维普资讯 http://www.cqvip.com

300—305

953(2)

第13卷 第4期
1993年12月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol. 13, No. 4
Dec., 1993

黑线仓鼠种群数量动态预测研究

董维惠 侯希贤 林小泉 杨玉平 周延林

(中国农业科学院草原研究所,呼和浩特,010010)

Q959.837

A

摘 要 1984—1991年3—10月,每月中旬在中国农科院草原研究所试验场的不同牧草和作物地进行调查,1984—1991年共捕获鼠4093只,其中黑线仓鼠2920只(♂♂1675,♀♀1245)占71.34%。黑线仓鼠种群数量季节和年度变化明显。利用电子计算机对黑线仓鼠种群数量进行分析,提出种群数量繁殖指数和动态模型以及短、中、长期预测公式,预测准确率为90.0%。并对影响种群数量的因素进行了初步分析。

关键词: 黑线仓鼠,种群数量,预测。种群密度,种群动态;

黑线仓鼠(*Gricetulus barabensis*)是我国北方农牧业主要害鼠之一,有关该鼠生态学曾有过一些报道[1,2],但涉及其种群数量动态及预测尚未见报道。1984年—1991年,在对呼和浩特地区黑线仓鼠种群特征研究的基础上,深入研究了该鼠种群数量变动规律,并对种群数量变动进行了预测,现报告如下。

1 材料和方法

1984—1991年每年3—10月,每月中旬在呼和浩特郊区中国农业科学院草原研究所试验场的苜蓿地、沙打旺地等固定样方内利用直线夹日法调查(每月布放1500—2000夹日[2])。捕获的鼠全部称重、测量外形、解剖,观察繁殖情况。雌鼠怀孕以肉眼可见胚胎为准,记录胎仔数;雄鼠以睾丸是否下降和精子是否成熟为标准。数据输入电子计算机运算(本文记载的实际工作和预测截至1991年,记录的捕获鼠数统计截至1989年)。

2 结果与分析

2.1 黑线仓鼠种群数量变化

1984—1989年共捕获鼠4093只,其中黑线仓鼠2920只(♂♂1675,♀♀1245只),占71.34%,依据6a各月的捕获率制出图3。由图3看出该鼠种群数量季节和年度变化明显。1年中1、2月数量最低,3月开始回升[2],有两个高峰,后峰高于前峰。各年度前、后峰出现的时间不一致,前峰1985、1986年在6月,1988、1989年在5月,1987年在3月。后峰出现的时间也有年度差异。

黑线仓鼠种群数量年际变化较大,1984年最高,平均捕获率为6.92%±0.54%,1989年最低,为1.02%±0.13%,相差6.7倍。变化趋势表现为:1984年最高,1985—1986年开始下降,1987—1988年数量较少,处于相对稳定阶段,1989年最低。

2.2 黑线仓鼠繁殖指数的动态变化

繁殖指数是指整个繁殖过程中,某一时期内平均每只鼠可能增殖的数量[3],即:$I=NE/P$

式中,N为孕鼠数,E为平均胎仔数,P为总捕获鼠数。

本文于1992年2月13日收到,修改稿于1992年6月20日收到。

维普资讯 http://www.cqvip.com

1年中黑线仓鼠的繁殖指数不断变化，它不是一个常数。该鼠每年从11月到翌年3月，不繁殖（繁殖指数为零）。3—10月繁殖指数呈二次曲线变化，即 $I(t)=0.8317+0.7602t-0.0661t^2$，$r=0.4611$，$F=4.7262>F_{0.05}(1.35)=4.14$。

设繁殖指数对时间 t 的一阶导数为零，可求出当 $t=5.75$（月）时，黑线仓鼠在1年中的繁殖指数达到最大值，也就是说，黑线仓鼠在每年的5月末到6月初，繁殖指数达到最大值（图1），繁殖高峰出现在5月末6月初。由此看出，利用药物防治黑线仓鼠的有利时机，应在繁殖高峰（即5月）之前进行。

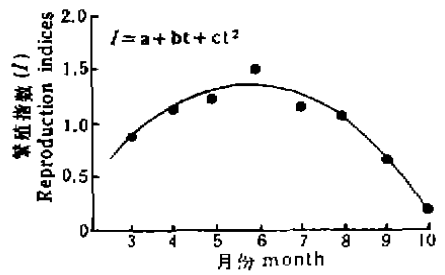

图1　1984—1989年黑线仓鼠繁殖指数的动态变化

Fig. 1　The dynamics of reproductive indices of striped hamster during 1984—1989

2.3　黑线仓鼠种群数量的月动态

2.3.1　月动态模型

由于黑线仓鼠夜间活动，洞口不明显，很难掌握单位面积内的绝对数量，只能用捕获率表示该鼠种群的相对数量。用1984—1989年4—10月每月的捕获率，经回归分析得到下列方程式：

$$N_{t-1}=0.8904+0.4021N_t+0.0904N_t^2$$

$$r=0.9440,\quad F=126.5918>F_{0.01}(1.31)=7.53$$

式中 t 为时间（月），N_t 为 t 月的捕获率，N_{t-1} 为 t 月后下一月的捕获率。该方程显示出生物种群数量变化所具有的记忆性效应，也显示出黑线仓鼠种群数量1年中变化的非线性特征[4]。式中的常数项表达了黑线仓鼠依靠其繁殖使数量增长，能够提供下月的捕获数量，即 $N_t=0$ 时，$N_{t-1}=0.8904$。这是因为 N_t 表示的是 t 时刻的捕获率，而非鼠的实际种群数量。式中一次项系数是一个重要的控制参量，它决定了种群数量的变化。作者根据各年捕获率经过计算机作出模拟，当一次项系数小于−1.06时，种群开始出现分岔现象，处于不稳定状态，即不可预测；在−1.06附近时，种群趋向于灭亡；当一次项系数大于0.43时，处于混沌状态，种群数量失控，呈现大发生；当一次项系数在−1.06至0.43之间时，种群数量处于缓慢增长的稳定状态。显然，在自然条件下，一次项系数完全由种群的自然属性（包括出生率、死亡率、迁入、迁出等）所决定的。该鼠属于数量比较稳定的种类，1984—1989年一次项系数一直在大于−1.06—0.43之间。

另外，该方程也可以作为预测模型，每当测得当月捕获率，即可预测下月的捕获率，其预测值与实测值比较（图2），可以看出是相当准确的。

2.3.2　当月捕获率与两月后捕获率的关系

将1984—1989年4—10月捕获率输入电子计算机，当月捕获率与两月后捕获率之间作回归分析，求得回归方程是：

$$Y=0.1208+1.132x\quad (r=0.9029>r_{0.01},df=25)$$

x 为当月捕获率，y 为两月后捕获率。用当月捕获率预测两月后捕获率的理论值与实测值比较见表1，回测值除了两个月（1987年9月和1988年9月）外，其他各月都与实测值相符，回测准确率为90.90%。用该方程对1990和1991年4—9月各月的捕获率进行预测（表1），预测值和实测值基本一致，预测准确率较高。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 种群密度预测理论值与实测值比较*

Table 1 The comparison between theoretical values and actual values of population densities

年、月 Year and month	理论值(%) Theoretical values ($\bar{y}$±95% confidence interval)	实测值(%) Actual values (y±95% confidence interwal)
1984. 8	6. 61±1. 09	6. 84±1. 11
9	7. 39±1. 15	7. 54±1. 61
1985. 6	2. 24±0. 65	3. 98±0. 86
7	3. 55±0. 81	4. 80±0. 94
8	4. 95±0. 95	4. 92±0. 95
9	5. 94±1. 04	5. 79±1. 02
1986. 6	1. 47±0. 53	2. 14±0. 63
7	2. 34±0. 66	1. 92±0. 60
8	2. 72±0. 71	2. 33±0. 66
9	2. 45±0. 68	3. 00±0. 75
1987. 6	0. 55±0. 32	1. 33±0. 50
7	1. 53±0. 54	1. 50±0. 53
8	1. 73±0. 57	1. 81±0. 58
9	1. 94±0. 60	0. 75±0. 38
1988. 6	1. 53±0. 54	1. 38±0. 51
7	2. 30±0. 66	2. 00±0. 61
8	1. 80±0. 58	1. 37±0. 51
9	2. 55±0. 69	0. 69±0. 36
1989. 6	0. 92±0. 42	0. 85±0. 40
7	1. 77±0. 57	1. 46±0. 53
8	1. 15±0. 46	1. 50±0. 53
9	1. 89±0. 59	0. 92±0. 42
1990. 5	1. 07±0. 58	0. 84±0. 52
7	1. 06±0. 58	0. 83±0. 52
8	1. 06±0. 58	0. 33±0. 32
1991. 6	2. 67±0. 91	2. 25±0. 84
7	1. 16±0. 61	1. 50±0. 69
8	2. 67±0. 81	1. 25±0. 63
9	1. 70±0. 37	1. 17±0. 61

* 1984—1989 年为回测值，1990—1991 年为预测值。
1984—1989 indicate returning values, 1990—1991 indicate predictive values.

表 2 9月或 10 月繁殖指数预测次年 4 月密度理论值与实测值比较*

Table 2 The comparison between theoretical values and actual values using reproductive indices in September or October to predict population densities in next April

年、月 Year and month	理论值(%) ($\bar{y}$±95%可信限) Theoretical values(%) ($\bar{y}$±95% confidence interval)	实测值(%) (y±95%可信限) Actual values (%) (y±95% confidence interval)
1985. 4	1. 49±0. 53	1. 75±0. 57
1986. 4	1. 42±0. 52	1. 11±0. 46
1987. 4	0. 39±0. 27	0. 35±0. 25
1988. 4	1. 20±0. 48	1. 16±0. 47
1989. 4	0. 59±0. 34	0. 66±0. 35
1990. 4	1. 29±0. 64	0. 84±0. 52
1991. 4	1. 15±0. 69	2. 25±0. 84

* 1985—1989 为回测值，1990—1991 为预测值。
1985—1989 indicate returning values, 1990—1991 indicate predictive values.

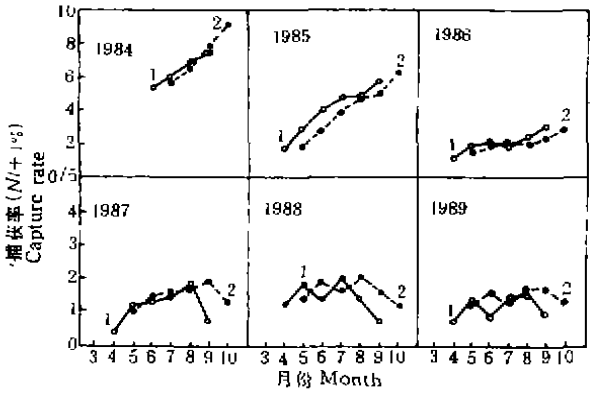

图 2 模型 $N_{t+1}=0.8904+0.4621N_t+0.0904N_t^2$ 理论值和实测值比较
1. 实测值 2. 理论值

Fig. 2 The comparison between theoretical val-ues and actual values of model $N_{t+1}=0.8904+0.4621N_t+0.0904N_t^2$
1. Actual values 2. Theoretical values

2.4 繁殖指数对种群动态的影响

2.4.1 用每年 9 月(1987 年为 10 月)的繁殖指数与翌年 4 月捕获率的关系，建立回归方程：

$$Y=1.4851-1.7595x$$

$$r=0.9267>r_{0.05},df=3$$

x 为当年 9 月(或 10 月)繁殖指数，Y 为翌年 4 月的捕获率。用当年 9 月繁殖指数预测翌年 4 月捕获率结果见表 2。

通过 1984—1991 年 8a 的观察，黑线仓鼠在呼和浩特地区，除 1987 年 10 月，仍有少部分雌鼠参加繁殖外，其他年份均停止繁殖。10 月至翌年 3 月不繁殖，在此阶段，种群数量变化取决于冬季死亡率的高低和 9 月仔鼠存活情况。由回归方程看出，在非灾害气候条件下，4 月的捕获率与上年 9 月(或 10 月)的繁殖指数呈正相关。显然，9 月的繁殖情况将对第 2 年 4 月的数量有决定性影响。

2.4.2 当年繁殖指数对下年种群动态的影响

将 1984—1989 年 3—10 月，各月繁殖指数与翌年 3—10 月各月捕获率输入电子计算机，作相关分析，将它们之间的相关系数矩阵

维普资讯 http://www.cqvip.com

列于表3。

表3　当年各月繁殖指数与次年各月捕获率的相关系数矩阵

Table3　The correlation matrix of monthly reproductive indices this year and monthly capture rates the next year

项目 Item		当年各月繁殖指数 Reproductive indices of different months this year						
		3 Mar.	4 Apr.	5 May	6 Jun.	7 Jul.	8 Aug.	9 Sep.
次年各月捕获率 Capture rates of different months the next year	4 Apr.	0.3544	0.2399	0.3590	−0.4614	0.0351	−0.5822	0.3061
	5 May.	0.2127	0.3332	0.4487	−0.4045	−0.0151	−0.5332	0.2326
	6 Jun.	−0.3474	0.7769	0.8254	−0.3737	−0.2364	−0.3229	−0.3208
	7 Jul.	0.3987	0.1940	0.6710	−0.3119	−0.0437	−0.5428	0.4049
	8 Aug.	−0.7839	0.9545	0.5186	−0.1901	−0.1190	−0.4149	−0.7808
	9 Sep.	−0.7620	0.9692	0.4099	−0.1442	−0.0964	−0.3838	−0.6605
	10 Oct.	−0.6705	0.8653	0.6692	−0.2882	−0.4420	−0.0006	−0.6685

由表3看出，当年4月繁殖指数与翌年8、9、10月的捕获率显著相关，求出下列回归方程：

8月　$Y = 1.1786 + 0.5545x$　$r = 0.9545 > r_{0.01}$

9月　$Y = -0.1307 + 1.4210x$　$r = 0.9692 > r_{0.01}$

10月　$Y = 0.5248 + 1.1789x$　$r = 0.8653 > r_{0.05}$

表4　4月繁殖指数预测次年8、9、10月密度理论值与实测值比较*

Table 4　The comparison between theoretical values and actual values using reproductive indices in April to predict population densities in next August or September or October

年、月 Year and month	理论值(%) Theoretical values ($\bar{y}$±95% confidence interval)	实测值(%) Actual values (y±95% confidence interval)
1986.8	2.39±0.61	2.33±0.60
9	2.98±0.75	3.00±0.75
10	3.11±0.73	2.77±0.69
1987.8	1.63±0.44	1.81±0.46
9	1.03±0.37	0.75±0.32
10	1.49±0.53	2.05±0.62
1988.8	1.35±0.44	1.37±0.44
9	0.31±0.20	1.12±0.38
10	0.89±0.36	0.90±0.36
1989.8	1.63±0.51	1.50±0.47
9	1.03±0.40	0.92±0.38
10	1.49±0.48	1.04±0.41
1990.8	2.03±0.80	—
9	2.04±0.80	0.33±0.32
10	2.33±0.85	—

*1986—1989为回测值，1990为预测值。

1986—1989 indicate returning values.

1990 indicate predictive values.

X为当年4月的繁殖指数，Y分别为翌年8、9、10月的捕获率。上述回归方程利用当年4月的繁殖指数预测翌年8、9、10月的捕获率，预测的理论值与实测值比较见表4。黑线仓鼠寿命较短，为什么当年4月的繁殖指数与下年8、9、10月的捕获率能显著相关？是正好巧合、还是有内在联系呢？作者分析连续几年都显著相关，说明有一定内在原因，有待深入探讨。

3　讨论

3.1　预测鼠类种群数量变化，可为防治提供依据，有重要的实用意义，已引起国内外学者重视。严志堂等[5,6]提前一年预测小家鼠的密度，洪朝长等提前2—3个月预测褐家鼠[7]和黄毛鼠[8]的密度。本文对黑线仓鼠种群数量能作出1个月、两个月、半年和一年半的短、中、长期预测。中、长期预测公式能够在秋季预测翌年4月的数量，可为防治提供依据，使防治工作更加主动。

3.2　本文对黑线仓鼠提出的预测公式经过回测，准确率为85.8%—95.9%，预测值准确率为90.0%。上述预测公式是在正常年份，

维普资讯 http://www.cqvip.com

主要根据黑线仓鼠种群调节因素而设计的。小家鼠、褐家鼠和黄毛鼠的预测公式也是在正常年份，只考虑了种群的调节因素。因为，在非灾害性气候条件下，利用种群繁殖指数预测翌年秋季的数量，从现象看，似乎不直接受气候、食物等外界条件的影响，实际上外界因子是通过种群内部因子的调节，如胎仔数、怀孕率等影响繁殖指数，而调节种群的数量。春季繁殖指数低，翌年秋季捕获率亦低。在正常年份，虽然经过冬季并没有改变这种相关关系。在非正常年份，如洪涝、雪灾等气候条件下，上述公式需进一步修正。

用怀孕率与两月后的捕获率作相关分析，相关不显著($r=0.6259<r_{0.05}, df=25$)；用胎仔数与两个月后的捕获率作相关分析，相关亦不显著($r=0.516<r_{0.05}, df=20$)。由此看出，虽然胎仔数、怀孕率与两月后的种群数量有一定关系，但不直接相关；而繁殖指数与两月后的捕获率则显著相关($r=0.9205>r_{0.01}, df=25$)。利用繁殖指数作短期预测时，不能准确预测出冬季(11月至翌年2月)的捕获率，显然是受气候影响的结果。冬季寒冷，黑线仓鼠很少出地面活动，因此不能准确预测，实际上，对冬季数量进行预测意义不大。

在山东省，黑线仓鼠种群数量季节消长与降水量呈显著负相关[9]。将1984—1989年呼和浩特地区黑线仓鼠种群数量季节变动与降水量的关系绘制成图3。

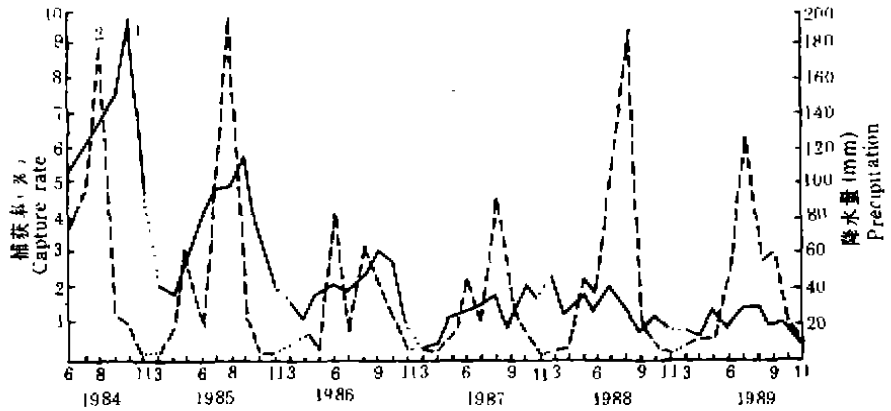

图3 黑线仓鼠种群密度与降水量的关系

1. 捕食率(%) 2. 降水量(mm)

Fig. 3 The relationship between populaton density and precipitation of striped hamster

1. Capture rate 2. Precipitation

由图3看出，呼市地区黑线仓鼠种群数量季节消长与降水量不呈负相关，而呈现出两者变化趋势基本相似。1984—1989年呼市地区虽然8月降雨量最多，集中了全年降水量的1/4—1/3，但未降暴雨，没有形成灾害性降雨。6a中，年降水量为200—400多mm(包括降雪)，8月降水量为60—190mm，未下过暴雨。而山东省日降水量可达62.3mm，形成暴雨，引起黑线仓鼠大批死亡。由此看出，在我国北方比较干旱的地区，如内蒙，正常年份，降水量一般不会成为影响鼠类数量季节消长的主要因素。

参 考 文 献

[1]董谦，武律. 旅大地区黑线仓鼠生态的初步观察. 动物学杂志，1966，(3)：108—110

[2]侯希贤，董维惠，张鹏利，杨玉平. 呼和浩特栽培牧草地黑线仓鼠生态学的调查. 中国草地，1989，(5)：53—58

[3]夏武平，廖崇惠，钟文勤，孙崇潞，田云. 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，1982，4

维普资讯 http://www.cqvip.com

(2):301—309
[4]Glark C W (ed). Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources. New York. 1976
[5]严志堂,李春秋,朱盛佩.小家鼠种群年龄研究及其预测的意义.兽类学报,1983,3(1):53—63
[6]严志堂,钟明明.小家鼠 *Mus musculus* 种群动态预测及机制探讨.兽类学报,1984,4(2):139—146
[7]洪朝长.褐家鼠种群年龄组成和种群动态预测.中国鼠类防治杂志,1987,3(3):133—136
[8]洪朝长,袁高林,郑本栋.黄毛鼠的种群动态研究及数量预测意见.兽类学报,1989,9(2):137—145
[9]卢浩泉,李玉春,张学栋.黑线仓鼠种群年龄组成及其季节消长的研究.兽类学报,1987,7(1):28—34

STUDIES ON THE POPULATION DYNAMICS AND PREDICTION IN STRIPED HAMSTER

Dong Wei-Hui Hou Xi-Xian Lin Xiao-Quan Yang Yu-Ping Zhou Yan-Lin

(*Institute of Grassland, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Huhehot*, 010010)

The population dynamics and the numbers prediction of striped hamster (*Cricetulus barabensis*) have been stuied in Huhehot from 1984—1991. The results obtained are as follows.

1. The regression equation of reproductive indices within one year is: $I_{(t)}=0.8371+0.7602t-0.0661t^2$, $r=0.4611$, $F=4.7262>F_{0.05(1,35)}=4.14$, where $I_{(t)}$ represents the reproductive indices in month t.

2. The regression equation of capture rates for months is: $N_{t-1}=0.8904+0.0421\ N_t+0.0904N_t^2$, $r=0.9439$, $F=126.59>F_{0.01(1,31)}=7.53$, where t and N_t represent the month and the capture rate of striped hamster in month t, respectively. The capture rate in the next month can be estimated by the capture rate in the present month.

3. $y=0.1208+1.2132x$ ($r=0.9209>r_{0.01}$, $df=25$), where x and y represent the capture rates in the present month and in the month after next month, respectively.

4. $y=1.4851-1.7595x$ ($r=0.967>r_{0.05}$, $df=3$), where y and x represent the capture rate of striped hamster in April next year and the reproductive indices in September or October of the present year, respectively.

5. $y_b=1.1786+0.5545x$ ($r=0.9545>r_{0.01}$)

$y_9=-0.1307+1.4210x$ ($r=0.9692>r_{0.01}$)

$y_{10}=0.5248-1.1789x$ ($r=0.8653>r_{0.05}$)

where y_8, y_9 and y_{10} represent the capture rates in August, September and October in next year, respectively, and x represents the reproductive indices in April this year.

These results showed that the values of prediction are close to the values actually found.

Key words: striped hamster (*Cricetulus barabensis*), population dynamics, prediction.