

若尔盖湿地国家级自然保护区三种 无尾两栖类陆地核心生境

戴 强¹, 戴建洪¹, 张晋东¹, 杨 勇², 张 明², 李 成¹,
刘志君¹, 顾海军^{1,3}, 王跃招^{1*}

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 若尔盖湿地国家级自然保护区管理局, 若尔盖 624500;
3. 四川省林业厅, 成都 610081)

摘要:若尔盖湿地国家级自然保护区地处青藏高原东缘, 该地区分布有 3 种两栖类: 高原林蛙(*Rana kukunoris*)、倭蛙(*Narorana pleskei*)和岷山蟾蜍(*Bufo minshanica*), 均为青藏高原特有种。研究在保护区内设定了 16 个 50 m×50 m 的样地(每个样格分为 25 个 10 m×10 m 样格), 对每个样格中 3 种两栖类及环境因子进行了调查。根据 3 种两栖类分布点距离水体的最远距离初步确定若尔盖保护区高原林蛙(*Rana kukunoris*)、倭蛙(*Narorana pleskei*)和岷山蟾蜍(*Bufo minshanica*)的陆地核心生境半径分别为: 1000 m、55 m 和 580 m。由于过大的陆地核心生境在实际保护工作中存在操作上的困难, 因此本文提出最小陆地核心生境的概念: 在某一季节, 不同性别和生活史阶段的某种动物的 90% 个体完成该季节正常生命活动所通过或者利用的陆地。由此概念, 根据高原林蛙 90% 的雌体、雄体和幼体分布确定其最小陆地核心生境半径为 51 m。最后通过最优化理论对高原林蛙和岷山蟾蜍分布格局与水体距离、草本层盖度、两栖类密度之间的作用机制进行了探讨, 并指出陆地核心生境的范围与其所在生境景观及本种和其他动物种群状况有密切关系。

关键词:陆地核心生境; 两栖类; 最优化理论

文章编号:1000-0933(2005)09-2256-07 **中图分类号:**Q958 **文献标识码:**A

Terrestrial core habitat of three anurans in Zoige Wetland Nature Reserve

DAI Qiang¹, DAI Jian-Hong¹, ZHANG Jin-Dong¹, YANG Yong², ZHANG Ming², LI Cheng¹, LIU Zhi-Jun¹, GU Hai-Jun^{1,3}, WANG Yue-Zhao^{1*} (1. Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041; Management Bureau of Zoige Wetland Nature Reserve, Zoige 624500; Sichuan Forestry Bureau, Chengdu 610081). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2256~2262.

Abstract: Zoige wetlands, the greatest alpine peatlands in China, are located at eastern of Qinghai-Tibetan Plateau. Three species of amphibians inhabit the wetlands, *Rana kukunoris*, *Narorana pleskei*, and *Bufo minshanica*, all of which are endemic to the Qinghai-Tibetan Plateau. From Aug to Oct, 2004, the distribution and body weight of these amphibian species was investigated using 10m×10m grids at 16 sampling sites (50 m×50 m) in Zoige wetland. Terrestrial core habitats were evaluated by using the maximum distance of amphibians from the nearest body of water. It has been suggested that, in late summer, the radii of the terrestrial core habitat in the Zoige wetland for *R. kukunoris*, *N. pleskei*, and *B. minshanica* is 1 000 m, 55 m and 580 m respectively. Estimates of core habitat that are too large may make it difficult to establish protective regulations. The smallest suitable terrestrial core habitats were defined as the terrestrial habitats used during migration to and from the wetlands, and for foraging by 90% of any life stage (males, females, and subadults) in a season. The radius of the

基金项目:中国科学院知识创新资助项目(KSCX2-SW-123, KSCX2-1-09); 国家自然科学基金资助项目(30470252、30070090)

收稿日期:2005-02-26; **修订日期:**2005-07-10

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: arcib@cib.ac.cn

作者简介:戴强(1973~), 男, 四川省资中县人, 硕士, 助理研究员, 主要从事两栖爬行动物生态学和动物行为学研究. E-mail: daiqiang@cib.ac.cn

Foundation item: Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KSCX2-SW-123, No. KSCX2-1-09); The National Natural Science Foundation of China (No. 30470252, No. 30070090)

Received date: 2005-02-26; **Accepted date:** 2005-07-10

Biography: DAI Qiang, Master, mainly engaged in herpetological ecology and animal behaviour. E-mail: daiqiang@cib.ac.cn

smallest terrestrial core habitat was 51 m for *R. kukunoris* in the Zoige wetland in late summer.

There was a significant positive correlation between herbaceous cover and distance from aquatic sites. There was a significant negative correlation between amphibian density and distance from aquatic sites. Three characteristics of the girds occupied by *R. kukunoris* and *B. minshanica* were compared using correlation and partial correlation. Using the Optimality theory, we discuss the role of distance from aquatic sites, herbaceous cover, and amphibians density on distribution of *R. kukunoris* and *B. minshanica*. We suggest that the range of terrestrial core habitat was partly dependent on the landscape and population status of amphibians in our study area.

Key words: terrestrial core habitat; amphibian; optimality theory

两栖类在生活史的不同时期往往需要不同的生境^[1]。在镶嵌景观中,两栖类的分布受到其产卵水体和夏季觅食生境的共同制约^[2]。温带很多两栖类每年都要周期性地在水体和陆地生境之间迁徙以完成繁殖、觅食和越冬^[3]。以繁殖水体为中心,两栖类迁徙通过的陆地生境和用于觅食的陆地生境则被称为“陆地核心生境(terrestrial core habitat)”^[4~6]。陆地核心生境这一概念不仅适用于两栖类,也适用于其他同时利用水、陆生境的物种(如龟类、某些水栖蛇类^[5])。明确提出这一概念为这些物种的生境保护提供了有力的理论基础。

若尔盖湿地地处青藏高原东缘,是全球最大的高寒泥炭沼泽湿地之一。该地区分布有 3 种两栖类,高原林蛙(*Rana kukunoris*)、倭蛙(*Narorana pleskei*)和岷山蟾蜍(*Bufo minshanica*),均为青藏高原特有种。已有的研究表明,该地区 3 种两栖类的种群均有不同程度的下降^[7]。为弄清 3 种两栖类的陆地核心生境大小,对这 3 种两栖类的分布进行了调查;同时,还结合高原林蛙和岷山蟾蜍分布点草盖度和两栖类密度,对陆地核心生境大小的变化机制进行了探讨。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点

若尔盖湿地国家级自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县境内,北纬 33°25′~34°00′,东经 102°29′~102°59′,海拔 3400~3700 m。保护区总面积 1666 km²,位于若尔盖湿地的核心部分,是黄河上游重要的水源涵养地,湿地类型为草本沼泽。

1.2 样方设置与数据测量

2004 年 8~9 月对保护区内及保护区边缘 16 个样地(50 m×50 m)内的两栖类和 3 种环境因子进行了调查。该 16 个样地海拔分布较为接近,均在 3436~3510 m 之间。每个样地均匀分为 25 个 10 m×10 m 样格。测量每个样格中草本植物盖度。样格中心距离最近水体距离作为该样格与水体的距离。已有的研究表明,若尔盖保护区的河流、湖泊以及湖泊周边的沼泽地带在各个季节没有或偶有极少两栖类分布,繁殖活动未曾记录到(1997~2004 年,未发表监测数据),因此测量样格与水体距离时不考虑这 3 类水体,而只包括:泉眼、溪流、沼泽(不在湖边)、水凼。

统计每个样格内的两栖类种类和数量,并测量其体重、体长,尽可能辨认两栖类性别。由于两栖类次成体和体型较小的雌性个体通过外形难以分辨,而解剖观察性腺发育程度又会对种群造成巨大破坏,因此我们以雄性最小体长为标准粗略区分次成体与雌性个体:以每种两栖类雄性个体的最小体长为标准,对于无法辨认性别的个体,如体长低于该标准则定为次成体;体长高于或等于该标准,且无雄性第二性征的个体则定为雌性个体。

1.2 数据分析

由于多数数据不符合正态分布假设(K-S test, $p > 0.05$),故数据比较使用 Mann-Whitney U 检验。所有样格距离水体距离和草本植物盖度进行 Spearman 秩相关检验。每个样格两栖类密度与两栖类体重进行 Spearman 秩相关检验。草本植物盖度经反正弦平方根转化,水体距离经 $\lg(\text{距离}+1)$ 转化,然后将转化后的距水体距离和草本层盖度各自均匀分为 20 个区间,2 种环境因子各区间组合中的两栖类数量用于两栖类数量与分组的组下限进行的 Spearman 偏秩相关分析,相关系数显著性水平定为 90%。;由于每个样格两栖类密度本身受到水体距离和草本层盖度的影响,因此两栖类密度不纳入偏相关分析。由于倭蛙数量较少,不对其分布与环境因子之间的关系进行讨论。

由于高原林蛙和岷山蟾蜍之间,以及不同年龄、性别个体之间的生态位,尤其是食物生态位尚无研究,因此无法度量不同种类、不同年龄和性别个体之间的竞争程度。本文简单地认为不同种类、不同年龄和性别的个体相互之间的竞争效应完全相同,直接将每一样格内的两栖类密度用于相应的分析。

2 结果

2.1 3 种环境因子之间的关系

在调查的样地中,3 种环境因子之间存在极显著的相关关系(表 1)。其中两栖类密度与草本层盖度和样格距水体距离成极

显著负相关,草本层盖度与样格距水体距离呈极显著正相关。

2.2 两栖动物分布点环境因子比较

3 种两栖类分布点距水体距离如表 2 所示。高原林蛙次成体分布点距水体距离极显著短于同类成体;岷山蟾蜍次成体分布点距离水体距离只显著低于同类雌性个体,而与雄性个体没有显著性差异(图 1,表 3)。

岷山蟾蜍成体和次成体分布点距水体的距离与高原林蛙的分布点距水体的距离存在极显著差异(图 1,表 2,表 3)。高原林蛙集中分布在水体周边,而岷山蟾蜍却集中分布在距离水体一定距离的区域内。但是,高原林蛙的分布范围却更宽,少数高原林蛙成体可以远离水体达 1000m。

表 1 3 种环境因子相关系数矩阵

Table 1 Correlation coefficient matrix of distance from aquatic sites, coverage and amphibians density

项目 Item	相关系数 r ($df=388$) Correlation coefficient r ($df=388$)	
	距水体距离 Distance from aquatic sites	草本层盖度 Coverage
草本层盖度 Coverage	0.4558***	
两栖类密度 Amphibians density	-0.6077***	-0.4281***

*** $p<0.01$, Spearman 秩相关检验

表 2 3 种两栖类分布点距水源距离描述性统计

Table 2 Descriptive analyses of distance between the amphibians and aquatic sites

种类 Species	性别、年龄 Sex and age	数量 N	最小值 Min distance (m)	第 25 百分位数 The 25th percentile (m)	距离中位数 Median (m)	第 75 百分位数 The 75th percentile (m)	第 90 百分位数 The 90th percentile (m)	最大值 Max distance (m)
高原林蛙 <i>R. kukunori</i>	次成体 Subadults	509	0	0	0	5	8	58
	雌性 Females	315	0	0	0	5	30	1000
	雄性 Males	173	0	0	5	28	51	1000
倭蛙 <i>N. pleske</i>	次成体 Subadults	10	0	0	0	0	0	0
	雌性 Females	9	0	14.1	40	40	55	55
	雄性 Males	20	0	2.5	22.5	30	40	50
岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>	次成体 Subadults	91	0	5	18	51	63	81
	雌性 Females	14	0	25	57.1	63.3	81	80
	雄性 Males	8	0	17.8	31.7	50.5	580	580

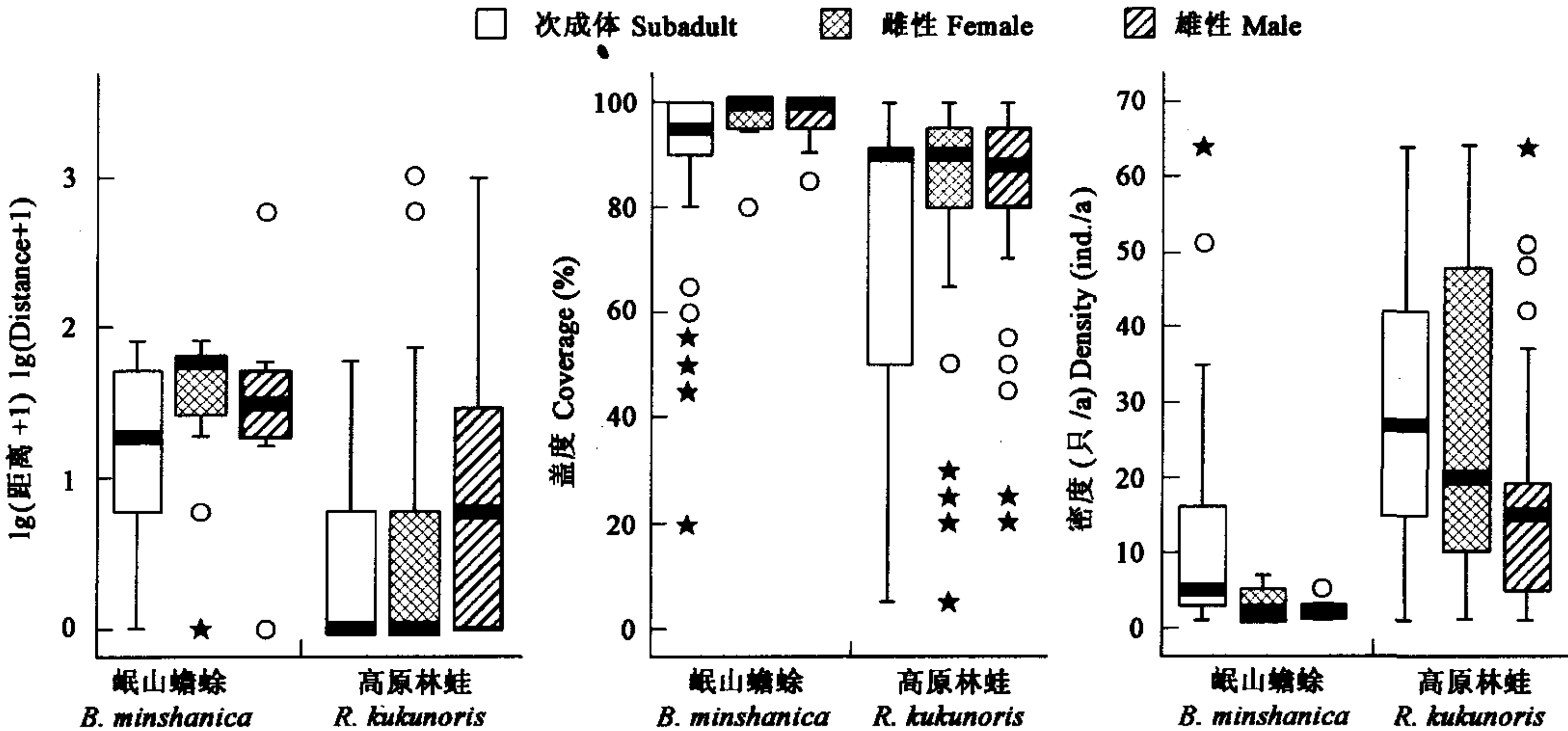


图 1 两种两栖类分布点距水体距离、草本层盖度、两栖类密度箱图

Fig. 1 Box plots of distance from aquatic site, coverage and density of amphibians of the grids with the two species of amphibians
图中粗黑线表示中位数,上下框分别表示 25%和 75%分位数,上下触须分别表示非离群的最大和最小值,圆圈表示离群值,星表示极端值
The heavy black line inside each box marks the median, the lower and upper box boundaries mark the 25th and 75th percentiles of each distribution, respectively, whiskers mark the largest and smallest observed values that are not statistical outliers, outliers are identified with open circles, and extreme values are marked with asterisks

岷山蟾蜍成体和次成体分布点的草本层盖度均极显著高于高原林蛙。高原林蛙次成体分布点的草本层盖度显著低于其成体;而岷山蟾蜍次成体分布点草本层盖度只显著低于同类雌性,与同类雄性没有显著性差异(图 1,表 3)。

岷山蟾蜍成体和次成体分布点两栖类密度均极显著低于高原林蛙。两种两栖类次成体分布点两栖类密度均显著高于同类成体(图 1,表 3)。

表 3 高原林蛙与岷山蟾蜍分布样格环境因子比较

Table 3 Comparison between Characters of the girds occupied by *R. kukunori* and *B. minshanica*

环境因子 Environmental characters	物种 Species	性别、年龄 Sex and age	Mann-Whitney U				
			高原林蛙 <i>R. kukunori</i>			岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>	
			次成体 Subadults	雌性 Females	雄性 Males	次成体 Subadults	雌性 Females
水源距离 Distance from aquatic sites	高原林蛙 <i>R. kukunori</i>	雌性 Females	76549 *				
		雄性 Males	35660 **	21927.0 **			
	岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>	次成体 Subadults	6403.5 **	4652.5 **	4502 **		
		雌性 Females	581.0 **	480.5 *	441.5 **	394.0 *	
		雄性 Males	434.0 **	383.0 **	348.5 *	291.5	41.50
草盖度 Coverage	高原林蛙 <i>R. kukunori</i>	雌性 Females	70765 **				
		雄性 Males	39021 *	27032			
	岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>	次成体 Subadults	11557 **	8664.0 **	4425.0 **		
		雌性 Females	854.5 **	668.5 **	310.0 **	390.5 *	
		雄性 Males	605.5 **	417.5 **	192.0 **	226.0	50.0
两栖类密度 Density of amphibians	高原林蛙 <i>R. kukunori</i>	雌性 Females	71699 **				
		雄性 Males	24384 **	18758 **			
	岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>	次成体 Subadults	9998.5 **	7368.5 **	6128.0 **		
		雌性 Females	247.5 **	303.5 **	316.5 **	306.5 **	
		雄性 Males	102.5 **	154.5 **	174.5 **	167.5 *	51.0

* $p<0.05$; ** $p<0.01$

2.3 体重、数量与环境因子的关系

高原林蛙和岷山蟾蜍不同年龄段、性别个体体重与分布样格环境因子及两栖类密度的关系如表 4 和图 2 所示。高原林蛙次成体数量和体重与水体距离均成显著负相关;成体数量与水体距离亦呈显著负相关,但雌性个体体重与水体距离却呈显著正相关,而雄性个体体重与水体距离无显著相关性。岷山蟾蜍次成体和成体数量与水体距离呈现不显著的微弱负相关,而次成体、雌性个体的体重与水体距离均呈现显著正相关。

两种两栖类的数量均与分布样格草本层盖度呈极显著正相关。高原林蛙次成体和雌性个体,岷山蟾蜍次成体体重也与盖度呈极显著正相关,而岷山蟾蜍雄性个体体重却与盖度呈极显著负相关。

岷山蟾蜍雄性个体体重与分布点两栖类密度呈不显著的微弱正相关性,岷山蟾蜍雌性个体体重与密度呈不显著负相关,其余两栖类均与密度呈显著负相关。

表 4 高原林蛙和岷山蟾蜍数量、体重与样格环境因子及两栖类密度相关、偏相关分析

Table 4 Correlation and partial correlation between the number and body weight of *R. kukunori* and *B. minshanica* and characters of the girds occupied by them

相关变量 Correlation variables	控制变量 Control variables	相关系数 r Correlation coefficients r						
		高原林蛙 <i>R. kukunori</i>			岷山蟾蜍 <i>B. minshanica</i>			
		次成体	雌性	雄性	次成体	雌性	雄性	
数量-距离 Number of amphibians-distance	盖度 Coverage	df	85	85	85	85	85	
		r	-0.610 ***	-0.389 ***	-0.322 ***	-0.155	-0.012	-0.013
体重-距离 Body weight-distance	盖度 Coverage	df	484	312	170	87	11	5
		r	-0.351 ***	0.252 ***	0.046	0.406 ***	0.546 *	0.410
数量-盖度 Number of amphibians-coverage	距离 Distance	df	47	47	47	47	47	47
		r	0.392 ***	0.322 ***	0.328 ***	0.364 ***	0.414 ***	0.311 ***
体重-盖度 Body mass - coverage	距离 Distance	df	484	312	170	87	11	5
		r	0.289 ***	0.101 *	-0.110	0.325 ***	-0.071	-0.783 **
体重-密度 Body mass - density of amphibians		df	485	312	171	88	12	6
		r	-0.042	-0.448 ***	-0.244 **	-0.689 ***	0.090	-0.450

* $p<0.1$; ** $p<0.05$; *** $p<0.01$, Spearman 秩相关检验

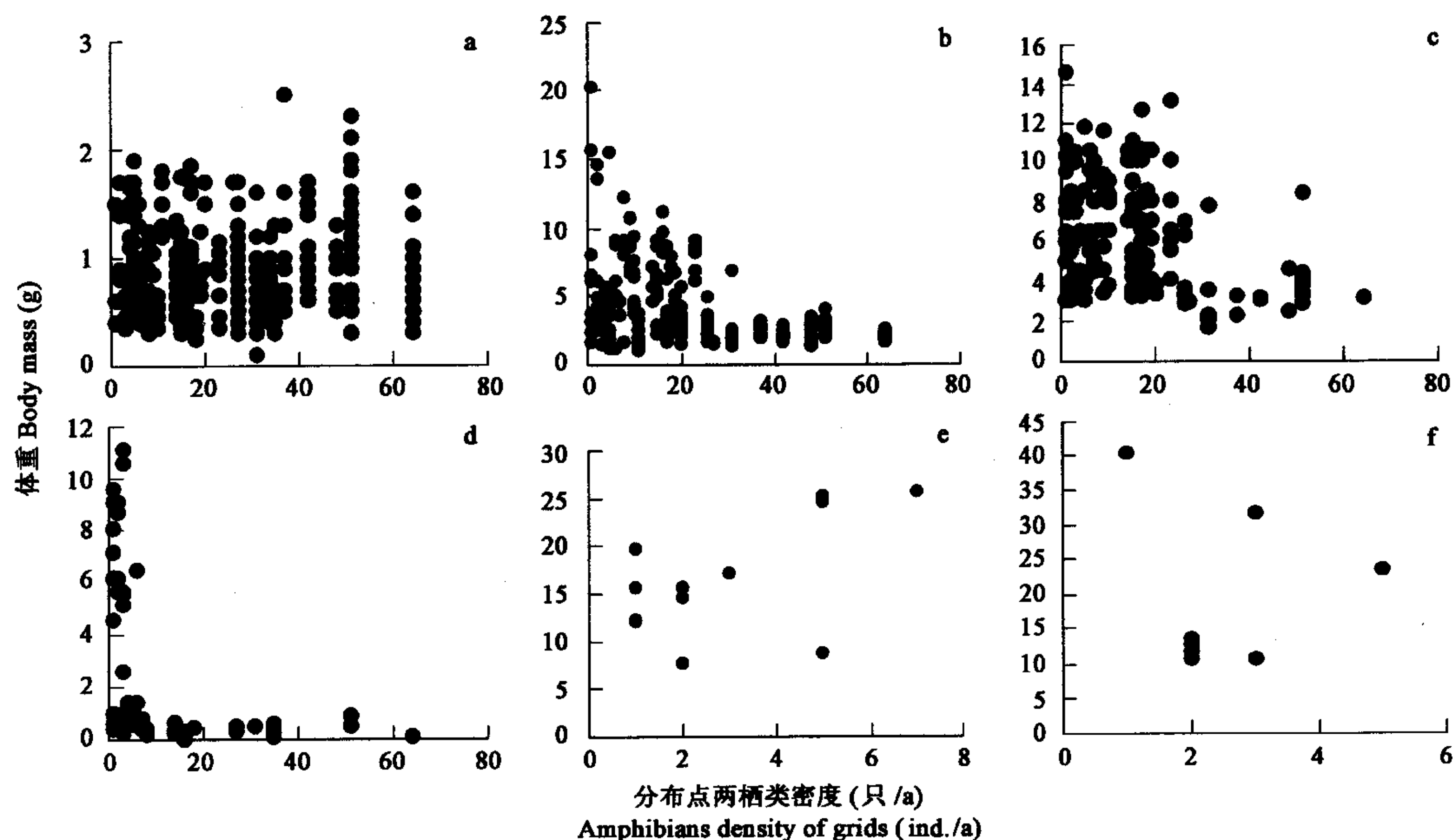


图2 高原林蛙与岷山蟾蜍个体体重与样格两栖类密度之间的关系

Fig. 2 The relationship between body mass of *R. kukunoris* and *B. minshanica* and amphibians density of the grid

a: 高原林蛙次成体 subadults of *R. kukunoris*; b: 高原林蛙雌性个体 females of *R. kukunoris*; c: 高原林蛙雄性个体 males of *R. kukunoris*; d: 岷山蟾蜍次成体 subadults of *R. kukunoris*; e: 岷山蟾蜍雌性个体 females of *R. kukunoris*; f: 岷山蟾蜍雄性个体 males of *R. kukunoris*

3 讨论

3.1 陆地核心生境

陆地核心生境的宽度是基于物种迁移扩散距离确定的^[6],但是至今还没有一个确定的具体划分方法。Semlitsch and Bodie^[5]通过文献分析,以较少的样本量(每一物种 6~189 个个体,部分物种样本量不详),依据不同类群两栖类迁徙离开水体的最大平均距离,粗略地对两栖类的一般陆地核心生境的大小进行了估计,提出的无尾类陆地核心生境半径在 205~368m 之间,而陆地核心生境外还需保留半径 50m 的缓冲区。按此方法,若尔盖保护区内的高原林蛙、倭蛙、岷山蟾蜍的陆地生境核心区半径分别为 1000、55 m 和 580 m。

考虑到过大的面积在实际保护工作中存在操作上的困难,因此可以 90% 个体分布区为低限确定 3 种两栖类的最小陆地核心生境。又由于同一种类不同性别或年龄的个体的陆地核心生境大小可能存在差异,而保护某一物种需要同时保护该物种不同性别和年龄组的个体,因此确定两栖类的最小陆地核心生境需要以该种两栖类扩散离开水体距离最远的性别或年龄组的个体为准。

根据本文的数据,可以确定高原林蛙的最小陆地生境核心区半径为 51 m。而对于倭蛙和岷山蟾蜍,由于调查发现的倭蛙雌性和岷山蟾蜍雄性个体数量太少,故无法准确确定倭蛙雌性和岷山蟾蜍雄性的最小核心生境,由此也无法确定这两个物种的最小核心生境。

本文仅仅测量了 3 种两栖类个体分布点距离最近水体的距离,但是最近的水体未必就是该个体的繁殖水体,由此估计的陆地生境核心区有可能偏小。如果使用标志或者无线电跟踪技术进行研究则有助于确定两栖类个体的繁殖水体,由此可以更为精确地估计两栖类的陆地生境核心区。

3.2 不同物种、年龄段个体分布机制

生境选择是指动物为了某一生存目的(如卧息、觅食、迁移、繁殖或逃避敌害等),在可到达的生境之中选择某一相对适宜生境的过程^[8]。而陆地核心生境也是一个生境选择的结果:动物在某一时期或者在生活史不同阶段需要不同的生境资源,当这些资源呈现镶嵌分布时,动物就不得不在这些斑块组间进行权衡。在此,选择分布点距水体距离、草本层盖度和两栖类密度这 3 个影响若尔盖高原林蛙和岷山蟾蜍生境资源环境因素,对这 2 种两栖类的分布格局进行讨论。选择这 3 个环境因子的原因如下:

(1) 由于生理结构的限制,两栖类对水的依赖性较强,其取食、移动等多项活动都受到水的影响^[9],因此其分布也不可避免

地受到水体的制约,水成为两栖类扩散分布的重要制约因素。而另一方面,水体周边未必就是两栖类需要的其他资源(比如食物、隐蔽所)丰盛的区域,因此,当水和其他资源分布并不一致时,两栖类的生境选择将面临这些资源、环境因子的多重制约,在这些制约间可能出现权衡(trade-off)的关系。

(2)对两栖类而言,草本层盖度较高的区域可能意味着更好、更多的隐蔽所。在调查过程中多次观察到普通燕鸥 *Sterna hirundo* 在水体周边长时间捕食两栖类,这说明该地区至少存在普通燕鸥这一种捕食者,而草本层盖度较高的区域有可能提供更好的隐蔽。

(3)由于每个两栖类个体的实际可获得食物量不仅仅与食物密度有关,同时也受到竞争的影响,因此将两栖类密度也作为影响不同种类两栖类陆地核心生境的环境因子纳入分析。

3 种环境因子在环境中的分布呈现极显著的中等强度相关性,这意味着,这 3 种环境因子并非独立的,当两栖类对某一环境因子进行选择时,不可避免地会受到其他 2 种环境因子的影响。即:随着样格距离水体距离的增加,草本层盖度呈上升趋势而两栖类密度呈下降趋势。

水是限制两栖类分布的重要生态因子之一,但是不同种类的两栖类对水体的依赖性是不同的,而同一种类的不同个体对水体的依赖性也可能存在差异。水体对两栖类的作用可以用图 3 中的曲线 I 和 II 代表:随着分布点距水体距离的增加,两栖类受到水资源带来的收益逐渐减少(或者负效应增加),直到接近两栖类耐受极限。对水依赖性较强的个体的曲线接近曲线 I,一旦离开水体,水体带来的收益立刻迅速减少;而对水依赖性较弱的个体的限制效应曲线则接近曲线 II,在距离水体一定距离内,离开水体导致的收益下降速度较慢。在这种情况下,如果没有其他的环境因子作用,无论两栖类对水体的依赖性如何,其最佳分布点理论上都将会滑向距离水体为 0 的区域,即完全集中在水体周边。因此单独用水体依赖性一个因子无法解释这两种两栖类分布格局。

草盖度对两栖类的作用为:盖度越高,隐蔽所质量越高;而两栖类密度效应则是:密度越高,竞争越强。由于盖度与水体距离呈极显著正相关,而密度与水体距离呈极显著负相关,故可以近似将其投射在图 3 的 x 轴上,则这两种环境因子的负效应曲线如曲线 III 所示:在接近水体的区域,草盖度低、两栖类密度高,两者带来的收益较小(或者负效应较大);随着距离增加,草盖度趋于上升,两栖类密度逐渐下降,两者带来的效益也逐渐上升,直到逼近最大值。

根据最优化理论可以推断,对水体依赖性较强的个体的最佳生境在距水体距离这一轴上的位置将是曲线 I 和 III 之和(曲线 I + III)的极值点,即点 A 对应的距离;而对水体依赖性较弱的个体的最佳生境则是曲线 II 和 III 之和(曲线 II + III)的极值点,即点 B 对应的距离。这意味着由于两栖类在水和食物因素之间的权衡(trade-off),对水体依赖性强的个体将分布在距离水体更近的区域。

根据 2 种两栖类及其不同性别和年龄个体的分布点距水体距离比较,岷山蟾蜍成体和次成体分布点距水体距离均极显著远于高原林蛙,这意味着高原林蛙对水体的依赖性较岷山蟾蜍更高;而 2 种两栖类的成体分布点距水体距离又极显著远于次成体,这又意味着次成体对水体的依赖性较成体为高。2 种两栖类数量与分布点距水体的距离和草本层盖度的偏相关分析结果也支持这种分布趋势:高原林蛙由于受水体制约作用强,其数量分布与水体距离呈显著负相关,而岷山蟾蜍受水体制约作用小,其数量分布与水体距离呈不显著的弱相关。

本文仅仅讨论了水的限制作用变化时两栖类分布响应,事实上,不同种类、年龄、性别个体对食物限制(草盖度、两栖类密度作用)的反应也可能存在不同,这种曲线 III 上的变化也会引发两栖类分布的响应。Pilliod^[3]亦提出 *R. luteiventris* 雌雄个体之间扩散距离上的差异可能与食物需求不同有关。

3.3 同年龄、性别个体分布机制

最优化理论可以用于解释不同物种,或者同一物种不同年龄段个体分布格局的差异,但是相同年龄段、相同性别的同种个体的分布格局又该如何解释呢?

从 2 种两栖类个体体重与分布点两栖类密度之间的关系可以看出:两栖类密度越高的区域,其个体体重一般也越低。体重与草本层盖度则多数呈正相关。而从体重与样格距水体距离的相关关系可以看出:高原林蛙雌性、岷山蟾蜍次成体和雌性的体重与分布样格距水体距离有显著负相关。由此,2 种两栖类体重与环境因子的一般关系可以描述为:距水体距离较近的生境中,

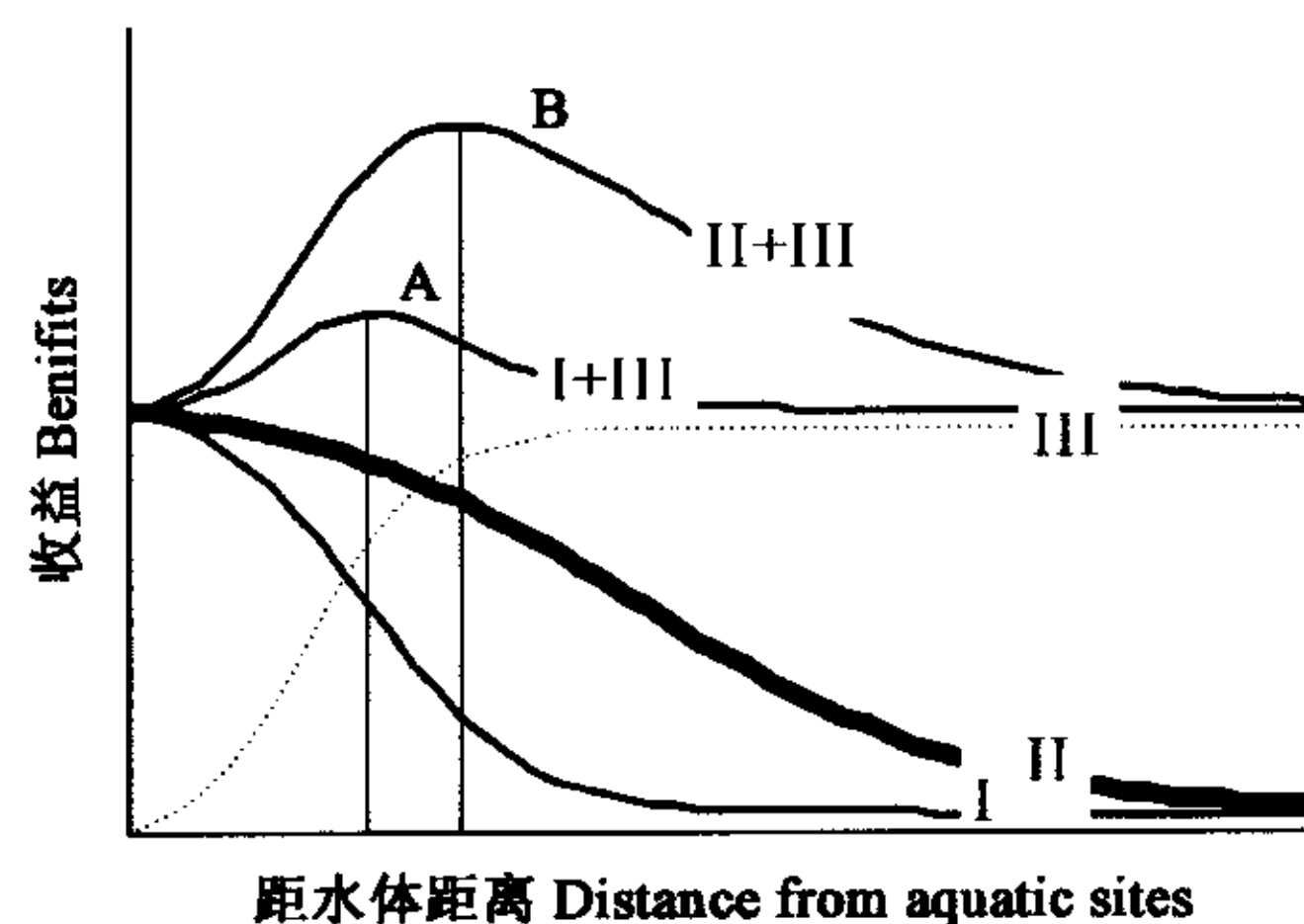


图 3 环境因子对两栖类作用示意图

Fig. 3 Effects of environmental factors on Amphibians

草盖度较低、两栖类密度较大,其中的两栖类个体体重较轻;而远离水体的生境中,草盖度较高、两栖类密度较小,其中的两栖类体重较重。或者,可以描述为:体重较轻的个体倾向选择水体周边食物竞争大,隐蔽所质量较差的生境,而体重更大的个体倾向选择远离水体的食物丰富、隐蔽所质量更高的生境。

对此有两种可能的解释:

(1)两栖类密度高的区域食物竞争大,每个个体可获得食物相对贫乏,导致该区域两栖类个体体重降低;

(2)两栖类密度高的区域食物竞争大,每个个体可获得食物相对贫乏,而体重较高、更为强壮的个体受水的制约作用更小,故能扩散到其他个体不能到达,但食物更丰富、隐蔽所质量更高的区域。

第1种解释是密度为因,体重为果,这无法解释高密度区域个体为何不迁移到密度较低区域以避免竞争,因此不能成立。而第2种解释以体重为因,扩散为果,依然是利用最优化理论进行解释。

但是体重与分布样格环境因子的相关关系中存在一些与上述规律不同的例外:高原林蛙幼体体重与距水体距离呈极显著负相关,与分布样格两栖类密度相关性很弱,且不显著,这可能是由于高原林蛙幼体对水的依赖性很强,与水体距离的效应相比,密度和盖度的效应较弱造成的;岷山蟾蜍成体由于样本量太小,且所有岷山蟾蜍成个体都分布在两栖类密度很低(最高密度:7只/100m²)且草盖度很高(最低盖度:85%)的区域,因此很难显示出相关性。

从以上的分析亦可看出,两栖类陆地核心生境的范围是受到物种本身特性和多种环境因子、景观格局的共同作用。水体及周边各种生境资源的分布状况,甚至两栖类自身种群密度或其它动物的种群都对两栖类陆地核心生境的大小有一定的影响。因此在根据陆地核心区域制定两栖类保护计划时,需要依据当地景观做出适当调整。

References:

- [1] Sinsch U. Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology Ecology and Evolution*, 1990, **2**: 65~79.
- [2] Dunning J B, Danielson B J and Pulliam H R. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos*, 1992, **65**: 169~175.
- [3] Pilliod D S, Peterson C R and Ritson P I. Seasonal migration of Columbia spotted frogs (*Rana luteiventris*) among complementary resources in a high mountain basin. *Canada Journal of Zoology*, 2002, **80**: 1849~1862.
- [4] Semlitsch R D. Biological delineation of terrestrial buffer zones for pond-breeding salamanders. *Conservation Biology*, 1998, **12**: 1113~1119.
- [5] Semlitsch R D and Bodie J R. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology*, 2003, **17**: 1219~1228.
- [6] Porej D, Micacchion M, and Hetherington T E. Core terrestrial habitat for conservation of local populations of salamanders and wood frogs in agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 2004, **120**: 399~409.
- [7] Fellers G M, Wang Y Z, Liu S Y. Status of Amphibians at the Zoige Wetlands, Sichuan Province, China. *Froglog*, 2003, **58**: 1.
- [8] Jiang Z G. *Field methods for natural conservation*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002. 182~208.
- [9] Preest M R, and Pough H F. Effects of body temperature and hydration state on organismal performance of toads, *Bufo americanus*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 2003, **76**: 229~239.

参考文献:

- [8] 蒋志刚. 自然保护野外研究技术. 北京:中国林业出版社,2002. 18.