

长爪沙鼠种群数量与气象因子的关系

李仲来

(北京师范大学数学系, 北京, 100875)

张万荣

(内蒙古伊克昭盟地方病防治站)

Q 959.837

摘 要

根据内蒙古自治区伊克昭盟鄂托克旗和鄂托克前旗1975—1989年长爪沙鼠密度监测数据和本地区气象站的7项气象因子资料, 给出了气象因子与鼠密度的最优回归子集模型和标准回归模型。得到结论: 年降水是影响鼠数量变动的最重要的气象因子。求出了年降水与鼠密度的曲线回归模型。

关键词 长爪沙鼠; 种群数量; 气象因子; 最优回归子集; 曲线回归

沙鼠

长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)种群数量的变动, 在一定程度上受地理环境和气候条件的影响。夏武平等(1982)论述过降水是影响长爪沙鼠数量变化的重要气候条件。但系统地研究气候因素与长爪沙鼠种群数量动态的, 尚不多见。本文着重讨论气候因素与种群数量的几种关系。

材料与方 法

样地选在内蒙古自治区鄂托克旗查布苏木和鄂托克前旗布拉格苏木, 地处东经106°42'至107°45', 北纬38°10'至39°。根据土壤、地形、植被将调查区划分为4种栖息地类型: (1)短花针茅(*Stipa breviflora*)、隐子草(*Cleistogenes songorica*)为代表的沙砾质高平原台地。(2)油蒿(*Artemisia ordosica*)为代表的平缓沙地。(3)盐爪爪(*Kalidium gracile*)、白刺(*Nitraria sibirica*)、芨芨草(*Achnatherum Splendens*)为代表的盐湿凹地。(4)藏锦鸡儿(*Caragana tibetica*)台地。

在4种栖息地内, 1975—1989年每年春季4—5月, 秋季10—11月进行长爪沙鼠密度调查(缺1976、1978年调查资料)。样方以公顷为单位, 采用24小时弓形夹法将鼠捕尽, 对捕获只数进行登记。每年两次调查数据的均值作为鼠密度 y 。气象数据取自鄂托克前旗吉拉气象站。气象因子取: x_1 = 年均气温、 x_2 = 年均相对湿度、 x_3 = 年总降水量、 x_4 = 年均气压、 x_5 = 年均地表温度(0 cm)、 x_6 = 年蒸发量、 x_7 = 年日照。监测区在气象站半径为50km的范围内。数据见表1。

1. 基本统计分析 为比较鼠密度和各气象因素的变异程度, 求其变异系数(C.V.), 得鼠密度的C.V.最大, 且最高年份鼠密度是最低年份密度的540倍表明, 密度在不同年份波动变化剧烈。其次是年降水, 其C.V.在7个气象因素中居第一位, 且多雨年的年降

本文于1991年11月8日收到, 1992年9月9日收到修改稿。

2199

水(1985)是早年(1980、1982)的2.83倍。其余气象因子的C.V较小。

2. 种群密度与气象因子的最优回归子集 利用回归分析或逐步回归分析方法, 可以建立鼠密度 y 与气象因子 $x_1 \cdots x_7$ 的关系模型。从全回归角度, 可以研究气象因子与种群密度的几种关系。

表 1 1975—1989年长爪沙鼠密度和气象资料
Table 1 Density of *Meriones unguiculatus* and factors of meteorological phenomena in 1975—1989

年份 Years	鼠密度 (只/公顷) Yearly density of <i>Meriones unguiculatus</i> (No./ha)	年均气温 (°C) Yearly average temperature (°C)	年均相对湿度 (%) Yearly average relative humidity (%)	年降水 (毫米) Yearly rain fall (mm)	年均气压 (MB) Yearly average pressure (MB)	年均地面温度 (°C) Yearly average temperature in the field (°C)	年蒸发量 (毫米) Yearly evaporation (mm)	年日照 (HR) Yearly sunshine time (HR)
1975	59.75	7.6	56	195.7	864.0	10.1	2517.6	2919.8
1977	8.08	7.3	53	284.0	864.3	9.9	2362.0	2958.4
1978	12.76	7.6	49	267.3	864.0	10.2	2537.8	2868.7
1980	12.77	7.4	47	147.3	864.2	10.4	2769.4	3089.0
1981	0.84	7.2	50	218.1	864.7	10.1	2353.5	2664.2
1982	0.30	7.8	49	147.4	864.4	11.0	2611.5	2679.2
1983	2.40	7.4	51	198.2	864.7	10.0	2434.8	2472.3
1984	21.40	6.4	61	355.9	863.8	9.3	2179.6	2802.0
1985	118.00	7.1	51	417.2	863.8	10.1	2240.9	2855.5
1986	30.52	6.6	50	203.0	867.8	9.7	2388.3	3067.8
1987	57.30	8.4	45	181.5	867.3	11.1	2910.5	3103.7
1988	76.20	7.0	50	287.4	867.9	10.1	2357.4	2917.2
1989	162.00	7.3	57	350.4	867.6	10.7	2350.1	2874.0
\bar{x}	43.25	7.3	51	251.0	865.3	10.2	2462.6	2866.3
s	50.24	0.5	3	85.4	1.7	0.5	205.5	182.6
最小值 Mini- mum	0.30	6.4	45	147.3	863.8	9.3	2179.6	2472.3
最大值 Maxi- mum	162.00	8.4	57	417.2	867.9	11.1	2910.5	3103.7
C.V(%)	116.16	6.9	6	34.0	0.2	4.9	8.4	6.4

Note: \bar{x} —Mean s—Standard c.v—Coefficient of variance

取鼠密度 y 做为因变量, 气象因子 $x_1 \cdots x_7$ 为自变量, 则7个气象因子的一切可能的回归方程有 C_7^i ($i=1, 2, \cdots, 7$)个含 i 个气象因子的回归, 共有 $2^7 - 1 = 125$ 个可能的回归。从中找出一个最好的, 它所包含的因子的回归方程即为所求, 称为最优回归子集模型。

为节约篇幅, 我们仅写出含 i ($i=1, 2, \cdots, 7$)个因子中的最优回归模型, 结果见表2。表2是按回归模型中因子个数的多少依次排列的。例如, 表2中的(2), 其回归模型为

$$y = -644.2040 + 0.4817x_3 + 55.5010x_6$$

上式是从含有两个因子的21个回归模型中按残差平方和 Q , 选出最小的一个所得。其余类推。显著性检验: (1)、(6)、(7)为 $P < 0.05$, (2)—(5)为 $P < 0.01$ 。

为在表2中选出最优的回归模型, 我们据Aitkin(1974)提出的 R^2 充分集的范围选取。设

$$R_0^2 = 1 - (1 - R_1^2)(1 + pF_{\alpha}(p, n-p-1)/(n-p-1))$$

称满足 $R^2 > R_0^2$ 的集为充分集。在 R^2 充分集中的因子才有资格被选为最优子集。然后在满足该子集中选 R^2 (全相关系数)较大的, 且增加因子后, R^2 增加幅度很小(或 Q 减少幅

度很小),在此原则下,选出的即为最优回归模型。

表 2 1个气象因子的最优回归模型

Table 2 Optimum regression models of 1 meteorological phenomena factors

(i)	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	R^2 Coefficient of total correlation	Q Square sum of residues
(1)	-45.7141			0.3544					0.3628	19301.2
(2)	-644.2049			0.4817		55.5010			0.6180	11672.5
(3)	-9958.5580			0.4668	10.8918	44.9138			0.7412	7839.2
(4)	-11858.9700		7.7542	0.5551	12.6359		0.1772		0.8322	5081.8
(5)	-10810.2600		6.8025	0.5043	11.3792	26.7881	0.1066		0.8573	4322.4
(6)	-8720.3210	-42.8024	7.8193	0.5317	8.7970	49.7684	0.1728		0.8822	3688.0
(7)	-9078.3630	-46.9999	8.0892	0.5695	9.2155	47.7410	0.2010	-0.0144	0.8829	3545.9

在本模型中, $n=13$, $p=7$, $R^2=0.8829$, 取 $\alpha=0.05$, $F_{\alpha}(7,5)=4.88$, $R_0^2=1-(1-0.8829)(1+7\times 4.88/5)=0.0829$ 。因表 2 中 R^2 均大于 R_0^2 , 故(1)~(7) 均可选为最优子集。又 R^2 较大, 且 R_1^2, R_2^2, R_3^2 增加幅度很小(相邻的 R^2 之差小于 0.03), 故(4) 为最优回归模型。

若采用逐步回归, 引入和剔除气象因子的临界值均取 2, 其回归方程为

$$y = -10160.0200 + 5.0492x_2 + 0.3914x_3 + 10.8085x_4 + 48.6731x_5 \quad (8)$$

显著性检验: $P < 0.01$ 。

(8) 是一种局部最优的回归。与(4) 比较, 令相关系数 $R^2=0.8264$ 略低于(4) 的 $R^2=0.8322$, 且入选气象因子有一个与(4) 不同。故本文提供了一个局部最优且不是总体最优的逐步回归的例。

3. 最优标准回归模型 将表 1 数据做标准化处理后, 得最优标准回归模型为

$$y' = 0.5016x'_2 + 0.9434x'_3 + 0.4228x'_4 + 0.7248x'_5 \quad (9)$$

其中 x'_i ($i=2,3,4,6$) 与 y' 分别表示标准化因子。计算 x_i 与 y 的偏相关系数, 得 $r_{2y, \dots} = 0.7050^{**}$ ($P < 0.01$), $r_{3y, \dots} = 0.8365^{***}$ ($P < 0.001$), $r_{4y, \dots} = 0.7150^{**}$, $r_{5y, \dots} = 0.7252^{**}$, 这里 $r_{2y, \dots}$ 表示去掉气象因子 x_3, x_4, x_5 的影响后, x_2 与 y 的偏相关系数, 其余类推。

4. 年降水与鼠密度的曲线回归模型 由表 2 看出, 无论取几个气象因子的回归, 年降水 x_5 均入选; 又在最优回归模型中, 年降水与鼠密度的偏相关系数最大 ($P < 0.001$), 因此, 有必要考虑年降水与鼠密度的曲线回归。在 20 种曲线模型(花英, 1989) 中选取 F 值大的回归方程为

$$y = -3.13912 + 0.00067x_5^2 \quad (10)$$

显著性检验: $F = 6.98 > F_{0.05}(1, 11) = 4.84$ 。

虽然我们还可找出更高次的多项式回归方程, 但从实用角度考虑, 讨论略去。

结果与讨论

1. 十年九旱的鄂尔多斯荒漠草原, 年降水量的多少直接影响植物生长, 植物及其种籽是长爪沙鼠的食物, 因而食物条件的优劣则会影响该鼠自身数量的变化。从数量看, 最高年份 1989 年鼠数量是最低年份 1982 年的 540 倍, 变化区间为 $[0.32, 162]$ 表明,

该鼠数量变幅非常之大。若按照吉拉气象站从1969年建站到1989年的年降水数据,则 $\bar{x} \pm s = 270.7 \pm 78.0$ (毫米),按 $\bar{x} \pm s$ 将年降水年份分类,则早、正常,多雨年的年降水依次为 $x < 190$ 毫米、 $190 \text{毫米} \leq x \leq 350$ 毫米、 $x > 350$ 毫米。由表1,鼠密度最高的1985、1989年均多雨年,且早年1980、1982年的鼠密度也很低。又由于鼠密度与年降水正相关, $R = 0.6024 (P < 0.05)$,因此,在不考虑其它影响鼠密度的各种因素(如该鼠自身繁殖能力强、鼠疫动物病流行等)的前提下,年降水的多少在相当程度上左右着鼠密度,由年降水变幅较大引起鼠密度的波动范围较大。

2. 由于(1)在7个气象因子中,无论进行全部回归筛选,还是逐步回归,年降水因子均入选且显著影响鼠密度;(2)由于建立的最优回归模型单位不同,不能直接比较系数,我们求出了标准回归模型(9)后,得到年降水对鼠密度的系数0.9434最大且明显高于其它系数,又年降水与鼠密度的偏相关关系极为显著($P < 0.001$)表明,年降水作为预报长爪沙鼠密度的气象因子,所起的作用是举足轻重的。从年降水与鼠密度的曲线回归(10)看出,当年降水以平方速度增长时,即年降水越多,则鼠密度增长越快。

3. 光是一个重要的生态因子,它有多方面的作用(其中以太阳光为最重要)。实际上,长爪沙鼠为生存所必需的全部能量,都直接或间接地来源于太阳光,即日照。从全部回归筛选结果看,日照起的作用最少。又气温是一种经常起作用,到处起作用的气象因子,它是气象因子中最重要的因子之一。但在最优回归中,气温未能入选。由于水、热、光是生物最重要的气候因子,当它们的变化幅度在动物的适应范围时,它们对动物的影响很大程度上是间接的,即通过牧草生长的影响作用于食物条件,而气候因子对牧草的影响未必是线性的。即可能是非线性的。因此,日照和气温在模型中未入选,可能与我们给出的仅为线性模型及缺少植被数据引起。

根据多年观察证实,在食物条件优良的年份(如1984—1985年),即使在寒冷的冬季,长爪沙鼠也大量繁殖,这是因为其冬巢有适宜繁殖的小气候条件存在。在线性模型中,光与气温对长爪沙鼠密度的直接影响较小,但这二因子对植物生长有直接影响。在风调雨顺的好年景,光与气温在6—8月份对鄂尔多斯荒漠草原的植物生长有影响,在9月份对种籽植物成熟有直接影响。由表1,1984—1985年年降水在13年中最多,但年均气温分别为6.4、7.1℃均低于历年平均值7.3℃,且1984年在13年中最低,但年日照分别为2802.0、2855.5HR与历年平均值2866.3HR很接近,其它年份的年日照时数变化波动较大。由此表明,当连续两年降水充足,年均气温偏低且年日照时数稳定时,长爪沙鼠密度可能大发生。

4. 从最优回归和局部最优模型看,气象因子 $x_1 - x_6$ 对长爪沙鼠密度均有一定的作用,对其生存有一定影响,但绝不能代替其它因子对该鼠种群产生的影响。如鼠疫流行对鼠密度的影响,人工影响等均是不能忽略的。也就是说,仅由气象站所提供的数据是不足以解决全部鼠密度问题的。本文仅从气象因子角度,利用线性模型,从数量研究了对鼠密度影响的一个方面。而现实中的某些气象因子,对鼠密度的影响可能是非线性的。我们只是研究了气象因子与鼠密度的线性关系,又由于缺少植物调查数据,而以气象因子直接解释动物种群数量波动是个困难的问题。

5. 利用多元回归分析,我们建立了气象因子与种群动态的数学模型,且7个气象因子对鼠密度均有一定的影响。为了筛选因子,采用最优回归子集法,它是随着电子计算机技术的发展而产生的一套算法,目前已有取代逐步回归的趋势。利用该法,我们求

出了最优模型。从理论上讲应是较好的,但由于各种测量误差,所求的不一定是全局最优解。但在实际问题中,最优回归模型一般比别的回归方法得到的模型更好。

参 考 文 献

- 么枕生,丁裕国.1980.气候统计.气象出版社.
 方开泰,全辉,陈庆云.1988.实用回归分析.科学出版社.
 孙儒泳.1987.动物生态学原理.北京师范大学出版社.
 花 英.1989.计算机自动优选回归曲线方程.数理统计与管理,(6):39—40.
 夏武平,廖崇嘉,钟文勤,孙崇璐,田 云.1982.内蒙古阴山北部农业区长爪沙鼠的种群动态及其调节的研究.兽类学报,2(2):61—71.
 赵肯堂.1980.长爪沙鼠的生态观察.动态学杂志,4(4):166—167.
 秦长育.1984.长爪沙鼠的一些生态学资料.兽类学报,4(1):43—51.
 Aitkin M A. 1974. Simultaneous inference and the choice of variable subsets. Technometrics,18: 221—227.

ANALYSIS ON THE RELATION BETWEEN POPULATION OF *MERIONES UNGUICULATUS* AND FACTORS OF METEOROLOGICAL PHENOMENA

LI Zhonglai

(Beijing Normal University, Beijing, 100875)

ZHANG Wanrong

(Endemic disease control station of Yikezhao Meng)

Abstract

According to the population of *Meriones unguiculatus* and 7 factors data of meteorological phenomena in Etuoke qi and Etuoke qianqi of Yikezhao Meng, Inner Mongolia Autonomous region in 1975—1989, the optimum regression subsets of multiple linear regression analysis is conducted. The model of standard regression is also obtained. The conclusion is as following: Yearly rainfall is a main factors of meteorological phenomena affecting *Meriones unguiculatus* populations. The model of curve regression analysis between the yearly rainfall and the population of *Meriones unguiculatus* is given.

Key words *Meriones unguiculatus*; Population quantity; meteorological phenomena factors; Optimum regression subsets; Curve regression analysis