

昆明滇蛙的取食策略

周伟*, 潘晓赋, 欧晓红, 李伟

(西南林学院 保护生物学学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 目前国内研究两栖类食性选择或偏好多未考虑蛙胃内不同食物的丰盈程度与栖境不同食物资源是否存在相关性。在分析了采自昆明白龙寺和昆明石林西街口的 494 只滇蛙 (*Rana pleuraden*) 的食性的同时, 分析了采自对应栖境中的食物资源组成。结果表明, 滇蛙的食物成份与食物资源相具有稳定性, 主要类群均为直翅目、同翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、膜翅目和蛛形纲等 8 类。但又存在变异性, 不同产地、不同年份和不同月份之间的蛙标本胃内的食物成分各类群的比例均不相同。主要食物成份与食物资源相的差异显著性分析、相关性分析和选择性分析等方面的结果均支持或证明: 滇蛙对食物具有选择性或取食偏好。栖境的食物资源相与蛙胃内的食物成分不存在相关性 (白龙寺: $r = 0.077$, $P = 0.575$; 西街口: $r = -0.086$, $P = 0.500$)。直翅目 ($Ei < -0.35$) 和同翅目 ($Ei < -0.37$) 昆虫是滇蛙取食时回避的食物, 而对鞘翅目、鳞翅目、膜翅目和蛛形纲等 4 个类群 ($Ei > 0.45$) 具有明显偏好。

关键词: 滇蛙; 食性; 食物资源; 取食策略

中图分类号: Q959.5; Q958.1

文章标识码: A

文章编号: 0254-5853(2007)04-0395-08

The Feeding Strategy of *Rana pleuraden* from Kunming, China

ZHOU Wei*, PAN Xiao-fu, OU Xiao-hong, LI Wei

(Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

Abstract: Until now, the correlation between the food found in a frog's stomach and the richness of food resources in their habitats were not fully considered when food selection of amphibians was studied in China. The diet of 494 specimens of *Rana pleuraden* were collected from Bailongsi and Xijiekou, Kunming, and the composition of the food resource in their habitats were investigated. The results showed that the food consumption of the frog and the food resource composition in the habitats were steady. The main groups of food resources were Orthoptera, Homoptera, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera and Arachnida. However, the proportion of each group varied among specimens from different localities, years and months of the year. *Rana pleuraden* also showed selectivity towards its food and/or prey, supported by the results of scientific analyses, such as the discrepancy significance analysis, the correlation analysis and the selectivity analysis between food consumption and food resources. There was no correlation between food resource found in the habitats and the food in the frog's stomach (Bailongsi: $r = 0.077$, $P = 0.575$; Xijiekou: $r = -0.086$, $P = 0.500$). The insects of Orthoptera ($Ei < -0.35$) and Homoptera ($Ei < -0.37$) were avoided when feeding. The insects of Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera and Arachnida were the preferred prey for *Rana pleuraden* ($Ei > 0.45$).

Key words: *Rana pleuraden*; Food habits; Food resources; Feeding strategy

取食策略是行为生态学中的重要研究课题。肉食动物是高效的捕食者, 它们在特定的环境条件下, 使其能量收益达到最大 (Krebs & Davies, 1997)。像其他的捕食者一样, 无尾两栖类有两种取食模式:

主动捕食和“守株待兔式”捕食 (Duellman & Trueb, 1986)。主动捕食者一般捕食当地资源丰富、小的食物, 如蚁类; “守株待兔式”捕食者也很少捕食大的独栖动物, 如直翅目昆虫 (Toft, 1980,

* 收稿日期: 2007-03-01; 接受日期: 2007-06-15

基金项目: 西南地区生物多样性保育国家林业局重点实验室资助; 云南省自然科学基金项目 (2000C0054M); 云南省教育厅科学研究基金 (0012039); Russell E. Train Education for Nature (EFN) Program (RJ17) (WWF) 项目

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: weizhouyn@163.com; weizhou@public.km.yn.cn

1981)。广食性的两栖类一般是主动捕食者,拥有多样的食物种类;而狭食性的两栖类倾向于“守株待兔式”的捕食方式(Duellman & Trueb, 1986)。

捕食者采用的捕食策略具有种的特异性。捕食者的捕食活动受到多个内外因素的调节,包括食物资源种类和丰盛度的季节性变化(即可获得性)、种间竞争等外部因素,以及物种自身的生态幅和形态学方面因素的限制(如个体发育所处的阶段、体形大小和特化形态特征等)(Burton, 1976; Duellman, 1978; Duellman & Trueb, 1986)。一般认为,无尾两栖类是受颌宽限制的捕食者。对许多无尾两栖类的研究发现,蛙的身体大小或者口宽影响蛙类的取食策略(Labanick, 1976; Toft, 1980; Flowers & Graves, 1995; Newman, 1999; Hirai & Matsui, 1999, 2000a, b)。而生长能够减少形态学上的限制因素对蛙的食性的影响,使它能够取食大的食物,从而使其随个体发育而变换捕食策略(Christian, 1982; Lima, 1998)。

许多研究仅根据两栖类胃内食物种类出现频次的高低,认定它们对食物的选择偏好(Clarke, 1974; Su, 1985; Yuan & Wun, 1990; Lu et al, 2000),但没有考虑环境食物资源的可获得性。因此很难确定,取食高频次的食物种类是由于可获得性高,还是由于两栖类本来对该种食物的偏好性(Iacch & Barg, 2002)。当两栖类对食物的利用率与环境中的该食物的可获得性相一致时,这种两栖类被认为是机会主义取食者,对食物没有选择性(Boomsma & Arntzen, 1985; Hirai & Matsui, 2001)。但是野外和实验研究发现,一些两栖类对食物具有明显的选择性(Duellman & Trueb, 1986)。当栖境存在着多种食物类型时,虎纹蛙(*Rana tigrina*)蝌蚪和成体均表现出对食物有选择性(Geng et al, 2002)。但该结论是靠实验观察得到的定性经验总结,缺乏定量数据支持。对黄纹石龙子(*Eumeces capito*)的研究认为,它对食物大小和种类具有一定的选择性。但该项研究是采用投喂蝗虫、蟋蟀、蚱蜢等种类不同体长的个体,24 h后检查被食用情况,由此判断对食物种类和个体大小的选择(Jiang, 2005)。所以,这并不是自然栖境中,动物对食物种类(类群)选择的真实反映。

目前国内有关蛙类的食物选择研究,尚未关注栖境中食物资源的可获得性及其变动情况对蛙类取食策略的影响,也未考虑蛙胃内不同食物的丰盈度

与栖境相应食物资源的丰盈度是否存在相关性,因此也就不能真实反映蛙对食物的选择偏好性。本项研究拟将滇蛙(*Rana pleuraden*)胃内的食物成分变化与其栖境中的食物资源相的变化结合起来,探讨它在自然状态下对食物有无选择或偏好。以期丰富中国两栖类食物选择与取食策略方面的研究成果。

1 材料与方法

1.1 材料来源

实验用滇蛙分别于2002年3月—2003年11月采自昆明东北郊金殿—白龙寺—白沙河—王大桥一带(本文简称为白龙寺地区);2002年5月—2003年11月采自昆明市石林县西街口。均为每月采集一次。每年蛙的冬眠期间未采得标本。蛙类标本采集后,用脑髓针刺法立即处死,系上标签并详细记录采集地点和时间,带回实验室或驻地后用5%福尔马林液固定,留待室内解剖分析用。

在采集蛙类标本的同时,在蛙类对应栖境中,用昆虫扫网在离地面0—50 cm的草丛、灌丛或荒地中采集食物资源标本20—30 min(Hirai & Matsui, 2001)。收集到的食物资源标本立即用70%的酒精固定保存,留待室内鉴定分析用。

1.2 研究方法

先测量标本的体长(snout-vent length, SVL, 精度0.1 mm)。接着剪开腹腔,观察性腺辨别性别。预实验解剖发现,肠管内食物几乎完全被消化,仅余部分残片,很难辨别食物种类和计数,故仅取贲门—幽门一段作食性分析。

蛙胃中昆虫的残骸与自同一栖境采集的昆虫标本作比对,昆虫鉴定主要参照蔡邦华(1973)系统,同时参考其他相关资料(Nankai University et al, 1980a, b; Zhong, 1985, 1990; Morse et al, 1994; Zheng & Gui, 1999a, b),并与西南林学院昆虫标本室已鉴定的昆虫实物标本对比核实。食物种类鉴定时同步统计各类食物的数量及出现频次。

食物计数标准参照Zhou et al(2007),主要根据发现的昆虫头的数目来确定。如果没有头时,则按照某一类器官或结构的套数来计算。如胡蜂的前、后翅各1对时,则计作1只胡蜂,少于一套的算1只,多于一套而不足两套的算2只,其余依此类推。食物量和频次统计时,尽可能鉴定到最低的分类阶元,凡是只能分到目而不能分到科的按目计数,只能分到门和纲的也是如此。植物性食物仅在少数蛙

胃中发现, 故在统计时未予单独列项和计数。

1.3 数据处理

1.3.1 差异性检验和相关性分析 首先计算栖境中的各类食物资源和蛙胃内的食物种类出现频次占食物资源或胃内食物出现总频次的百分比, 分别以它们作为食物的可获得性 (availability) 和利用率 (usage) (Hirai & Matsui, 2001; Iacch & Barg, 2002), 对它们分别作反正弦函数转换为角度型变量, 以避免百分比数据间的相关性和提高数据的正态性 (Fowler et al, 1998)。采用独立样本的 Kolmogorov-Smirnov Z 检验分析变量的正态性, 当数据符合正态分布时, 采用独立样本 t -检验; 当变量不符合正态分布时, 采用非参数 Mann-Whitney U -检验。

因本项工作数据为连续变量, 采用 Pearson Correlation Coefficient 判断蛙内食物种类出现频次的百分比与栖境中相应食物资源出现频次的百分比之间的相关性。差异性检验及相关性分析采用 SPSS 11.0 数据统计分析软件包处理 (Fowler et al, 1998)。

1.3.2 资源选择性分析 以资源选择率 (ω_i)、资源选择系数 (W_i) 和资源选择指数 (E_i) 作为衡量蛙对食物资源的选择性指标。

$$\omega_i = O_i / \pi_i$$

$$W_i = \omega_i / \sum \omega_i$$

$$E_i = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$$

式中: O_i 食物 i 的数量百分比, π_i 食物资源 i 的数量百分比, n 为资源类别数。 E_i 值介于 -1 与 $+1$ 之间, 若 $E_i = 0$, 表示动物对资源 i 的选择是随机的, 用“0”表示; 若 $-1 < E_i < 0$ 表示动物回避资源 i ; 若 $+1 > E_i > 0$ 表示动物偏好资源 i (Chesson, 1978; Vanderploeg & Scavia, 1979)。

2 结果与分析

2.1 食物组成状况

采自白龙寺地区的滇蛙 245 只 (2002 年 111 只, 2003 年 134 只), 从 2002 年的滇蛙标本胃内检出食物标本 310 只 (套), 隶属于 3 门 6 纲, 其中昆虫纲包括 10 目 3 亚目 30 科的成虫和幼虫; 2003 年的标本中检出食物 407 只 (套), 隶属于 2 门 5 纲, 其中昆虫纲包括 9 目 2 亚目 34 科的成虫和幼虫。2003 年采自西街口的滇蛙标本 249 只, 从其胃内检出食物标本 868 只 (套), 隶属于 3 门 7 纲, 其中昆虫纲包括 11 目 3 亚目 40 科的成虫和幼虫。

对白龙寺和西街口及其不同年份蛙胃食物成分

分类统计, 结果可归纳为以下特点 (表 1): (1) 均以直翅目、同翅目、半翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、膜翅目和蛛形纲等 8 类占食物数量的百分比居高。(2) 同一产地不同年份排前 3 位的食物类群不相同, 同一类群不同年份各月的比例也不相同。(3) 同一年份不同产地排前 3 位的食物类群不相同, 同一类群不同产地各月的比例也不相同。

2.2 食物资源相状况

共鉴定 2002 年采自白龙寺地区栖境中的食物资源 1919 只, 隶属于 1 门 3 纲 14 目 3 亚目 44 科和总科; 2003 年的食物资源 1734 只, 隶属于 2 门 4 纲 18 目 4 亚目 41 科和总科。共鉴定 2003 年采自西街口栖境中的食物资源 1316 只, 隶属于 2 门 3 纲 13 目 4 亚目 38 科和总科。

对白龙寺和西街口及其不同年份资源食物成分分类统计, 其特点与胃内食物成分的特点完全类似 (表 1), 这里不再赘述。

2.3 食物资源与食物的比较

食物资源和食物的数量百分比转换为角度型变量, 经独立样本的 Kolmogorov-Smirnov Z 检验, 数据符合正态分布, 采用独立样本的 t -检验。结果显示, 白龙寺 2002 年的食物资源与滇蛙的食物之间在直翅目、同翅目和膜翅目等 3 个类群差异极显著; 2003 年在直翅目、同翅目、鞘翅目、鳞翅目和膜翅目等 5 个类群差异极显著。西街口 2003 年的食物资源与滇蛙食物之间除半翅目无差异和鞘翅目有显著差异外, 其余 5 个类群差异极显著。白龙寺 2002 和 2003 年滇蛙的食物之间仅膜翅目差异极显著 (表 2)。

2.4 食物资源与食物的相关性分析

白龙寺 2002 年和 2003 年的食物资源与滇蛙食物的 Pearson 相关系数 r 分别为 0.077 ($P = 0.575$) 和 -0.086 ($P = 0.500$); 西街口 2003 年的为 -0.457 ($P = 0.000$)。计算结果表明, 食物资源与滇蛙的食物之间基本上属于不相关或负相关, 而且不相关的概率大于 0.05 (5%)。分类群对食物资源与食物作相关性分析, 仅有西街口 2003 年的蛛形纲达到了显著正相关 ($r = 0.830$, $P = 0.011$) (表 3)。

2.5 食物的选择性分析

将蛙胃内的食物类群与栖境中的食物资源类群合在一起共计 25 类, 其中昆虫纲 17 目为 17 个类群, 另有蜘蛛和螺等 8 个类群。对这 25 个类群作选择性分析, 结果表明, 白龙寺和西街口的滇蛙对

表 1 昆明白龙寺和西街口主要食物资源与滇蛙食物数量百分比组成

Tab. 1 Comparisons on number percentage between main food resources and foods in stomach of *Rana pleuraden* from Bailongsi and Xijiekou, Kunming

月份 Month	直翅目 Orthoptera		同翅目 Homoptera		半翅目 Hemiptera		鞘翅目 Coleoptera		双翅目 Diptera		鳞翅目 Lepidoptera		膜翅目 Hymenoptera		蛛形纲 Arachnida	
	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS	资源 FR	食物 FS
白龙寺 (2002年)(Bailongsi, 2002)(%)																
3月 Mar	—	0.0	—	2.0	—	0.0	—	5.9	—	31.4	—	2.0	—	19.6	—	11.8
4月 Apr	3.6	5.6	0.0	2.8	16.4	0.0	47.3	13.9	7.3	36.1	4.6	8.3	11.8	22.2	6.4	2.8
5月 May	6.8	0.0	2.1	0.0	31.4	15.4	19.4	28.2	10.5	7.7	0.0	5.1	17.8	10.3	11.5	10.3
6月 Jun	19.5	0.0	17.6	0.0	1.6	6.3	16.3	18.8	29.6	12.5	3.9	15.6	5.5	18.8	4.6	18.8
7月 Jul	16.7	0.0	4.3	0.0	9.3	6.7	13.0	46.7	34.1	6.7	8.1	0.0	4.0	13.3	5.9	6.7
8月 Aug	23.4	8.6	8.7	0.0	5.6	1.7	15.6	20.7	16.5	3.5	7.8	8.6	6.5	20.7	4.3	27.6
9月 Sep	3.0	3.7	7.6	0.0	8.6	3.7	16.2	29.6	38.9	3.7	1.0	29.6	6.6	11.1	6.6	7.4
10月 Oct	20.3	1.9	9.6	5.8	8.5	1.9	8.1	25.0	36.2	23.1	3.3	9.6	4.8	17.3	5.9	7.7
11月 Nov	20.8	—	14.9	—	3.3	—	8.1	—	37.0	—	2.0	—	4.6	—	8.8	—
全年 Total	16.0	2.9	9.2	1.6	9.1	3.9	15.3	21.0	28.7	16.8	4.0	9.4	6.8	17.4	6.6	12.9
白龙寺 (2003年)(Bailongsi, 2003)(%)																
3月 Mar	2.0	0.0	30.0	0.0	5.0	6.3	1.0	25.0	43.0	18.8	0.0	6.3	9.0	0.0	10.0	6.3
4月 Apr	6.7	14.3	14.7	0.0	16.7	3.6	21.3	7.1	15.3	14.3	6.7	21.4	7.3	14.3	8.0	7.1
5月 May	23.1	0.0	4.3	3.8	18.8	1.9	7.7	20.8	23.9	20.8	2.6	15.1	12.0	5.7	6.8	20.8
6月 Jun	19.8	3.2	8.1	1.6	45.1	9.7	6.3	30.7	1.8	4.8	1.8	11.3	9.0	1.6	8.1	9.7
7月 Jul	38.1	7.0	26.0	2.0	2.4	8.0	11.9	31.0	0.3	5.0	4.3	6.0	3.2	13.0	11.6	8.0
8月 Aug	26.4	3.3	17.8	3.3	8.9	6.7	23.2	30.0	7.1	0.0	7.4	26.7	6.2	0.0	2.7	6.7
9月 Sep	17.7	1.8	25.9	3.6	5.1	5.5	12.2	32.7	22.5	3.6	2.7	12.7	5.8	7.3	4.4	12.7
10月 Oct	28.3	3.2	6.8	3.2	4.0	1.6	17.9	30.2	20.7	6.4	1.6	20.6	13.2	11.1	6.0	4.8
全年 Total	23.9	4.2	18.2	2.5	9.6	5.7	14.6	27.8	13.8	7.9	3.9	13.8	7.3	7.9	6.0	9.8
西街口 (2003年)(Xijiekou, 2003)(%)																
3月 Mar	12.4	0.0	16.1	2.8	11.1	12.2	19.8	3.7	9.9	1.9	9.9	26.2	11.1	20.6	9.9	10.3
4月 Apr	17.3	1.1	13.5	1.1	18.4	9.1	26.5	10.2	12.4	4.6	2.7	27.3	4.3	19.3	3.2	3.4
5月 May	13.8	0.0	15.9	3.2	8.7	4.3	12.3	10.6	25.4	4.3	5.8	26.6	7.3	19.2	6.5	8.5
6月 Jun	10.0	5.8	15.0	0.0	17.5	2.2	15.0	4.4	16.3	3.6	7.5	34.1	8.8	31.2	6.3	6.5
7月 Jul	29.3	4.3	10.0	4.3	6.8	1.1	5.8	10.8	27.8	3.2	0.5	37.6	4.7	9.7	9.4	18.3
8月 Aug	5.5	2.1	6.2	1.4	8.9	7.0	21.6	9.2	37.0	0.0	3.7	26.1	4.5	21.1	4.2	2.8
9月 Sep	7.3	2.8	14.6	0.0	4.1	9.4	8.1	8.5	35.8	3.8	9.8	34.9	8.9	17.9	4.9	8.5
10月 Oct	14.7	2.9	6.0	1.2	15.5	9.3	7.8	8.1	31.0	4.1	3.5	28.9	8.6	16.2	12.9	13.3
全年 Total	13.1	2.6	10.7	1.6	10.7	6.9	16.0	8.0	27.4	3.1	4.5	30.1	6.2	19.8	6.4	8.9

FR: Food resources; FS: Foods in frog stomachs.

直翅目和同翅目的选择系数 (E_i) 为负值, 呈负选择, 即这 2 类为滇蛙的回避资源; 对半翅目和双翅目虽为正选择, 但 E_i 值偏低 (<0.25), 选择性不十分明显; 而对鞘翅目、鳞翅目、膜翅目和蛛形纲等 4 个类群表现为正选择, 且选择系数较高 (>0.45), 即这些资源为滇蛙的偏好资源 (表 4)。

3 讨论

3.1 食物与食物资源的稳定性与变异性

食物成份与食物资源相具有稳定性。白龙寺和西街口两地及其不同年份主要食物成份与食物资源相的构成, 充分体现了食物成份与食物资源相的稳定性。而且, 白龙寺 2002 年和 2003 年滇蛙食物的差异显著性分析结果亦表明, 仅膜翅目差异极显著

(表 2), 这反映年与年间滇蛙的食物成分也是稳定的。这种稳定性缘于昆明白龙寺和石林西街口的两地相距不远, 直线距离仅约 150 km, 以节肢动物门, 尤其是昆虫纲动物为主的食物资源相的组成在小尺度地理范围内不会有明显差异。

食物成份与食物资源相又具有变异性。尽管两地及其不同年份主要食物成份与食物资源相的构成稳定, 但同一产地不同年份和同一年份不同产地的主要食物成份及食物资源相的构成比例并不完全相同, 而是存在变化 (表 1)。这一点又反映了白龙寺和西街口两地及白龙寺不同年份主要食物成份与食物资源相的构成的变异性。而这种变异性与不同地点及同一地点不同年份之间的气温、降水、植被等因素有着密不可分的关系。

表 4 昆明白龙寺和西街口滇蛙主要食物与食物资源选择性分析

Tab. 4 Analysis of selection between main food resources and foods in stomach of *Rana pleuraden* from Bailongsi and Xijiekou, Kunming

类群 Category	白龙寺 Bailongsi (2002)					白龙寺 Bailongsi (2003)					西街口 Xijiekou (2003)				
	O_i	π_i	ω_i	W_i	E_i	O_i	π_i	ω_i	W_i	E_i	O_i	π_i	ω_i	W_i	E_i
直翅目 Orthoptera	2.9	16.0	0.181	0.019	-0.357	4.2	23.9	0.175	0.019	-0.364	4.2	23.9	0.176	0.019	-0.364
同翅目 Homoptera	1.6	9.2	0.174	0.018	-0.374	2.5	18.2	0.135	0.014	-0.470	2.5	18.2	0.137	0.015	-0.466
半翅目 Hemiptera	3.9	9.1	0.426	0.044	0.053	5.7	9.6	0.589	0.063	0.222	5.7	9.6	0.594	0.063	0.223
鞘翅目 Coleoptera	21.0	15.3	1.373	0.143	0.564	27.8	14.6	1.905	0.203	0.671	27.8	14.6	1.904	0.202	0.669
双翅目 Diptera	16.8	28.7	0.585	0.061	0.208	7.9	13.8	0.569	0.061	0.205	7.9	13.8	0.572	0.061	0.206
鳞翅目 Lepidoptera	9.4	4.0	2.326	0.243	0.717	13.8	3.9	3.501	0.374	0.807	13.8	3.9	3.538	0.375	0.807
膜翅目 Hymenoptera	17.4	6.8	2.558	0.267	0.739	7.9	7.3	1.071	0.114	0.481	7.9	7.3	1.082	0.115	0.483
蛛形纲 Arachnida	12.9	6.6	1.955	0.204	0.672	9.8	6.9	1.429	0.152	0.584	9.8	6.9	1.420	0.151	0.581

O_i : 食物 i 的数量百分比 (Number percentage of food in stomach); π_i : 食物资源 i 的数量百分比 (Number percentage of food resource); ω_i : 资源选择率 (Ratio of resource selection); W_i : 资源选择系数 (Coefficient of resource selection); E_i : 资源选择指数 (Index of resource selection)。

节, 则以蛛形纲动物和鞘翅目昆虫等为优势食物。西街口食物资源相中的蛛形纲与蛙胃内的食物具有显著正相关 (表 2), 就是一个例证。其他食物类群则仅当其自然种群在栖境中大量出现时, 会在蛙的食谱中出现峰值。如白龙寺滇蛙 2002 年 9 月和 2003 年 8 月对鳞翅目昆虫的取食量增加, 2 年间鳞翅目昆虫食物峰值出现的时间相差一个月, 这与 24 节气有关。西街口滇蛙的食物成分中, 全年鳞翅目昆虫所占的比例一直处于较高水平, 这一点从一个侧面提示, 该地区的鳞翅目昆虫数量较多, 且一年中活动时间相对长。

3.2 食物与食物资源的相关性与选择性

滇蛙对食物具有选择性或取食偏好。最直接的证据是西街口滇蛙食物成份中, 鳞翅目的比例在各月均较高, 但食物资源相并不显示这一特点。也就是说, 滇蛙蛙胃中绝大多数食物的利用率与环境中相应食物资源的可获得性不存在显著正相关关系 (表 3)。滇蛙对食物具有选择性或取食偏好, 从主要食物成份与食物资源相的差异显著性分析和选择性分析等方面的结果得以支持或证明。

(1) 差异性分析结果。绝大多数类群的差异极显著或显著 (表 2)。换句话说, 栖境中食物资源相的某一类群数量丰富时, 滇蛙胃内食物该类群所占的数量百分比并不高, 即栖境中食物资源相的各类群的丰富程度与滇蛙胃内食物相应类群的丰富程度不存在相关性。

(2) 相关性分析结果。栖境的食物资源相与蛙胃内的食物成分不存在显著的正相关性 (见 2.4)。

(3) 选择性分析结果。它们对直翅目和同翅目昆虫采取回避的取食策略, 而鞘翅目、鳞翅目、膜翅目和蛛形纲等 4 个类群具有明显偏好。

蛙对食物选择性的机理研究, 国外已有一定案例。日本蟾蜍 (*Bufo japonicus*) 繁殖个体摄食的食物体积显著比不参加繁殖个体大, 但取食的食物数量不存在差异; 雌雄间食谱相似, 摄食的食物体积和数量不存在差异; 随着体长的增加, 日本蟾蜍取食的食物有增大的趋势 (Hirai & Matsui, 2002)。研究表明, 日本东京农田中黑斑蛙 (*Rana nigromaculata*) 对食物的选择主要依赖于遇到猎物的机会; 但生长达到一定体长后, 其食物往往由大个体的猎物组成。黑斑蛙对食物的利用比对食物的选择有更强烈的影响 (Maglia, 1996)。东北雨蛙 (*Hyla japonica*) 是一种繁殖期长 (prolonged breeders) 的种类, 为了获取足够的能量, 保证繁殖成功, 雌雄个体在繁殖过程中还积极觅食。所以在繁殖季节它们通常迁入食物相对丰富的农田生境 (Hirai & Matsui, 2000c)。对火红丛蛙 (*Dendrobates pumilio*) 的雄体、雌体和幼体进行取食策略研究显示, 尽管不同的时期食物成分各异, 但不同年份胃内主要食物的组成变化不显著; 蛙胃内蚂蚁的数量与蛙体的大小存在显著的相关性; 雌蛙比雄蛙和幼蛙取食更多的蚂蚁 (Donnelly, 1991)。对三锯拟蝗蛙 (*Pseudacris triseriata*) 变态后营养生态位变化研究显示, 从变态后到成体的食物组成是动态变化的, 食物的大小与蛙的体长存在着显著的相关性; 不同大小蛙的取食策略不同, 幼蛙取食在栖境中可以遇见的食物, 成年蛙对食物具有选择性, 通常取食栖境中大个体、稀有的食物 (Christian, 1982)。

以上研究结果反映, 蛙对资源食物的偏爱或回避的原因, 既与蛙的大小、性别、一年中所处的生理时期相关, 也与不同昆虫类群的营养、飞行方式、飞行能力等因素有关。两栖类的取食策略呈现

出极大的多样性, 不同年龄和性别的两栖类均会结合自身的生理特点和所处栖境的食物资源特点, 演化出一套具有最大适合度的取食策略 (Schoener, 1971)。要深入和透彻阐述滇蛙对食物的选择性或

取食偏好的原因与机理, 今后值得从年龄、性别、生境等方面作更细致的研究, 也可以从分析滇蛙的捕食时间与昆虫的活动时间的重合度入手, 探讨各因素对食物选择的影响。

参考文献:

- Boomsma JJ, Arntzen JW. 1985. Abundance, growth and feeding of Natterjack Toads (*Bufo calamita*) in a 4-year-old artificial habitat [J]. *The Journal of Applied Ecology*, **22** (2): 395-405.
- Burton TM. 1976. An analysis of feeding ecology of the salamanders (Amphibia, Urodela) of the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire [J]. *Journal of Herpetology*, **10**: 487-204.
- Cai BH. 1973. Taxonomy of Insect: Part II [M]. Beijing: Science Press, 8-100. [蔡邦华. 1973. 昆虫分类学 (中册). 北京: 科学出版社, 8-100.]
- Chesson J. 1978. Measuring preference in selective predation [J]. *Ecology*, **59**: 211-215.
- Christian KA. 1982. Changes in food niche during post metamorphic ontogeny of the frog *Pseudacris triseriata* [J]. *Copeia*, (1): 73-80.
- Clarke RD. 1974. Food habits of toads, genus *Bufo* [J]. *American Midland Naturalist*, **91**: 140-147.
- Donnelly MA. 1991. Feeding patterns of the strawberry poison frog, *Dendrobates pumilio* (Anura: Dendrobatidae) [J]. *Copeia*, (3): 723-730.
- Duellman WE. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador [J]. *Miscellaneous Publication of the Museum of Natural History, University of Kansas*, **65**: 1-352.
- Duellman WE, Trueb L. 1986. Biology of Amphibians [M]. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Flowers MA, Graves BM. 1995. Prey selectivity and size-specific diet changes in *Bufo cognatus* and *B. woodhousii* during early postmetamorphic ontogeny [J]. *Journal of Herpetology*, **29**: 608-612.
- Fowler J, Cohen L, Jarvis P. 1998. Practical Statistics for Field Biology (2nd ed) [M]. West Sussex: Open University Press.
- Geng BR, Ke FJ, Liu ZB. 2002. The study of feeding habits and behaviour of *Hoplobatrachus rugulosa* [J]. *J Fujian Teachers University (Natural Science)*, **18** (3): 73-76. [耿宝荣, 柯福建, 刘中标. 2002. 虎纹蛙的食性与捕食行为的研究. 福建师范大学学报 (自然科学版), **18** (3): 73-76.]
- Hirai T, Matsui M. 1999. Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan [J]. *Copeia*, **1999**: 940-947.
- Hirai T, Matsui M. 2000a. Myrmecophagy in a ranid frog *Rana rugosa*: Specialization or weak avoidance to ant eating [J]. *Zoological Science*, **17**: 459-466.
- Hirai T, Matsui M. 2000b. Ant specialization in diet of narrow-mouthed toad, *Microhyla ornata*, from Amamioshima island of the Ryukyu archipelago [J]. *Current Herpetology*, **19**: 27-34.
- Hirai T, Matsui M. 2000c. Feeding habits of the Japanese tree frog, *Hyla japonica*, in the reproductive season [J]. *Zoological Science*, **17**: 977-982.
- Hirai T, Matsui M. 2001. Food habits of an endangered Japanese frog, *Rana porosa brevipoda* [J]. *Ecological Research*, **16**: 737-743.
- Hirai T, Matsui M. 2002. Feeding ecology of *Bufo japonicus formosus* from the montane region of Kyoto, Japan [J]. *J Herpetology*, **36** (4): 719-723.
- Isacch JP, Barg MN. 2002. Are bufonid toads specialized ant-feeders? A case test from the Argentinian flooding pampa [J]. *Journal of Natural History*, **36**: 2005-2012.
- Jiang YF. 2005. A study on habit of *Eumeces capito* [J]. *Sichuan J Zoology*, **24** (3): 370-372. [姜雅风. 2005. 黄纹石龙子生活习性的观察. 四川动物, **24** (3): 370-372.]
- Krebs JR, Davies NB. 1997. Behavioral Ecology. An Evolutionary Approach, 4th ed [M]. London: Blackwell Scientific.
- Labanick GM. 1976. Prey availability, consumption and selection in the cricket frog, *Acris crepitans* (Amphibia, Anura, Hylidae) [J]. *Journal of Herpetology*, **10**: 293-298.
- Lima AP. 1998. The effects of size on the diets of six sympatric species of postmetamorphic litter anurans in central Amazonia [J]. *Journal of Herpetology*, **32**: 392-399.
- Lu XY, Han YP, Qiu T. 2000. Preliminary studies on the food habits of *Rana plancyi* in Suzhou region [J]. *Sichuan J Zoology*, **19** (2): 51-53. [卢祥云, 韩耀平, 邱挺. 2000. 苏州地区金线蛙食性的初步研究. 四川动物, **19** (2): 51-53.]
- Maglia AM. 1996. Ontogeny and feeding ecology of the red-backed salamander, *Plethodon cinereus* [J]. *Copeia*, (3): 576-586.
- Morse JC, Yang LF, Tian LX. 1994. Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality [M]. Hohai University Press.
- Nankai University, Zhongshan University, Beijing University, Sichuan University, Fudan University. 1980a. Entomology: Part I [M]. Beijing: People's Education Press. [南开大学, 中山大学, 北京大学, 四川大学, 复旦大学. 1980a. 昆虫学 (上册). 北京: 人民教育出版社.]
- Nankai University, Zhongshan University, Beijing University, Sichuan University, Fudan University. 1980b. Entomology: Part II [M]. Beijing: Higher Education Press. [南开大学, 中山大学, 北京大学, 四川大学, 复旦大学. 1980b. 昆虫学 (下册). 北京: 高等教育出版社.]
- Newman RA. 1999. Body size and diet of recently metamorphosed spadefoot toads (*Scaphiopus couchii*) [J]. *Herpetologica*, **55**: 507-515.
- Schoener TW. 1971. Theory of feeding strategies [J]. *Ann Rev Ecol Sys*, **2**: 369-405.
- Su BZ. 1985. Studies on the feeding habits of 31 amphibian species of Guangdong [J]. *Acta Herpetologica Sinica*, **4** (4): 313-319. [苏炳之. 1985. 广东 31 种两栖动物食性的研究. 两栖爬行动物学杂志, **4** (4): 313-319.]
- Toft CA. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment [J]. *Oecologia*, **45**: 131-141.
- Toft CA. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode [J]. *Journal of Herpetology*, **15**: 139-144.
- Vanderploeg HA, Scavia D. 1979. Calculation and use of selective feeding Coefficients: Zooplankton Grazing [J]. *Ecological Modelling*, **7**: 135-150.
- Yuan FX, Wun XP. 1990. A preliminary study on living and feeding habits of *Rana boulengeri* in western Hubei Province [J]. *Chinese J Zoology*, **25** (2): 17-21. [袁凤霞, 温小波. 1990. 鄂西棘腹蛙的生活习性及其食性的初步研究. 动物学杂志, **25** (2): 17-21.]
- Zheng LY, Gui H. 1999a. Insect Classification: Part I [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press. [郑乐怡, 归鸿. 1999a. 昆虫

- 分类(上册). 南京: 南京师范大学出版社.]
- Zheng YY, Gui H. 1999b. Insect Classification: Part II [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press. [郑乐怡, 归 鸿. 1999b, 昆虫分类(下册). 南京: 南京师范大学出版社.]
- Zhong JM. 1985. Atlas of Insect Taxonomy [M]. Jiangsu: Science and Technology Publishing House. [钟觉民. 1985. 昆虫分类学图谱. 江苏: 科学技术出版社.]
- Zhong JM. 1990. Taxonomy of Insect Larvae [M]. Beijing: Agriculture Press. [钟觉民. 1990. 幼虫分类学. 北京: 农业出版社.]
- Zhou W, Pan XF, Ou XH. 2007. Comparison of food components between *Rana pleuraden* and *Rana chaochiaoensis* from Kunming and evaluation of their benefit and harm [J]. *Zool Res*, **28**(1): 28-34. [周 伟, 潘晓赋, 欧晓红, 张 庆. 2007. 昆明的滇蛙和昭觉林蛙食物比较及益害评价. 动物学研究, **28**(1): 28-34.]

《遗传学报》和《遗传》杂志

《遗传学报》、《遗传》杂志是中国遗传学会和中国科学院遗传与发育生物学研究所主办、科学出版社出版的核心期刊, 已被美国化学文摘(CA)、生物学数据库(BIOSIS)、生物学文摘(BA)、医学索引(Medical Index)、俄罗斯文摘杂志(AJ)以及NCBI、CABI等20多种国内外重要检索系统与数据库收录。刊登内容包括遗传学、发育生物学、基因组学、细胞生物学以及分子进化。读者对象为基础医学、农林牧渔、生命科学领域的科研与教学人员、研究生、大学生、中学生物学教师等。

2005年,《遗传学报》获得第三届国家期刊奖提名奖,2006—2007年,连续获得中国科协精品科技期刊工程项目(B类)资助。自2007年起,《遗传学报》的外文刊名变更为 *Journal of Genetics and Genomics*。

《遗传学报》(ISSN 1673—8527, CN11—5450/R)为月刊,全年12期,国内邮发代号2—819,国外发行代号:M63。2008年定价50元,全年600元。期刊中文网址:遗传学报.cn

《遗传》(ISSN 0253—9772, CN11—1913/R)为月刊,全年12期。国内邮发代号2—810,国外发行代号:M62。2008年定价40元,全年480元。期刊中文网址:遗传.cn

欢迎订阅, 欢迎网上注册投稿, 欢迎发布广告。

联系地址: 北京市安定门外大屯路: 中国科学院遗传与发育生物学研究所编辑室

主 编: 薛勇彪; 编辑室主任: 李绍武 E-mail: yxcb@genetics.ac.cn; ycz@genetics.ac.cn

邮政编码: 100101; 电话/传真: 010—64889354, 64807669

http://www.Chinagene.cn; http://jgenetgenomics.org; 中国遗传网.cn