* . Study on the population ecology of *Apodemus agrarius* in the east zhoushan island . Zhang J . Studies on mammal biology in China,Beijing China Forestry Publishing House,1995,20—24.

[13] Wang E G . Studies on occurrence and foyecast of *Apodemus agrarius* . Journal of Zhejiang Agricultural Sciences,1991, (1) 38—41.

[14] Wang W Y,Ye Z Y . Studies on the population reproduction ecology and seasonal population dynamics of *Apodemus agrarius* in Taizhou of Zhejiang. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences,1999, (1) 42—44.

[15] Zhang H D,Cai G L,Zhu J X,*et al* . Studies on occurrence and foyecast of *Apodemus agrarius* in paddy field . Journal of Zhejiang Agricultural Sciences,1998, (supplement) 57—68.

[16] Chen Q,Li Q J,Wang J J,*et al* . A study on the ecology and suitable poison time of striped field mice . Chinese Journal of Rodent Control,1987,3 (1) 41—44.

[17] Wang Y,Chen A G,Li B,*et al* . Studies on the characteristics of reproduction of striped field mouse (*Apodemus agrarius* ningpoensis) in Dongting Plain . Acta Theriologica Sinica,1994,14 (1) 142—150.

[18] Ye Z X,Wang D D,Long Q L,*et al* . Studies on the population reproduction ecology of *Apodemus agrarius* in Anyi . Acta Agriculture Jiangxi,1990, 2 (1) 53—69.

[19] Din X T . Studies on occurrence and forecast for population of *Apodemus agrarius* . Plant Pest Forecasts,1990, (4) 36—41.

[20] Lei B H . The ecological observation on population of *Apodemus agrarius* in Cengong county . Chinese Journal of Zoology,1993,28 (1) 32—35.

[21] Pan S C,Zhang X Q,Zhang C X,*et al* . Occurrence regularity of *Apodemus agrarius* and control technique in cropland . Guizhou Agricultural Sciences,2003,31 (1) 16—19.

[22] Liao Z S . A report of investigation on rodents in Guidin county of Guahou . Chinese Journal of Zoology,1964,6 (4) 204—205.

[23] Ma R H,Wen B Z . The ecological observation of community of *Apodemus agrarius* pallas in Leishan county . Journal of Mountain Agriculture and Biology,1998,17 (1) 121—122.

[24] Yang Z X . Study on population reproduction of *Apodemus agrarius* . Guixhou Agricultural Sciences,1996,24 (1) 15—19.

[25] Zheng Y L, Yang Z X . Occurrence situation and control countermeasures of *Apodemus agrarius* in Yuqing . Journal of Guizhou University (Agricultural and Biological Science) ,2002,21 (5) 351—356.

[26] Chen A G . The ecological characristics and the controut techniques of rodent pests in south agricultural area . In Wang Z W,Zhang Z B,Theory and practice of eodent pest management,Beijing Science Press,1996,247—309.

[27] Zeng Z Y,Yang Y M,Luo M S,*et al* . Population ecology of *Rattus nitidusin* in the western Sichuan Plain III. Reproduction . Acta Theriologica Sinica,1999,19 (1) 183—196.

[28] Li Z J,Cai H X,Ye H,*et al* . A study of relationship between litter sizes of rodents and latitudes . Journal of Sichuan University (Natural Science Edition) ,2004,41 (4) 845—851.

[29] Yang Z X,Zheng Y L,Hu Z X,*et al* . Methodology comparison of the age structure of *Apodemus agrarius* population . Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2002,15 (1) 112—115.

[30] Yang Z X,Zheng Y L . Age estimation of population of *Apodemus agrarius* with body weight without viscera . Journal of Mountain Agriculture and Biology,2003,22 (5) 393—398.

[31] Tang Q Y,Feng M G . DPS dataprocessing system for practical statistics . Beijing Science Press,2002. 43—74.

[32] Dong W H,Hou X X,Lin X Q,*et al* . Studies on the population dynamics and prediction in *Cricetulus barabensis* . Acta Ecologica Sinica,1993,13 (4) 300—305.

[33] Dong W H,Hou X X,Yang Y P,*et al* . Studies on the characteristic of population dynamics of the clawed jird of *Meriones unguiculatus* . Chinese Journal of Vector Biology and Control,2004,15 (1) 88—91.

[34] Zhou Q Q,Zhong W Q,Wang G H . Density factor in the regulation of *Microtus brandti* population . Acta Theriologica Sinica,1992,12 (1) 49—56.

[35] Zhu S K,Chen A G . Ecology characteristic and prediction of *Mus muscals* . Beijing Science Press,1993. 118—271.

[36] Dong W H,Hou X X,Yang Y P . Analysis on the population dynamics of *Meriones meridianus* . Chinese Journal of Vector Biology and Control,2005, 16 (1) 23—25.

参考文献：

[1] 杨再学,松会武,雷帮海 . 黑线姬鼠发生规律及测报技术研究 . 贵州农学院学报,1993,12 (1) 80—84.

- [2] 杨再学. 黑线姬鼠种群数量季节变化规律. 贵州农学院学报, 1997, 16 (增刊) 44~47.
- [3] 王昭孝, 卢太琦, 吕太富, 等. 贵州省流行性出血热病学研究. 中华流行病学杂志, 1989, 10 (1) 1~5.
- [4] 张知彬, 朱靖, 杨荷芳. 中国啮齿类繁殖参数的地理分异. 动物学报, 1991, 37 (1) 36~46.
- [5] 罗泽珣. 大兴安岭及三江平原黑线姬鼠的种群年龄结构. 动物学报, 1963, 15 (3) 382~395.
- [6] 范维, 崔文富, 张宝森, 等. 绥芬河地区鼠类生态学调查. 动物学杂志, 1985, 20 (4) 8~12.
- [7] 肖增祜, 姚丽文, 吕永通. 辽宁清源黑线姬鼠种群年龄研究初报. 生态学杂志, 1982, 1 (4) 50~52.
- [8] 肖增祜, 迁广文, 张业勋, 等. 营口地区稻田小啮齿类的种类组成及数量季节变动. 动物学杂志, 1980, 15 (1) 7~10.
- [9] 张洁. 北京地区黑线姬鼠种群年龄和繁殖的研究. 兽类学报, 1989, 9 (1) 41~48.
- [10] 刘运喜, 吴钦永, 杨占清, 等. 鲁中南丘陵地区农田鼠类种群密度消长规律及繁殖特征研究. 医学动物防制, 1998, 14 (6) 12~16.
- [11] 王廷正, 周希振, 张士特. 西安地区啮齿类调查报告. 动物学杂志, 1963, 5 (1) 62~65.
- [12] 朱盛侃, 秦知恒. 安徽淮北农区黑线姬鼠种群动态的分析. 兽类学报, 1991, 11 (1) 213~219.
- [13] 陈保. 黑线姬鼠初步研究. 中国鼠类防制杂志, 1989, 5 (特刊 3) 17.
- [14] 张夕林, 张治, 张建明, 等. 中梗稻区黑线姬鼠发生动态及防治指标研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 1995, 6 (6) 441~444.
- [15] 阮治安, 秦文远, 周增银, 等. 黑线姬鼠种群繁殖规律研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 1997, 8 (专刊一) 11~14.
- [16] 祝龙彪, 钱国桢. 黑线姬鼠种群的年龄结构及种群更新的研究. 兽类学报, 1982, 2 (1) 211~217.
- [17] 四川省卫生防疫站. 黑线姬鼠的生物学资料. 灭鼠和鼠类生物学研究报告, 第三集. 北京: 科学出版社, 1978. 75~79.
- [18] 谭向红, 蒋光藻, 倪健英. 黑线姬鼠种群特征及数量变动规律研究. 西南农业学报, 1991, 4 (4) 80~83.
- [19] 张文弟, 刘安颜, 唐文庭, 等. 黑线姬鼠自然感染钩体及与人群发病关系的初步调查. 中国鼠类防制杂志, 1988, 4 (1) 219.
- [20] 罗会华, 汪齐全, 胡玉华, 等. 黑线姬鼠种群生态研究. 西南农业大学学报, 1990, 12 (1) 133~136.
- [21] 诸葛阳, 陆传才. 黑线姬鼠繁殖及数量动态的初步研究. 灭鼠和鼠类生物学研究报告, 第三集. 北京: 科学出版社, 1978. 80~85.
- [22] 鲍毅新, 丁平, 诸葛阳, 等. 舟山岛东部地区黑线姬鼠种群生态的研究. 见: 张洁主编, 中国兽类生物学研究. 北京: 中国林业出版社, 1995. 20~24.
- [23] 汪恩国. 黑线姬鼠发生规律及测报技术. 浙江农业科学, 1991, (1) 38~41.
- [24] 王万友, 叶志勇. 台州市丘陵山区黑线姬鼠繁殖动态与种群消长. 浙江农业科学, 1999, (1) 42~44.
- [25] 张华旦, 蔡国梁, 祝金鑫, 等. 稻区黑线姬鼠发生规律及测报技术. 浙江农业科学, 1998, (增刊) 67~68.
- [26] 陈清, 李庆俊, 王军建, 等. 黑线姬鼠生态及毒杀时机研究. 中国鼠类防制杂志, 1987, 3 (1) 41~44.
- [27] 王勇, 陈安国, 李波, 等. 洞庭平原黑线姬鼠繁殖特征研究. 兽类学报, 1994, 14 (1) 138~146.
- [28] 叶正襄, 汪笃栋, 龙丘陵, 等. 安义农区黑线姬鼠种群繁殖生态研究. 江西农业学报, 1990, 2 (1) 63~69.
- [29] 丁新天. 黑线姬鼠种群发生规律的研究. 病虫测报, 1990, (4) 36~41.
- [30] 雷帮海. 岑巩县黑线姬鼠的生态初步观察. 动物学杂志, 1993, 28 (1) 32~35.
- [31] 潘世昌, 张雪琼, 张朝仙, 等. 农田黑线姬鼠的发生规律及治理技术. 贵州农业科学, 2003, 31 (1) 16~19.
- [32] 廖子书. 贵州省贵定县鼠类调查报告. 动物学杂志, 1964, 6 (4) 204~205.
- [33] 马仁华, 文炳智. 雷山县黑线姬鼠种群的生态观察. 山地农业生物学报, 1998, 17 (1) 121~122.
- [34] 杨再学. 黑线姬鼠种群繁殖特征的研究. 贵州农业科学, 1996, 24 (1) 15~19.
- [35] 郑元利, 杨再学. 余庆县黑线姬鼠的发生动态及其治理技术. 贵州大学学报 (农业与生物科学版), 2002, 21 (1) 351~356.
- [36] 陈安国. 南方农区害鼠生态特性及综合治理技术. 见: 王祖望, 张知彬主编, 鼠害治理的理论与实践, 北京: 科学出版社, 1996. 247~309.
- [37] 曾宗永, 杨跃敏, 罗明澍, 等. 川西平原大足鼠的种群生态学. III. 繁殖. 兽类学报, 1999, 19 (1) 183~196.
- [38] 李正洁, 蔡红霞, 叶华, 等. 啮齿动物胎仔数和纬度关系的研究. 四川大学学报 (自然科学版), 2004, 41 (4) 845~851.
- [39] 杨再学, 郑元利, 胡支先, 等. 黑线姬鼠种群年龄组划分标准比较研究. 西南农业学报, 2002, 15 (1) 112~115.
- [40] 杨再学, 郑元利. 应用胴体重法鉴定黑线姬鼠种群年龄. 山地农业生物学报, 2003, 22 (1) 393~398.
- [41] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 43~74.
- [42] 董维惠, 侯希贤, 林小泉, 等. 黑线仓鼠种群动态预测研究. 生态学报, 1993, 13 (4) 300~305.
- [43] 董维惠, 侯希贤, 杨玉平, 等. 长爪沙鼠种群数量变动特征的研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15 (1) 88~91.
- [44] 周庆强, 钟文勤, 王广和. 密度因素在布氏田鼠种群调节中的作用. 兽类学报, 1992, 12 (1) 49~56.
- [45] 朱盛侃, 陈安国. 小家鼠生态特性与预测. 北京: 科学出版社, 1993. 118~271.
- [46] 董维惠, 侯希贤, 杨玉平. 子午沙鼠种群数量动态分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 2005, 16 (1) 23~25.