

海南岛黎母山四眼斑水龟种群密度与空间分布格局

龚世平^{①②③} 史海涛^{①*} 陈川^① 谢才坚^① 徐汝梅^②

(^①海南师范大学生物学系 海口 571158; ^②北京师范大学生命科学学院 北京 100875;

^③华南濒危动物研究所广东省野生动物保护与利用公共实验室 广州 510260)

摘要: 2004年3~7月,采用系统抽样法在海南岛黎母山对四眼斑水龟(*Sacalia quadriocellata*)种群密度与空间分布进行了调查,采用Cassie指数、David & Moore指数、Morisita指数和Lloyd指数测定了四眼斑水龟种群空间分布格局。结果表明:(1)四眼斑水龟种群分布于海拔170~470 m范围内,在垂直梯度上呈现不连续的分布状态;(2)在海拔170~470 m范围内种群相对密度为0.011~0.050只/笼捕日;(3)种群空间分布呈现聚集分布格局;(4)资源的空间分布特点和人为干扰可能对四眼斑水龟种群密度及空间分布格局有重要影响。

关键词: 四眼斑水龟 种群密度 空间分布格局 海南岛

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)06-54-06

Population Density and Spatial Distribution Pattern of *Sacalia quadriocellata* on Limu Mountain of Hainan Island, China

GONG Shi-Ping^{①②③} SHI Hai-Tao^① CHEN Chuan^① XIE Cai-Jian^① XU Ru-Mei^②

(^① Department of Biology, Hainan Normal University, Haikou 571158;

^② College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875; ^③ Guangdong Public Laboratory

for Wildlife Conservation and Wise Use, South China Institute of Endangered Animals, Guangzhou 510260, China)

Abstract: Population density and spatial distribution pattern of *Sacalia quadriocellata* was studied by regular sampling conducted from March to July of 2004 in Limu Mountain, Hainan Island. Four indices, Cassie index, David & Moore index, Morisita index, and Lloyd index, were used to evaluate the aggregative degree of *S. quadriocellata*. Populations of *S. quadriocellata* are scatteredly found at elevations between 170–470 m with a discontinuous pattern. The relative population density is 0.011–0.050 ind./cage-day. The populations are spatially aggregated in their distribution range. Human disturbance and uneven distribution of the natural resources may affect the population density and spatial distribution pattern.

Key words: *Sacalia quadriocellata*; Population density; Spatial distribution pattern; Hainan Island

四眼斑水龟(*Sacalia quadriocellata*)属于淡水龟科(Bataguridae)眼斑龟属(*Sacalia*)动物,主要分布于我国的海南、广西、广东、江西等省,国外分布于越南、老挝等地^[1,2]。近些年来,由于栖息地破坏、过度猎捕和非法龟贸易等原因^[3,4],导致四眼斑水龟栖息环境不断恶化,种群数量急剧下降,已被列为濒危物种^[5]。迄今,

对该物种的研究报道包括生态^[6,7]、生理解

基金项目 香港嘉道理农场暨植物园(KFBC)华南生物多样性保育项目,国家自然科学基金项目(No.30260019);

* 通讯作者, E-mail: shi-tao-shi@263.net;

第一作者介绍 龚世平,男,博士;主要从事动物生态学和保护生物学研究; E-mail: gsp621@sohu.com.

收稿日期 2006-05-19, 修回日期 2006-09-08

剖^[8-10]、养殖^[11,42]和分布^[1,44]等方面,但已有的生态学研究仍然不够全面和深入,在种群密度和空间分布格局方面的研究尚未见报道。

种群密度与空间分布格局是种群生态学研究的重要内容。种群密度是反映种群消长以及资源蕴藏量的重要指标,也是评估物种濒危程度的重要指标^[15],空间分布格局能够揭示种群的空间结构,是了解种群的生物学特点、种群与环境的关系、种群结构、动态和调节机制的重要基础^[16]。因此,研究种群密度与空间分布格局对濒危物种科学评估、保护和管理具有重要的理论指导意义。海南岛是四眼斑水龟重要的分布区之一,也是我国淡水龟类保育方面具有优先性的地区^[17]。鉴于此,作者于2004年3~7月,在海南岛黎母山对四眼斑水龟的种群密度与空间分布格局进行了调查研究。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

黎母山是我国珍稀的原始热带雨林保护区之一,位于北纬 $19^{\circ}07' \sim 19^{\circ}14'$,东经 $109^{\circ}39' \sim 109^{\circ}49'$,面积 $12\,889\text{ hm}^2$ 。主峰黎母岭海拔 $1\,412\text{ m}$,植被属于热带常绿季雨林,植物垂直地带性明显,四季不明显,终年温暖湿润,雨量充沛。自然环境特点详见文献^[7]。本研究选取海拔跨度较大($150 \sim 1\,170\text{ m}$),穿越多种环境类型的腰子河上游和中下游,总流程约为 24 km 的河段作为研究区域。腰子河发源于黎母山北麓,北流注入南渡江。海拔 $150 \sim 170\text{ m}$ 的河流两岸为农业植被,水流比较平缓,水深 $0.5 \sim 3.0\text{ m}$,河底主要是泥沙;海拔 $170 \sim 400\text{ m}$ 的河流两岸主要是农业植被,近河岸有少量次生植被,落差为 $0.5 \sim 5.0\text{ m}$,水深 $0.3 \sim 1.5\text{ m}$,河底主要是沙石;海拔 $400 \sim 900\text{ m}$ 的河流两岸为季雨林和热带沟谷雨林,落差为 $0.5 \sim 15\text{ m}$,水深 $0.3 \sim 2.0\text{ m}$,河底主要是沙石;海拔 $900 \sim 1\,200\text{ m}$ 为常绿针阔混交林,落差为 $0.2 \sim 0.1\text{ m}$,河底主要是石块,随着海拔升高水流逐渐变小,部分形成暗流。

1.2 研究方法

1.2.1 布笼点选取

为了能使得所选择的布

笼点比较均匀地沿河沟分布,以便调查四眼斑水龟在研究河段的整体分布情况,采用系统抽样方法^[18],在海拔 $150 \sim 1\,170\text{ m}$ 范围内,沿河沟流向,每隔 $50 \sim 90\text{ m}$ 选取1个布笼点,共设置356个布笼点。

1.2.2 捕捉方法

采用笼口为圆形、直径约 25 cm 、笼体长约 60 cm 的竹笼作为捕获器。内部放置腐牛肉和咸鱼作为诱饵。该捕获器放置一次可连续捕捉多只四眼斑水龟。每 $1 \sim 2\text{ d}$ 检查一次笼具,对捕获的龟测量和标记后,原地释放。海拔 470 m 以下每个布笼点设6个笼捕日(一个竹笼放置一个昼夜为一个笼捕日), 470 m 以上每个布笼点设12个笼捕日(延长布笼时间,为了弄清海拔 470 m 以上是否有四眼斑水龟分布)。

1.2.3 种群密度统计方法

以平均每个笼捕日所捕获的龟数量作为相对指标来表示种群相对密度。对不同海拔梯度内四眼斑水龟的种群相对密度进行统计,分析种群相对密度随海拔梯度变化的特点和趋势。

1.2.4 种群空间分布格局测定方法

由于调查中在海拔 170 m 以下和 470 m 以上的范围没有发现四眼斑水龟,所以本文假定四眼斑水龟分布的海拔范围为 $170 \sim 470\text{ m}$,因此用海拔 $170 \sim 470\text{ m}$ 范围内的160个布笼点作为样本来测定空间分布格局。聚集度指数能够度量一个种群空间分布的聚集程度(随机、均匀或聚集),测定种群空间分布格局的指数有多种^[16,49],本文主要采用Cassie指数、David & Moore指数、Morisita指数和Lloyd指数4种聚集度指数。

1.2.4.1 Cassie指数(C_A)

$$C_A = \frac{(V - M)}{M^2}$$

式中, V 为方差, M 为平均密度。当 $C_A = 0$,为随机分布; $C_A > 0$,为聚集分布; $C_A < 0$,为均匀分布。

1.2.4.2 David & Moore指数(I)

$$I = V/M - 1$$

式中, V 为方差, M 为平均密度。当 $I = 0$ 时,随机分布;若 $I > 0$ 时,聚集分布; $I < 0$ 时,

均匀分布。

1.2.4.3 Morisita 指数 (I_{δ})

$$I_{\delta} = \frac{Q \cdot \sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

式中, Q 为样方数, N 为总个体数, n_i 为第 i 个样方的个体数。当 $I_{\delta} = 1$ 时, 为随机分布; $I_{\delta} < 1$ 时, 为均匀分布; $I_{\delta} > 1$ 时, 为聚集分布。

1.2.4.4 Lloyd 指数 (\dot{m}/m)

$$\dot{m} = \frac{\sum_{j=1}^Q x_j(x_j - 1)}{\sum_{j=1}^Q x_j}$$

式中, \dot{m} 为平均拥挤度, m 表示平均每个样方的个体数。当 $\dot{m}/m = 1$ 时, 随机分布; $\dot{m}/m > 1$ 时, 集群分布; $\dot{m}/m < 1$ 时, 均匀分布。

2 结果与分析

2.1 种群密度 在海拔 150~1 170 m 范围内, 共进行了 2 352 个笼捕日的捕捉, 仅在海拔 170~470 m 范围内的 26 个样点捕获到 36 只四眼斑水龟, 其中雌性个体 18 只, 雄性个体 10 只, 幼体 8 只(表 1)。本次调查捕获到四眼斑水龟的最高点海拔为 430 m, 最低点海拔为 170 m。在海拔 470~1 170 m 的河段内, 设置 36 个布笼点, 捕捉 432 个笼捕日, 未捕获到四眼斑水龟。在海拔 150~170 m 范围, 设置 160 个布笼点, 捕捉 960 个笼捕日, 也未捕获到四眼斑水龟。从不同海拔梯度内四眼斑水龟的相对种群密度统计结果看(表 2), 在海拔 170~470 m 以外的调查区域种群相对密度均为零, 在海拔 170~470 m 内, 在垂直梯度上呈现不连续的分布状态。种群相对密度为 0.011~0.050 只/笼捕日, 在可发现范围内, 总体表现为随海拔的上升种群相对密度逐渐减少的趋势(图 1)。

2.2 种群空间分布格局 在研究的 160 个布笼点中, 捕获 1 只龟的布笼点有 19 个, 捕获 2 只龟的布笼点 5 个, 捕获 3 只龟的布笼点 1 个, 捕获 4 只龟的布笼点 1 个, 其余 134 个布笼点未捕获到龟。聚集度指数测定结果表明(表 3),

4 种聚集度指数一致反映四眼斑水龟种群空间分布为聚集分布格局。

表 1 四眼斑水龟性别鉴定和躯体测量结果

Table 1 Sex and morphological measurements of *S. quadriocellata*

编号 No.	性别 Sex	体重 BW (g)	背甲长 CL (cm)	背甲宽 CW (cm)	背甲高 CH (cm)	腹甲长 PL (cm)	尾长 TL (cm)
1	♀	275.0	13.680	9.350	4.310	11.942	3.878
2	♀	246.0	12.690	9.298	4.478	11.156	4.372
3	J	52.5	7.742	6.502	2.948	6.514	2.664
4	♀	137.0	12.748	9.390	4.088	11.002	3.378
5	♂	207.5	12.468	8.824	4.060	10.402	3.308
6	♀	206.5	12.268	8.804	4.022	10.308	3.302
7	♂	193.0	11.402	8.332	3.918	9.748	3.068
8	♀	176.5	12.818	9.192	4.794	11.252	3.482
9	♀	159.0	10.936	8.688	4.034	9.688	2.892
10	♀	231.0	12.328	9.038	4.712	10.706	3.448
11	♂	155.5	10.902	7.928	3.824	9.036	2.718
12	♀	125.0	10.126	7.988	3.506	8.724	3.122
13	J	47.5	6.914	6.182	2.866	5.640	2.532
14	J	79.0	8.092	7.024	3.242	6.996	2.594
15	♀	249.5	12.688	8.822	4.746	11.134	3.374
16	♂	225.0	11.822	8.974	4.366	10.286	3.228
17	J	80.0	8.382	6.864	3.364	7.260	2.554
18	♀	114.5	9.574	7.522	3.692	8.392	3.398
19	♂	237.0	12.608	8.696	4.128	10.688	3.432
20	J	83.0	8.674	7.324	3.564	7.352	3.296
21	♀	277.5	12.168	8.828	4.566	11.078	3.304
22	♀	152.5	10.832	8.564	3.446	9.126	2.834
23	J	77.5	8.208	6.898	3.472	6.756	2.707
24	♂	175.5	11.480	7.962	3.828	9.430	2.390
25	♂	131.5	10.198	7.952	3.758	8.752	3.692
26	♀	245.0	12.486	9.628	4.338	10.618	3.498
27	J	102.0	9.592	7.468	3.442	8.062	3.146
28	♀	114.0	9.514	7.698	3.758	8.056	3.222
29	♀	238.0	12.754	9.486	4.602	10.846	3.992
30	♀	230.0	12.524	9.448	4.492	10.936	3.742
31	J	103.5	8.376	7.398	3.688	8.044	2.814
32	♀	231.5	12.212	8.836	4.736	10.572	2.998
33	♀	122.5	9.876	7.526	3.682	8.478	2.612
34	♂	184.5	11.516	8.898	3.908	9.566	3.376
35	♂	215.0	12.016	8.742	4.098	10.238	3.032
36	♂	186.0	11.202	8.628	4.342	9.446	2.952

J: 幼体 Juvenile; BW: Body weight; CL: Carapace length; CW: Carapace width; CH: Carapace height; PL: Plastron length; TL: Tail length.

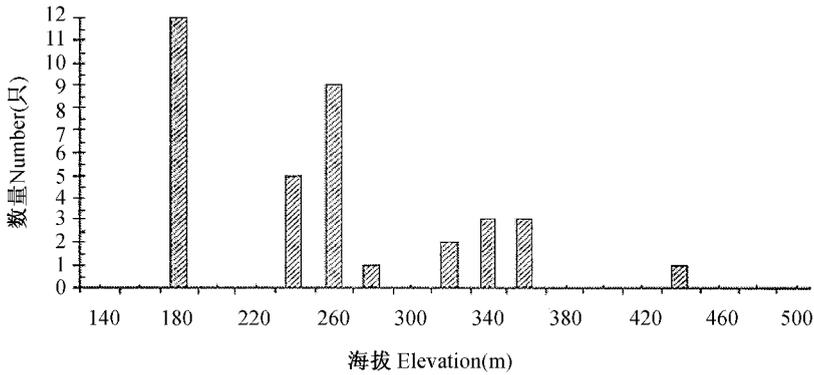


图 1 不同海拔梯度内捕获四眼斑水龟的数量

Fig. 1 The number of *S. quadriocellata* at different elevation ranges

表 2 不同海拔梯度内四眼斑水龟的种群相对密度

Table 2 The relative densities of *S. quadriocellata* at different elevation ranges

海拔 Elevation (m)	布笼点数 Cage locations	笼捕日 Cage-days	捕获龟 Number of turtles (只)	相对密度 Relative density (只/笼捕日)
150 ~ 170	160	960	0	0
170 ~ 270	90	540	27	0.050
270 ~ 370	55	330	8	0.024
370 ~ 470	15	90	1	0.011
470 ~ 1 100	36	432	0	0

表 3 四眼斑水龟种群空间分布格局

Table 3 Spatial distribution pattern of *S. quadriocellata*

聚集度指数 Index	C_A	I	I_δ	\hat{m}/m
聚集度 Degree of aggregation	2.501	0.563	2.540	3.457
空间格局 Spatial distribution pattern	聚集 Aggregated	聚集 Aggregated	聚集 Aggregated	聚集 Aggregated

3 讨论

3.1 种群密度与分布 四眼斑水龟是栖息于山区溪流环境中的水栖龟类^[6,7],一般藏身十分隐蔽,调查其绝对密度非常困难,因此,本研究采用相对密度来说明四眼斑水龟在不同区域的

密度变化。种群相对密度为零,不能确切说明龟在某个区域没有分布。本研究在海拔 470 m 以上和 170 m 以下没有发现四眼斑水龟,在海拔 170 m 以下河流比较平缓,同一海拔梯度内布笼点比较多,通过高强度的捕捉(共 960 个笼捕日),未捕获到四眼斑水龟。在海拔 470 m 以上,由于山势陡峭,多瀑布,同一海拔梯度内布笼点比较少,在海拔 470 m 以上设置了 36 个布笼点,通过连续 6 d 的捕捉,未捕获到四眼斑水龟,为了明确海拔 470 m 以上是否有四眼斑水龟分布,将 36 个布笼点的捕捉时间延长到 12 d,仍然未捕获到四眼斑水龟。因此,本研究认为在研究地区四眼斑水龟分布的海拔范围大致为 170 ~ 470 m。龚世平等^[14]对海南尖峰岭自然保护区调查发现,四眼斑水龟在海拔 620 m 左右也有分布。四眼斑水龟分布的海拔范围可能不同的地区,不同的人为干扰条件下有一定差异,仍有待深入调查。

在可发现范围内,种群密度随着海拔升高有下降的趋势。龚世平等^[7]对研究地区海拔 500 m 以上和以下的环境因子进行了比较分析,发现两者在植被、水流、基底类型和食物丰度等方面存在显著差异,随着海拔的升高,环境因子也逐渐发生变化。因此,四眼斑水龟种群密度随着海拔升高而下降的特点可能与环境的变化有关。

野外调查通过 2 352 个笼捕日的捕捉,仅

发现 36 只四眼斑水龟。野外调查中发现在海拔 170 ~ 470 m 范围内许多未捕获到四眼斑水龟的环境与捕获到的环境高度相似,并且于河沟中发现了一些废旧的捕猎淡水龟的笼具。由于淡水龟类贸易活跃,该地区淡水龟遭到普遍猎捕^[4,7]。因此,推测四眼斑水龟种群密度远远低于其自然种群密度,在适宜分布的海拔范围内呈现不连续的分布很可能是人为过度猎捕所导致。

3.2 种群空间分布格局 虽然测定种群空间分布格局的指数有多种^[16,19],但由于各聚集度指数构造方法不一样,有时会出现各测定指数测定结果不一致的现象,最好应用两种以上的测定方法,当两种以上方法给出一致性的结果时,则可以认为已反映一定的真实性^[20]。本文选用了常用的聚集度指数中的 4 种指数来测定四眼斑水龟种群空间分布格局,4 种聚集度指数一致反映四眼斑水龟种群空间分布为聚集分布格局,因此,可以认为四眼斑水龟种群空间分布为聚集分布格局。

除了人为因素外,一个种群的空间分布格局也受种群的生物学特点和其他生态因子,如食物、捕食和竞争的影响,空间分布格局是动物对这些因子的生物学反应的结果^[21]。动物种群的分布型主要取决于个体间的相互作用和栖息环境的特点。相互吸引就会形成集群,相互避开可能产生均匀分布,中性关系可能形成随机分布。就环境特征而言,如果食物等资源的分布是斑块状的,就可能成群分布^[22]。从四眼斑水龟种群空间分布格局的特点来看,种群个体具有集群性特点。单个体样点比较多,说明种群的个体之间相互比较独立,集群性比较弱。调查发现大多数四眼斑水龟都是在具有水潭的地方捕获,约占捕获龟数量的 80%。具有水潭的地方,由于水比较深,有利于龟藏身,水潭环境中的水生动植物为龟提供了比较丰富的食物。龟往往在比较大的水潭环境中形成小群体。水潭环境可能作为重要的自然资源对四眼斑水龟的空间分布格局有重要的影响。

人为干扰(包括猎捕和栖息地破坏)对四眼

斑水龟种群密度和空间分布的影响主要包括两个方面(1)降低了种群密度,使得一些原来有龟栖息的环境中出现空生态位(2)适宜环境遭到破坏,使得四眼斑水龟实际分布范围缩小。由于这些人为干扰的存在使得本研究难以确切了解四眼斑水龟自然状态下的种群密度和空间分布的特点,有待于在保护比较完好的地区进一步调查研究。

致谢 海南岛黎母山林业公司梁远杰、李海同志提供地图等资料,黎母山镇高利塘村邓成方、胡运京等同志对野外工作给予帮助,海南师范大学生态学野外研究湾岭基地符炳龙同志协助野外工作,美国加州大学 Jonathan Fong 博士和海南师范大学汪继超老师给予论文宝贵建议,谨致诚挚谢意!(封面图片:雌性四眼斑水龟,龚世平 2004 年摄于海南岛黎母山。)

参 考 文 献

- [1] 张孟闻,宗愉,马积藩. 中国动物志 爬行纲(第 1 卷). 北京: 科学出版社, 1998: 86 ~ 144.
- [2] Stuart B, Platt S. Recent records of turtles and tortoises from Laos, Cambodia, and Vietnam. *Asiatic Herpetological Research*, 2004, **10**: 129 ~ 150.
- [3] Lau M, Shi H T. Conservation and trade of terrestrial and freshwater turtles and tortoises in the People's Republic of China. *Chelonian Research Monographs*, 2000, **2**: 30 ~ 38.
- [4] 龚世平,符有利,汪继超等. 海南淡水龟类贸易现状与管理建议. 生物多样性, 2005, **13**(3): 239 ~ 247.
- [5] 赵尔宓. 中国濒危动物红皮书(两栖类和爬行类). 北京: 科学出版社, 1998: 86 ~ 172.
- [6] 史海涛,符有利,汪继超. 四眼斑水龟之迷. 人与生物圈, 2002, **6**: 34 ~ 40.
- [7] 龚世平,史海涛,谢才坚等. 海南岛黎母山四眼斑水龟对春季生境的选择性. 动物学研究, 2005, **26**(2): 142 ~ 146.
- [8] 傅丽容,洪美玲,史海涛等. 四眼斑水龟泄殖系统的解剖. 动物学杂志, 2004, **39**(3): 68 ~ 71.
- [9] 洪美玲,傅丽容,史海涛等. 四眼斑水龟消化、呼吸系统的解剖. 动物学杂志, 2004, **39**(1): 68 ~ 71.
- [10] 傅丽容,洪美玲,史海涛等. 四眼斑水龟的血细胞形态及血液检验分析. 动物学杂志, 2004, **39**(6): 73 ~ 76.
- [11] 周婷. 四眼斑水龟人工饲养条件下的生态. 四川动物, 1997, **15**(增刊): 147 ~ 150.

- [12] 王志伟,洪美玲,史海涛等. 人工饲养条件下四眼斑水龟的食性研究. 四川动物 2005 24(2) 218 ~ 221.
- [13] 李致勋. 海南岛爬行动物的调查报告. 动物学杂志, 1958 2(4) 234 ~ 239.
- [14] 龚世平,史海涛,徐汝梅等. 海南尖峰岭自然保护区淡水龟类调查. 动物学杂志 2006 41(1) 80 ~ 83.
- [15] 蒋志刚,马克平,韩兴国. 保护生物学. 杭州:浙江科学技术出版社,1997,108 ~ 109.
- [16] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社,1985,7 ~ 34.
- [17] 龚世平,徐汝梅,史海涛等. 海南岛淡水龟类区系特点及保护优先性分析. 动物学杂志 2003 38(6) 68 ~ 71.
- [18] Sutherland W J. Methods of Ecological Survey, A manual. London:Cambridge Univesity Press,1997,60 ~ 126.
- [19] Southwood T R E. Ecological Methods: With Particular Reference to the Study of Insect Populations(2nd edition). London:Chapman & Hall,1978,26 ~ 51.
- [20] 洪伟,柳江,吴承祯. 红锥种群结构和空间分布格局的研究. 林业科学 2001 37(专刊 1) 6 ~ 10.
- [21] 房继明. 啮齿动物的空间分布格局研究. 生态学杂志, 1994,13(1) 39 ~ 44.
- [22] 孙儒泳. 动物生态学原理(第三版). 北京:北京师范大学出版社,2001,161 ~ 163.