

笼养黑颈长尾雉能量摄入的季节变化

骆鹰^{①②} 庾太林^{①*} 黄乘明^{①③} 李汉华^① 吴深健^① 韦力^①

(① 广西师范大学生命科学学院 桂林 541004; ② 湖南科技学院生命科学与化学工程系 永州 425600;

③ 中国科学院动物研究所 北京 100101)

摘要: 2005年10月至2006年9月采用全部收粪法实验和统计分析,对饲养于广西师范大学生物园的黑颈长尾雉(*Syrnaticus humiae*)进行了不同季节能量摄入的研究。实验测得了4个不同季节(全年12个月和12组温度)的总摄入能、代谢能、排泄能。结果表明,不同季节不同年龄组黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能、排泄能与温度之间的相关性均存在显著差异,且随温度的升高而降低;能量消化效率有随温度升高而增大的趋势;相同季节里,4年组黑颈长尾雉的能量消化效率高于1年组黑颈长尾雉。对黑颈长尾雉而言,8月(30℃)的代谢能处于最低,30℃是否是最适温度,有待进一步探讨。

关键词: 黑颈长尾雉; 能量摄入; 季节变化

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2008)01-38-06

Seasonal Variations in Energy Intake of Black-necked Bar-tailed Pheasants in Cage

LUO Ying^{①②} YU Tai-Lin^{①*} HUANG Cheng-Ming^{①③} LI Han-Hua^① WU Sherr Jian^① WEI Li^①

(① College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004;

② Department of Life Science and Chemistry, University of Science and Engineering, Yongzhou 425600;

③ Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China)

Abstract: Energy intake of Black-necked Bar-tailed Pheasants (*Syrnaticus humiae*), was measured in biological garden of Guangxi Normal University from Oct. 2005 to Sep. 2006. Six 4-year adults and six juveniles kept in cage were involved this experiment. The amount of food taken by pheasants was calculated by subtract the remaining from the food provided every day. All the excrements of trial pheasants were daily collected. The energy contained in the food and excrements was measured to get the net energy intake. The results showed that the gross energy consumption, metabolic energy and excrement energy varied seasonally and that was increase as temperature decreasing. There is significant difference in gross energy consumption, metabolic energy, excrement energy between adults and juveniles. There is a trend that the food digestibility of pheasants was increases as temperature increasing. In the same season, the food digestibility of adults was higher than that of juveniles. A minimum metabolic energy was detected in the 4 year adults and juveniles group in August. A further study is need to determine whether 30℃ is the optimal temperature for the Black-necked Bar-tailed Pheasants.

Key words: *Syrnaticus humiae*; Energy intake; Seasonal variations

基金项目 广西壮族自治区林业局基金资助;

* 通讯作者, E-mail: yutail@163.com

第一作者介绍 骆鹰,男,硕士;研究方向:动物生理生态学; E-mail: luoying123321@163.com.

收稿日期: 2007-05-24, 修回日期: 2007-10-28

黑颈长尾雉 (*Syrnaticus humiae*) 为鸡形目雉科长尾雉属鸟类, 国家一级重点保护野生动物。其在国外仅分布于泰国北部、缅甸北部及印度阿萨姆邦, 我国仅分布于云南和广西两省, 被列为世界濒危物种^[1]。黑颈长尾雉是一种适应热带气候的食种子鸟类, 主要栖息于海拔 1 000~2 000 m 的阔叶林、针阔叶混交林以及疏林灌丛、草丛和林缘地带, 测定它的能量摄入, 对探讨热带疏林灌丛生态系统中鸡形目鸟类能量变化的规律有重要意义。

食物是黑颈长尾雉适应热带环境并生存下来的基础, 黑颈长尾雉每天从所摄取的食物中获得维持正常生命活动和用于构建身体所需要的能量。对笼养条件下黑颈长尾雉食物能量摄入的研究, 将有助于了解其食物利用效率, 可以推知野生黑颈长尾雉野外维持生存需要的能量值, 为再引入黑颈长尾雉种群能量生态学和环境容纳量的研究奠定基础, 同时为日后黑颈长尾雉的人工饲养提供科学依据。作者于 2005 年 10 月至 2006 年 9 月, 在广西区林业局濒危野生雉类繁育基地——广西师范大学生物园, 研究了不同日龄组黑颈长尾雉不同季节的能量摄入。

1 材料与方法

1.1 实验动物来源 根据野生黑颈长尾雉一雄多雌的婚配制度(一般是 1 ♂ 2 ♀ 或 3 ♀), 2005 年 10 月在广西师范大学生物园, 选取不同年龄、健康活泼、生长发育良好、消化正常的黑颈长尾雉共 12 只, 其中 4 年组黑颈长尾雉 6 只(2 ♂, 4 ♀), 均参与过繁殖; 2005 年 5 月(即当年)孵化出的黑颈长尾雉 6 只(2 ♂, 4 ♀)。

1.2 研究方法 采用全部收粪法^[2], 测定黑颈长尾雉的能量平衡。实验期间将黑颈长尾雉单独饲养于笼舍中, 笼舍分室内和室外两个部分。室内为 1.9 m × 2.8 m, 主要用于取食和休息。室内置竹制食槽 1 个, 悬挂于墙上(离地面约 10 cm), 饮水槽 1 个, 栖竿 1 根。室外为 3.5 m × 2.8 m (墙高 1.25 m, 网高 0.7 m) 的运动场, 水泥地面上平铺双层塑料薄膜。笼舍周围种有

各式花草树木, 环境较为安静。为了使实验用雉鸡适应单独饲养的环境, 实验开始前预实验 8 d, 之后正式实验 6 d, 所有黑颈长尾雉实验前后均用电子秤空腹称重。黑颈长尾雉的饲料为: 成熟风干的玉米、小鸡配合饲料和小白菜。每日 8:00 和 13:00 时投喂饲料 2 次, 玉米、小鸡配合饲料分开置入竹制食槽中, 用细铁丝将小白菜悬挂在墙上。每日 18:00 时将剩余的饲料扫出来, 用托盘天平称量并计算出每日每只鸟的采食量。每日 8:00、13:00 和 18:00 时收集粪样 3 次, 用不锈钢匙收集粪便, 用一次性塑料注射器收集尿酸。将每天收集的粪便和尿酸混合、编号, 分别放入培养皿中, 置 65℃ 的真空烘箱中烘 3~4 d 至恒重, 以干重作为其排粪量。在笼舍周围悬挂小白菜, 用于校正笼舍内小白菜水分蒸发量。

根据桂林气候的实际情况, 实验时间划分为: 春季(3~5 月), 夏季(6~8 月), 秋季(9~11 月), 冬季(12、1、2 月)。能量代谢实验每月进行一次, 在自然温度下进行, 取每日的最高、最低气温的平均值作为当天的气温, 取每次正式实验期间 6 d 的平均值为实验温度^[3]。全年 1~12 月总共测得 12 组温度, 分别为 7.4、5.5、14.5、22.5、25.2、27.0、28.5、30.0、25.0、18.6、12.5、9.6℃。

许多研究表明食物的摄入及粪便的排泄无性别差异^[4,5], 本实验未区分性别。利用如下公式计算黑颈长尾雉的能量消化效率: $D = (E_i - E_e) / E_i$, 式中, D 为能量消化效率 (food digestibility), E_i 为总摄入能 (gross energy), E_e 为排泄能 (excrement energy)。

玉米、小鸡配合饲料、小白菜和粪尿热值使用长沙仪器厂 GR-3500 型氧弹式热量计测定。利用 SPSS 11.5 统计软件包进行相关统计处理, 分析结果以平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示。

2 结果

2.1 总摄入能、代谢能和能量消化效率的分析结果 将不同季节黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能和能量消化效率分别进行单因子方差分析

(one-way ANOVA, 表 1、2)。结果显示, 不同季节黑颈长尾雉能量摄入参数都存在显著差异 ($P < 0.05$)。总摄入能和代谢能都表现为: 冬季最大, 而夏季最小; 相同季节 4 年组黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能均比 1 年组黑颈长尾雉小。4 年组黑颈长尾雉不同季节的能量消化效率平均为 $86.77\% \pm 0.54\%$, 1 年组黑颈长尾雉不同季节的能量消化效率平均为 $85.26\% \pm$

0.40% , 说明 4 年组黑颈长尾雉比 1 年组黑颈长尾雉的能量消化效率高。由表 3、4 可知, 全年 12 个月里, 不同年龄组黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能和排泄能都呈现随温度的升高而降低的趋势(图 1、2)。8 月温度最高, 为 30.0°C , 其代谢能最小, 低于其他月份(温度组); 2 月温度最低, 为 5.5°C , 其代谢能最大。

表 1 4 年组黑颈长尾雉不同季节能量摄入参数 ($n = 6$)

Table 1 Energy intake of 4 year adults seasonally

	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	<i>P</i>
采食量 Food intake (g/d)	17.5 ± 1.6	16.6 ± 1.5	21.0 ± 1.7	26.3 ± 1.5	0.001
总摄入能 Gross energy intake (kJ/d)	281.86 ± 25.01	265.60 ± 23.64	338.88 ± 27.08	426.04 ± 25.00	0.001
排泄量 Excreta (g/d)	3.20 ± 0.33	2.87 ± 0.12	4.12 ± 0.33	3.44 ± 0.19	0.018
排泄能 Excrement energy (kJ/d)	39.75 ± 3.54	31.64 ± 1.66	53.43 ± 4.53	44.32 ± 2.93	0.002
代谢能 Metabolic energy (kJ/d)	242.10 ± 21.67	233.96 ± 23.33	285.44 ± 23.26	382.02 ± 22.98	0.001
能量消化效率 Food digestibility (%)	85.53 ± 0.42	87.66 ± 2.69	84.21 ± 0.61	89.66 ± 0.44	0.000

表中数据均采用单因子方差分析; $P < 0.05$ 为差异显著。Results of one way ANOVA; Significant level at 0.05.

表 2 1 年组黑颈长尾雉不同季节能量摄入参数 ($n = 6$)

Table 2 Energy intake of juveniles seasonally

	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	<i>P</i>
采食量 Food intake (g/d)	26.8 ± 1.4	21.1 ± 0.6	29.1 ± 1.5	34.7 ± 3.4	0.001
总摄入能 Gross energy intake (kJ/d)	433.04 ± 22.70	338.18 ± 10.39	468.17 ± 23.02	560.59 ± 54.37	0.001
排泄量 Excreta (g/d)	4.83 ± 0.19	3.90 ± 0.17	6.06 ± 0.35	5.68 ± 0.55	0.001
排泄能 Excrement energy (kJ/d)	63.89 ± 2.72	47.83 ± 1.43	79.70 ± 6.44	72.96 ± 7.83	0.002
代谢能 Metabolic energy (kJ/d)	369.15 ± 20.43	290.35 ± 9.06	388.47 ± 18.49	487.63 ± 47.04	0.001
能量消化效率 Food digestibility (%)	85.18 ± 0.41	85.85 ± 0.15	83.03 ± 0.90	86.98 ± 0.51	0.001

表中数据均采用单因子方差分析; $P < 0.05$ 为差异显著。Results of one way ANOVA; Significant level at 0.05.

表 3 4 年组黑颈长尾雉不同月份能量摄入参数 ($n = 6$)

Table 3 Energy intake of 4 year adults monthly

月份 Month	温度(°C) Temperature	总能 Gross energy (kJ/d)	代谢能 Metabolic energy (kJ/d)	排泄能 Excrement energy (kJ/d)
1	7.4	424.84 ± 5.13	375.76 ± 3.85	49.08 ± 1.62
2	5.5	440.16 ± 9.34	389.94 ± 7.96	50.12 ± 1.40
3	14.5	367.95 ± 10.95	322.76 ± 9.52	45.16 ± 1.42
4	22.5	303.86 ± 8.07	263.10 ± 6.39	40.76 ± 1.70
5	25.2	282.24 ± 9.29	242.96 ± 7.73	39.26 ± 1.58
6	27.0	267.80 ± 8.90	229.53 ± 8.27	38.27 ± 0.65
7	28.5	255.79 ± 7.19	218.34 ± 6.57	37.45 ± 0.64
8	30.0	243.78 ± 8.95	207.15 ± 8.31	36.63 ± 0.67
9	25.0	283.83 ± 10.06	247.83 ± 9.43	36.00 ± 0.63
10	18.6	335.10 ± 9.82	290.37 ± 9.25	42.90 ± 1.73
11	12.5	383.98 ± 9.77	337.71 ± 8.07	46.27 ± 1.72
12	9.6	410.42 ± 9.67	359.35 ± 8.42	51.07 ± 1.24

表 4 1 年组黑颈长尾雉不同月份能量摄入参数 ($n = 6$)

Table 4 Energy intake of juvenile monthly

月份 Month	温度(°C) Temperature	总能 Gross energy (kJ/d)	代谢能 Metabolic energy (kJ/d)	排泄能 Excrement energy (kJ/d)
1	7.4	571.42 ± 17.67	491.87 ± 15.40	79.55 ± 2.46
2	5.5	590.44 ± 17.66	508.79 ± 15.26	81.65 ± 2.42
3	14.5	500.32 ± 7.74	428.65 ± 6.67	71.67 ± 1.10
4	22.5	420.21 ± 7.66	357.41 ± 6.84	62.80 ± 0.84
5	25.2	393.17 ± 7.44	333.37 ± 6.54	59.80 ± 0.96
6	27.0	375.14 ± 2.82	317.34 ± 2.20	57.80 ± 0.65
7	28.5	360.12 ± 2.80	303.98 ± 2.39	56.14 ± 0.42
8	30.0	345.10 ± 5.27	290.62 ± 4.62	54.48 ± 0.66
9	25.0	395.17 ± 7.35	335.15 ± 6.29	60.02 ± 2.14
10	18.6	459.26 ± 7.40	392.14 ± 5.19	67.12 ± 2.21
11	12.5	520.35 ± 7.67	446.46 ± 5.39	73.89 ± 2.33
12	9.6	549.39 ± 17.89	472.28 ± 15.37	77.11 ± 2.53

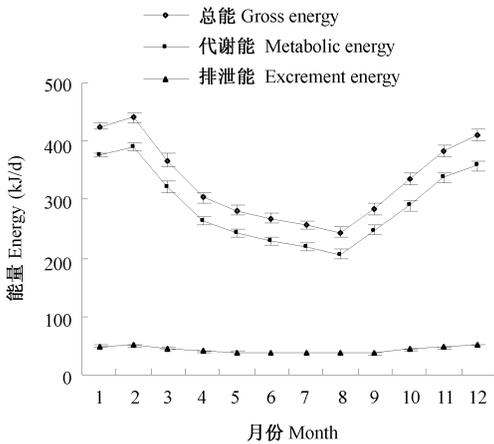


图 1 4 年组黑颈长尾雉能量摄入的逐月变化

Fig. 1 Change of energy intake of 4 year adults monthly

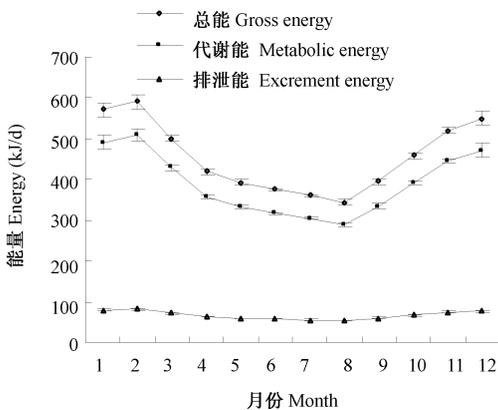


图 2 1 年组黑颈长尾雉能量摄入的逐月变化

Fig. 2 Change of energy intake of juveniles monthly

2.2 排泄量、排泄能及粪便热值分析结果 将黑颈长尾雉的排粪量、排泄能与粪尿热值分别进行单因子方差分析(one way ANOVA)。结果表明,黑颈长尾雉在不同季节的排粪量和排泄能均存在显著差异($P < 0.05$),其排粪量和排泄能秋季最大,夏季最小。相同季节4年组黑颈长尾雉比1年组黑颈长尾雉的排粪量小(表1、2)。不同季节4年组黑颈长尾雉的粪尿热值没有显著差异($P = 0.353 > 0.05, n = 6$),1年组黑颈长尾雉的粪尿热值也没有显著差异($P = 0.389 > 0.05, n = 6$)。

3 讨论

3.1 食物与能量消化效率的关系 黑颈长尾雉能量平衡的分析是建立在4个不同季节自然光照和笼养条件下,所供食物是其在自然环境中比较喜欢的食物,且条件比较优越,因而其个体体重在实验前后的变化很小,各季节实验前后体重无显著变化($P > 0.05$)。食物是影响鸟类能量代谢水平的一个重要因素^[6],由实验结果可知,4年和1年组黑颈长尾雉的能量消化效率分别为 $86.77\% \pm 0.54\%$ 和 $85.26\% \pm 0.40\%$ 。邹兴淮^[7]报道过,以种子或坚果(坚果去外壳)为食的食种子野生鸟类的食物利用率为 $89.5\% \pm 4.7\%$ 。黑颈长尾雉主要以橡实、浆果、种子、根、嫩叶、幼芽等植物性食物为食,也吃昆虫等动物性食物^[8]。本研究结果(表1、2)与前人关于野生鸟类能量代谢的研究结果比较,黑颈长尾雉与食种子鸟接近。鸟类的能量代谢水平还受其活动状态的影响^[9],本研究中黑颈长尾雉是在一个受限制的笼舍中活动,因而代谢能的消耗比自然条件下食种子野生鸟类稍低。本研究比王峰等^[10]报道的笼养条件下环颈雉(*Phasianus cochicus*)的食物利用率(79.8%)高。

3.2 环境温度对各能量摄入参数的影响 当鸟类维持恒定体重时,能量代谢正好维持生存,代谢能(总摄入能减去排泄能)等于生存能^[11]。由表1、2实验结果可知,黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能冬季最大,夏季最小,即随温度的上升而下降,这与Olson等^[12]及张灵强等^[3]的结果一致。气候是决定种内和种间个体能量消耗水平最重要的因素之一^[13]。由表3、4可知,全年12个月里,不同年龄组黑颈长尾雉的总摄入能、代谢能和排泄能都呈逐月性变化,有随温度的升高而降低的趋势。8月温度最高,为 30.0°C ,其代谢能最小,低于其他月份(温度组);2月温度最低,为 5.5°C ,其代谢能最大。随着温度下降,黑颈长尾雉能量消化效率降低,这也是低温时食物消耗总量增加的原因。排泄能随温度的升高而减小,是以食物利用率随温

度的上升而增加,来维持其能量平衡的。鸟类能量代谢水平的高低直接反应出对外界低温寒冷的耐受性,具有高代谢产热能力的种群对寒冷环境的耐受性更强^[14,15],本次实验测得黑颈长尾雉冬季食物利用率最高,可能是其对低温的一种适应对策。

3.3 排泄量、排泄能及粪便热值的分析 同一年龄的黑颈长尾雉不同季节里的排粪量和排泄能均存在显著差异($P < 0.05$)。排泄量冬季小于秋季,夏季最小。消化道的形态改变或容积的加大可能是一种适应对策^[16],肠的适应能力决定了消化和同化食物的最大速率^[17]。相同季节,4年组黑颈长尾雉比1年组黑颈长尾雉的排粪量小,这可能与它们的消化道形态结构差异有关。黑颈长尾雉为抵御寒冷的冬天通过减少排粪量来提高能量消化效率,从而使自身适应其周围环境。黑颈长尾雉的粪尿热值均没有显著差异($P > 0.05$),但有随环境温度升高而减小的趋势,这与王晓红等^[5]所得出结论一致。

3.4 体重、日龄大小对能量消化效率的影响 鸟类的能量代谢水平与体重^[18]有关。本实验用的黑颈长尾雉分4年组与1年组,4年组黑颈长尾雉春、夏、秋、冬4个季节其平均体重分别为(884.2 ± 54.2) g、(866.7 ± 54.8) g、(861.7 ± 60.1) g和(858.3 ± 44.4) g;1年组黑颈长尾雉春、夏、秋、冬4个季节其平均体重分别为(778.3 ± 37.1) g、(778.3 ± 38.3) g、(735.0 ± 43.0) g和(767.1 ± 33.0) g。相同季节4龄组黑颈长尾雉的能量消化效率比1龄组黑颈长尾雉高,这是因为黑颈长尾雉能量代谢可能还受个体体重的影响。2005年5月繁殖孵化出的黑颈长尾雉,其年龄还未到1年,正处于生长发育期,但发育趋于平缓,其平均体重小于4年组黑颈长尾雉。由于个体大的动物,体表相对面积较小,冬季其单位体重散热量相对少,而夏季在高温条件下,由环境流向机体的热量也相对较少,因而4年组黑颈长尾雉单位体重单位时间需要的总代谢能少,能量消化效率就高。从而说明较重的鸟都有较高的代谢率,这与钱国

桢^[19]等人所测得高山岭雀(*Leucosticte brandti*)的结果是一致的。实验中还发现,4年组雌性黑颈长尾雉冬季每只每天平均代谢能高于雄鸟,而雌鸟体重却小于雄鸟。这是因为4年雌性黑颈长尾雉为第2年的繁殖做准备,需要积累比雄性更多的脂肪。脂肪组织的代谢大大低于其他组织,个体的额外能量的利用与脂肪总量的增加相关^[20]。

从以上的分析可以推断,不同年龄组黑颈长尾雉的总摄入能、排泄能、代谢能与温度之间的相关均存在显著差异,其体重、年龄大小对其能量消化效率也存在一定的影响。相同季节里,4年组黑颈长尾雉的能量消化效率比1年组黑颈长尾雉高。4年和1年组黑颈长尾雉在8月(温度为30℃)其代谢能都处于最低,因此黑颈长尾雉比较适合生活在热带环境中。

参 考 文 献

- [1] 卢汰春. 中国珍稀濒危野生鸟类. 厦门: 福建科技出版社, 1991, 314~ 327.
- [2] 张同作, 刘伟石, 苏建平等. 大鸨生长期能量代谢和蛋白质沉积量的初步研究. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 116~ 118.
- [3] 张录强, 杨振才, 孙儒泳等. 笼养黑琴鸡能量平衡的研究. 北京师范大学学报, 1998, 34(3): 399~ 402.
- [4] Kendeigh S C. Energy requirements for existence in relation to size of bird. *Condor*, 1970, 72: 60~ 65.
- [5] 王晓红, 高玮, 田蕴等. 人工饲养下花尾榛鸡的能量代谢. 动物学报, 1996, 42(增刊): 152~ 154.
- [6] Mc Willimas S R, Karasov W H. Phenotypic flexibility in digestive system structure and function in migratory birds and its ecological significance. *J Comp Biochem Physiol A*, 2001, 128(3): 579~ 593.
- [7] 邹兴淮. 野生动物营养学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990, 177.
- [8] 郑作新. 中国动物志 鸟纲 第四卷 鸡形目. 北京: 科学出版社, 1978, 177.
- [9] Freckleton R P, Harvey P H, Pagel M D. Phylogenetic analysis and comparative data: A test and review of evidence. *J Am Nat*, 2002, 160(6): 712~ 726.
- [10] 王峰, 何艳丽, 高志光等. 雉鸡产蛋期能量代谢参数及其需要量的研究. 动物营养学报, 2003, 15(4): 23~ 27.
- [11] Kendeigh S C. Measurement of existence energy in granivorous bird. *J IBPHandbook*, 1975, 24: 341~ 345.

- [12] Olson J B, Kendeigh S C. Effect of season on the energetic, body composition, and cage activity of the Field Sparrow. *Auk*, 1980, **97**: 704~ 720.
- [13] Canterbury G. Metabolic adaptation and climatic constraints on winter birds distribution. *J Evolution*, 2002, **83** (4): 946~ 957.
- [14] Likenes E T, Swarson D L. Seasonal variation in cold tolerance, basal metabolic rate, and maximal capacity for thermogenesis in white breasted nuthatches *Sitta carolinensis* and downy woodpeckers *Picoides pubescens*, two unrelated arboreal temperate residents. *J Avian Biol*, 1996, **27**(4): 279~ 288
- [15] Swarson D L. Seasonal variation in thermogenic capacity of migratory warbling vireos. *Auk*, 1995, **112**(4): 870~ 877.
- [16] Gross J E, Wang Z, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacity of *Microtus ochrogaster*. *J Mamm*, 1985, **66**: 661~ 667.
- [17] Kooyman G L, Cherel Y, Le Maho J P, *et al*. Diving behavior and energetics during foraging cycles in King Penguins. *J Ecol Monogr*, 1992, **62**: 143~ 162.
- [18] Mc Nab B K. The influence of body mass, climate, and distribution on the energetic of south pacific pigeons. *J Comp Biochem Physiol A*, 2000, **127** (3): 309~ 329.
- [19] 钱国桢, 张晓爱, 叶启智. 温度对高山岭雀能量平衡的影响. *生态学报*, 1983, **3**(2): 157~ 163
- [20] West G C. Seasonal variation in the energy balance of the sparrow in relation to migration. *Auk*, 1960, **77**: 306~ 329.