

DOI: 10.5846/stxb201105030579

武正军,戴冬亮,宁加佳,黄乘明,于海. 广东罗坑自然保护区鳄鱼生境选择的季节性差异. 生态学报 2012, 32(15): 4691-4699.

Wu Z J, Dai D L, Nin J J, Huang C M, Yu H. Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Acta Ecologica Sinica 2012, 32(15): 4691-4699.

广东罗坑自然保护区鳄鱼生境选择的季节性差异

武正军¹, 戴冬亮¹, 宁加佳¹, 黄乘明^{1,3,*}, 于海²

(1. 广西师范大学生命科学院 广西珍稀濒危动物生态学重点实验室培育基地 桂林 541004;

2. 广东省罗坑鳄鱼自然保护区, 韶关 512100; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要: 2006 年 3—10 月, 在广东省罗坑鳄鱼自然保护区利用直接观察法对鳄鱼春、夏、秋 3 季的生境选择进行研究。春、夏、秋 3 季各测定了 31、71、31 个有鳄鱼样方以及 50、90、51 个对照样方的 14 种生态因子。利用生态因子对比分析和逐步判别分析确定各季节生境选择的主要影响因素。结果表明, 春季影响鳄鱼生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量和植被盖度, 正确判别率为 97.5%; 夏季影响鳄鱼生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比, 正确判别率为 94.4%; 秋季影响鳄鱼生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量、植被盖度和可利用食物量, 正确判别率为 97.6%。在区分春、夏、秋 3 季鳄鱼生境选择方面有一系列生态因子发挥作用, 依照贡献值的大小依次为可利用食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪流流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子, 由这 6 个变量构成的方程对春、夏、秋 3 季鳄鱼生境的正确区分率达到 76.7%。判别函数的分析表明, 春、夏、秋 3 季鳄鱼的生境选择具有较高的差异性, 以判别函数建立的判别分类图表明, 春、夏季以及夏、秋季鳄鱼的生境选择重叠较多, 而秋季与春季的重叠较少。

关键词: 鳄鱼; 生境选择; 季节性

Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong

WU Zhengjun¹, DAI Dongliang¹, NIN Jiajia¹, HUANG Chengming^{1,3,*}, YU Hai²

1 College of Life Sciences, Guangxi Normal University and Key laboratory of Ecology of Rare and Endangered Animal, Guangxi Province, Guilin 541004, China

2 Luokeng Nature Reserve of *Shinisaurus Crocodilurus*, Guangdong, Shaoguan 512100, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: From March to October 2006, habitat characteristics of 31, 71, 31 crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) samples and 50, 90, 51 comparing samples (no crocodile lizard was found in these samples) were observed in Luokeng crocodile lizard Nature Reserve, Guangdong in spring, summer, and autumn respectively, to determine the main ecological factors affecting habitat selection in this species. The main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection in each season were determined by comparison and stepwise discriminant analysis of fourteen ecological factors measured in crocodile lizard samples and comparing samples in each of the respective seasons. Analysis showed that in spring, percentage of sand in the stream and vegetation coverage were the two main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection. A stepwise discriminant model including only these two factors yielded a predicted accuracy of 97.5%, the highest when compared to alternative models involving combinations of other sampled factors. In summer, percentage of

基金项目: 国家自然科学基金项目(30760039, 31060288); 教育部重点项目(209093); 广西高校人才小高地建设创新团队资助计划; 广东省林业科技创新专项资金(2008KJCX013)项目

收稿日期: 2011-05-03; 修订日期: 2012-06-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cmhuang@ioz.ac.cn

<http://www.ecologica.cn>

sand in the stream, vegetation coverage, width of stream and percentage of dry branch were the main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection and the predicted accuracy of the model is 94.4%. In autumn, percentage of sand in the stream, vegetation coverage and food availability were the main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection and the predicted accuracy of the model is 97.6%. Habitats selected by *S. crocodilurus* in each season could be predicted with 76.7% accuracy by a model including six main ecological factors (in order of importance): food availability, distance to human disturbance, percentage of dry branch, velocity of stream water, slope of stream, and width of stream. Analysis also showed that *S. crocodilurus* spring, summer, and autumn habitats overlap to some extent, but that overlaps between spring and autumn were very low.

Key Words: Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*); habitat selection; seasonal

动物的栖息地选择是一个非常复杂的决策过程,任何引起动物行为、生理和心理等改变的因素以及引起生境变化的因素均影响野生动物对生境的选择。伴随着季节更替和气候变迁,动物的生境选择也会相应发生变化,表现出季节性生境选择的特征^[1]。考虑并研究动物生境选择行为在时间上的动态变化,能更为全面客观地揭示具体物种的生境选择。因此,对动物生境选择季节性差异的报道也越来越多,多集中于对鸟兽的研究,如对马鹿(*Cervus elaphus*)^[2-3]、驯鹿(*Rangifer tarandus*)^[4]、鬣羚(*Capricornis sumatraensis*)^[5]、白颈长尾雉(*Symaticus ellioti*)^[6]以及黑颈长尾雉(*Symaticus humiae*)^[7]的研究发现它们的生境选择均存在季节性差异。而对爬行动物生境选择季节性变化的研究则相对较少,且多集中于对蛇类的研究,如:德州鼠蛇(*Elaphe obsoleta*)^[8]、东部侏响尾蛇(*Sistrurus c. catenatus*)^[9]、小响尾蛇(*Sistrurus catenatus*)^[10]、翘鼻蝰(*Vipera latastei*)^[11]等,对蜥蜴的相关研究则较少,仅见对角蜥(*Phrynosoma cornutum*)^[12]等少数蜥蜴的研究。

鳄蜥(*Shinisaurus crocodilurus* Ahl.)是第四纪冰川末期残留下来的古老爬行类,是我国Ⅰ级保护动物,有“活化石之称”。其在爬行纲动物的起源和演化、蜥蜴目各科分类等方面的研究上,有着重要的学术价值。因人为捕捉,栖息环境被污染、破坏,鳄蜥种群数量急剧下降,目前在我国已不足1000只,且分布在8个相互隔离的片区,数量最多的片区也仅350只^[13],已处于极度濒危的状况,急需加强对鳄蜥的研究和保护。对于鳄蜥的生境选择和利用已有一些相关的研究,然而这些研究对鳄蜥的特殊生境要求并未提供足够的信息,而且均未对鳄蜥生境选择的季节性变化进行研究。如曾志峰所选的因子不够全面^[14],于海等所采集的样本数较少^[15],宁加佳等只研究了鳄蜥的夏季生境特征^[16],而武正军等只研究了鳄蜥对溪沟林型的选择^[17]。正因为已有的研究不能全面反映鳄蜥的生境选择特点,难以对制定有效措施保护鳄蜥种群提供更为科学的依据。

1 研究方法

1.1 研究地点

广东罗坑鳄蜥自然保护区(24°36′—24°39′N, 113°13′—113°22′E)位于广东省韶关市南部,总面积21471.7 hm²。境内最高峰船底顶海拔1587 m,最低海拔约200 m。保护区内地貌复杂,四周群山环抱,中部为较平坦的盆地,年平均气温20.1℃,年平均降雨量1640 mm。全年降水量主要集中在3—8月,其降水量占全年降水的75.6%^[18]。保护区属中亚热带湿润型季风气候区,一年四季均受季风影响,冬季盛行东北季风,夏季盛行西南和东南季风。四季特点为春季阴雨连绵,秋季降水偏少,冬季寒冷,夏季偏热。春季3—5月、夏季6—8月、秋季9—11月、冬季12—2月。植被以天然常绿阔叶林占绝对优势,此外还有部分针叶林、针阔混交林和竹林。全区森林覆盖率超过60%。

1.2 样方的确定

调查开始时间为2006年3月中旬,此时鳄蜥刚从冬眠状态出眠。结束时间为10月下旬,此时鳄蜥已完全进入冬眠。对分布区内所有可能有鳄蜥分布的溪沟(共计23条)进行调查。采用夜晚调查,从溪沟底部开始往上走,在发现鳄蜥的地方做一个标记。第2天白天以该标记为中心设10m×5m的样方,记录测量该样方中的各类生态因子。在没有鳄蜥的地方设对照样方,对对样方采用随机的方法选取。随机选取分布区内的一

条溪沟 将该溪沟按 10m 一段分成若干段 从中随机选取一段作为对照样方 若该样方与有鳄鱼的样方重叠, 则舍去该样方 再重新随机选取。完成一个 10m×5m 随机样方的选取后, 记录测量该样方中的各类生态因子。

1.3 生态因子的确定

每个样方共记录 14 类生态因子 根据野外调查及前人研究成果 同时参照宁加佳等^[8]的划分标准 将描述性变量划分等级 非描述性变量即以实测数值作为指标。

植被类型 依据该生境的特点划分为 3 类 (1) 常绿阔叶林 (2) 竹林 (3) 针阔混交林;

植被盖度 根据目测估计样方垂直上方植物树冠的盖度 按百分比记录覆盖度;

可利用食物量 在每个样方内用网捕法捕一百网 在地面随机取 5 个 1m×1m 小样方 计算捕到的所有小型动物(包括节肢动物、两栖爬行动物以及环节动物等)的体积 再将总的食物体积进行 ln 转换, 作为可利用食物量的指标。每个食物个体的体积用球体的体积公式进行计算^[19]:

$$V_i = 4/3\pi(L_i/2)(W_i/2)^2$$

式中, V_i 为食物体积(mm^3) L_i 为食物的长度(mm) W_i 为食物的宽度(mm)。

溪水流速 放一枯叶在溪沟中 计算其从样方上端漂流至下端所需的时间 同时测量样方内溪沟的长度。以溪沟的长度(m) / 枯叶漂流的时间(s) 作为溪水流速 每个样方重复测量 3 次 以平均值作为溪水流速指标;

回水塘有无 观察样方中是否有回水塘存在;

岸边条件 通过目测 根据样方中溪沟两侧生境的复杂程度(如落叶、石缝、遮蔽物等的多少) 分为(1) 溪沟两侧生境较复杂 (2) 溪沟两侧生境复杂程度中等 (3) 溪沟两侧生境较简单;

岸边坡度 实测值 指样方所处的坡度 用罗盘直接测量;

枯枝百分比 计算样方内枯枝占有可供鳄鱼攀爬利用树枝的百分比;

干扰距离 指鳄鱼生境与最近林间小路(路宽>1m)的直线距离 通过地形图和 GIS 计算。

溪沟坡度 实测值 指样方中溪沟的坡度 根据地形图计算得出。

溪沟坡位 样方在溪沟中的位置 根据地形图 将溪沟分为 3 段 (1) 溪沟上部 1/3 划定为上坡位 (2) 溪沟中部 1/3 划定为中坡位 (3) 溪沟下部 1/3 划定为下坡位。

溪沟宽度 样方中溪水的平均宽度 在样方中溪沟的上、中、下三处分别测量溪水的宽度 取其平均值作为溪沟宽度指标 若样方中有回水塘 则只测溪沟宽度而不测回水塘宽度(cm)。

溪沟底质沙石比 根据目测估算样方内溪沟(含回水塘)底部的沙质覆盖的面积百分比。

水体深度 测量样方内溪沟或水塘的最大深度(cm)。

1.4 数据处理

利用卡方检验分析每个季节植被类型、回水塘有无、岸边条件、溪沟坡位 4 种非数值型生态因子在有鳄鱼样方和对照样方中的差异。对植被盖度、枯枝百分比、溪沟底质沙石比 3 个百分数型因子先作反正弦函数转换为角度型变量 然后用单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验植被盖度、枯枝百分比、溪沟底质沙石比、食物丰富度、溪水流速、岸边坡度、干扰距离、溪沟坡度、溪沟宽度、水体深度等 10 种数值型生态因子的数据是否呈正态分布 对符合正态分布的数据用 T-test 检验有鳄鱼样方与对照样方的差异 不符合正态分布的用非参数检验中 Mann-Whitey U Test 检验有鳄鱼样方与对照样方的差异。对每一季的 10 种数值型生态因子进行判别分析 对于不符合正态分布的数据先进行标准化 然后采用逐步判别分析和典则判别分析对每季的生态因子进行分析 以确定影响鳄鱼每季生境选择的关键因子。对 3 个季节的 10 种数值型生态因子进行判别分析 对于不符合正态分布的数据先进行标准化 然后采用逐步判别分析和典则判别分析对 3 个季节的生态因子进行分析 以确定导致鳄鱼生境选择季节性差异的关键因子。所有数据均利用 SPSS13.0 进行分析。

2 结果

2.1 春季

春季共调查 50 个对照样方和 31 个有鳄鱼样方。在 4 种非数值型生态因子中 有鳄鱼样方与对照样方在

植被类型上差异显著 ($\chi^2 = 6.074$, $df = 2$, $P = 0.048$), 鳄鱼主要选择常绿阔叶林; 而在溪沟坡位 ($\chi^2 = 1.624$, $df = 2$, $P = 0.444$)、岸边条件 ($\chi^2 = 1.986$, $df = 2$, $P = 0.370$)、回水塘有无 (Fisher's Exact Test, $P = 0.196$) 三种生态因子上没有显著的差异性。在 10 种数值型生态因子中, 有鳄鱼样方与对照样方在植被盖度、溪流宽度、干扰距离、溪沟坡度、底质沙石比以及枯枝百分比等 6 种因子上差异显著, 而在水体深度、可利用食物量、岸边坡度以及溪水流速方面无显著差异 (表 1)。与对照样方相比, 鳄鱼在春季倾向于选择植被盖度较高、溪流宽度相对较小、干扰距离较短、溪沟坡度较小、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高的常绿阔叶林生境。

表 1 春季有鳄鱼样方与对照样方十个数值型变量生态因子的比较

Table 1 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Spring

| 生态因子 Ecological factors | 选择样方 Selected sample Mean±SD | 对照样方 Comparing sample Mean±SD | T | Z | P |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|
| 植被盖度 / % Vegetation coverage | 89.45±8.62 | 63.60±14.39 | 10.108 | | <0.001 |
| 水体深度 / cm Depth of water | 23.03±13.71 | 27.70±10.64 | 1.716 | | 0.090 |
| 溪宽 / cm Width of stream | 135.55±65.77 | 162.34±39.59 | 2.050 | | 0.046 |
| 干扰距离 / m Distance to human disturbance | 178.29±137.85 | 454.00±331.94 | 5.195 | | <0.001 |
| 食物量 / (mm ³) Food availability | 6.53±0.56 | 6.76±0.66 | 1.573 | | 0.120 |
| 岸边坡度 / (°) Slope of bank | 37.74±16.92 | 40.20±11.56 | | 0.065 | 0.948 |
| 溪沟坡度 / (°) Slope of stream | 8.23±7.70 | 9.90±6.19 | | 2.233 | 0.026 |
| 底质沙石 / % Percentage of sand | 74.19±23.35 | 3.80±12.60 | | 7.938 | <0.001 |
| 溪水流速 / (cm/s) Velocity of water | 31.61±11.05 | 27.80±9.75 | | 1.641 | 0.101 |
| 枯枝百分比 / % Percentage of dry branch | 34.52±16.09 | 24.20±9.50 | | 3.194 | 0.001 |

从逐步判别函数分析的结果得出, 特征值为 0.149, 典则相关系数是 0.922, 这包含了所有的方差 (100%)。区分有鳄鱼样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{春季}} = 2.021 \times \text{底质沙石比} + 0.45 \times \text{植被盖度} - 3.318$ 。可见在春季, 通过底质沙石比和植被盖度两个生态因子即可区分有鳄鱼样方与对照样方, 正确判别率为 97.5%。

2.2 夏季

夏季共调查 90 个对照样方和 71 个有鳄鱼样方。在 4 种非数值型生态因子中, 有鳄鱼样方与对照样方在植被类型 ($\chi^2 = 13.411$, $df = 2$, $P = 0.001$)、岸边条件 ($\chi^2 = 87.824$, $df = 2$, $P < 0.001$) 上差异显著, 而在溪沟坡位 ($\chi^2 = 4.912$, $df = 2$, $P = 0.086$)、回水塘有无 ($\chi^2 = 3.106$, $df = 2$, $P = 0.078$) 上无显著差异性。在 10 种数值型生态因子中, 有鳄鱼样方与对照样方在植被盖度、水体深度、溪流宽度、干扰距离、可利用食物量、溪沟坡度、底质沙石比以及枯枝百分比等 8 种因子上差异显著, 而在岸边坡度以及溪水流速方面无显著差异 (表 2)。与对照样方相比, 鳄鱼在夏季倾向于选择植被盖度较高、水体深度较浅、溪流宽度相对较小、干扰距离较短、可利用食物量较高、溪沟坡度较小、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高、岸边条件较复杂的常绿

阔叶林生境。

表2 夏季有鳄鱼样方与对照样方 10 个数值型变量生态因子的比较

Table 2 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Summer

| 生态因子 Ecological factors | 选择样方 Selected sample Mean±SD | 对照样方 Comparing sample Mean±SD | T | Z | P |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------|--------|
| 植被盖度 / % Vegetation coverage | 85.21±9.689 | 61.83±18.34 | | 8.526 | <0.001 |
| 水体深度 / cm Depth of water | 25.25±14.39 | 30.62±14.18 | 2.369 | | 0.019 |
| 溪宽 / cm Width of stream | 195.52±147.23 | 218.52±101.66 | | 3.737 | <0.001 |
| 干扰距离 / m Distance to human disturbance | 273.59±286.83 | 411.89±271.27 | | 4.174 | <0.001 |
| 食物量 / (mm ³) Food availability | 6.16±0.80 | 5.81±1.08 | 2.320 | | 0.022 |
| 岸边坡度 / (°) Slope of bank | 44.09±14.45 | 49.00±10.21 | | 1.914 | 0.056 |
| 溪沟坡度 / (°) Slope of stream | 9.44±6.07 | 12.39±7.04 | | 3.272 | 0.001 |
| 底质沙石 / % Percentage of sand | 64.51±23.77 | 3.56±6.41 | | 11.106 | <0.001 |
| 溪水流速 / (cm/s) Velocity of water | 29.23±10.58 | 28.49±8.53 | | 0.157 | 0.875 |
| 枯枝百分比 / % Percentage of dry branch | 23.66±13.44 | 12.11±7.57 | | 6.672 | <0.001 |

从逐步判别函数分析的结果得出 特征值为 0.181 ,典则相关系数是 0.905 ,包含了所有的方差(100%) 。区分有鳄鱼样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{夏季}} = 2.029 \times \text{底质沙石比} + 0.340 \times \text{植被盖度} + 0.280 \times \text{溪流宽} + 0.253 \times \text{枯枝百分比} + 0.00$ 。可见在夏季 ,在区分有鳄鱼样方与对照样方上有 4 个生态因子发挥作用 ,依照贡献率的大小分别为底质沙石比、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比。在区分有鳄鱼样方和对照样方时的正确判别率为 94.4% 。

2.3 秋季

秋季共调查 51 个对照样方和 31 个有鳄鱼样方。在 4 种非数值型生态因子中 ,有鳄鱼样方与对照样方在岸边条件($\chi^2 = 13.761$, $df = 2$, $P = 0.001$) 上差异显著 ,而在植被类型($\chi^2 = 3.972$, $df = 2$, $P = 0.137$) 、溪沟坡位($\chi^2 = 2.210$, $df = 2$, $P = 0.331$) 、回水塘有无($\chi^2 = 2.293$, $df = 2$, $P = 0.130$) 上没有显著的差异性。在 10 种数值型生态因子中 ,有鳄鱼样方与对照样方在植被盖度、干扰距离、可利用食物量、底质沙石比以及枯枝百分比等 5 种因子上差异显著 ,而在水体深度、溪流宽度、岸边坡度、溪沟坡度以及溪水流速方面无显著差异 (表 3) 。与对照样方相比 ,鳄鱼在秋季倾向于选择岸边条件较复杂、植被盖度较高、干扰距离较长、可利用食物量较高、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高的生境。

从逐步判别函数分析的结果得出 特征值为 0.134 ,典则相关系数是 0.931 ,包含了所有的方差(100%) 。区分有鳄鱼样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{秋季}} = 2.319 \times \text{底质沙石比} + 0.327 \times \text{植被盖度} + 0.229 \times \text{食物量} - 1.595$ 。可见在秋季 ,在区分有鳄鱼样方与对照样方上有 3 个生态因子发挥作用 ,依照贡献率的大小分别为底质沙石比、植被盖度和可利用食物量。在区分有鳄鱼样方和对照样方时的正确判别率为 97.6% 。

2.4 3 个季节的比较

从逐步判别函数分析的结果可见 ,有两个典型判别函数可以有效区分 3 个季节 ,第 1、2 个判别函数区分各季节生境效果均极显著 ,它们的贡献率分别为 87.37% 和 12.63% (表 4) 。按照贡献率大小 ,判别鳄鱼各季节生境的因子依次为可利用食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪水流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子(表 3) ,由

这 6 个变量构成的方程对春、夏、秋三季鳄蜥生境的正确区分率达到 76.7% ,其中对鳄蜥春季生境选择的正确判别率为 77.4% ,对夏季的正确判别率为 73.2% ,对秋季的正确判别率为 83.9% 。以 2 个判别函数建立的判别分类图(图 1)表明 3 个季节的生境选择存在一定程度的重叠和分离 ,其中春、夏季以及夏、秋季的重叠较多 ,而秋季与春季的重叠较少。

表 3 秋季有鳄蜥样方与对照样方 10 个数值型变量生态因子的比较

Table 3 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Autumn

| 生态因子 Ecological factors | 选择样方 Selected sample Mean±SD | 对照样方 Comparing sample Mean±SD | T | Z | P |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------|
| 植被盖度 /% Vegetation coverage | 84.52±8.00 | 64.90±18.72 | | 4.930 | <0.001 |
| 水体深度 /cm Depth of water | 31.16±15.14 | 27.69±24.58 | | 1.775 | 0.076 |
| 溪宽 /cm Width of stream | 226.19±143.40 | 236.00±130.68 | | 0.383 | 0.702 |
| 干扰距离 /m Distance to human disturbance | 961.29±907.26 | 408.63±346.51 | 2.823 | | 0.007 |
| 食物量 / (mm ³) Food availability | 8.19±1.42 | 6.22±0.85 | 6.991 | | <0.001 |
| 岸边坡度 / (°) Slope of bank | 46.77±12.01 | 47.06±18.00 | 0.078 | | 0.938 |
| 溪沟坡度 / (°) Slope of stream | 11.61±6.63 | 10.39±6.62 | | 1.024 | 0.306 |
| 底质沙石 /% Percentage of sand | 67.42±20.33 | 3.33±5.89 | | 7.937 | <0.001 |
| 溪水流速 / (cm/s) Velocity of water | 21.29±8.16 | 24.80±9.00 | | 1.834 | 0.067 |
| 枯枝百分比 /% Percentage of dry branch | 18.71±9.22 | 8.82±9.09 | | 4.336 | <0.001 |

表 4 广东罗坑自然保护区不同季节鳄蜥生境数值型生态因子的逐步判别分析结果

Table 4 The results of stepwise discriminant analysis of numeral ecological factors of *shinisaurus crocodilurus*' habitat in different seasons

| 变量 Variable | 判别函数系数 Discriminant function coefficients | | Wilks' Lambda | F | P |
|------------------------------------|--|----------------------|---------------|--------|--------|
| | 函数 1 Function 1 | 函数 2 Function 1 | | | |
| 可利用食物量 Food availability | 0.884 | 0.763 | 0.457 | 30.599 | <0.001 |
| 干扰距离 Distance to human disturbance | 0.677 | 0.018 | 0.382 | 15.336 | <0.001 |
| 枯枝百分比 Percentage of dry branch | -0.292 | 0.825 | 0.360 | 10.854 | <0.001 |
| 溪水流速 Velocity of water | -0.444 | 0.360 | 0.346 | 8.109 | <0.001 |
| 溪沟坡度 Slope of stream | 0.365 | -0.398 | 0.339 | 6.528 | 0.002 |
| 溪宽 Width of stream | 0.289 | -0.410 | 0.331 | 5.061 | 0.008 |
| Wilks' Lambda | 0.306 | 0.809 | — | — | — |
| F, df, P | 150.744, 12, <0.001 | 27.080, 5, <0.001 | — | — | — |
| 特征值 Eigenvalue | 1.638 | 0.237 | — | — | — |
| 贡献率 Explained variance/% | 87.37 | 12.63 | — | — | — |
| 累计贡献率 Cumulative variance/% | 87.37 | 100.0 | — | — | — |

3 讨论

结果表明 ,尽管春、夏、秋 3 季广东罗坑自然保护区的鳄蜥在生境选择上存在一定的重叠(图 1) ,但不同季节影响鳄蜥生境选择的生态因子不尽相同 3 季节的逐步判别分析结果(表 4) 也表明不同季节鳄蜥对生境

的选择还是存在较大差异的。该地区鳄鱼生活在温暖、湿润的亚热带南缘, 由于受到该地区不同季节气候变化的影响, 鳄鱼的食物、体温、自身生理状况等因素也发生相应的变化, 罗坑自然保护区鳄鱼对生境的利用对策也随季节变化发生一定程度的改变。一些其他的蜥蜴在生境选择上也表现出了季节性差异, 如墨西哥的 *Sceloporus melanorhinus* 和 *Urosaurus bicarinatus* 在干旱季节对落叶和较低树枝的利用更多^[20], 角蜥在非活动季节对木本植被和落叶较多的生境利用更多^[21]。

判别分类图(图 1)的结果显示鳄鱼春、夏、秋 3 季生境存在一定程度的重叠, 产生这一现象的原因可能有以下几个方面: 首先, 罗坑自然保护区植被以常绿阔叶林占绝对优势, 溪沟的植被盖度较高且常年变化不大, 大部分溪沟常年有水, 这些都是鳄鱼偏好的生境^[16-17], 因此有不少栖息地在春、夏、秋 3 季的变化不明显, 甚至有些鳄鱼常年在一个栖息地点活动^[22]; 其次, 从春季到

秋季是一个逐步变化的过程, 包括温度的升高、降雨量的变化等, 因此有些鳄鱼在不同季节变换栖息地也有一个较长的时间, 这点从春夏季以及夏秋季的重叠较多, 而春秋的重叠较少(图 1)也可以看出来。

在春季, 尽管生态因子比较结果显示, 有鳄鱼样方与对照样方在植被盖度、溪流宽度、干扰距离、溪沟坡度、溪沟底质沙石比、枯枝百分比以及植被类型等生态因子上有差异(表 1), 而判别函数的分析结果显示, 春季对鳄鱼生境选择影响最大的 2 个生态因子分别为底质沙石比和植被盖度, 正确区分率达 97.5%。可见相对于这两个生态因子, 其他生态因子尽管在有鳄鱼样方与对照样方中有显著性差异, 但对鳄鱼的生境选择影响较小。这两个因子可以归结为鳄鱼生存所需的隐蔽条件以及逃避敌害时的安全条件。较高的植被盖度一方面能使鳄鱼更好地躲避天敌; 而另一方面, 植被盖度较高也会遮挡阳光, 影响鳄鱼通过晒太阳进行体温调节^[23]。面临这二者进行选择时, 鳄鱼选择了前者, 原因是: (1) 鳄鱼相对于其他爬行动物有较强的生理调温能力^[24]; (2) 避免敌害比体温选择有更高的优先权^[25]。鳄鱼偏好选择水体底质含沙多的生境, 是因为水体中沙多, 可以起到一定的缓冲作用, 同时也有利于鳄鱼从水体中爬到岸边。鳄鱼为了避敌, 会直接从栖枝上跳入溪水中, 栖枝的高度一般在 1—2m, 也有超过 2m 的, 在野外观察中也发现过一只怀孕鳄鱼栖息在 3m 高的栖枝, 遇到危险时, 它就从 3m 多高的栖枝上跳入水体中, 而水体深度通常较浅((25.25±14.39) cm), 如果水体中沙含量太低, 起不到缓冲作用。鳄鱼在春季选择常绿阔叶林, 可能与常绿阔叶林涵养水源能力、保持水土以及物种多样性方面高于其他林型^[26]有关, 一方面常绿阔叶林的溪水可长时间保持, 另一方面常绿阔叶林可为鳄鱼提供较好的食物资源^[17]。

在夏季, 生态因子分析表明有鳄鱼样方与对照样方在植被盖度、水体深度、溪流宽度、干扰距离、可利用食物量高、溪沟坡度、溪沟底质中沙的含量、枯枝比例、岸边条件以及植被类型等 10 类因子中差异显著, 而判别函数的分析结果显示, 夏季对鳄鱼生境选择影响最大的 4 个生态因子分别为底质沙石比、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比, 正确区分率达 94.4%。与春季相似, 鳄鱼对生境的选择首要还是考虑安全因素, 底质沙石比和植被盖度仍然是影响鳄鱼生境选择的主要因素。对于较宽的溪沟, 由于其上部的植被覆盖度往往较低, 因此鳄鱼很少选择该生境。由于夏季很多树木已长出新枝, 而相对于这些新树枝, 枯枝的颜色更接近鳄鱼的体色, 因此鳄鱼选择枯枝较多的生境^[16]。鳄鱼在夏季选择常绿阔叶林与武正军等^[17]的结果相同。而选择岸边条件较复杂的生境一方面是因为这类生境可为鳄鱼提供较多的躲藏条件, 另一方面由于此类生境枯枝落叶量较多, 蚯蚓等鳄鱼较喜好的食物较多^[27]。

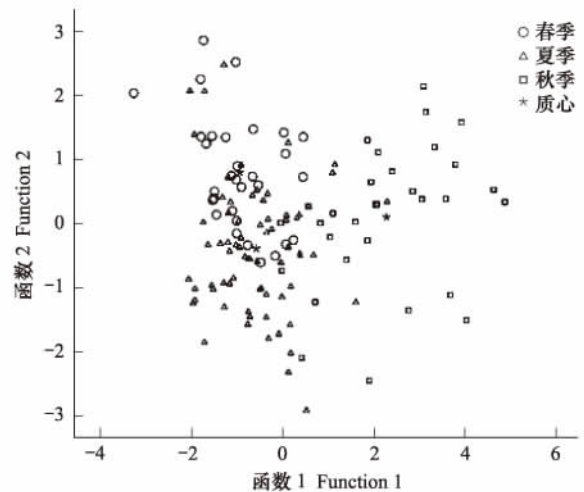


图 1 罗坑自然保护区鳄鱼各季节生境判别分类图

Fig. 1 The scatter plot of discrimination of used plots of *shinisaurus crocodilurus* among seasons in Luokeng Nature Reserve

在秋季,生态因子分析表明有鳄鱼样方与对照样方在岸边条件、植被盖度、干扰距离、可利用食物量、溪沟底质中沙的含量、枯枝比例等 6 类因子中差异显著,而判别函数的分析结果显示,秋季对鳄鱼生境选择影响最大的 3 个生态因子分别为底质沙石比、植被盖度和可利用食物量,正确区分率达 97.6%。可见在秋季,鳄鱼对生境的选择除了安全因素外,食物也成为其主要影响因素。在秋季,对岸边条件较复杂生境的选择除了与夏季相似的原因外,也有可能是鳄鱼为了找到适宜的越冬场所,而选择此类生境。为了满足冬眠期以及第 2 年产仔的能量需求^[28],鳄鱼需要在秋季蓄积较多的能量,因此在秋季选择可利用食物量较多的生境,以获取更多的食物。

鳄鱼春、夏、秋三季节生境选择的差异主要表现在食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪水流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子上(表 4)。这主要与鳄鱼的生活习性以及当地的环境条件变化有关。鳄鱼的活动季节在 4 月中旬—10 月上、中旬,而其他时间为冬眠期,在冬眠醒来后,怀孕雌蟹即产幼仔^[15],因此鳄鱼往往在秋季蓄积能量(见秋季的分析)。在分布区内,春夏季雨水较多,山间的很多溪沟水流充足,很多离林间小路较近的小溪沟都有鳄鱼分布,使其离林间小路的距离较近,而在秋季由于降水明显减少^[18],这些小溪沟水流太小或干枯而不适宜鳄鱼栖息,因此鳄鱼迁移到一些相对较大的溪沟,而这些较大的溪沟离林间小路往往较远。在春夏季,由于降雨量较高,可供鳄鱼栖息的溪沟较多,鳄鱼选择坡度较小的溪沟,因为这样的溪沟水流较缓慢^[16],而秋季可供选择的溪沟减少,尽管一些溪沟的坡度相对增加,但由于秋季较少的降雨量导致溪水的流速变慢,也成为鳄鱼选择的生境。在秋冬季随着旱季(9 月至第 2 年 2 月)的推移,枯枝逐渐增多,到第 2 年雨季来临之时达到高峰,这些枯枝在雨季随着气温的回升和降雨量的增大而凋落,在 5 月份出现凋落高峰^[29],因此,在春季,鳄鱼栖息地中枯枝的比例较夏季和秋季要高(表 1 表 2 表 3)。

鳄鱼的生境选择存在季节性差异,因此在对鳄鱼进行保护时,应根据其不同季节的特点,采取一些更有针对性的措施。如在春、夏季除了加强对一些主干溪沟内的鳄鱼以及相应生境的保护外,还应多注意对一些叉支溪沟内鳄鱼及其生境的保护。在秋季应特别注意对其食物资源的保护,以保证鳄鱼的安全越冬以及第 2 年顺利产仔。同时,要重点保护水源林和溪沟两侧的植被,避免因乱砍乱伐和大量毁林开荒使鳄鱼生境受到严重破坏。

References:

- [1] Jiang Z G. Principles of animal behavior and species protection method. Beijing: Science Press 2004 254-279.
- [2] Godvik I M R, Loe L E, Vik J O, Veiberg V, Langvatn R, Myserud A. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology*, 2009, 90(3): 699-710.
- [3] Luo Y, Zhang M M, Liu Z S, Li Z G, Hu T H, Zhai H. Winter and spring habitat selection of Red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2757-2763
- [4] Apps C D, Mclellan B N, Kinley T A, Flaa J P. Scale-dependent habitat selection mountain caribou, Columbia mountains, British Columbia. *Journal of Wildlife Management* 2001 65(1): 65-77.
- [5] Wu P J, ZHANG E D. Habitat Selection and its Seasonal Change of Serow (*Capricornis sumatraensis*) in Cibagou Nature Reserve, Tibe. *Acta Theriologica Sinica*, 2004, 24(1): 6-12.
- [6] Yang Y W, Ding P, Jiang S R, Zhuge Y. Factors affecting habitat used by Elliot's pheasant in mixed coniferous and broadleaf forest. *Acta Zoologica Sinica*, 1999. 45: 279-286.
- [7] Li W, Zhou W, Liu Z, Li N. Habitat selection change of Mrs. Hume Pheasant (*Syrnaticus humiae*) in Dazhongshan during the year. *Zoological Research*, 2010, 31(5): 499-508.
- [8] Sperry J H and Weatherhead P J. Does Prey Availability Determine Seasonal Patterns of Habitat Selection in Texas Ratsnakes? *Journal of Herpetology* 2009 43(1): 55-64,
- [9] Marshall J R J C, Manning, J V, Kingsbury B A. Movement and Macrohabitat Selection of the Eastern Massasauga in a fen habitat. *Herpetologica*, 2006, 62(2): 141-150.
- [10] Harvey D S, Weatherhead P J. Habitat Selection as the Mechanism for Thermoregulation in a Northern Population of Massasauga Rattlesnakes (*Sistrurus catenatus*). *Ecoscience*, 2010, 17(4): 411-419
- [11] Brito J C. Seasonal Variation in Movements, Home Range, and Habitat Use by Male *Vipera latastei* in Northern Portugal. *Journal of Herpetology*, 2003, 137(1): 155-160. 1
- [12] Burrow A, Kazmaier R, Hellgren E, Ruthven D. Microhabitat selection by texas horned Lizards in southern Texas. *The Journal of Wildlife*

Management, 2001, 65(4): 645-652.

- [13] Gong M H, Huang C M. Study on crocodile lizard and its habitat. Beijing: Chinese Forestry Press, 2006.
- [14] Zeng ZF. Ecology, Status and Conservation of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl. Dissertation, Guangxi Normal University, 2003.
- [15] Yu H, Huang C M, Chen Z, Su L N, Cao H M, Gong M H. Study on Current Population and Habitats of *Shinisaurus crocodilurus* in Guiping City, Guangxi. Sichuan Journal of Zoology, 2004, 24(3): 395-400.
- [16] Ning J J, Huang C M, Yu H, Dai D L, Wu Z J, Zhong Y M. Summer Habitat Characteristics of the Chinese Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Zoological Research, 2006, 27(4): 419-426.
- [17] Wu Z J, Dai D L, Huang C M, Yu H, Ning J J, Zhong Y M. Selection of *Shinisaurus crocodilurus* on forest type in mountain streams in Luokeng Nature Reserve of Guangdong Province Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(11): 1777-1781
- [18] Wen X P. Analysis of distribution pattern and variation characteristic of rainfall in Shaoguan. Guangdong Water Resource and Hydropower 2010 (5): 24-29.
- [19] Magnusson W E, Lima A P, Silva W A da, and Aratjo M C de. Use geometric forms to estimate volume of invertebrates in ecological studies of dietary overlap. Copeia, 2003: 13-19.
- [20] García A. The use of habitat and time by lizards in a tropical deciduous forest in western Mexico. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 2008, 43(2): 107-115.
- [21] Burrow A, Kazmaier R, Hellgren E, Ruthven D. Microhabitat selection by Texas horned lizards in southern Texas. The Journal of Wildlife Management, 2001, 65(4): 645-652
- [22] Chen L. Pattern of movement and dispersal of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Dissertation, Guangxi Normal University, 2009.
- [23] Zhang YX, The Biology in Crocodylian Lizard. Guilin: Guangxi Normal University Press 2002.
- [24] Wang Z X, Wu Z J, Yu H, Huang C M, Zhong Y M. Thermoregulatory and thermal dependence of resting metabolic rates (RMR) in the Chinese crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(6): 964-971.
- [25] Downes S, Shine R. Heat, safety or solitude? Using habitat selection experiments to identify a lizard's priorities. Animal Behavior, 1998, 55: 1387-1396.
- [26] Shi Y S, Xu Y C, Chen J K, Zhang D Y, Hu S Z, Chen Q G, Liu Y M. Analysis on dominant ecological function of broad leaf evergreen forest compared with others. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2001, 21(2): 53-56.
- [27] Yu H, Huang C M, Wu Z J, Ning J J, Dai D L. Observation on habit of Chinese crocodylian lizard. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 364-366.
- [28] Naya D E, Veloso C, Bozinovic F. Physiological flexibility in the Andean lizard *Liolaemus bellii*: seasonal changes in energy acquisition, storage and expenditure. Journal of Comparative Physiology B, 2008, 178: 1007-1015.
- [29] Weng C, Li Z A, Tu M Z, Yao W H. Study on amount and nutrient contents of forest litter on Dinghushan. Journal of Plant Ecology, 1993, 17(4): 299-304.

参考文献:

- [1] 蒋志刚主编. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社 2004 254-279.
- [3] 骆颖, 张明明, 刘振生, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山马鹿冬春季生境的选择. 生态学报 2009, 29(5): 2757-2763.
- [5] 吴鹏举, 张恩迪. 西藏慈巴沟自然保护区鬃羚生境选择的季节性变化. 兽类学报 2004, 24(1): 6-12.
- [6] 杨月伟, 丁平, 姜仕仁, 诸葛阳. 1999. 针阔混交林内白颈长尾雉栖息地利用的影响因子研究. 动物学报, 1999, 45(3): 279-286.
- [7] 李伟, 周伟, 刘钊, 李宁. 云南大中山黑颈长尾雉栖息地选择周年变化. 动物学研究 2010, 31(5): 499-508.
- [13] 龚明昊, 黄乘明. 瑶山鳄鱼及栖息地研究. 2006, 北京: 中国林业出版社.
- [14] 曾志峰. 鳄鱼(*Shinisaurus crocodilurus* Ahl.) 的生态、濒危现状及保育[D]. 桂林: 广西师范大学, 2003.
- [15] 于海, 黄乘明, 陈智, 苏立宁, 曹华猛, 龚明昊. 广西桂平市鳄鱼种群及栖息地现状的分析研究. 四川动物 2005, 24(3): 395-400
- [16] 宁加佳, 黄乘明, 于海, 戴冬亮, 武正军, 钟移明. 广东罗坑自然保护区鳄鱼夏季生境特征. 动物学研究 2006, 27(4): 419-426.
- [17] 武正军, 戴冬亮, 黄乘明, 于海, 宁加佳, 钟移明. 广东省罗坑自然保护区鳄鱼对溪沟林型的选择. 生态学杂志 2007, 26(11): 1777-1781.
- [18] 文小平. 韶关市降水分布规律及变化特征分析. 广东水利水电 2010(5): 24-29.
- [22] 陈亮. 广东罗坑自然保护区鳄鱼(*Shinisaurus crocodilurus* Ahl) 的移动和扩散研究[D]. 桂林: 广西师范大学 2009.
- [23] 张玉霞. 鳄鱼生物学. 桂林: 广西师范大学出版社 2002.
- [24] 王振兴, 武正军, 于海, 黄乘明, 钟移明. 广东罗坑自然保护区鳄鱼的体温调节及静止代谢率的热依赖性. 动物学报 2008, 54(6): 964-971.
- [26] 施玉书, 徐永成, 陈建坤, 章定义, 胡石忠, 陈庆刚, 刘跃明. 常绿阔叶林比较其他林种生态功能优势分析研究. 浙江林业科技 2001, 21(2): 53-56.
- [27] 于海, 黄乘明, 武正军, 宁加佳, 戴冬亮. 鳄鱼生活习性的观察. 四川动物 2006, 25(2): 364-366.
- [29] 翁车, 李志安, 屠梦照, 姚文华. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 299-304.