

白头鹎的代谢率与器官重量在季节 驯化中的可塑性变化

张国凯 方媛媛 姜雪华 柳劲松* 张永普
(温州大学生命与环境科学学院 温州 325027)

摘要: 动物能量代谢的生理生态特征与物种的分布和丰富度密切相关, 基础代谢率(BMR)是恒温动物维持正常生理机能的最小产热速率, 是动物在清醒时维持身体各项基本功能所需的最小能量值, 是内温动物能量预算的重要组成部分。本研究测定了白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)的BMR、内部器官(肝、心、肌肉、小肠、肾和整体消化道)和肌肉的重量, 分析了白头鹎内部器官和肌肉重量的季节性变化及与BMR的关系。方差分析表明, 白头鹎的BMR存在明显的季节性变化, 冬季较高, 夏季最低。其内部器官及肌肉重量的变化同样有明显的季节性。相关分析表明, 白头鹎的BMR与肝、心、消化道等内部器官和肌肉重量存在明显的相关性。

关键词: 白头鹎; 基础代谢率; 器官重量; 季节性驯化

中图分类号: Q958, Q945 文献标识码: A 文章编号: 0250 3263(2008) 04 13 07

Adaptive Plasticity in Metabolic Rate and Organ Masses among *Pycnonotus sinensis*, in Seasonal Acclimatization

ZHANG Guo Kai FANG Yuan Yuan JIANG Xue Hua LIU Jin Song* ZHANG Yong Pu
(School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325027, China)

Abstract: The necessity of maintaining energy balance is one of the major factors influencing the abundance and distribution of small birds, and many morphological, physiological and behavioral adaptations are related to energy utilization. Basal metabolic rate (BMR) is the rate of energy transformation in a rest, awake and postabsorptive state in the absence of thermal stress, and is the minimum metabolic rate of animals maintaining normally physiological function. Theoretically, BMR limits might be set by central organs (primarily visceral organs such as the pulmonary, cardiovascular, digestive or excretory systems) or by peripheral organs (primarily skeletal muscles) that support peripheral effectors. These ideas represent the 'central limitation hypothesis' and the 'peripheral limitation hypothesis,' respectively. In this study, we measured seasonal changes in BMR and organ mass, and evaluated the relationship between BMR, organ mass in Chinese Bulbul (*Pycnonotus sinensis*). The results were used to test the 'energy demand' hypothesis for adjustments in metabolic rate. The energy demand hypothesis supposed that birds adjust the size of their internal organs relative to food intake, a correlate of energy demand. Winter and autumn bulbuls demonstrated significantly higher BMR than their spring and summer counterparts. Winter and autumn birds also had higher liver, heart, gizzard, small intestine, kidneys, total digestive tract and muscle than spring and summer birds. These data support the hypothesis that prominent winter increases in BMR are components of winter acclimatization in

基金项目 浙江省自然科学基金项目(No. Y506089), 国家自然科学基金项目(No. 30670324) 部分资助;

* 通讯作者, E-mail: ljs@wzu.edu.cn;

第一作者介绍 张国凯, 男, 本科生; E-mail: zgk207@163.com.

收稿日期: 2007-11-29, 修回日期: 2008-05-23

Chinese Bulbuls and that seasonal changes in metabolism in bulbuls are similar to those for other small wintering birds. Meanwhile, these data test the hypothesis that central and peripheral organs have a significant positive relationship with BMR. The relationship between BMR and internal organs could be due to either (or both) increased energy demand or seasonal shifts in diet.

Key words: Chinese Bulbul, *Pycnonotus sinensis*; Basal metabolic rate; Organ mass; Seasonal acclimatization

许多有机体要经历环境条件的季节变化以及生活史过程中自身生理需求的改变。外界环境的改变包括温度、光照、食物的可获得性、食物营养组分等。而繁殖、冷驯化或季节驯化等因素往往使生物体自身的能量需求发生改变^[1]。从进化生物学角度来讲,器官的功能应与机体对该器官的要求相适应^[2]。了解动物如何进行维持能耗、活动、生长和繁殖的能量分配,以及动物能量分配的进化模式,是生态学和进化生理学的中心目标之一。一直以来,人们认为恒温动物维持能耗不同的原因是各种动物的最小维持代谢不同^[3,4]。最普遍的观点是,物种或种群代谢率的差异是由于生物的(如饮食)或非生物的(如海拔、纬度、环境温度)因子不同所造成的。鸟类是进行上述研究最常用的生物种类之一,并且已经发现的大量证据表明遗传因素和进化因素与代谢适应之间存在显著的相关性^[5,6]。

基础代谢率(basal metabolic rate, BMR)是恒温动物维持正常生理机能的最小产热速率,是动物在清醒时维持身体各项基本功能所需的最小能量值。鸟类的代谢产热特征和体温调节与其能量利用、分配、生活史对策及其进化途径等方面密切相关,反映了动物对环境的适应模式和生存能力,体现出生物多样性与环境之间相适应的关系^[1]。

Daan 等人^[2]认为,体重相近的不同物种,其基础代谢差异可能反映了产生高的非基础代谢所必需的“代谢机器”(metabolic machinery)的进化,这些非基础代谢是指在繁殖、冷暴露和可恢复的运动期间的能量需求。根据这一假设,基础代谢反映了那些产生高代谢率的组织或器官的维持消耗,这些器官可能包括把能量转化为可利用形式的器官——肝,能量运输器官

——心和排泄最终废物的器官——肾等^[3]。Daan 等^[2]同时指出,虽然这些器官的重量仅占体重的一小部分,但单位重量组织的代谢活性很高,对基础代谢有相对较大的贡献^[3]。Daan 等人^[2]统计了 22 种鸟的数据,发现心和肾的组织重量能够反映基础代谢的差别,因而推断,基础代谢率的种间差异是代谢活性器官重量差异造成的。如果能够检测同一物种种内个体的基础代谢差异,应该更容易鉴别出这种差异的来源,因为同种个体间的基因差别要比异种个体间小得多,而且排除了外界因素的影响^[5,6]。目前不同器官对基础代谢的影响尚存争议,对这些问题的研究将加深我们对鸟类基础产热的认识,充实生理生态学的理论及其进化意义。我国有关动物代谢率与器官重量的比较研究以小型哺乳动物为主^[7,8],而关于鸟类代谢率与器官重量的比较研究仅见于柳劲松等^[9]的报道。

白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)属雀形目(Passeriformes)鹎科(Pycnonotidae),分布于欧亚大陆及非洲北部、中南半岛和中国的东南沿海地区、太平洋诸岛屿。我国白头鹎主要分布于西至四川、云南东北部;北达陕西南部及河南;东至沿海一带,包括海南和台湾;南及广西西南等地。白头鹎栖息于平原或丘陵的灌丛、竹林、针叶林、村落附近。食性很杂,随着季节的变化而不同,春夏季以动物性食物为主,秋冬两季主要吃植物性食物^[10]。白头鹎为留鸟,在浙江省是一种最常见的雀形目鸟类之一,分布范围广,数量大,是具有代表性且一年四季都易获得的良好材料。有利于开展季节性试验。

本文以白头鹎为实验对象,在器官水平上测定 BMR 与身体各器官之间可能存在的相关性,并作分析比较,探讨器官重量对引起 BMR 差异贡献的大小。

1 材料与方法

1.1 实验材料 自 2005~2006 年,于浙江省温州地区捕捉白头鹎成体。为防止在实验阶段有个别鸟死亡,每个季度捕捉 10~12 只。将鸟带回实验室,单笼喂养,在自然光照的环境条件下自由取食和饮水,一天后用于试验。3~4 月处理的个体记为春季样本($n=12$);6~7 月处理的个体记为夏季样本($n=11$);9~10 月处理的个体记为秋季样本($n=9$);12~1 月处理的个体记为冬季样本($n=12$)。

1.2 基础代谢率的测定 耗氧量采用封闭式流体压力呼吸测定仪测定。环境温度为 25℃(水浴控制温度,误差控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$)呼吸室体积 3 L。实验前动物禁食 2 h,单只放入自制的束缚鸟活动的小笼子内(6 cm \times 6 cm \times 10 cm)使其保持静止状态,再放入呼吸室内适应 1 h。然后每隔 5 min 记录一次耗氧量,测定时间至少持续 1 h。选择 3 个连续、稳定的最低值计算代谢率(BMR)(3 个连续、稳定的 5 min 耗氧量平均值 $\times 12 \times$ 动物的体重,即每只动物 1 h 的耗氧量)。动物呼吸产生的 H₂O 和 CO₂ 用硅胶和 NaOH 吸收。代谢率的测定在 8:00~22:00 时之间进行。耗氧量用 ml O₂/h 表示。

1.3 器官重量的测定 BMR 测定结束后,隔日处死实验动物,迅速取出心、肝、肺、肾、脑及消化道,并将消化道各部小心分离,剔除肠系膜和脂肪组织,然后纵剖,用生理盐水洗净内容物,滤纸吸干,用电子天平(瑞士梅特勒,0.1 mg)称取重量记为湿重。然后将各器官、组织置于 60℃烘箱内烘至恒重,称量记为干重。

1.4 统计分析 使用 SPSS 11.0 软件包对数据进行分析。组间比较使用单因素方差分析(One-way ANOVA)。以体重为协变量,采用单因素协方差分析(One-way ANCOVA)方法对 BMR 进行分析,以消除体重的影响。多重比较采用 Turkey's HSD 方法检验各参数不同季节的差异。文中数据以平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示, $P < 0.05$ 则认为差异显著。

2 结果

2.1 体重 白头鹎的体重各季节之间差异显著($F_{(3,40)} = 13.751, P = 0.000$)。冬季最高,平均体重为(33.2 \pm 0.7) g ($n=12$),春秋次之,夏季最低,为(27.5 \pm 0.5) g ($n=11$)。

2.2 BMR 白头鹎冬季 BMR 最高,为(120.66 \pm 3.64) ml O₂/h,冬季分别是春、夏、秋季的 1.1、1.4 和 1.2 倍。去除体重影响的协方差分析显示各组之间的 BMR 差异显著($F_{(3,40)} = 7.61, P = 0.000$)。相关分析表明,体重与 BMR 之间显著相关($r = 0.57, P < 0.001$,图 1)。

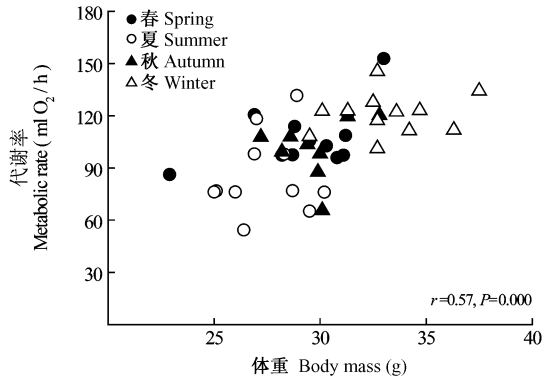


图 1 季节驯化中白头鹎 BMR (ml O₂/h) 与体重(g)的相关性

Fig. 1 The relationship between basal metabolic rate (ml O₂/h) and body mass (g) of *Pycnonotus sinensis* in seasonal acclimatization

r 是相关系数, P 是显著水平。

r is the correlation coefficient, P is the significant level.

2.3 器官重量 与夏季节相比,冬季肺干重存在显著差异($F_{(3,40)} = 7.916, P = 0.000$)。而春夏秋三季差异也不明显。相关分析显示肺干重与 BMR 显著相关($r = 0.35, P < 0.05$,图 2A)。

方差分析显示肝干重在季节驯化中没有发生显著变化($F_{(3,40)} = 2.006, P = 0.129$),但相关分析表明肝的干重与 BMR 之间显著相关($r = 0.45, P < 0.01$,图 2B)。

肾受季节驯化的影响也较大($F_{(3,40)} = 18.911, P = 0.000$)。多重比较表明秋、冬季节肾干重显著高于夏季和秋季,分别是夏季和秋

季的 1.6 和 1.3 倍。相关分析显示肾干重与 BMR 显著相关($r = 0.41, P < 0.01$, 图 2C)。

消化道总干重也存在显著季节变化($F_{(3,40)} = 11.953, P = 0.000$)。多重比较表明冬季的消化道总干重显著高于其他季节,春秋之间差异不大。相关分析显示总的消化道干重对 BMR 有显著影响($r = 0.35, P < 0.05$, 图 2D)。

季节性变化对小肠干重有显著影响($F_{(3,40)} = 18.689, P = 0.000$)。多重比较显示,冬季白

头鹧的小肠干重达到全年最高水平,为(440.9 ± 22.7) mg,显著区别于其他三个季节。分别是春、夏、秋季的 1.3、1.7 和 1.2 倍。小肠干重与 BMR 显著相关($r = 0.38, P < 0.01$, 图 2E)。

心的干重受到季节的显著影响($F_{(3,40)} = 27.944, P = 0.000$)。多重比较表明秋、冬季心干重显著高于夏季,分别是夏季的 1.3 和 1.4 倍。相关分析显示,心干重与 BMR 显著相关($r = 0.52, P < 0.001$, 图 2F)。

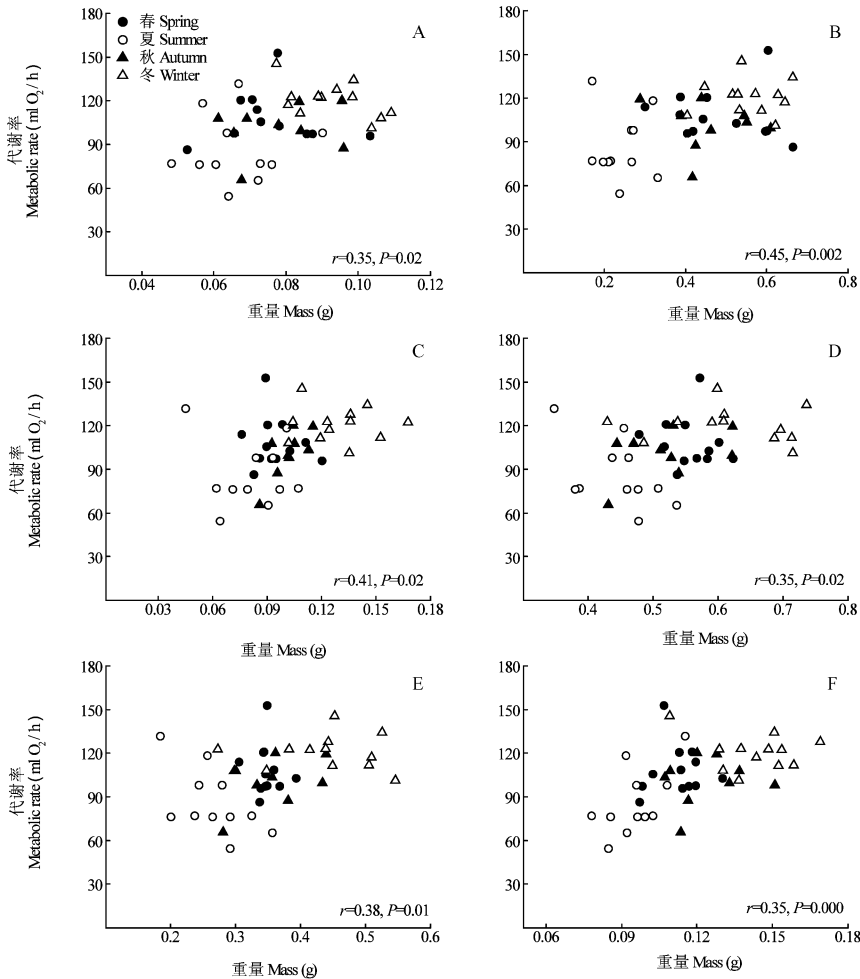


图 2 季节驯化中白头鹧 BMR (ml O₂/h) 与各器官重量 (g) 的相关性

Fig. 2 The relationship between basal metabolic rate (ml O₂/h) and organ mass (g) of

Pycnonotus sinensis in seasonal acclimatization

A: 肺; B: 肝; C: 肾; D: 整体消化道; E: 小肠; F: 心。

A: Lung; B: Liver; C: Kidney; D: Total digestive tract; E: Small intestine; F: Heart.

2.4 肌肉重量 外周器官——肌肉在季节驯化中发生显著变化($F_{(3,40)} = 9.361, P = 0.000$)。冬季最高,是夏季的 1.6 倍,春秋相似。相关分析显示肌肉干重对 BMR 的大小有显著影响($r = 0.53, P < 0.001$, 图 3)。

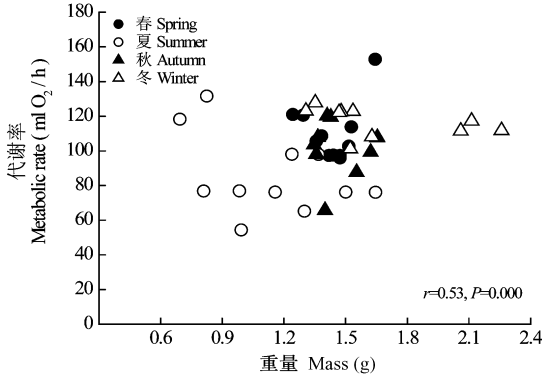


图 3 季节驯化中白头鹎 BMR (ml O₂/h) 与肌肉重量 (g) 的相关性

Fig. 3 The relationship between basal metabolic rate (ml O₂/h) and muscle mass (g) of *Pycnonotus sinensis* in seasonal acclimatization

3 讨论

白头鹎的基础代谢水平、内部器官(心、肝、肾、消化道和肺等)及肌肉重量具有明显的季节性变化,在冬季达到最高,夏季最低。

从理论上讲,代谢率的大小既可能受到中心效应器官的限制,又可能与支持中心效应器官的外周器官相关联。上述观点分别代表“中心限制假说”(central limitation hypothesis)和“外周限制假说”(peripheral limitation hypothesis)^[11],此外还有“对称性形态构成假说”(symmorphosis hypothesis),其认为在长期进化中,决定恒温动物代谢率的中心器官与外周器官协同进化,最后达到大致相等,以使动物的生理功能协调一致^[12]。

Piersma 等^[13]和 Burness 等^[14]认为用于基础代谢的大部分能量被内部器官(特别是心、肝、肾和肠)消耗掉,这些器官具有很高的代谢活性,BMR 的差异也应当与这些器官重量的差异相关^[13]。也有一些研究表明,除了中心器官以

外,BMR 的大小还与肌肉的重量有关^[15]。不同的研究发现用于预测 BMR 的器官具有种间差异性。

肌肉的代谢效率相对较低,但由于将近占鸟类身体的 40%,是鸟类基础产热、非颤抖性产热(nonshivering thermogenesis, NST)和颤抖性产热(shivering thermogenesis, ST)的主要贡献者之一^[15]。白头鹎在季节性驯化中冬季肌肉的重量明显高于夏季,相关分析表明肌肉干重对 BMR 的大小有显著影响。Williams 等^[15]将戴胜百灵(*Alaemon alaudipes*)分别放在 15℃和 36℃温度条件下驯化 3 周,然后测量各组动物的 BMR 和肌肉的干重,结果发现进行低温驯化的戴胜百灵其 BMR 显著高于高温驯化组。与之相对应,肌肉重量也表现为低温驯化组高于高温处理组。

冬季白头鹎的心、肝、小肠、肾和总消化道的质量都显著高于春夏季节,表现出明显的可塑性变化。对其他鸟类的研究也发现面对季节驯化或冷驯化,有些实验动物的消化道会发生可塑性改变^[15]。柳劲松等^[9]在研究树麻雀(*Passer montanus*)时发现,其 BMR 存在明显的季节性变化,在冬季和秋季较高。麻雀内部器官的变化同样有明显的季节性,冬季和秋季麻雀的肝、心、肌胃、小肠、直肠和整体消化道的重量都有明显的增加;认为树麻雀的 BMR 与肝、心和消化道等内部器官存在明显的相关性,中心器官是提高麻雀 BMR 的基础之一。戴胜百灵经低温驯化后其 BMR 显著高于对照组,部分内脏器官如肝、肠管、肾和心重量也表现为低温驯化组高于对照组^[12]。Tieleman 等^[16]报道将木百灵(*Lullula arborea*)、云雀(*Alauda arvensis*)、钉踝百灵(*Chersomanes alba fasciata*)和图氏沙百灵(*Eremalauda dunnii*)置于 5℃的温度条件下进行冷暴露时,实验动物的 BMR 水平、消化道、肝的重量较对照组(35℃处理)都有所提高。

那么经历秋冬季时较大的消化道对鸟类具有怎样的生态意义呢?秋冬季节鸟类要吃掉更多的食物,这显然会刺激消化器官如肌胃、小肠、直肠和整个消化道的增生,即消化器官某些

组织发生了增生(消化道细胞数目增加)或肥大(消化道细胞变大)^[17]。Brugger^[18]观察到红翅黑鹇(*Agelaius phoeniceus*) 在食欲过剩时肠管内胚层的吸收细胞发生增生和肥大。Starck 等^[5]发现日本鹌鹑(*Coturnix japonica*) 小肠消化力的提高以小肠绒毛隐窝处有丝分裂的增加为基础,而后者可能与小肠绒毛顶端的细胞消亡之间存在平衡。同样在哺乳动物中也有类似发现。如 Sabat 等^[19]发现达尔文叶耳鼠(*Phyllotis darwini*) 的小肠长度与食物的可消化性呈显著正相关; Hammond 等^[20]研究了沿着一定的海拔梯度气温和氧浓度对鹿鼠(*Peromyscus maniculatus*) 器官重量的影响,发现小肠重量与摄入能呈正相关,与环境温度呈负相关。由于这些器官单位重量的代谢活性较高,因此秋冬季节驯化引起的器官重量增加将引起机体 BMR 水平的明显升高。

肝是恒温动物最大和最重要的代谢活性器官,同时兼有产热功能^[21]。在基础状态下,肝对机体总的产热量的贡献可以达到 25%。BMR 水平的提高部分是由于增加肝的线粒体呼吸速率或特异性氧化酶活力^[22]。有证据表明冷环境下某些物种肝的状态 4 呼吸或细胞色素 C 氧化酶活力会升高^[22]。柳劲松等^[23]比较了树麻雀和燕雀(*Fringilla montifringilla*) 的代谢产热能力,发现树麻雀肝的状态 4 呼吸和细胞色素 C 氧化酶活力分别比燕雀高 35% 和 39%。Goglia 等^[24]研究发现与对照组相比冷驯化处理后的疣鼻栖鸭(*Cairina moschata*) 肝组织的细胞色素 C 氧化酶活力提高。鸟类肝产热改变的机理可能与哺乳动物相类似。Li 等^[22]报道 4℃ 冷驯化 4 周后树 (*Tupaia belangeri*) 和大绒鼠 (*Eothenomys miletus*) 的肝重量显著增加,同时树、大绒鼠、布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 和高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 肝细胞的状态 4 呼吸速率和细胞色素 C 氧化酶活力较 25℃ 温暖对照组动物也高很多,二者表现出相同的变化规律。我们的实验数据显示,秋冬季节白头鹌肝细胞的状态 4 呼吸速率、细胞色素 C 氧化酶活力较春夏季节都有显著升高(郑蔚虹等未发表

数据)。这些数据可以部分解释在低温作用下肝产热增加的细胞学机制,而肝细胞的线粒体呼吸速率的提高又能够合理解释 BMR 水平的升高。

本研究发现:白头鹌内脏器官及肌肉重量都与其 BMR 的大小呈显著正相关,认为白头鹌体内存在代谢活性器官,包括肝、心、肺、小肠、肾和总的消化道以及肌肉组织。这些器官组织具有很高的代谢活性,是白头鹌 BMR 的主要决定因素之一。

致谢 感谢中国科学院动物研究所王德华研究员和北京师范大学生命科学院李庆芬教授提供 Kalabukhov 呼吸仪。

参 考 文 献

- [1] McNab B K. On the utility of uniformity in the definition of basal rate of metabolism. *Physiol Zool*, 1997, **70**: 718~ 720.
- [2] Daan S, Masman D, Groenewold A. Avian basal metabolic rates: their association with body composition and energy expenditure in nature. *Am J Physiol*, 1990, **259**: R333~ R340.
- [3] Starck J M, Beese K. Structural flexibility of the intestine of Borneo python in response to feeding. *J Exp Biol*, 2001, **204**: 325~ 335.
- [4] McWilliams S R, Karasov W H. Phenotypic flexibility in the digestive system structure and function in migratory birds and its ecological significance. *Comp Biochem Physiol A*, 2001, **128**: 579~ 593.
- [5] Starck J M, Rahmaan G H A. Phenotypic flexibility of structure and function of the digestive system of Japanese quail. *J Exp Biol*, 2003, **206**: 1 887~ 1 897.
- [6] Williams J, Tieleman B I. Flexibility in basal metabolic rate and evaporative water loss among hoopoe larks exposed to different environmental temperatures. *J Exp Biol*, 2000, **203**: 3 153~ 3 159.
- [7] 宋志刚,王德华.长爪沙鼠的代谢率与器官的关系. *动物学报*, 2003, **48**(4): 445~ 451.
- [8] 宋志刚,王德华.内蒙古草原布氏田鼠代谢率与身体器官的关系. *兽类学报*, 2003, **23**(3): 230~ 234.
- [9] 柳劲松,李铭.树麻雀代谢率和器官重量在季节驯化中的可塑性变化. *动物学报*, 2006, **52**(3): 469~ 477.
- [10] 诸葛阳.浙江省动物志 鸟纲.杭州:浙江科学技术出版社, 1990, 288~ 290.
- [11] Chappell M A, Béch C, Buttner W A. The relationship of central and peripheral organ masses to aerobic performance variation in house sparrows. *J Exp Biol*, 1999, **202**: 2 269~ 2 279.

- [12] Dudley R, Gars C A. Critique of symmorphosis and optimality models in physiology. *Physiol Zool*, 1991, **64**: 627~ 637.
- [13] Piersma T, Bruinæel L, Drent R, *et al.* Variability in basal metabolic rate of a long³/distance migrant shorebird (Red Knot, *Calidris canutus*) reflects shifts in organ sizes. *Physiol Zool*, 1996, **69**: 191~ 217.
- [14] Burness G P, Ydenberg R C, Hochachka P W. Interindividual variability in body composition and resting oxygen consumption rates in breeding tree swallows *Tachycineta bicolor*. *Physiol Zool*, 1998, **71**: 247~ 256.
- [15] Williams J, Tieleman B I. Flexibility in basal metabolic rate and evaporative water loss among hoopoe larks exposed to different environmental temperatures. *J Exp Biol*, 2000, **203**: 3 153~ 3 159.
- [16] Tieleman B I, Williams J B, Buschur M E, *et al.* Phenotypic variation of larks along an aridity gradient: are desert birds more flexible? *Ecology*, 2003, **84**: 1 800~ 1 851.
- [17] Starck J M. Structural Flexibility of the digestive system of tetrapods: patterns and processes at the cellular and tissue level. In: Starck J M, Wang T eds. *Physiological and Ecological Adaptations to Feeding in Vertebrates*. Enfield New Hampshire: Sciences Publisher, 2005, 175~ 200.
- [18] Brügger K E. Anatomical adaptation of the gut to diet in reed winged blackbirds *Agelaius phoeniceus*. *Auk*, 1991, **198**: 562~ 567.
- [19] Sabat P, Bozinovic F. Digestive plasticity and the cost of acclimation to dietary chemistry in the omnivorous leaf eared mouse *Phyllotis darwini*. *J Comp Physiol B*, 2000, **170**: 411~ 417.
- [20] Hammond K A, Szwedczak J, Król E. Effects of altitude and temperature on organ phenotypic plasticity along an altitudinal gradient. *J Exp Biol*, 2001, **204**: 1 991~ 2 000.
- [21] Villarín J J, Schaeffer P J, Markle R A, *et al.* Chronic cold exposure increases liver oxidative capacity in the marsupial *Monodelphis domestica*. *Comp Biochem Physiol A*, 2003, **136**: 621~ 630.
- [22] Li Q F, Sun R Y, Huang C X, *et al.* Cold adaptive thermogenesis in small mammals from different geographical zone of China. *Comp Biochem Physiol A*, 2001, **29**: 949~ 961.
- [23] 柳劲松, 宋春光, 王晓恒等. 燕雀和麻雀代谢产热及消化道形态特征比较. *动物学杂志*, 2004, **39**(3): 2~ 7.
- [24] Gogliù F, Lanni A, Duchamp C, *et al.* Effect of cold acclimation on oxidative capacity and respiratory properties of liver and muscle mitochondria in ducklings *Cairina moschata*. *Comp Biochem Physiol B*, 1993, **106**: 95~ 101.

中华秋沙鸭在湖南的新分布

中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)是我国特产稀有鸟类,属国家一级保护动物。其分布区域十分狭窄,繁殖在我国长白山和大、小兴安岭以及俄罗斯远东地区(中国鸟类志,赵正阶),其在中国的数量极其稀少,且仍在下降(何芬奇等,2006)。

湖南东洞庭湖国家级自然保护区及其相邻水域多年来一直有中华秋沙鸭的越冬记录(中国鸟类学会水鸟组,1994),并且数量曾出现过增长之势。1999~ 2000年冬季前后共观察、记录到中华秋沙鸭越冬群体的数量达30只,主要栖息于东洞庭湖与南洞庭湖的交界地带(何芬奇,2002)。

2008年3月4、5日,对桃源县的凌津滩水库下游流域进行了河道鸟类调查。在凌津滩下游营盘洲头附近区段(地理坐标N28°44′26.8″~N28°45′11.4″,E111°15′00.4″~E111°16′09.0″)发现了6只中华秋沙鸭,其中2雄4雌。调查船只随着它们在该区域内移动,进行了3h的观察,并拍摄了照片、摄制了录像。另外还发现了2只小天鹅(*Cygnus columbianus*)。

2008年3月14、15日又在黄石水库遇见8只中华秋沙鸭,其中4雄4雌。并于3月15日收到一只受伤的个体,目前饲养于桃源县乌云界自然保护区管理局。中华秋沙鸭喜欢出没于林区内的湍急河流,有时在开阔湖泊,成对或以家庭为群。潜水捕食鱼类。桃源黄石水库地势平坦、水系发达、水流平稳,河中盛产的喇咕、石蛾、泥鳅及其他鱼类等,均为中华秋沙鸭的食物。

中华秋沙鸭的越冬地主要在我国贵州、四川、湖南、湖北、安徽、江苏、广东、福建、山东和长江流域。中华秋沙鸭在湖南的分布,之前只在洞庭湖有过报道,本次在桃源发现的这一群应该是南下洞庭湖越冬的中华秋沙鸭的一部分,对了解中华秋沙鸭的越冬分布有重要意义。这也是湖南在洞庭湖以外首次发现中华秋沙鸭,丰富了中华秋沙鸭在湖南的分布范围,对中华秋沙鸭的保护有重要意义。

任 巍^① 张志麟^② 米小其^① 牛艳东^① 周 毅^① 邓学建^①

(① 湖南师范大学生命科学学院 长沙 410081; ② 长沙大学附属中学 410003)