

贵州地区黑线姬鼠种群繁殖特征

杨再学^① 郭永旺^② 王 登^{③*} 雷邦海^④ 郑元利^⑤ 潘世昌^⑥ 周朝霞^⑦
龙贵兴^⑧ 李恩涛^⑨

① 贵州省余庆县植保植检站 余庆 564400; ② 全国农业技术推广服务中心 北京 100026; ③ 中国农业大学植物保护学院 北京 100193; ④ 贵州省凯里市植保植检站 凯里 556000; ⑤ 遵义市农业科学研究院 遵义 563102; ⑥ 贵州省息烽县植保植检站 息烽 551100; ⑦ 贵州省都匀市植保植检站 都匀 558000; ⑧ 贵州省大方县植保植检站 大方 551600;
⑨ 贵州省瓮安县植保植检站 瓮安 550400

摘要: 黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 是贵州地区分布广泛的主要农田害鼠之一, 掌握其种群繁殖特征可为种群动态的预测预报提供基础资料。1984 ~ 2014 年间, 采用夹夜法逐月调查了贵州省余庆县 8 个县(市) 监测点黑线姬鼠种群动态数据, 分析了其种群性比、雌鼠怀孕率和平均胎仔数、雄鼠睾丸下降率等主要繁殖生物学指标及其地理差异和季节性变动规律, 明确了贵州地区黑线姬鼠种群的繁殖特征。共捕获黑线姬鼠 20 113 只, 不同地区种群间, 除平均胎仔数有显著差异外 ($\chi^2 = 36.503$, $df = 7$, $P < 0.01$), 其他繁殖特征值均没有差异。从时间序列看, 种群中雌鼠怀孕率和雄鼠睾丸下降率的季节性变化均表现为春季(4 ~ 5 月)及夏末秋初(8 ~ 9 月)达到高峰的双峰型。雌鼠产仔数一般 2 ~ 10 只, 4 ~ 7 只最为常见(占 93.87%)。不同季节平均胎仔数差异不大。贵州地区黑线姬鼠繁殖的总体特点为全年繁殖, 春秋两季为繁殖的高峰期, 冬季(12 月份和翌年 1、2 月份)繁殖强度明显低于其他季节 ($F_{11,84} = 61.92$, $P < 0.01$), 但种群密度表现为 6 月达到最高点的单峰型特点。

关键词: 黑线姬鼠种群; 繁殖参数; 季节性特征; 贵州地区

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 06-939-10

Reproduction Characteristics of the Striped Field Mouse (*Apodemus agrarius*) Population in Guizhou Province

YANG Zai-Xue^① GUO Yong-Wang^② WANG Deng^{③*} LEI Bang-Hai^④ ZHENG Yuan-Li^⑤
PAN Shi-Chang^⑥ ZHOU Zhao-Xia^⑦ LONG Gui-Xing^⑧ LI En-Tao^⑨

① *Guizhou Yuqing Plant Protection Station, Yuqing* 564400; ② *National Agro-tech Extensions and Service Center, Beijing* 100026; ③ *College of Plant Pathology, China Agricultural University, Beijing* 100193; ④ *Guizhou Kaili Plant Protection Station, Kaili* 556000;
⑤ *Zunyi Academy of Agricultural Sciences, Zunyi* 563102; ⑥ *Guizhou Xifeng Plant Protection Station, Xifeng* 551100; ⑦ *Guizhou Duyun Plant Protection Station, Duyun* 568000; ⑧ *Guizhou Dafang Plant Protection Station, Dafang* 551600;

基金项目 中国-新西兰国际科技合作专项 (No. 2014DFG31760), 国家科技支撑项目 (No. 2012BAD19B02), 贵州省高层次创新人才培养项目 (黔科合人才[2015]4019号);

* 通讯作者, E-mail: wangdeng@cau.edu.cn;

第一作者介绍 杨再学, 男, 研究员; 研究方向: 鼠害研究和植物保护技术推广; E-mail: yzx@gzsh.org。

收稿日期: 2015-09-25, 修回日期: 2016-01-31 DOI: 10.13859/j.cjz.201606002

⑨ *Guizhou Wengan Plant Protection Station, Wengan 550400, China*

Abstract: Striped Field Mouse (*Apodemus agrarius*) distributes in Guizhou Province broadly, which is one of the key pest rodents in farmland. To better understand reproduction characteristics of the Striped Field Mouse population in Guizhou Province, we monitored the mouse populations in Yuqing, Xifeng, Cengong, Kaili, Leishan, Duyun, Wengan, Dafang counties from 1984 to 2014 (Table 1), assessed the reproduction parameters including sex ratio, pregnant rate of females, average fetuses and percent of males with prominent testicle, and analyzed the pattern of monthly variation of Striped Field Mouse in Guizhou. We totally trapped 20 113 mouse and made observation. There were no differences in the reproduction index between geographical populations except for average fetuses (Table 2). A two-peak type of breeding season was revealed by the monthly variation of female pregnant rate and percent of males with prominent testicle (Fig. 4). The highest proportion of pregnant females occurred in spring (from April to May) and in the end of summer to beginning of autumn (from August to September) (Fig. 3). The litter sizes varied from 2 to 10, with common size of 4 to 7 (Fig. 5). The average litter size varied monthly (Fig. 6). Generally, pregnant females were present at two peaks, one in spring and one in autumn. The proportion of pregnant females was lowest in winter (from December to February of next year). The population abundance reached the peak in June (Fig. 1).

Key words: Striped Field Mouse (*Apodemus agrarius*) population; Reproduction index; Seasonal characteristics; Guizhou Province

小型哺乳动物种群生态特征与栖息地环境因子间存在着错综复杂的相互关系, 环境因子对种群动态特征的影响既是相对固定的, 如一定纬度内不变的季节性气候条件及关联的食物供给影响 (Bieber et al. 2012), 也是随机的, 如不同纬度间或年际间气候差异和由此导致的食物供给差异影响 (Hille et al. 2014)。许多影响是通过相关因子对种群繁殖调节介导产生, 具明显的时间 (Medger et al. 2012) 和空间特征 (Hille et al. 2014)。一定纬度内的哺乳动物有固定的繁殖时期 (Nelson et al. 1992), 这是自然栖息地食物和水的供给、温度和光周期等环境因子每年的季节性变化对繁殖周期和精子发生调节的结果 (Adam et al. 1994)。水稻 (*Oryza sativa*) 成熟期和收获期明显影响南非乳鼠 (*Mastomys natalensis*) 繁殖启动和繁殖期长度, 在此期间, 雌鼠繁殖力迅速增强, 种群数量在 2 个月内即达到高峰, 随后繁殖力下降, 种群数量迅速回落 (Mulungu et al. 2013)。褐家鼠 (*Rattus norvegicus*) 和小家鼠 (*Mus musculus*)

若食物充足, 可长时间保持高繁殖力, 进而可引起种群数量爆发 (White 2002, Vadell et al. 2014)。经纬度的变化能显著影响许多动物的窝仔数, 进而影响其种群动态 (Chapman et al. 1973, Bronson 1979, Murie et al. 1980, Happold et al. 1992), 小尺度的海拔改变即能影响欧鼯 (*Myodes glareolus*) 的繁殖参数 (Hille et al. 2014)。

我国各地生态环境及气候差异较大, 可导致同种动物繁殖特征的地区差异。同一动物不同地区的繁殖生态学特征研究是全国乃至整个分布区范围内掌握其生态学特征的必要累积。同时, 啮齿动物繁殖力强, 受气候、食物等因素的影响变化迅速, 可引起种群数量的大起大落 (Fernandez-Salvador et al. 2005, Lima et al. 2006, Makundi et al. 2007, Thibault et al. 2010, Pinot et al. 2014)。掌握不同环境条件下有害啮齿动物的繁殖特点是对其种群爆发短期乃至中长期预警及制定合理防治策略的必要条件。

黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 分布于北

纬 26° 以北欧亚大陆大部分地区, 在我国分布于青藏高原以东除海南省及南海诸岛以外的广大地区以及新疆塔城、额敏和裕民部分地区, 是分布区内农田生态系统中的优势鼠种或优势种之一 (王昭孝等 1988, Smith 等 2009, 郑智民等 2012), 在贵州省分布区农田啮齿动物群落中占比可达到总鼠数的 62.57% ~ 64.88% (杨再学等 2006, 2011), 对当地农作物造成严重危害。在我国分布的黑线姬鼠分类学上可分为指名亚种 (*A. a. agrarius*)、长江亚种 (*A. a. ningpoensis*)、东北亚种 (*A. a. mantchuricus*) 及台湾亚种 (*A. a. insulaemus*) (王应祥 2003)。研究人员对不同地区黑线姬鼠相关特点进行了大量研究报道, 不同区域黑线姬鼠生物学, 生态学特征差别很大。从报道的种群繁殖特点来看, 不同亚种性比, 东北亚种雌鼠多, 而长江亚种和华北亚种雄鼠多于雌鼠 (王勇等 1994)。以雌鼠怀孕率和雄鼠睾丸下降率作为指标推断, 不同地区黑线姬鼠的繁殖期差异很大, 部分地区或同一地区某些年份 (暖冬) 可全年繁殖, 但大部分地区更普遍的繁殖期为 3 ~ 11 月; 不同地区的繁殖高峰期分布可表现为整个繁殖期 (3 ~ 11 月) 任何月份的单双峰型特征 (杨再学 2009)。另外, 不同亚种分布区内雌鼠平均胎仔数有一定的差异, 从时序特征上看, 同一地区年度间平均胎仔数亦有明显差异 (张洁 1989, 叶正襄等 1990)。

本文分析了 1984 ~ 2014 年期间贵州省余庆县等 8 个县 (市) 样点的农田害鼠监测调查数据, 旨在总结当地黑线姬鼠种群繁殖的相关规律, 为本地黑线姬鼠的预测预报和科学防治奠定基础, 同时丰富我国黑线姬鼠种群生态学基础资料。

1 研究方法

1.1 样点环境

调查样点分布于贵州省 5 个市 (州) 的 8 个县 (市) 境内, 样地均为贵州省农区鼠情固定监测站点 (表 1)。其中, 大方县位于黔西北部, 地势以丘陵为主, 农业以旱作为主, 有部分水稻田; 余庆县、息烽县、瓮安县和都匀市位于黔中地区, 地貌为山原丘陵盆谷, 农田面积较大, 水稻田为主, 有一定数量的旱地; 凯里市、雷山县和岑巩县位于黔东地区, 低山, 农田以水稻田为主。调查点旱地作物主要为玉米 (*Zea mays*)、小麦 (*Triticum aestivum*)、油菜 (*Brassica campestris*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum*)、果蔬等, 多为复种模式。整个调查期内, 调查布夹点作物类型和环境特征无明显改变, 调查点周边乡镇区域内无大规模统一灭鼠活动。

1.2 野外调查及数据收集

1984 至 2014 年间, 于调查监测区内, 分别选择作物面积不小于 60 hm² 稻田区和旱作

表 1 贵州省农田害鼠监测样点及监测时间

Table 1 Sites and duration of rodent monitoring in Guizhou Province

样点 Sites	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude (m)	调查时间 (月数) Monitoring duration (No. of months)
余庆县 Yuqing	107°25' ~ 108°20'	27°80' ~ 27°41'	400 ~ 1 386	1986 ~ 2014 (323)
息烽县 Xifeng	106°27' ~ 106°53'	26°57' ~ 27°19'	609 ~ 1 749	1986 ~ 2014 (326)
岑巩县 Cengong	108°20' ~ 109°03'	27°09' ~ 27°32'	330 ~ 1 360	1984 ~ 2014 (282)
凯里市 Kaili	107°40' ~ 108°12'	26°24' ~ 26°48'	532 ~ 1 447	1984 ~ 2014 (84)
雷山县 Leishan	107°55' ~ 108°22'	26°02' ~ 26°34'	480 ~ 2 178	1985 ~ 2011 (310)
都匀市 Duyun	107°70' ~ 107°47'	25°51' ~ 26°26'	540 ~ 1 961	1988 ~ 2014 (194)
瓮安县 Wengan	107°07' ~ 107°42'	26°53' ~ 27°29'	497 ~ 1 550	1996 ~ 2014 (209)
大方县 Dafang	105°15' ~ 106°08'	26°05' ~ 27°36'	796 ~ 2 285	1995 ~ 2014 (186)

区。于每月上中旬（5 ~ 15 日）各置 7 cm × 17 cm 木板夹 200 个，以花生仁作为诱饵，按夹距 5 m 沿田埂放置，晚放晨收。次日早晨检查鼠夹，鉴定捕获的鼠种，逐月记录黑线姬鼠的捕获量，性别以及体重、体长、耳长、尾长等指标，解剖观察雌鼠怀孕状况和雄鼠睾丸下降情况，记录怀孕雌鼠胎仔数。计算捕获率、雌雄鼠性比、雌鼠怀孕率及平均胎仔数、雄鼠睾丸下降率等指标。具体方法参考实验后期作者编写或参与编写的《贵州省农田鼠害监测与综合治理技术规范》（DB52/T415-1997）（杨再学等 1997）及《农区鼠害监测技术规范》（NY/T1481-2007）（郭永旺等 2008）。

1.3 数据分析

同一样点水稻田和旱地监测密度季节性（月份）变化差异使用非参数检验 Mann-Whitney *U* 检测。每个样点不同月份的捕获率及相关繁殖参数以调查年度内（表 1）同一月份的加权平均值计。不同样点的总体雌雄性比、雌鼠怀孕率、平均胎仔数、雄鼠睾丸下降率等种群繁殖参数进行 χ^2 检验。对于全省农田黑线姬鼠种群季节性繁殖参数变化规律统计，以 8 个样点的数据作为重复，进行单因素方差分析（One-way ANOVA），比较不同月份的捕获率、怀孕率、平均胎仔数、性比、睾丸

下降率的差异，对于方差不齐的采用 Welch's ANOVA 分析结果（ $P < 0.05$ ）。以上统计分析均使用 SAS9.1 软件完成。

2 结果

2.1 环境及地区密度差异

于贵州省余庆县等 8 个监测点共捕获黑线姬鼠 20 113 只，其中，雌鼠 9 819 只，雄鼠 10 294 只。8 个样点水稻田和旱地每月各 200 夹日，不同地点间同一月份捕获率无显著差异（ $Z = -1.126$, $P = 0.26$ ），故每个样点水稻田和旱地监测数据合并为整个监测点数据分析。不同地区种群性比及繁殖参数比较，除平均胎仔数有显著差异外，其他特征值均没有差异。整个贵州地区黑线姬鼠的雌雄性比为 0.95，岑巩县及凯里市雌鼠多于雄鼠，其余各地雌鼠均少于雄鼠（表 2）。

2.2 季节性变化规律

2.2.1 夹捕密度 贵州地区农田黑线姬鼠全年均可捕获，但 1 ~ 2 月份捕获率明显低于其他月份（ $F_{11,84} = 1.73$, $P = 0.0813$ ）。整个捕获趋势表现为自 3 月份始，捕获率逐渐升高，至 6 月达到最高点，此后捕获率逐渐下降，至冬季（次年 1 月）降至最低点（图 1）。

2.2.2 雌、雄性比 1984 ~ 2014 年间 1 914 个

表 2 贵州不同地区黑线姬鼠种群繁殖特征参数比较

Table 2 Reproduction index of the Striped Field Mouse populations in different sites of Guizhou Province

样点 Sites	雌雄性比 Sex ratio	雌性怀孕率 (%) Pregnant rate	平均胎仔数 Average fetus number	雄性睾丸下降率 (%) Percent of male with prominent testicle
余庆县 Yuqing	0.92	31.61	5.27	62.82
息烽县 Xifeng	0.99	39.40	4.85	67.80
岑巩县 Cengong	1.08	39.90	4.97	77.77
凯里市 Kaili	1.02	31.94	4.99	70.21
雷山县 Leishan	0.97	37.84	5.99	62.31
都匀市 Duyun	0.99	24.42	5.89	75.80
瓮安县 Wengan	0.86	35.27	5.21	59.53
大方县 Dafang	0.94	25.49	5.43	81.25
统计检验 Statistical test	NS	NS	**	NS

不同地区间比较，NS 为无显著差异，** $P < 0.01$ 。Among different sites, NS means no significant, ** $P < 0.01$ 。

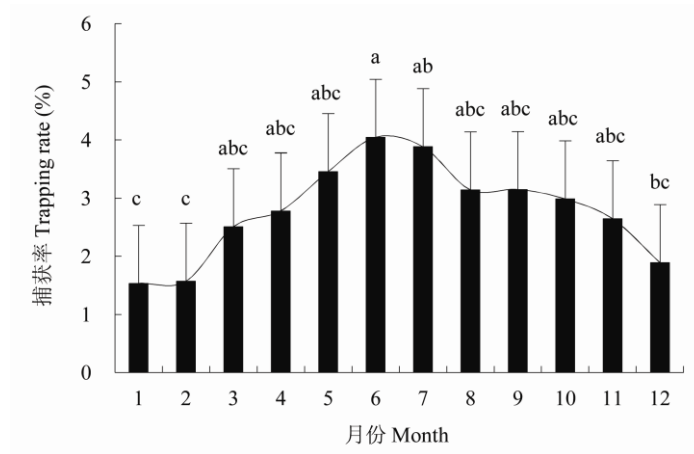


图 1 贵州地区黑线姬鼠不同月份的捕获率

Fig. 1 Trapping rate of the Striped Field Mouse each month in Guizhou Province

图中标相同字母的值表示无显著性差异，具不同字母的值间有显著性差异， $P < 0.05$ 。

Values with the same letters are not significantly different, whereas those with different letters are significantly different, $P < 0.05$.

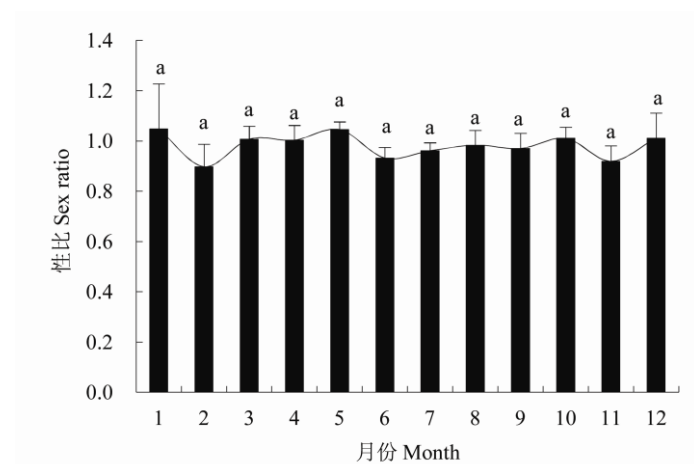


图 2 贵州地区黑线姬鼠不同月份的雌雄性比

Fig. 2 Sex ratio (females : males) of the Striped Field Mouse trapped each month in Guizhou Province

图中标相同字母的值表示无显著性差异，具不同字母的值间有显著性差异， $P < 0.05$ 。

Values with the same letters are not significantly different, whereas those with different letters are significantly different, $P < 0.05$.

月次，全年不同月份之间雌、雄个体数量无显著性差异 ($F_{11,84} = 0.66$, $P = 0.7613$, 图 2)。

2.2.3 雌鼠怀孕率 贵州地区黑线姬鼠雌鼠年平均怀孕率为 $34.27\% \pm 5.97\%$ ，月怀孕率呈现明显的双峰型季节波动性 ($F_{11,84} = 61.92$, $P < 0.0001$)，冬季 (12 至翌年 2 月) 怀孕率显著低于其他月份，其中，1 月的凯里市、雷山县、

瓮安县、都匀市及大方县，2 月的岑巩县、都匀市及大方县，及 12 月的岑巩县、凯里市、都匀市、大方县均未捕获怀孕鼠；春季 (4~5 月) 及夏末秋初 (8~9 月) 的怀孕率显著高于其他月份 (图 3)。

2.2.4 雄鼠睾丸下降率 以睾丸下降作为雄鼠发情特征，贵州地区雄性黑线姬鼠全年均可发

情，但季节间睾丸下降率差异明显 ($F_{11,84} = 11.47, P < 0.0001$)，也呈现双峰特征，冬季(12、1和2月)睾丸下降率显著低于其他月份，春季(4~5月)及夏末秋初(8~9月)睾丸下降率最高，但与除11月及整个冬季(12、1和2月)以外的其他月份间差异不明显(图4)。

2.2.5 雌鼠平均胎仔数 1984~2014年间，共夹捕解剖3365只怀孕黑线姬鼠，其胎仔数分

布表现为正态分布，整个地区孕鼠平均胎仔数为 (5.28 ± 0.42) 只，胎仔数变幅为2~10只，以4~7只最为常见，可占总孕鼠数的93.38% (图5)。不同季节胎仔数差异不大 ($F_{11,29} = 0.69, P = 0.7348$)。其中，仅冬季1月份平均胎仔数与其他月份有显著差异，其他月份间均无显著差异(图6)。

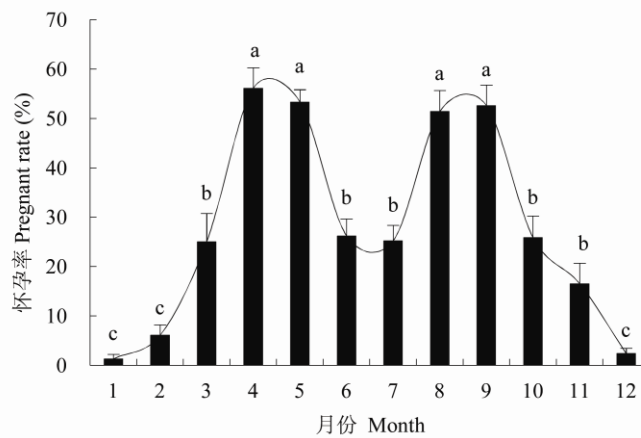


图3 贵州地区黑线姬鼠不同月份的怀孕率

Fig. 3 Pregnant rate of female Striped Field Mouse each month in Guizhou Province

图中标相同字母的值表示无显著性差异，具不同字母的值间有显著性差异， $P < 0.05$ 。

Values with the same letters are not significantly different, whereas those with different letters are significantly different, $P < 0.05$.

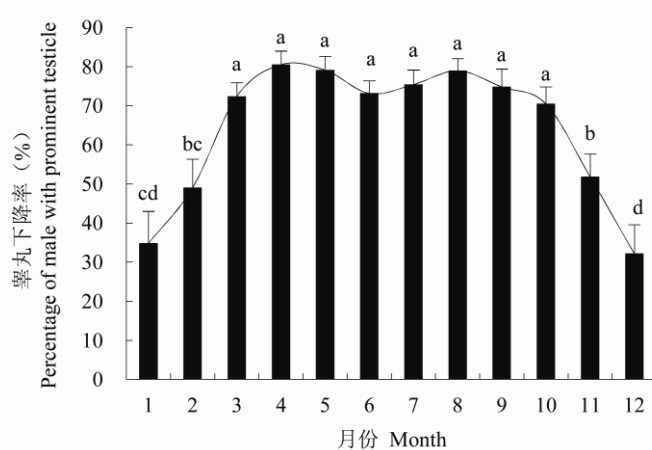


图4 贵州地区黑线姬鼠不同月份雄鼠的睾丸下降率

Fig. 4 Percentage of male Striped Field Mouse with prominent testicle each month in Guizhou Province

图中标相同字母的值表示无显著性差异，具不同字母的值间有显著性差异， $P < 0.05$ 。

Values with the same letters are not significantly different, whereas those with different letters are significantly different, $P < 0.05$.

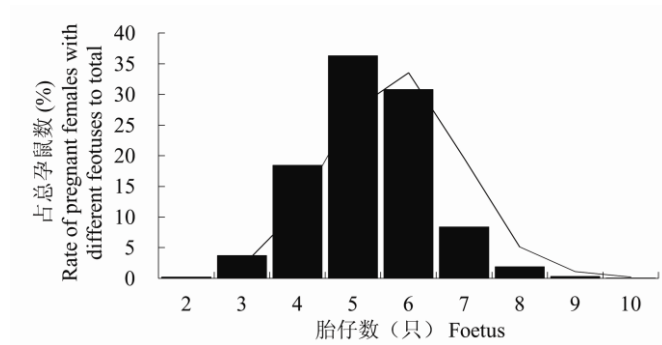


图5 贵州地区怀孕不同胎仔数目母鼠的数量分布

Fig. 5 Percent of pregnant females with different fetuses in Guizhou Province

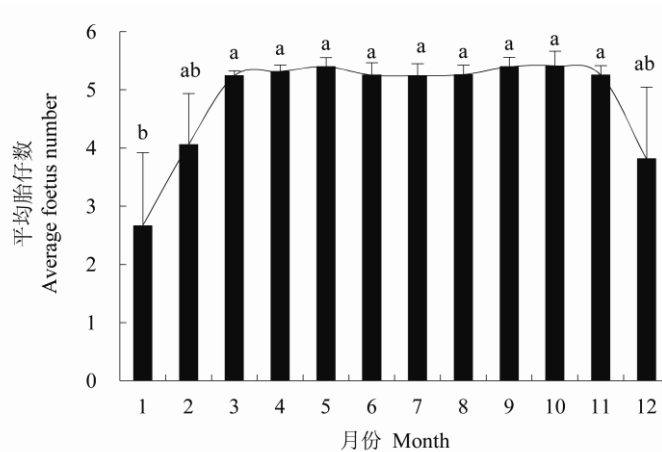


图6 贵州地区黑线姬鼠不同月份怀孕雌鼠的平均胎仔数

Fig. 6 Average litter foetus size of female Striped Field Mouse each month in Guizhou Province

图中标相同字母的值表示无显著性差异，具不同字母的值间有显著性差异， $P < 0.05$ 。

Values with the same letters are not significantly different, whereas those with different letters are significantly different, $P < 0.05$.

3 讨论

黑线姬鼠在我国的分布非常广泛，其季节性繁殖规律差异较大。在我国北方地区黑线姬鼠繁殖期较短，一般为4~10月，更北则为5~9月，12月至翌年2月为繁殖休止期，繁殖强度呈单峰型曲线，繁殖高峰多出现于6~9月（罗泽珣 1963, 范维等 1985, 王勇等 1994）；长江流域及以南地区的繁殖期多为3~11月，有的地区全年均可繁殖，繁殖高峰多出现于3~5月和8~10月，繁殖强度呈双峰型曲线（祝龙彪等 1982, 叶正襄等 1990, 谭向红等 1991,

朱盛侃等 1991, 王勇等 1994, 张夕林等 1994, 王华弟 1998)。依据全国动物地理区划，贵州属东洋界中印亚界，境内大部分地区属华中区的西部山地高原亚区，只西部一隅属西南区的西南山地亚区，两者的分界线为金沙的清池 - 大方 - 六枝 - 关岭的永宁 - 兴义的七舍一线（黎道洪等 1999）。除大方外，其余各调查点农田害鼠优势种均为黑线姬鼠。不同采样点间，其生殖特征参数除平均胎仔数有显著差异外，其余均无明显差异。可以认为贵州地区黑线姬鼠的生殖特点无地理差异性，从欧䟽生殖特征受海拔影响（Hille et al. 2014）推断，黑线姬鼠

在贵州省分布区内微环境,尤其是海拔可能无明显差异。从时间序列看,贵州地区黑线姬鼠繁殖的总体特点为可全年繁殖,但不同季节的繁殖强度差异较大,呈现明显的双峰型特点,春夏两季为繁殖的高峰期,冬季(12、1和2月)繁殖强度明显低于其他季节。黑线姬鼠繁殖特征的地区差异可能受当地气候因子、食物条件和环境条件等因素影响,明确的规律需要长期的害鼠及可能相关因子的监测数据分析。

有效性比和密度影响动物的交配竞争、繁殖策略以及婚配制度(Reynolds 1990, Alonso-Pimentel et al. 1996, Jirotkul 1999)。当有效性比偏离 1:1 时,配偶竞争强度加大(Kvarnemo et al. 1995, Parker et al. 1996),其交配,繁殖参数等可能会受到影响。贵州不同地区及不同季节间黑线姬鼠的雌雄性比表现为良好的稳定性,都基本接近 1:1,这进一步支持贵州地区黑线姬鼠可全年繁殖的特征。

雌鼠怀孕率和平均胎仔数直接影响种群新生鼠数量。贵州地区黑线姬鼠的平均胎仔数地区性差异明显(表 2),但不表现为我国黑线姬鼠胎仔数随纬度增加而增加的地理差异特征规律(张知彬等 1991, 杨再学等 2007);平均胎仔数的季节性差异,除冬季外,其他月份差异均很小,结合雌鼠怀孕率存在年度内明显的双峰型特征,该区农田黑线姬鼠的密度应呈现相应的年度双峰型规律,但从夹捕密度的月份变化规律来看,其表现为 6 月达到最高点的单峰型。夏末秋初(8~9 月)的高怀孕率,为何没有导致种群随后密度的增加,需要进一步的研究。

致谢 本研究得到了贵州省多个县(市)植保机构的数据支持,感谢本研究中参与鼠情监测调查的相关技术人员多年的辛勤劳动。

参 考 文 献

- Adam C L, Robinson J J. 1994. The role of nutrition and photoperiod in the timing of puberty. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 53(1): 89-102.
- Alonso-Pimentel H, Papaj D R. 1996. Operational sex ratio versus gender density as determinants of copulation duration in the walnut fly, *Rhagoletis juglandis* (Diptera: tephritidae). *Behavioral Ecology & Sociobiology*, 39(3): 171-180.
- Bieber C, Juškaitis R, Turbill C, et al. 2012. High survival during hibernation affects onset and timing of reproduction. *Oecologia*, 169(1): 155-166.
- Bronson M T. 1979. Altitudinal variation in the life history of the golden-mantled ground squirrel (*Spermophilus lateralis*). *Ecology*, 60(2): 272-279.
- Chapman J A, Lind G S. 1973. Latitude and litter size of the California ground squirrel, *Spermophilus beecheyi*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 72(2):101-105.
- Fernandez-Salvador R, Ventura J, Garcia-Perea R. 2005. Breeding patterns and demography of a population of the Cabrera vole, *Microtus cabreræ*. *Animal Biology*, 55(2): 147-161.
- Happold D C D, Happold M. 1992. The ecology of three communities of small mammals at different altitudes in Malawi, Central Africa. *Journal of Zoology*, 228(1): 81-101.
- Hille S M, Rödel H G. 2014. Small-scale altitudinal effects on reproduction in bank voles. *Mammalian Biology*, 79(2): 90-95.
- Jirotkul M. 1999. Operational sex ratio influences female preference and male-male competition in guppies. *Animal Behavior*, 58(2): 287-294.
- Kvarnemo C, Forsgren E, Magnhagen C. 1995. Effects of sex ratio in intra-and inter-sexual behavior in sand gobies. *Animal Behavior*, 50(6): 1455-1461.
- Lima M, Previtali M A, Meserve P L. 2006. Climate and small rodent dynamics in semi-arid Chile: the role of lateral and vertical perturbations and intra-specific processes. *Climate Research*, 30(2): 125-132.
- Makundi R H, Massawe A W, Mulungu L S. 2007. Breeding seasonality and population dynamics of three rodent species in the Magamba Forest Reserve, Western Usambara Mountains, north-east Tanzania. *African Journal of Ecology*, 45(1): 17-21.
- Medger K, Chimimba C T, Bennett N C. 2012. Reproductive photo responsiveness in male spiny mice from South Africa. *Journal of*

- Zoology, 286(4): 243–249.
- Mulungu L S, Ngowo V, Mdangi M, et al. 2013. Population dynamics and breeding patterns of multimammate mouse, *Mastomys natalensis* (Smith 1834), in irrigated rice fields in Eastern Tanzania. *Pest Management Science*, 69(3): 371–377.
- Murie J O, Boag D A, Kivett V K. 1980. Litter size in Columbian ground squirrels (*Spermophilus columbianus*). *Journal of Mammalogy*, 61(2): 237–244.
- Nelson R J, Kita M, Blom M C, et al. 1992. Photoperiod influences the critical caloric intake necessary to maintain reproduction among male deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *Biology of Reproduction*, 46(2): 226–232.
- Parker G A, Simmons L W. 1996. Parental investment and the control of sexual selection: Predicting the direction of sexual competition. *Proceedings of Royal Society of London: B*, 263(1368): 315–321.
- Pinot A, Gauffre B, Bretagnolle V. 2014. The interplay between seasonality and density: consequences for female breeding decisions in a small cyclic herbivore. *BMC Ecology*, 28(14): 17–29.
- Reynolds J D, Gross M R. 1990. Costs and benefits of female mate choice: is there a lek paradox. *American Naturalist*, 136(2): 230–243.
- Thibault K M, Ernest S K M, White E P, et al. 2010. Long-term insights into the influence of precipitation on community dynamics in desert rodents. *Journal of Mammalogy*, 91(4): 787–797.
- Vadell M V, Villafane I E G, Cavia R. 2014. Are life-history strategies of Norway rats (*Rattus norvegicus*) and house mice (*Mus musculus*) dependent on environmental characteristics? *Wildlife Research*, 41(2): 172–184.
- White T C R. 2002. Outbreaks of house mice in Australia: limitation by a key resource. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53(5): 505–509.
- 范维, 崔文富, 张宝森, 等. 1985. 绥芬河地区鼠类生态学调查. *动物学杂志*, 20(4): 8–12.
- 郭永旺, 邵振润, 杨再学, 等. 2008. 农区鼠害监测技术规范 (NY/T1481-2007). 中华人民共和国行业标准.
- 黎道洪, 罗蓉, 宋锡章. 1999. 贵州省啮齿动物地理区划. *动物学报*, 45(3): 268–278.
- 罗泽珣. 1963. 大兴安岭及三江平原黑线姬鼠的种群年龄组成. *动物学报*, 15(3): 382–396.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 153–154.
- 谭向红, 蒋光藻, 倪健英. 1991. 黑线姬鼠种群特征及数量变动规律研究. *西南农业学报*, 4(4): 80–83.
- 王华弟. 1998. 农田黑线姬鼠发生规律与防治技术. *植物保护学报*, 25(2): 181–186.
- 王应祥. 2003. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版社, 195–196.
- 王勇, 陈安国, 李波, 等. 1994. 洞庭平原黑线姬鼠繁殖特性研究. *兽类学报*, 14(2): 138–146.
- 王昭孝, 吕太富, 廖子书, 等. 1988. 贵州省农区区和住宅区鼠类调查. *中国鼠类防制杂志*, 4(3): 205–207.
- 杨再学. 2009. 中国黑线姬鼠及其防治对策. 贵阳: 贵州科技出版社, 67–112.
- 杨再学, 金星. 2006. 贵州省农区鼠害监测结果与灾变规律分析. *山地农业生物学报*, 25(3): 197–202.
- 杨再学, 金星, 刘晋, 等. 2011. 贵州省 1984 ~ 2010 年农区鼠情监测结果分析. *农学报*, 1(7): 11–17.
- 杨再学, 金星, 沈仲宁, 等. 1997. 贵州省农田鼠害监测与综合治理技术规范 (DB52/T415-1997). 贵州省地方标准.
- 杨再学, 郑元利, 金星. 2007. 黑线姬鼠 (*Apodemus agrarius*) 的种群繁殖参数及其地理分异特征. *生态学报*, 27(6): 2425–2434.
- 叶正襄, 汪笃栋, 龙丘陵, 等. 1990. 安义农区黑线姬鼠种群繁殖生态研究. *江西农业学报*, 2(2): 63–69.
- 张洁. 1989. 北京地区黑线姬鼠种群年龄和繁殖的研究. *兽类学报*, 9(1): 41–47.
- 张夕林, 张治, 徐树高, 等. 1994. 农田黑线姬鼠发生规律及防治研究初报. *中国媒介生物学及控制杂志*, 5(1): 57–59.
- 张知彬, 朱靖, 杨荷芳. 1991. 中国啮齿类繁殖参数的地理变异. *动物学报*, 37(1): 36–46.

郑智民, 姜志宽, 陈安国. 2012. 啮齿动物学. 2 版. 上海: 上海交通大学出版社, 106-107.

朱盛侃, 秦知恒. 1991. 安徽淮北农区黑线姬鼠种群动态的分析.

兽类学报, 11(3): 213-219.

祝龙彪, 钱国桢. 1982. 黑线姬鼠种群的年龄结构及种群更新的研究.

兽类学报, 2(2): 211-217.