

## 4 种雀形目鸟消化道形态特征

李 铭 柳劲松 \*

( 大庆师范学院生命科学系 大庆 163712; 温州大学生命与环境科学学院 温州 325027)

**摘要:** 鸟类消化系统的形态结构与其食性密切相关。本文对红点颏 (*Luscinia calliope*)、红喉姬鹀 (*Ficedula parva*)、栗鹀 (*Emberiza rutila*) 和普通朱雀 (*Carpodacus erythrinus*) 4 种雀形目鸟类的消化道形态特征进行了比较研究。实验结果显示, 4 种鸟的总消化道长度和各消化器官的长度(胃长度除外), 消化道总重量和各消化器官的重量均存在明显的种间差异。植食性鸟(普通朱雀)具有相对较长的消化道, 而食虫鸟(红点颏和红喉姬鹀)则具有相对较高的消化道重量。实验证明, 鸟类不同的食性特征塑造了不同的消化道适应对策。

**关键词:** 雀形目鸟类; 消化道形态; 食性

**中图分类号:** Q958, Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)01-116-06

## Digestive Tract Morphological Observation of Four Passerine Birds

LI Ming LIU Jin-Song \*

( Department of Biology, Daqing Normal College, Daqing 163712;  
School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou 325027, China)

**Abstract:** Tract morphological characteristics of four passerine birds were observed. Specimens were live-trapped with net in Qiqihar City, Heilongjiang Province during May and June, 2004. All specimens were kept laboratory with mean temperature was 21 (15 - 29 ) under natural photoperiod before the examination was conducted. Food and water were supplied *ad lib*. Sex of each specimen was recorded and body weight was taken. The entire digestive tract of each bird was removed carefully and separated from the connective tissues and lipids. The lengths of stomach, small intestine and rectum were scaled to the nearest 1 mm and the weights of each part of a tract were measured to the nearest 0.1 mg. In order to remove the effect of body mass, analysis of covariance was used to analyze the data, using body mass as the covariate, and followed by least significant difference multiple comparisons. The results showed that the total length, total empty weight and total dry weight of alimentary, stomach empty weight and stomach dry weight, small intestine length, small intestine empty weight and small intestine dry weight, and rectum length, rectum empty weight and rectum dry weight among these species had significant different. The granivorous, *Carpodacus erythrinus*, had the longest length of digestive tract (the length of stomach excluded). The tracts of the other three omnivorous/insectivorous species (*Emberiza rutila*, *Luscinia calliope* and *Ficedula parva*) varied. The insectivorous species (*L. calliope* and *F. parva*) had relative heavy digestive tracts among the four species. The results show that the different features of gut morphology among these species are a functional adaptation of the different food habits.

**Key words:** Passerine birds; Digestive tract morphology; Food habit

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

\* 通讯作者, E-mail: ljs@wzu.edu.cn;

**第一作者简介** 李铭, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理生态学; E-mail: limingjinwen@126.com.

**收稿日期:** 2007-05-23, **修回日期:** 2007-11-05

动物能量的获得和利用效率是能量生态学研究的最基本环节之一,也是深入研究动物能量动态的基础<sup>[1,2]</sup>。消化道容纳与处理食物的能力以及消化和吸收营养物质的能力是限制其能量收支的关键<sup>[3,4]</sup>。因此对动物消化道形态结构的研究有利于我们加深对动物能学特征的理解<sup>[5,6]</sup>。

动物消化道的形态结构与食性、食物的质量及能量需求等因素密切相关<sup>[7]</sup>。不同食性动物的消化道形态往往也有差异<sup>[8]</sup>。Karasov<sup>[9]</sup>研究了迁徙性鸟类消化系统形态特征与食性的关系,认为消化道形态存在种间差异的主要原因之一是食性的不同。McWillimas 和 Karasov<sup>[7]</sup>对小型鸟的研究也得到类似的结论,发现消化道长度和重量存在明显的种间差异。以种子为食的鸟类,消化道总长度长于杂食性的鸟类;以昆虫为食的鸟类消化道总长度最短。该理论在小型哺乳动物中也得到证实。Schieck 和 Millar<sup>[10]</sup>通过考察小型哺乳动物的消化道与食性的关系,发现草食性动物的大肠大于杂食性动物,且消化道总长度长于杂食性者;肉食性动物的消化道总长度最短。

我国有关动物消化道形态的比较研究以小型哺乳动物为主,而关于鸟类消化道形态的比较研究报道相对较少<sup>[11,12]</sup>。红点颏(*Luscinia calliope*)、红喉姬鹀(*Ficedula parva*)、栗鹀(*Emberiza rutila*)和普通朱雀(*Carpodacus erythrinus*)同属雀形目小型鸟类,但食性差别较大。红点颏和红喉姬鹀主要以昆虫为食,包括直翅目、半翅目、膜翅目、鞘翅目、鳞翅目和双翅目等,间食少量植物<sup>[13]</sup>。栗鹀主要以植物的种子为主,偶尔间食少量昆虫<sup>[14]</sup>。普通朱雀属杂食性鸟,春季以白桦嫩叶、杨树叶芽、榆树花序为食;夏季食物以鞘翅目昆虫为主;秋季以浆果和各种种子及昆虫为食<sup>[13,14]</sup>。相似的分类地位、相近的体形和不同的食性使它们成为考察鸟类食性与消化道形态之间关系的良好实验对象。本文比较了这 4 种鸟的消化道形态,通过考察其形态差异,初步探讨不同食性鸟类消化道形态适应的不同机制。根据 4 种鸟不同的生

态习性我们预测:植食性的普通朱雀可能具有较长的消化道,而红点颏和红喉姬鹀的消化道长度较短;红点颏和红喉姬鹀由于高活动性引起的代谢需求增加可能具有较大的消化道重量,栗鹀和普通朱雀的消化道重量可能较小。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 红点颏、红喉姬鹀、栗鹀和普通朱雀于 2004 年 4~6 月捕自黑龙江省齐齐哈尔市地区。红点颏 7 只(7 ),平均体重为(16.6 ±1.0)g;红喉姬鹀 9 只(5 ,4 ),平均体重为(10.0 ±0.4)g;栗鹀 15 只(9 ,6 ),平均体重为(15.8 ±0.3)g;普通朱雀 8 只(5 ,3 ),平均体重为(20.7 ±1.4)g。

**1.2 消化道长度和重量** 将动物带回实验室,称重后进行解剖。取出完整的消化道,小心去除结缔组织和脂肪,分离出胃(stomach, ST)、小肠(small intestine, SI)和直肠(rectum, RE)。各部分平展为自然状态下最大长度(不拉伸)<sup>[15]</sup>,用游标卡尺(精确到 1 mm)测量长度(length, L)。然后用剪刀将各器官纵剖开,小心地放在生理盐水中清洗以除去肠道内容物,然后用滤纸轻轻吸干残留的生理盐水。用 BS 210 S 型电子天平(精确到 0.1 mg)称量各器官的去内含物重(without content),即鲜重(empty, E)。将称量后的各器官置于 75 °C 烘箱烘干至恒重,记录各器官干重(dry content, D)<sup>[16]</sup>。总消化道(total alimentary, TO)的各项指标均为胃、小肠和直肠的相加值。

**1.3 统计分析** 使用 SPSS 11.5 统计软件包进行数据分析。实验考察的各个指标性别差异不显著( $P > 0.05$ ) (因红点颏全部为雄性个体无法考察是否存在性别差异),故将数据合并统计。为了避免消化道形态指标受体重的影响而导致分析结果出现误差,统计是在获得各消化道实测指标的基础上,采用体重为协变量的协方差分析(ANCOVA)比较消化道相对大小和重量的种间差异。分析的显著性水平设置为  $\alpha = 0.05$ 。文中数据以平均值 ±标准误(Mean ±SE)表示, $P < 0.05$  即认为差异显著。

## 2 结果

**2.1 总消化道的变化** 消化道长度和重量的实测值(表 1)经协方差分析,矫正体重后表明,4 种鸟的总消化道长度(TOL)、总去内含物重量(TOE)及总干组织重量(TOD)的差异均达到显著水平(分别为  $F_{(3,34)} = 71.355, P = 0.000$ ;

$F_{(3,34)} = 33.835, P = 0.000$ ;  $F_{(3,34)} = 20.375, P = 0.000$ )。多重比较分析表明,普通朱雀的 TOL 最大,明显长于其他 3 种鸟;红喉姬鹀的 TOL 最短,与红点颏相比差异不显著,但显著低于栗鹀。红点颏的 TOE 和 TOD 最重,明显高于红喉姬鹀、栗鹀和普通朱雀。栗鹀和普通朱雀的 TOD 差异不显著,但明显低于红喉姬鹀(表 2)。

表 1 4 种雀形目鸟类消化道长度和重量的实测值(Mean ±SE)

Table 1 The absolute length and mass of digestive tracts in four passerine birds

项目 Item	红点颏 <i>Luscinia calliope</i>	红喉姬鹀 <i>Ficedula parva</i>	栗鹀 <i>Emberiza rutila</i>	普通朱雀 <i>Carpodacus erythrinus</i>
样本数 Sample size	7	9	15	8
体重 Body mass (g)	16.6 ±1.0	10.0 ±0.4	15.8 ±0.3	20.7 ±1.4
TOL (mm)	143.9 ±4.7	121.7 ±3.7	155.0 ±4.4	314.4 ±12.4
TOE (mg)	803.1 ±63.8	398.9 ±17.7	390.1 ±21.6	427.0 ±26.3
TOD (mg)	222.0 ±15.8	135.2 ±17.6	105.3 ±5.7	116.5 ±7.6
STL (mm)	14.6 ±0.9	12.1 ±0.7	13.3 ±0.5	13.3 ±0.2
STE (mg)	598.3 ±32.2	310.9 ±10.3	341.8 ±19.4	365.6 ±20.6
STD (mg)	176.4 ±9.2	97.9 ±2.5	94.9 ±5.2	102.8 ±6.4
SIL (mm)	121.3 ±3.7	99.8 ±3.2	131.1 ±4.1	282.8 ±11.7
SIE (mg)	193.9 ±35.6	83.6 ±11.1	45.0 ±4.6	56.9 ±8.0
SID (mg)	42.9 ±7.9	19.3 ±2.7	9.4 ±0.9	12.4 ±1.7
REL (mm)	11.1 ±1.5	9.8 ±1.3	12.0 ±0.9	15.0 ±1.2
REE (mg)	11.0 ±1.8	4.4 ±1.0	3.3 ±0.3	4.5 ±0.9
RED (mg)	2.7 ±0.3	1.3 ±0.2	1.0 ±0.0	1.4 ±0.2

TOL:总消化道长; TOE:消化道鲜组织总重量; TOD:消化道干重; STL:胃长; STE:胃组织鲜重; STD:胃组织干重; SIL:小肠长; SIE:小肠鲜重; SID:小肠干重; REL:直肠长; REE:直肠鲜重; RED:直肠干重。

TOL:Total digestive tract length; TOE:Weight of total digestive tract; TOD:Dry weight of total digestive tract; STL:Stomach length; STE:Weight of stomach; STD:Dry weight of stomach; SIL:Small intestine length; SIE:Weight of small intestine; SID:Dry weight of intestine; REL:Rectum length; REE:Weight of rectum; RED:Dry weight of rectum.

## 2.2 各消化器官的变化

**胃(ST)**:红点颏的胃长度(STL)与红喉姬鹀、栗鹀和普通朱雀相比差异不显著,但去内含物重量(STE)和胃干重(STD)明显高于后 3 种鸟类(分别为  $F_{(3,34)} = 28.517, P = 0.000$ ;  $F_{(3,34)} = 35.111, P = 0.000$ )。红喉姬鹀、栗鹀和普通朱雀的 STE 和 STD 彼此差异不显著(表 2)。

**小肠(SI)**:4 种鸟的小肠长度(SIL)、去内含物重量(SIE)及干组织重量(SID)均差异显著(分别为  $F_{(3,34)} = 76.103, P = 0.000$ ;  $F_{(3,34)} = 20.328, P = 0.000$ ;  $F_{(3,34)} = 3.727, P < 0.05$ )。普通朱雀的 SIL 最长,栗鹀和红点颏居中,红喉

姬鹀最短。红点颏的 SIE 和 SID 最大,明显高于后 3 种鸟类;栗鹀和普通朱雀最小,显著低于红喉姬鹀和红点颏(表 2)。

**直肠(RE)**:4 种鸟类的直肠长度(REL)、去内含物重量(REE)及干组织重量(RED)均达到显著差异水平(分别为  $F_{(3,34)} = 3.521, P < 0.05$ ;  $F_{(3,34)} = 12.876, P = 0.000$ ;  $F_{(3,34)} = 18.635, P = 0.000$ )。普通朱雀的直肠长度(REL)最大,红点颏和红喉姬鹀最小(二者差异不显著),栗鹀居中。红点颏的直肠去内容物重量(REE)、直肠干重(RED)均显著高于其他 3 种鸟(表 2)。

表 2 4 种雀形目鸟消化道长度和重量的调整平均值<sup>\*</sup> (Mean ±SE)

Table 2 Adjustment means of length and mass of digestive tracts in four passerine birds

项目 Item	红点颏	红喉姬鹀	栗鹀	普通朱雀	P 值 P value
	<i>Luscinia calliope</i>	<i>Ficedula parva</i>	<i>Emberiza rutila</i>	<i>Carpodacus erythrinus</i>	
样本数 Sample size	7	9	15	8	
TOL (mm)	143 ±8 <sup>ab</sup>	129 ±11 <sup>a</sup>	155 ±5 <sup>b</sup>	307 ±11 <sup>c</sup>	0.000
TOE (mg)	791.7 ±36.3 <sup>b</sup>	466.4 ±50.4 <sup>a</sup>	387.9 ±24.4 <sup>a</sup>	365.2 ±49.1 <sup>a</sup>	0.000
TOD (mg)	218.1 ±13.2 <sup>c</sup>	158.0 ±18.3 <sup>b</sup>	104.5 ±8.9 <sup>a</sup>	95.7 ±17.8 <sup>a</sup>	0.000
STL (mm)	14.5 ±0.7	12.8 ±1.0	13.2 ±0.5	12.6 ±1.0	0.240
STE (mg)	591.5 ±25.1 <sup>b</sup>	351.0 ±34.7 <sup>3</sup>	340.5 ±16.8 <sup>a</sup>	328.9 ±33.8 <sup>a</sup>	0.000
STD (mg)	147.7 ±7.0 <sup>b</sup>	108.0 ±9.7 <sup>a</sup>	94.5 ±4.7 <sup>a</sup>	93.5 ±9.5 <sup>a</sup>	0.000
SIL (mm)	120.2 ±7.3 <sup>ab</sup>	106.5 ±10.1 <sup>a</sup>	130.9 ±4.9 <sup>b</sup>	276.6 ±9.8 <sup>c</sup>	0.000
SIE (mg)	189.1 ±16.9 <sup>c</sup>	111.7 ±23.4 <sup>b</sup>	44.1 ±11.4 <sup>a</sup>	31.1 ±22.8 <sup>a</sup>	0.000
SID (mg)	41.7 ±3.7 <sup>c</sup>	26.3 ±5.2 <sup>b</sup>	9.2 ±2.5 <sup>a</sup>	6.0 ±5.0 <sup>a</sup>	0.000
REL (mm)	11.6 ±1.3 <sup>ab</sup>	7.2 ±1.9 <sup>a</sup>	12.1 ±0.9 <sup>b</sup>	17.4 ±1.8 <sup>c</sup>	0.025
REE (mg)	11.1 ±1.1 <sup>b</sup>	3.7 ±1.5 <sup>a</sup>	3.4 ±0.7 <sup>a</sup>	5.2 ±1.5 <sup>a</sup>	0.000
RED (mg)	2.7 ±0.2 <sup>b</sup>	1.2 ±0.3 <sup>a</sup>	1.0 ±0.1 <sup>a</sup>	1.5 ±0.3 <sup>a</sup>	0.000

\*表中各消化道长度和重量的调整平均值系在实测值的基础上通过协方差分析将体重校正至 15.6 g 而得到; 在同一行中, 不同上标字母表示差异显著。TOL: 总消化道长; TOE: 消化道鲜组织总重量; TOD: 消化道干重; STL: 胃长; STE: 胃组织鲜重; STD: 胃组织干重; SIL: 小肠长; SIE: 小肠鲜重; SID: 小肠干重; REL: 直肠长; REE: 直肠重; RED: 直肠干重。

\*The value of length and weight was adjusted by an analysis of covariance using body mass as the covariate; The different superscripts in the same row indicates significant differences. TOL: Total digestive tract length; TOE: Weight of total digestive tract with on content; TOD: Dry weight of total digestive tract; STL: Stomach length; STE: Weight of stomach; STD: Dry weight of stomach; SIL: Small intestine length; SIE: Weight of small intestine; SID: Dry weight of intestine; REL: Rectum length; REE: Weight of rectum; RED: Dry weight of rectum.

### 3 讨 论

本实验的研究表明, 4 种雀形目鸟类的总消化道长度和重量、各消化器官的长度(胃长度除外)和重量均表现出明显的种间差异。栗鹀和普通朱雀的总消化道重量和各消化器官重量明显低于红点颏和红喉姬鹀; 栗鹀和普通朱雀的总消化道长度和各消化器官长度显著长于红点颏和红喉姬鹀。

对于不同的物种来说, 食性、生活史特征和能量消耗水平等因素是影响消化和吸收的重要因素<sup>[17]</sup>。由于栗鹀等雀形目鸟盲肠退化, 因此, 胃和小肠对食物的消化及吸收起着至关重要的作用, 不同种鸟胃和小肠的种间差异较大, 与食性及生活史特征密切相关<sup>[18, 19]</sup>。植食性鸟类的食物质量相对较差, 为了维持生存需要这些物种必须增加摄食。如果没有其他调节, 摄食量的增加会缩短食物在消化道内的滞留时间, 从而导致消化率降低<sup>[20, 21]</sup>, 因而它们往往具有较长的消化道, 以便增加食物在肠道内的滞

留时间, 使消化效率增加或保持不变<sup>[22]</sup>。另一方面, 食虫鸟类由于活动性较高的生活史特征必然要求具有较高的能量代谢水平, 而消化道各器官重量的增加可以满足动物对能量需求的增加, 因此, 食物的质量与能量需求均可促使动物在消化道形态结构上进行一些有益的调整<sup>[23]</sup>。

胃的大小与很多因素有关, 如温度、食物质量和繁殖状态等。按照 Ellis 等<sup>[24]</sup>的理论推测: 取食高能值动物性食物的鸟类相对于取食低能值植物性食物的鸟类具有相对较高的活动性, 其觅食和防御等活动消耗的能量应该高于后者, 故每日的能量需要也较高。红点颏和红喉姬鹀较大的胃容量意味着一次能摄入较多的食物, 可以使动物“少餐多食”, 缩短了取食时间, 即可以降低被捕食的风险, 又可以减少冷暴露的时间, 从而减少能量消耗<sup>[25, 26]</sup>。

小肠是食物消化和营养吸收的主要场所, 其形态学的变化往往与能量需求有关<sup>[9]</sup>。Karasov<sup>[9]</sup>比较了小型鸟类的小肠与食性的关

系。发现了消化道长度存在明显的种间差异的现象。植食性鸟类小肠长度大于杂食性鸟类;以昆虫为食的鸟类消化道总长度最短<sup>[7]</sup>。植物性食物与动物性食物相比,其食物质量相对较低,因此对于植食性鸟类来说,如何有效地从食物资源中获得更多的能量是非常重要的。普通朱雀具有最长的小肠便是对植物性食物条件的适应。较长的消化道可以使食物在消化道内滞留的时间变长,使普通朱雀对食物的消化率增加或保持不变<sup>[27]</sup>。同时,小肠长度的增加还可以加强肠道内壁的运输功能,增加消化和吸收率<sup>[26]</sup>。而栗鸫、红喉姬鹀和红点颏则由于食物质量的逐步提高而表现为消化道长度的依次递减。此外,小肠重量的种间差异反映了动物能量需求的不同。Karasov<sup>[9]</sup>比较日本鹌鹑(*Coturnix japonica*)、紫翅椋鸟(*Sturnus vulgaris*)和莺鹌鹑(*Troglodytes aedon*)消化道形态变化与能量需求之间的关系时发现:当能量需求增加时,以种子、果实为食的日本鹌鹑及紫翅椋鸟其小肠长度分别增加30%和20%;而以昆虫为食的莺鹌鹑其小肠重量增加35%。小肠重量的增加与器官黏膜层的显著增加一致,小肠黏膜厚度的增加可以提高营养吸收率<sup>[28,29]</sup>。本实验中红点颏和红喉姬鹀较大的消化道重量可能会提高对营养物质的吸收率,从而更加有效地利用食物资源,满足较高的能量代谢要求。这表明,肠道器官的形态与能量代谢之间存在密切的联系<sup>[30,31]</sup>。

总之,4种雀形目鸟由于生活史特征的不同采取不同的消化道形态适应对策:普通朱雀和栗鸫相对较长的消化道是对外界环境中可获得食物资源相对较差的适应性反应;而红点颏和红喉姬鹀较大的消化道重量则是对高能量代谢需求所导致的高能量转化和吸收的良好适应。

## 参 考 文 献

- [1] Alexander R M. Energy of Animal Life. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- [2] Martinez del Rio C, Bruggen K, Witmer M, et al. An experimental and comparative study of dietary modulation of intestinal enzymes in European starlings (*Sturnus vulgaris*). *Physiol Zool*, 1995, **68**: 490 ~ 511.
- [3] McWilliams S R, Caviedes-Vidal E, Karasov W H. Digestive adjustments in cedar waxwings to high feeding rates. *J Exp Zool*, 1999, **283**: 394 ~ 407.
- [4] Pierce B, McWilliams S R. Diet quality and food limitation affect the dynamics of body composition and digestive organs in a migratory songbird (*Zonotrichia albicollis*). *Physiol Biochem Zool*, 2004, **77**: 471 ~ 483.
- [5] Piersma T, Drent J. Phenotypic flexibility and the evolution of organismal design. *Trends Ecol Evol*, 2003, **18**: 228 ~ 233.
- [6] Toloza E M, Lam M, Diamond J. Nutrient extraction by cold-exposed mice: a test for digestive safety margins. *Am J Physiol*, 1991, **261**: 608 ~ 620.
- [7] McWilliams S R, Karasov W H. Phenotypic flexibility in digestive system structure and function in migratory birds and its ecological significance. *Comp Biochem Physiol A*, 2001, **128**: 579 ~ 593.
- [8] Karasov W H, Pinshow B. Test for physiological limitation to nutrient assimilation in a long-distance passerine migrant at a springtime stopover site. *Physiol Biochem Zool*, 2000, **73**: 335 ~ 343.
- [9] Karasov W H. Digestive plasticity in avian energetics and feeding ecology. In: Carey C ed. Avian Energetics and Nutritional Ecology. New York: Chapman and Hall, 1996, 61 ~ 84.
- [10] Schieck J O, Millar J S. Alimentary tract measurements as indicators of diets of small mammals. *J Mamm*, 1985, **49**: 93 ~ 104.
- [11] 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.
- [12] 韩芬茹.10种鸟消化系统的比较研究.经济动物学报,2006,10(1):35~38.
- [13] MacKinnon J, Phillipps Keds. A Field Guide to the Birds of China. Oxford: Oxford University Press, 2000, 293 ~ 500.
- [14] 高中信,李春源,费殿金.扎龙鸟类.北京:中国林业出版社,1989,195 ~ 234.
- [15] 柳劲松,孙儒泳,王德华.三种啮齿动物的消化道形态特征.动物学杂志,2007,42(1):8~13.
- [16] 王德华,王祖望,孙儒泳.根田鼠消化道长度和重量的变化及其适应意义.兽类学报,1995,15(1):53~59.
- [17] Green D A, Millar J S. Changes in gut dimensions and capacity of *Peromyscus maniculatus* relative to diet quality and energy needs. *Can J Zool*, 1987, **65**: 2 159 ~ 2 162.
- [18] 柳劲松.鸟类盲肠的类型及结构.生物学通报,2004,39(5):11~12.

- [19] Sibly R. Strategies in digestion and defecation. In: Townsend C R, Calow P eds. *Physiological Ecology*. Oxford: Blackwell Science, 1981, 109 ~ 139.
- [20] Starck J M. Phenotypic flexibility of the avian gizzard: rapid, reversible and repeated changes of organ size in response to changes in dietary fiber content. *J Exp Biol*, 1999, **202**: 3 171 ~ 3 179.
- [21] Starck J M, Beese K. Structural flexibility of the intestine of *Burmese python* in response to feeding. *J Exp Biol*, 2001, **204**: 325 ~ 335.
- [22] Starck J M, Rahman 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.
- [23] Levey D J, Karasov W H. Gut passage of insects by European starlings and comparison with other species. *Auk*, 1994, **111**: 478 ~ 481
- [24] Ellis B A, Mills J N, Kennedy E J T, et al. The relationship among diet, alimentary tract morphology, and life history for five species of rodents from the central Argentine pampa. *Acta Theriol*, 1994, **39**: 345 ~ 355.
- [25] Walsberg G E, Thompson C W. Annual changes in gizzard size and function in a frugivorous bird. *Condor*, 1990, **92**: 794 ~ 795.
- [26] Dekinga A, Dietz M W, Koolhaas A, et al. Time course and reversibility of changes in the gizzards of red knots alternately eating hard and soft food. *J Exp Biol*, 2001, **204**: 2 167 ~ 2 173.
- [27] Hammond K A, Wunder B A. The role of diet quality and energy need in the nutritional ecology of a small herbivore, *Microtus ochrogaster*. *Physiol Zool*, 1991, **64**: 541 ~ 567.
- [28] Hammond K A, Szwczak J, Kr 1 E. Effects of altitude and temperature on organ phenotypic plasticity along an altitudinal gradient. *J Exp Biol*, 2001, **204**: 1 991 ~ 2 000.
- [29] Lee K A, Karasov W H, Caviedes-Vidal E. Digestive response to restricted feeding in migratory yellow-rumped warblers. *Physiol Biochem Zool*, 2002, **75**: 314 ~ 323.
- [30] Caviedes-Vidal E, Afik D, Martinez del Rio C, et al. Dietary modulation of intestinal enzymes of the house sparrow (*Passer domesticus*): testing an adaptive hypothesis. *Comp Biochem Physiol A*, 2000, **125**: 11 ~ 24.
- [31] Witmer M C, Martinez del Rio C. The membrane bound intestinal enzymes of waxwings and thrushes: adaptive and functional implications of patterns of enzyme activity. *Physiol Biochem Zool*, 2001, **74**: 584 ~ 593.

## 欢迎订阅 2008 年《动物学杂志》

《动物学杂志》是中国科学院动物研究所、中国动物学会主办的科技期刊,亦是中國自然科学核心期刊。主要报道动物学领域的最新研究成果,介绍有创见的新思想、新学说、新技术、新方法。报道范围既有宏观生态研究,又有微观实验技术。报道层次既有科学前沿性、资料性的,也有技术性、知识性的。稿件内容涉及范围广,实用性强,主要栏目有:研究报告、珍稀濒危动物、技术与方法、研究简报和快讯、科技动态等等。读者对象为动物科学领域的研究、教学、技术、管理人员及广大业余爱好者。

近年,《动物学杂志》各项统计指标有了很大的提高,是国内各大数据库及国外著名数据库英国《动物学记录》、美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》收录的源期刊。

《动物学杂志》双月刊,16开,112页,2008年每册定价30元,全年180元,国内外公开发行。国内邮发代号:2-422;国外发行代号(Code No.):BM58。全国各地邮局均可订阅。如未能在当地邮局订到,可与编辑部直接联系。本刊对在校大学生及个人订户7折优惠(直接与编辑部联系订阅)。

地址:北京市朝阳区大屯路 中国科学院动物研究所内《动物学杂志》编辑部

邮编:100101;电话:(010)64807162;

E-mail: journal @ioz. ac. cn。网址:bird. chinajournal. net. cn; dwzz. ioz. ac. cn。

欢迎投稿、欢迎订阅、欢迎刊登广告。