

# 哈尔滨郊区人为鼠疫疫源地鼠类 种群动态分析\*

李仲来

(北京师范大学数学系, 北京, 100875)

杨 岩 陈曙光

(黑龙江省卫生防疫站)

**摘要** 根据黑龙江省哈尔滨市郊区人为鼠疫疫源地 1952~1996 年达乌尔黄鼠密度监测资料, 建立了黄鼠密度的自回归模型  $D_t = 0.1374 + 1.1302D_{t-1} - 0.4754D_{t-2} + 0.8033D_{t-3} - 0.4680D_{t-4}$ , 对 1997~2000 年的密度进行了预测。1952~1980 年, 人工捕黄鼠率极为显著地影响黄鼠密度 ( $P < 0.001$ )。在该地区, 1982~1996 年共捕啮齿动物 6 种, 其中黄鼠和大仓鼠为野外优势种, 褐家鼠为室内优势种, 其余为常见种。大仓鼠、黑线仓鼠、黑线姬鼠均与夜行鼠总捕获率正相关 ( $P < 0.01$ ), 逐步回归模型为总捕获率 =  $0.5219 + 1.1733$  大仓鼠 +  $1.0312$  黑线仓鼠 +  $1.1273$  小家鼠 +  $0.9242$  褐家鼠 ( $P < 0.0001$ )。黄鼠密度与捕获率不相关 ( $P > 0.10$ )。

**关键词:** 人为鼠疫疫源地; 达乌尔黄鼠密度; 大仓鼠; 褐家鼠; 种群动态

**分类号:** Q 958.1.11

1950 年以前, 哈尔滨郊区基本上属于农区, 大部分土地已经开垦, 原始植被已被破坏, 但荒地和地格仍然与耕地交错成网, 坟地星罗棋布, 适宜达乌尔黄鼠 (*Spermophilus dauricus*, 简称黄鼠) 栖息。由于日本在该地区秘密建立细菌武器研制中心“731 部队”, 长期设立禁区, 在驻地周围强占土地, 驱逐居民, 致使大片农田荒芜, 杂草丛生, 加以起伏的自然地貌, 为黄鼠保持稳定的高数量创造了条件。1945 年 8 月 9 日, 日本在投降前夕, 为掩盖其向我国发动细菌战争的严重罪行, 将设在哈尔滨市南郊平房地区 (45°25'N, 126°40'E) 的“731 部队”细菌工厂炸毁, 致使大批染疫鼠蚤到处扩散, 传染了平房及其周围地区的鼠类, 引起了当地鼠间鼠疫流行并传染给人类, 并由此形成了国际上唯一的一块人为鼠疫疫源地。从地理位置上看, 该地区南西两面有金兀术运粮河, 东有阿什河, 北临松花江, 形成了一块相对独立的地区, 其中有鼠面积 64 305  $\text{hm}^2$ , 分布在 17 个乡镇, 252 个自然村屯。1950~1959 年在黄鼠、大仓鼠 (*Crice-tulus triton*)、褐家鼠 (*Rattus norvegicus*)、小家鼠 (*Mus musculus*) 鼠体上均分离出鼠疫菌。在当地政府领导下, 经 1957 年后进行持续地消灭黄鼠, 使黄鼠密度控制在一个较低的水平。再加上开荒、造林、兴修水利、平坟、城市建设等改造措施, 使原来

\* 国家自然科学基金资助项目 (39570638)

作者简介: 李仲来, 男, 1954 年生, 副教授

收稿日期: 1998-03-24, 修回日期: 1998-11-06

的自然景观逐渐变为文化景观,破坏了黄鼠的栖息环境,在 1962~1982 年,黄鼠密度一直低于 0.3 只/hm<sup>2</sup>,且未检出鼠疫菌。但是,在 1983~1996 年,又从黄鼠体中检出 27 份阳性血清,故该地区鼠疫疫源仍然存在。因此,对这种类型的人为鼠疫疫源地的鼠类种群进行分析,可加深对人类灭鼠和生态学灭鼠的认识,以及为人类反生物战提供一定的借鉴经验。关于黄鼠数量的变动已经做过研究的有费荣中等<sup>[1]</sup>、罗明澍等<sup>[2]</sup>、李仲来等<sup>[3,4]</sup>;在人为鼠疫疫源地地区,从医学角度的研究有纪树立<sup>[5]</sup>、邹立国等<sup>[6,7]</sup>、方喜业<sup>[8]</sup>,但未见黄鼠以及鼠类种群变动趋势的报道。本文对此进行了研究。

## 1 材料与方法

**黄鼠密度调查:** 监测地区位于黑龙江省哈尔滨郊区的松花江中游的南部,属于草原黑土地带东北中部草原景观区。气候属于大陆性气候,年最高气温 33.3、最低气温 -41.4,最高月降水 216.6 mm。全年结冰期约 5 个月,每年地面 11 月开始结冻,3 月开始融化,5 月中旬全部解冻。该地除沿江河有部分低洼草甸和部分军事用地外,所有土地已被开垦。在田埂、坟地、小块草甸、路基两侧主要生长的有羊草 (*Aneurolepidium chinense*)、茵陈蒿 (*Artemisia capillaris*) 等。土壤以黑钙土及变质黑钙土为主。

**1.1 调查方法** 1952~1981 年每年 4~9 月初,逢雨顺延(缺 1966~1971 年资料),当黄鼠完全出蛰后,采用 24 h 弓形夹法,样方以 1 hm<sup>2</sup> 为单位,按不同栖息地(耕地、荒地、坟地、水坝、道基)逐月调查。在样方内见黄鼠洞下夹,置夹于洞口,每 2 h 查看一次捕鼠情况,早晨和黄昏各一次。1981 年前按栖息地随机抽样(2~5) hm<sup>2</sup>,每年平均调查面积约为 530 hm<sup>2</sup>,调查黄鼠密度的均值作为年密度;1982 年后监测正规化,采用定点分层抽样,1982~1996 年每年平均调查面积约为 370 hm<sup>2</sup>,调查时间为每年 4 月、7 月,两次调查黄鼠密度的均值作为年密度(表 1)。

表 1 达乌尔黄鼠密度(只/hm<sup>2</sup>)

Table 1 Density of *Spermophilus dauricus* (No./hm<sup>2</sup>)

年份 Year	密度 Density	年份 Year	密度 Density	年份 Year	密度 Density	年份 Year	密度 Density
1952	18.10	1962	0.30	1978	0.13	1988	0.59
1953	21.15	1963	0.27	1979	0.02	1989	0.26
1954	12.67	1964	0.05	1980	0.04	1990	0.36
1955	15.00	1965	0.10	1981	0.05	1991	1.13
1956	17.60	1972	0.002	1982	0.29	1992	1.61
1957	5.00	1973	0.03	1983	0.36	1993	1.03
1958	0.40	1974	0.01	1984	0.48	1994	0.63
1959	1.76	1975	0.01	1985	0.36	1995	0.68
1960	1.05	1976	0.04	1986	0.57	1996	0.53
1961	0.96	1977	0.01	1987	0.36		

由于表 1 的黄鼠密度缺 1966~1971 年监测资料, 主要原因是在“文化大革命”期间, 鼠疫监测工作中断造成的。将 1965 年和 1972 年密度作等分插值, 得 1966~1971 年的密度依次为 0.086、0.072、0.058、0.044、0.030、0.016 只/hm<sup>2</sup>, 这样做的目的是为了保证数据的连续性。当然, 黄鼠密度不可能按照插值的规律变化。但由表 1 看出, “文化大革命”前两年(1964~1965 年)和“文化大革命”中(1972~1976 年)的黄鼠密度很低, 从当时的灭鼠记录可以看出, 灭鼠工作未间断, 黄鼠密度很低是比较可信的。夏武平曾指出, 文革期间鼠害研究受到的影响较小<sup>[9]</sup>。对鼠密度作自相关分析, 并求自回归模型。计算用 SAS 软件完成, 下同。

1.2 野外夜行鼠调查 1982 年后, 在上述同一监测区, 每年 4~9 月每月用 5 m 夹线法按不同栖息地(耕地、坟地、水坝、道基)逐月调查, 每月布夹 200 次, 总捕获率作为年捕获率(表 2)。

表 2 野外夜行鼠捕获率(%)

Table 2 Catch rate of night rodent in open country (%)

年份 Year	捕获率 Catch rate	大仓鼠 Cricetulus triton	黑线姬鼠 Apodemus agrarius	黑线仓鼠 C. barabensis	小家鼠 Mus musculus	褐家鼠 Rattus norvegicus
1982	6.74	2.83	1.50	2.08	0.33	0.00
1983	12.34	4.17	1.25	4.92	1.75	0.25
1984	13.25	7.33	2.25	3.00	0.25	0.42
1985	10.58	4.00	1.75	1.58	2.25	1.00
1986	5.42	4.25	0.83	0.17	0.00	0.17
1987	7.82	5.08	1.33	0.25	0.83	0.33
1988	6.49	4.00	1.08	1.33	0.00	0.08
1989	3.75	2.25	1.08	0.42	0.00	0.00
1990	5.25	2.17	0.83	1.25	0.58	0.42
1991	4.39	2.06	0.50	0.22	0.94	0.67
1992	4.50	1.50	0.89	0.50	0.61	1.00
1993	4.29	2.06	0.78	0.28	0.67	0.50
1994	4.74	1.80	1.67	0.07	0.67	0.53
1995	6.20	3.27	1.13	1.07	0.53	0.20
1996	4.67	1.87	0.60	0.27	0.20	1.73
$\bar{x}$	6.70	3.24	1.16	1.16	0.64	0.49
s	3.02	1.59	0.47	1.34	0.63	0.46

1.3 家栖鼠调查 1982 年后, 每年 4~9 月每月在室内布夹 200 次, 共布夹 1 200 次, 平均捕获率 2.36%, 其中褐家鼠占 80%, 小家鼠占 20% (数据略)。

## 2 结果与讨论

2.1 黄鼠密度分析 1949年以来,当地政府积极开展防治鼠疫工作。1951~1953年,灭鼠的重点主要放在家鼠上。有计划地开展灭黄鼠工作,始于1957~1958年。计算1952~1965、1972~1980年哈尔滨地区人工捕黄鼠在捕鼠总数中所占的比例与黄鼠密度间的回归模型为:黄鼠密度 $=9.8110 - 10.5977$ 人工捕黄鼠比例,  $r = -0.6859$ ,  $P = 0.0003$ ,故人工捕黄鼠比例极为显著地影响黄鼠密度。

由表1,黄鼠密度 $(\bar{x} \pm s) = (2.67 \pm 5.69)$ 只/ $\text{hm}^2$ ;由于黄鼠密度均大于5.0只/ $\text{hm}^2$ 或小于1.8只/ $\text{hm}^2$ ,故均值 $\bar{x}$ 不能反映种群密度的集中趋势。因变异系数 $cv = 213\%$ ,且最高年份(1953)密度21.15只/ $\text{hm}^2$ 是最低年份(1972)密度0.002只/ $\text{hm}^2$ 的10575倍,这是因为灭鼠前后黄鼠密度变化剧烈引起。

如果按年代计算黄鼠密度,50、60、70、80、90年代的 $(\bar{x} \pm s)$ 依次为 $(11.46 \pm 8.00)$ 、 $(0.46 \pm 0.44)$ 、 $(0.03 \pm 0.04)$ 、 $(0.34 \pm 0.19)$ 、 $(0.85 \pm 0.43)$ 只/ $\text{hm}^2$ 。由此看到,44年的黄鼠密度波动呈两头高、中间低,而50年代又明显分为两段:1952~1956年,密度为 $(\bar{x} \pm s) = (16.91 \pm 3.22)$ 只/ $\text{hm}^2$ ,经1957年灭鼠后,黄鼠密度明显下降;60、70、80年代的平均密度均小于0.5只/ $\text{hm}^2$ ,其主要原因是由于持续、大面积以防治鼠疫为目标进行灭鼠后,使黄鼠密度控制在一个较低的不足危害的水平;以及人类对自然环境的改造,使原来的自然景观逐渐变为文化景观,黄鼠分布已由连续的带状分布,改变为孤立的点状分布,故改造生态环境,也是控制黄鼠密度的根本措施之一。

黄鼠密度的自相关系数  $r(1) = 0.7899$ ,  $r(2) = 0.5586$ ,  $r(3) = 0.4890$ ,  $r(4) = 0.2994$ ,  $r(5) = 0.0732$ ,  $r(6) = 0.0193$ ,其余略去,其中 $r(i)$ 表示黄鼠密度在 $t$ 年份与 $t+i$ 年份的线性相关程度, $i$ 为滞后年份。求自回归模型 $A(p)$ : $p=1, 2, 3$ 时不收敛; $p=4$ 时, $AIC=205.446$ , $p=5$ 时, $AIC=206.085$ ,故取 $p=4$ ,且满足白噪声残差为独立的条件( $P>0.05$ ),模型为

$$D_t = 0.1374 + 1.1302D_{t-1} - 0.4754D_{t-2} + 0.8033D_{t-3} - 0.4680D_{t-4} \quad (1)$$

由黄鼠密度的自相关系数和自回归模型知道,在 $t$ 年黄鼠密度与前4年密度的相关关系密切,利用(1)式,预测1997~2000年的黄鼠密度依次为0.44, 0.63, 0.75, 0.79只/ $\text{hm}^2$ 。

虽然黄鼠每年繁殖一次,其种群动态波动不会太大,但灭鼠前后种群波动可能大。拟合其数量波动,曾采用分段直线拟合吉林省黄鼠种群动态<sup>[4]</sup>,采用分段Logistic曲线拟合察哈尔丘陵黄鼠种群数量波动<sup>[3]</sup>,如用这两种方法拟合表1数据,预测效果很差,故采用时间序列方法,这方面国内已有何森等<sup>[10]</sup>应用三次指数平滑拟合板齿鼠(*Bandicota indica*)种群数量等,但使用时间序列一般要求数据 $\geq 30$ 。从 $r(1) = 0.7899$ 和(1)式 $D_{t-1}$ 的系数看出,头一年黄鼠密度对第二年的影响最大。随着滞后年份 $i$ 的增加,自相关系数 $r(i)$ 的作用,即在 $t$ 年的黄鼠密度与 $t+i$ 年的密度的相关程度越来越小。

2.2 夜行鼠分析 从1982年后,布夹20700次,捕鼠1331只,捕获率6.43%。由表

1~2, 共捕啮齿动物 3 科 5 属 6 种, 除黑线仓鼠 (*C. barabensis*) 外, 其余 5 种均被列为重要的啮齿动物<sup>[11]</sup>。家栖鼠仅捕到 2 种, 褐家鼠为优势种, 小家鼠为次, 这与我 国城市家鼠组成的顺位一致<sup>[12]</sup>。从野外鼠种看, 除黄鼠外, 大仓鼠为优势种, 其捕获率 占总捕获率的一半 (47.9%); 黑线仓鼠 (17.5%) 和黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*, 16.5%) 为次优势种; 两种家栖鼠褐家鼠 (8.1%) 和小家鼠 (10.0%) 在野外所占比例 较小。由此得到, 该地区鼠主要分为 3 类。野外白天活动鼠类: 黄鼠; 野外晚间活动 鼠类: 大仓鼠、黑线仓鼠、黑线姬鼠; 野外和家栖鼠: 褐家鼠和小家鼠。

计算夜行鼠捕获率指标间的相关系数, 得到

总捕获率	大仓鼠	黑线姬鼠	黑线仓鼠	小家鼠	褐家鼠
1.000 0	0.820 7***	0.722 4**	0.830 9***	0.494 6*	-0.102 0
	1.000 0	0.658 4**	0.510 0*	0.065 4	-0.307 1
		1.000 0	0.470 0*	0.399 7	-0.247 9
			1.000 0	0.225 2	-0.232 1
				1.000 0	0.246 0
					1.000 0

其中 \*\*、\*、\* 依次表示  $P < 0.001$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.10$ , 余为  $P > 0.10$ 。由此 看出, 大仓鼠、黑线仓鼠、黑线姬鼠均与总捕获率正相关 ( $P < 0.01$ ), 它们之间呈一定 的正相关 ( $P < 0.10$ )。计算总捕获率与 5 种鼠的逐步回归模型, 入选和剔除变量的临界 值  $F = 2$ , 得总捕获率 =  $0.521 9 + 1.173 3$  大仓鼠 +  $1.031 2$  黑线仓鼠 +  $1.127 3$  小家鼠 +  $0.924 2$  褐家鼠,  $F = 192.10$ ,  $P = 0.000 0$ 。

2.3 夜行鼠总捕获率与黄鼠密度的关系  $r = -0.405 3$  ( $P = 0.133 9$ ), 因为黄鼠是白 天活动, 夜间偶尔出来觅食, 从表 2 看, 15 年捕获的野外夜行鼠中未捕到黄鼠, 故黄鼠 密度与捕获率无显著的相关关系 ( $P > 0.10$ )。

## 参 考 文 献

- 1 费荣中, 李景原, 商志宽, 杨清杰. 达乌尔黄鼠的生态研究. 动物学报, 1975, 21 (1): 18~29.
- 2 罗明澍, 钟文勤. 达乌尔黄鼠种群生态的一些资料. 动物学杂志, 1990, 25 (2): 50~54.
- 3 李仲来, 刘来福, 张耀星. 内蒙古察哈尔丘陵啮齿动物种群数量的波动和演替. 兽类学报, 1997, 17 (2): 118~124.
- 4 李仲来, 李书宝, 周方孝. 吉林省达乌尔黄鼠种群动态分析. 动物学杂志, 1998, 33 (1): 35~37.
- 5 纪树立主编. 鼠疫. 北京: 人民卫生出版社, 1988. 19, 41~42.
- 6 邹立国, 谢音凡, 杨岩. 哈尔滨地区人为鼠疫疫源地现状浅析. 中国地方病学杂志, 1988, 7 (6): 340, 343, 358.
- 7 邹立国, 姜宁, 张贺丽, 谢音凡. 哈尔滨郊区黄鼠鼠疫疫点分布特点调查. 中国地方病学杂志, 1991, 10 (5): 313~314.
- 8 方喜业主编. 中国鼠疫自然疫源地. 北京: 人民卫生出版社, 1990. 155~161.
- 9 夏武平. 我国五十五年来的兽类学. 动物学杂志, 1989, 24 (4): 45~49.
- 10 何淼, 林继球, 翁文英. 板齿鼠种群数量中长期预测的时间序列模型. 兽类学报, 1996, 16 (4): 297~302.

- 11 邓址. 啮齿动物的生态与防治. 北京: 北京师范大学出版社, 1989. 284 ~ 323.
- 12 李镜辉, 刘起勇, 杨庭祥. 全国部分城市家鼠鼠情监测三年结果分析. 中国鼠类防制杂志, 1988, 4 (4): 273 ~ 275.

## ANALYSIS ON POPULATION DYNAMICS OF RODENTS IN MAN-MADE PLAGUE FOCUSES OF HAERBIN SUBURBS

LI Zhonglai

(Department of Mathematics, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

YANG Yan CHEN Shuguang

(Sanitary and Antiepidemic Station of Heilongjiang Province)

**Abstract** According to the population of the rodents in man-made plague focuses of Haerbin suburbs, Heilongjiang Province of China in 1952 ~ 1996, the autoregression model of density of *Spermophilus dauricus* was obtained using time sequence method, i. e.  $D_t = 0.1374 + 1.1302D_{t-1} - 0.4754D_{t-2} + 0.8033D_{t-3} - 0.4680D_{t-4}$ . And the forecasting densities of them were given in 1997 ~ 2000. The densities of *S. dauricus* were influenced very significantly by the artificial rodenticide rates of them ( $P < 0.001$ ) in 1952 ~ 1980. There were six rodent species in this region from 1982 ~ 1996, with *S. dauricus* and *Cricetulus triton* as the outdoor dominant species, and *Rattus norvegicus* as the indoor. And the common species were others. There existed positive correlation relationship between the catch rate of night rodent and *C. triton*, and *C. barabensis*, and *Apodemus agrarius* respectively ( $P < 0.01$ ). The stepwise regression model was (the catch rate of night rodent) =  $0.5219 + 1.1733(C. triton) + 1.0312(C. barabensis) + 1.1273(Mus musculus) + 0.9242(R. norvegicus)$  ( $P < 0.0001$ ). There was not relationship between the density of *S. dauricus* and the catch rate of night rodent ( $P > 0.10$ ).

**Key words:** Man-made plague focuses; Density of *Spermophilus dauricus*; *Cricetulus triton*; *Rattus norvegicus*; Population dynamics