

食物变化量对艾虎取食行为的影响

杨生妹^{1,*}, 魏万红^{1,3}, 殷宝法¹, 樊乃昌², 周文扬³

(1. 扬州大学 生物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009; 2. 浙江师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 金华 321004;

3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 在室内条件下, 通过双通道选择实验比较艾虎在不同饥饿条件下对固定食物量斑块和变化食物量斑块的利用程度, 确定艾虎对食物变化量的敏感性, 以验证风险敏感取食原理。研究表明, 训练期实验中, 艾虎对固定食物量斑块中的取食量和利用频次明显高于变化食物量斑块, 而对两个斑块的利用时间基本相同; 艾虎饥饿一天后对固定食物量斑块中的利用频次明显高于变化食物量斑块, 而对两个斑块的利用时间和取食量基本相同; 艾虎饥饿两天后对两个斑块利用程度与训练期的结果相同; 同时, 艾虎在两个斑块中的取食量均与饥饿程度无关, 而对两个斑块的利用时间和利用频次均随饥饿程度明显降低。因此, 艾虎对固定食物量斑块和变化食物量斑块的利用程度基本相同, 食物变化量对艾虎的取食行为没有明显影响, 艾虎对食物变化量是不敏感的。产生这种结果的主要原因可能是艾虎的能量代谢水平较低, 在食物受到限制时主要采用降低活动使单位活动时间内所获得的能量值达到最大的取食对策增加自身的存活机率。

关键词: 艾虎; 饥饿风险; 食物变化量; 取食行为

中图分类号: Q959.838 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853-(2008)01-0078-05

Effects of Food Variation on the Feeding Behavior of the Steppe Polecat *Mustela eversmanni*

YANG Sheng-mei^{1,*}, WEI Wan-hong^{1,3}, YIN Bao-fa¹, FAN Nai-chang², ZHOU Wen-yang³

(1. College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2. College of Life and Environment Science, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China;

3. Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001, China)

Abstract: The aim of this paper was to investigate the sensitivity of steppe polecats to starvation risk by comparing their selection to constant and variable food patches under different starvation conditions through the two-choice test in the laboratory. The results showed that food ingestion and frequency of the polecat in constant food patches were higher than that in the variable food patches and time of the polecat was the same between two patches during the training period. Only the frequency of the polecat in constant food patches was higher than that in variable food patches when the polecat was starved for 1 day. Its foraging pattern between the two patches was the same as that during the training period when the polecat was starved for 2 days. Meanwhile, the food ingestion amount in the two patches was not affected by starvation, but the time and frequency of the polecat using the two patches significantly decreased when starvation increased. There was no difference between the polecat's selections at the constant or variable food patches and the food variation had no influence on the feeding behavior of the polecats. The polecats were not sensitive to variable food under starvation conditions. This was due to the fact that the polecats had low levels of energy metabolism and they conserved energy by decreasing their activity to increase their survival under starvation conditions.

Key words: Steppe polecat (*Mustela eversmanni*); Starvation risk; Food variation; Feeding behavior

动物的捕食活动受到各种因素的影响 (Bachman, 1993; Dowling & Godin, 2002;

Guillemain et al, 2007; Turner et al, 2006)。在食物缺乏时, 动物获得食物异常困难, 承受的饥饿风险

收稿日期: 2007-09-06; 接受日期: 2007-11-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770106, 30570289)

*通讯作者 (Corresponding author), E-mail: yang_sm@hotmail.com

第一作者简介: 杨生妹 (1964—), 女, 博士, 副教授, 主要从事动物生理生态学研究

明显增加, 所采用的捕食对策也会发生明显变化, 为此许多学者提出了风险敏感取食原理 (risk-sensitive foraging theory): 捕食者能够根据食物获得率的变化对取食地点和猎物种类做出选择 (Bateson & Kacelnik, 1995; McNamara & Houston, 1992; Tuttle et al, 1990; Daly et al, 2006)。捕食者不但对固定食物摄入量敏感, 同时对变化食物摄入量也非常敏感。在食物缺乏、能量需求较高时, 动物将从躲避风险 (risk-aversion) 转变为面向风险 (risk-proneness)。许多小型动物的能量贮存十分有限, 且短期内往往对能量有较高的需求, 因此严重的食物短缺常常使动物面临饥饿的风险, 在此条件下, 捕食者在做出决策以减少食物短缺的风险时, 食物获得率方面的变化是一个重要指标 (Barnard & Brown, 1987)。迄今为止, 有关该方面的研究通过模型和室内研究在鸟类、鱼类和哺乳类动物中都得到验证 (Barkan, 1990; Clements, 1990; Getty, 1990; Kirshenbaum et al, 2000; Lawes & Perrin, 1995)。但是在研究中所选择的实验动物主要是能量代谢率较高的物种, 而对能量代谢率较低的物种的研究相对较少。

艾虎 (*Mustela eversmanni*) 是青藏高原高寒草甸生态系统中的主要物种之一, 有关其能量代谢、种群数量、取食行为及捕食风险对其活动时间和栖息地选择等方面已有许多报道 (Liang et al, 1986; Zhou & Wei, 1994; Yang et al, 2006a, b; Wei et al, 2002a, b)。但是, 有关艾虎在不同的饥饿状态下的取食行为尚无报道。本文通过室内实验比较艾虎在不同的饥饿状态下对食物量固定的区域和食物量变化的区域的利用差异, 确定食物变化量对艾虎取食行为的影响, 探讨艾虎对食物变化量的敏感性。

1 材料与方法

1.1 实验动物

本项研究于 1998 年 11 月—1999 年 1 月在青海省西宁市中国科学院西北高原生物研究所进行。1998 年 10 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站附近捕获用于实验的 6 只成体艾虎, 雌性艾虎平均体重 (646.00 ± 9.94) g ($n=3$), 雄性艾虎平均体重 (733.30 ± 7.51) g ($n=3$)。艾虎被捕后带回西宁饲养于室外 $140 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 180 \text{ cm}$ 的网围栏内, 围栏内放置 $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 39 \text{ cm}$ 的木质巢箱供

艾虎居住, 从市场购得牛羊的肝脏及心脏作为艾虎的食物。每天下午 19:00 供给食物及饮水。室内预先研究结果表明, 艾虎的日平均取食量为 428.73 g, 其中雌性艾虎的日平均取食量为 424.33 g ($n=36$), 雄性艾虎的日平均取食量为 438.53 g ($n=36$), 二者之间无显著差异 ($t=0.462$, $P=0.646$)。实验期间, 从网围栏内捕捉单个艾虎饲养于室内 $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 39 \text{ cm}$ 的木质巢箱中, 食物供给同上。

1.2 研究方法

在面积为 65.2 m^2 的地下实验场中建立观察装置。观察装置由艾虎的居住巢箱、艾虎取食的活动场所和洞道系统三部分组成。将艾虎的居住巢箱通过两套对称的洞道系统与两个相互隔离的活动场所相连, 每个活动场所的面积为 $260 \text{ cm} \times 490 \text{ cm}$, 高为 300 cm ; 巢箱与每个活动场所之间的洞道长度为 2 m , 用于洞道系统的材料是直径为 10 cm 的有机塑料圆管, 洞道系统上部用土包埋, 以防止透光。在艾虎巢箱的出口处和每个活动场所的入口处分别装置光电感应控制器, 将控制器通过电缆输送至监测室的计算机, 自动记录艾虎对不同活动场所的利用时间和频次, 实验场与监测室之间的距离在 50 m 以上。实验时通过自动控制装置模拟自然光照强度和光照时间。

在正式实验前对艾虎进行两天的训练, 使艾虎熟悉两个食物斑块中食物信息, 其中斑块 1 中具固定的食物量, 斑块 2 中具变化的食物量。从艾虎的日平均取食量知, 艾虎每 10 min 内的取食量接近 3 g , 为了强化艾虎对食物放置信息的熟悉程度, 本项实验中每 10 min 内供给艾虎的食物量为 10 g 。每只动物每天实验 6 次, 每次 10 min 。前 3 次实验中将通向斑块 1 的通道打开, 通向斑块 2 的通道关闭, 每次实验均在斑块 1 中加入 10 g 食物; 后 3 次实验中将通向斑块 1 的通道关闭, 通向斑块 2 的通道打开, 在斑块 2 中随机一次实验放入 30 g 食物, 另两次实验均不放食物, 使斑块 2 中有变化的食物量。

艾虎禁食一天后开始正式实验, 将通向两个斑块的通道全部打开, 让艾虎自由利用两个斑块。每只动物实验 6 次, 每次 10 min 。前 3 次实验中每次实验时在斑块 1 中放入 10 g 食物, 斑块 2 中随机在一次实验中放入 30 g 食物, 另两次实验中不放食物; 后 3 次实验中只将食物量增加 1 倍, 其他条件同前 3 次实验。艾虎禁食两天后重复以上实验。

每天的实验时间在 8:00—12:00 之间。实验

时, 在巢箱中放入一只艾虎, 在每个活动场所的地面中心区域分散放置粉碎羊肉作为艾虎取食的食物, 使艾虎只能取食而不能将食物一次拖走。通过动物活动监测系统自动记录艾虎在 10min 内出现在两个活动场所内的时间和频次, 实验结束后分别称量两个活动场所中剩余食物量, 计算艾虎取食量。然后, 更换活动场所中的食物, 重复以上实验。在每组实验中, 每只艾虎最多实验次数不超过 2 次, 每周内每只艾虎只供实验 1 次。

1.3 数据分析

统计分析时采用 Friedman ANOVA 比较艾虎在不同活动场所中的取食量、利用时间和利用频次的差异。所有分析均通过 SPSS 11.0 完成。文中实验数据以平均数±标准误表示, n 为总实验次数, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 艾虎对不同食物斑块的利用

在训练期实验中, 斑块 1 中具固定的食物量, 斑块 2 中具变化的食物量。艾虎处于非饥饿时在斑块 1 中的取食量为 9.00 ± 0.56 g ($n=30$), 在斑块 2 中的取食量为 7.00 ± 2.36 g ($n=30$), 二者间有显著差异 ($\chi^2_{1,30}=6.259$, $P=0.012$); 对斑块 1 的利用时间为 2.96 ± 0.39 min ($n=30$), 对斑块 2 的利用时间为 3.92 ± 0.62 min ($n=30$), 二者间无显著差异 ($\chi^2_{1,30}=0.310$, $P=0.577$), 对斑块 1 的利用频次为 3.10 ± 0.31 次 ($n=30$), 对斑块 2 的利用频次为 2.10 ± 0.24 次 ($n=30$), 二者间有明显不同 ($\chi^2_{1,30}=5.539$, $P=0.019$)。

饥饿一天后的正式实验中, 艾虎在斑块 1 中的取食量为 8.57 ± 1.39 g ($n=30$), 在斑块 2 中的取食量为 8.27 ± 2.94 g ($n=30$), 二者间无差异 ($\chi^2_{1,30}=2.333$, $P=0.127$); 艾虎对斑块 1 的利用时间为 2.62 ± 0.48 min ($n=30$), 对斑块 2 的利用时间为 1.64 ± 0.35 min ($n=30$), 二者间无显著差异 ($\chi^2_{1,30}=1.636$, $P=0.201$); 对斑块 1 的利用频次为 1.87 ± 0.32 次 ($n=30$), 对斑块 2 的利用频次为 1.20 ± 0.22 次 ($n=30$), 二者之间有明显不同 ($\chi^2_{1,30}=8.000$, $P=0.005$)。

艾虎饥饿两天后的实验结果表明, 艾虎在斑块 1 中的取食量为 7.67 ± 1.24 g ($n=30$), 在斑块 2 中的取食量为 5.00 ± 2.08 g ($n=30$), 二者有明显不同 ($\chi^2_{1,30}=4.263$, $P=0.039$); 对斑块 1 的利用时间为

1.10 ± 0.26 min ($n=30$), 对斑块 2 的利用时间为 1.63 ± 0.35 min ($n=30$), 在利用时间之间无显著差异 ($\chi^2_{1,30}=0.429$, $P=0.513$); 对斑块 1 的利用频次为 1.73 ± 0.31 次 ($n=30$), 对斑块 2 的利用频次为 1.03 ± 0.20 次 ($n=30$), 利用频次间有明显差异 ($\chi^2_{1,30}=6.368$, $P=0.012$)。

2.2 艾虎对不同食物斑块的敏感性

将艾虎训练期、饥饿一天和二天的取食量、利用时间和利用频次分别进行比较, 在斑块 1 中的取食量间无显著差异 ($\chi^2_{2,30}=0.712$, $P=0.701$), 在斑块 2 中的取食量间也无显著差异 ($\chi^2_{2,30}=1.040$, $P=0.595$), 实验期艾虎对斑块 1 的利用时间明显降低 ($\chi^2_{2,30}=11.418$, $P=0.003$), 对斑块 2 的利用时间也随饥饿而降低 ($\chi^2_{2,30}=5.455$, $P=0.065$), 对斑块 1 的利用频次和对斑块 2 的利用频次也都明显降低 ($\chi^2_{2,30}=8.224$, $P=0.016$; $\chi^2_{2,30}=8.64$, $P=0.013$), 这说明当饥饿程度增加时, 艾虎减少了活动时间和活动频次, 使单位时间内获得的食物量最大 (表 1)。分析 3 个时期艾虎对变化食物量利用的强度, 每一时期的利用强度以每只动物对变化食物斑块 2 的利用频次除以对两个食物斑块总利用频次的百分比来表示, 结果表明, 艾虎在 3 个时期对变化食物量的斑块利用强度之间无显著差异 ($\chi^2_{2,30}=0.000$, $P=1.000$) (图 1), 说明艾虎对食物变化量是不敏感的。

3 讨论

风险敏感取食原理预测, 捕食者为了最大程度地减少食物短缺, 在捕食时将从确定性选择转变为风险性选择, 使捕食者适合度的期望值增加 (Bateson & Kacelnik, 1995; Daly et al, 2006)。假定一个处于饥饿状态的动物, 一次获得 250 g 以上的食物就可生存下来, 否则动物将会因饥饿而死亡。对于给定的两个取食区域, 一个区域内 250 g

表 1 艾虎在利用不同食物斑块时的食物摄入量
Tab. 1 Food intake for polecat in different food patches (g/min)

剥夺食物 Food deprivation (h)	斑块 1 Patch 1	斑块 2 Patch 2
0	3.04	1.78
24	3.27	5.04
48	6.97	3.07

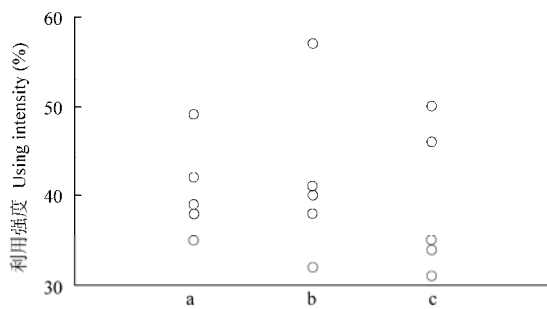


图 1 不同条件下艾虎对变化食物量的反应

Fig. 1 The response of polecat to variable food in different periods

a: 训练期 (Training period); b: 饥饿一天 (One day for food deprivation); c: 饥饿两天 (Two day for food deprivation)。

的食物堆放在一起，另一区域内同样质量的食物分别平均放 5 个不同地点（即每一地点放置 50g 食物）。前一区域内动物寻找食物相对困难，但一旦找到食物后动物就会存活下来；在后一区域内动物容易找到食物，但是找到一个地点的食物后仍然不能存活，因此动物将冒较大风险在前一区域寻找食物。

本研究结果表明，艾虎对固定食物量的活动区域和变化量的活动区域的利用程度基本相同，并非表现出与风险敏感取食原理预测的结果一致。其主要原因可能有两个方面。首先是艾虎的基础代谢率较低 (Liang et al, 1986)，在正常条件下艾虎每 10 min 内取食的食物量为 3g，而实验过程中每 10min 内用于实验的 10g 食物高于艾虎对食物的实际需求，因此艾虎的饥饿程度尚未达到对食物需求的临界水平。许多小型捕食者雀形目的鸟类 (Caraco et al, 1991) 和鼯鼠 (*Sorex araneus*) 等 (Barnard & Brown, 1987)，它们的能量需求较高，在食物缺乏时与原理预测一致，它们将利用高获得率的食物，对食物变化的区域非常敏感；但也有一些鸟类 (*Perisoreus canadensis*) 在不同的食物密度条件下并非趋于面向风险，其主要原因与身体大小、基础代谢率高低及猎物的能量值大小有关 (Ha et al, 1990)。Young et al (1990) 在研究鱼类 (*Rhodeus sericus*) 时发现，当动物的食物摄入量在其能量需

参考文献：

Bachman GC. 1993. The effect of body condition on the trade-off between vigilance and foraging in Belding's ground squirrels[J]. *Anim Behav*, **46** (2): 233-244.
Banschbach VS, Waddington KD. 1994. Risk-sensitive foraging in honey

求之上时，全部动物选择食物量固定的区域，趋于躲避风险；当能量需求较高时，部分动物趋于面向风险，部分动物趋于躲避风险；随着动物饥饿程度的增加，全部动物在取食过程中均趋于面向风险。但是 Banschbach & Waddington (1994) 在研究蜜蜂时发现，所有个体的取食行为与食物摄入率的变化没有明显的关系，也有一些捕食者诸如褐家鼠 (*Rattus norvegicus*) (Battalio et al, 1985) 和熊蜂 (*Bombus spp.*) 等 (Real, 1981) 在食物缺乏时对食物变化率并不敏感，它们仍然趋于厌恶风险，因此动物对食物变化量的敏感性依赖于动物自身的能量需求和代谢水平，这与本项研究结果相同。

其次是与艾虎捕食行为及策略有关。室内研究结果表明，艾虎与其他鼯鼠科动物一样，是一种机会主义捕食者 (opportunistic hunter) (Derting, 1989)，在野外自然条件下，艾虎在捕食过程中主要搜寻各种动物的洞道系统，搜寻猎物是艾虎取食活动中最多的一个行为成分，所以艾虎对每一个与其遭遇的猎物均会发动攻击，除非能够更容易地找到另一种具有更高营养价值的猎物，这种过捕行为 (surplus killing behavior) 是鼯鼠科动物中的普遍现象 (Jedrzejewska & Jedrzejewski, 1989)，因此，艾虎在搜寻猎物的过程中，将对固定食物的区域和变化食物的区域均有利用，表现出对食物变化量的不敏感性。同时，在野外研究中发现，艾虎在下雪当天的日活动时间明显高于正常气候条件下的日活动时间，将更多的时间用于搜寻和捕获猎物，在尔后连续天气不好的条件下，艾虎可不出洞活动 6 天以上，通过降低活动性以减少能量消耗 (Wei et al, 2002a)；在室内实验中也发现，当艾虎在获得食物困难的条件下，艾虎明显降低活动时间，本项研究结果也表明，随着艾虎饥饿程度的增加，艾虎的活动时间明显降低，从而提高单位活动时间内所获得的食物量 (表 1)，因此艾虎通过降低活动的取食对策减少自身的能量消耗，从而最大限度的增加自身的存活值，也由此形成了对食物变化量的不敏感性。

bees: No consensus among individuals and no effect of colony honey stores[J]. *Anim Behav*, **47** (4): 933-941.
Barkan CP. 1990. A field test of risk-sensitive foraging in black-capped chickadees (*Parus atricapillus*) [J]. *Ecology*, **71** (1): 391-400.

- Barnard CJ, Brown CAJ. 1987. Risk-sensitive foraging and patch residence time in common shrews, *Sorex araneus* L[J]. *Anim Behav*, **35** (4): 1255-1257.
- Bateson M, Kacelnik A. 1995. Preferences for fixed and variable food sources: Variability in amount and delay[J]. *J Exp Anal Behav*, **63** (3): 313-329.
- Battalio RC, Kagel JH, Macdonald DN. 1985. Animals' choices over certain outcomes: some initial experimental results[J]. *Am Ecol Rev*, **75**: 597-613.
- Caraco T, Blanckenhorn WU, Gregory GM, Newman JA, Recer GM, Zwicker SM. 1990. Risk-sensitivity: Ambient temperature affects foraging choice[J]. *Anim Behav*, **39** (2): 338-345.
- Clements KC. 1990. Risk aversion in the foraging blue jay *Cyanocitta cristata*[J]. *Anim Behav*, **40** (1): 182-183.
- Daly M, Case DA, Fantino E. 2006. Influence of budget and reinforcement location on risk-sensitive preference[J]. *Behav Process*, **73** (2): 125-135.
- Derting TL. 1989. Prey selection and foraging characteristics of least weasel (*Mustela nivalis*) in the laboratory[J]. *Am Midl Nat*, **122**: 394-400.
- Dowling LM, Godin JG. 2002. Refuge use in a killfish: Influence of body size and nutritional state[J]. *Can J Zool*, **80** (4): 782-788.
- Getty T. 1990. Are cliff swallows risk-sensitive, or mean-rate maximizing[J]? *Anim Behav*, **39** (6): 1214-1216.
- Guillemain M, Arzel C, Legagneux P, Elmerberg J, Fritz H, Lepley M, Pin C, Arnaud A, Massez G. 2007. Predation risk constrains the plasticity of foraging behaviour in teals, *Anas crecca*: A flyway-level Circannual approach[J]. *Anim Behav*, **73** (5): 845-854.
- Ha JC, Lehner PN, Farley SD. 1990. Risk-prone foraging behaviour in captive grey jays, *Perisoreus canadensis*[J]. *Anim Behav*, **39** (1): 91-96.
- Jedrzejewska B, Jedrzejewski W. 1989. Seasonal surplus killing as hunting strategy of the weasel *Mustela nivalis*: Test of a hypothesis[J]. *Acta Theriol*, **34**: 347-359.
- Kirshenbaum AP, Szalda-Petree AD, Haddad NF. 2000. Risk-sensitive foraging in rats: the effects of response-effort and reward-amount manipulations on choice behavior[J]. *Behav Process*, **50** (1): 9-17.
- Lawes MJ, Perrin MR. 1995. Risk-sensitive foraging behaviour of the round-eared elephant shrew (*Macroscelides proboscideus*) [J]. *Behav Ecol Sociobiol*, **37** (1): 31-37.
- Liang JR, Jin JX, Huang XL. 1986. Some materials on gas metabolism in four mammals[J]. *Acta Biol Plat Sin*, **5** (5): 91-98. [梁杰荣, 金菊香, 黄孝龙. 1986. 四种哺乳动物气体代谢的一些材料. 高原生物学集刊, **5** (5): 91-98.]
- McNamara JM, Houston AI. 1992. Risk-sensitive foraging: A review of the theory[J]. *Bull Math Biol*, **54** (2-3): 355-378.
- Real L. 1981. Uncertainty and pollinator-plant interactions: The foraging behavior of bees and wasps on artificial flowers[J]. *Ecology*, **62** (1): 20-26.
- Turner AM, Turner SE, Lappi HM. 2006. Learning, memory and predator avoidance by freshwater snails: effects of experience on predator recognition and defensive strategy[J]. *Anim Behav*, **72** (6): 1443-1450.
- Tuttle AM, Wulfson L, Caraco T. 1990. Risk-aversion, relative abundance of resources and foraging preference[J]. *Behav Ecol Sociobiol*, **26** (1): 165-171.
- Wei WH, Zhou WY, Fan NC. 2002a. The influence of moonlight and light intensity on activity of polecats (*Mustela eversmanni*) [J]. *Acta Theriol Sin*, **22** (3): 179-186. [魏万红, 周文扬, 樊乃昌. 2002a. 月光及光照对艾虎活动的影响. 兽类学报, **22** (3): 179-186.]
- Wei WH, Zhou WY, Fan NC. 2002b. The influence of moonlight and simulating light intensity on the use of microhabitat by polecats (*Mustela eversmanni*) [J]. *Acta Theriol Sin*, **22** (4): 277-283. [魏万红, 周文扬, 樊乃昌. 2002b. 月光及光照强度对艾虎微生境利用的影响. 兽类学报, **22** (4): 277-283.]
- Yang SM, Wei WH, Yin BF, Fan NC, Zhou WY. 2006a. Response of the steppe polecat (*Mustela eversmanni*) to the odors of prey and predator[J]. *Zool Res*, **27** (3): 269-274. [杨生妹, 魏万红, 殷宝法, 樊乃昌, 周文扬. 2006a. 艾虎对猎物和捕食者气味的反应. 动物学研究, **27** (3): 269-274.]
- Yang SM, Wei WH, Yin BF, Fan NC, Zhou WY. 2006b. Prey selection by the steppe polecat *Mustela eversmanni*[J]. *Acta Zool Sin*, **52** (3): 437-443. [杨生妹, 魏万红, 殷宝法, 樊乃昌, 周文扬. 2006b. 艾虎对不同猎物的选择性. 动物学报, **52** (3): 437-443.]
- Young RJ, Clayton H, Barnard CJ. 1990. Risk-sensitive foraging in bitterlings, *Rhodeus sericus*: effects of food requirement and breeding site quality[J]. *Anim Behav*, **40** (2): 288-297.
- Zhou WY, Wei WH. 1994. Study on population dynamic of polecats and its effective factors[J]. *Acta Biol Plat Sin*, **12**: 161-171. [周文扬, 魏万红. 1994. 艾虎种群动态及其影响因素的研究. 高原生物学集刊, **12**: 161-171.]