

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.04.025

## 白腰雪雀体重、脂肪累积的阶段变化

王爱真<sup>1,2</sup>, 雷富民<sup>2\*</sup>

(1. 青海大学生物科学系, 西宁 810016; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

**摘要:** 2004 年在青海省河南县和兴海县于繁殖早期、育雏期、换羽期等不同阶段用粘网捕获白腰雪雀, 称量体重, 半定量法测定脂肪的含量, 游标卡尺测量泄殖腔的高度, 以考察白腰雪雀体重、脂肪的季节性变化。结果表明: 白腰雪雀体重在繁殖早期从 2 月到 3 月增加, 育雏期下降, 换羽期再次增加。脂肪含量在繁殖早期从 2 月到 3 月增加, 育雏期的 6 月、7 月个体脂肪含量降低至零。白腰雪雀泄殖腔在繁殖早期的 2、3 月启动发育, 泄殖腔发育启动时间的个体差异和个体脂肪含量有一定的关系。

**关键词:** 白腰雪雀; 体重; 脂肪; 阶段性变化

**中图分类号:** Q959.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)04-0560-04

## Periodical Variations of Weight and Fat Reserves in *Onychostruthus taczanowskii*

WANG Ai-zhen<sup>1,2</sup>, LEI Fu-min<sup>2\*</sup>

(1. Department of Biological Sciences, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The periodical variation of the weights and fat reserves in white-rumped snowfinch (*Onychostruthus taczanowskii*) among early spring, nursing nestlings, and molting was investigated by weighting and semi-quantitatively scoring fat reserves after the birds were captured with mist net in Xinghai and Henan county, Qinghai province. The cloaca protuberance was measured with vernier caliper in early spring to investigate its development with day-length changes. Further, the effect of fat level on individual variation of cloaca development initial time was analyzed. The results show that the weight and fat of white-rumped snowfinch increase from February to March, drop when nursing nestlings, and gain increase while molting. The cloaca initiated development in February and March. The data of fat score and cloaca protuberance indicated that initial time variation of cloaca development between individuals in white-rumped snowfinch is correlated with their fat reserves.

**Key words:** *Onychostruthus taczanowskii*; weight; fat; periodical variation

生活在北温带的鸟类, 随着光周期的变化在内分泌激素的调控下, 行为随着季节的变换而变化。在鸟类的年生活周期中, 个体生理指标包括体重、脂肪含量以及泄殖腔突起存在季节性的差异。例如白腰朱顶雀 *Carduelis flammea*——一种在北极繁殖的鸟类, 表现为繁殖期和换羽期体重的季节性差异, 换羽期的体重高于繁殖期 (Romero *et al.*, 1998); 又如美洲白鹡 *Eudocimus albus*, 在不同的繁殖阶段个体的脂肪积累不同, 繁殖期求偶炫耀阶段雄性个体具有最高的脂肪含量 (Heath *et al.*, 2003)。作为鸟类身体状况的指示因子, 鸟类的体重、脂肪含量在研究鸟类的环境胁迫、繁殖胁迫及应对特定行为进行适应性调节方面具有重要意义。在育雏期间, 鹁蝗莺 *Locustella luscinioides* 亲鸟体重、脂肪含量等身体状

况指标降低, 反映了育雏活动对亲鸟的胁迫 (Neto & Gosler, 2009)。而迁徙鸟类迁徙前增加摄食, 或在迁徙的中途停歇地补充食物, 目的则在于增加脂肪储备应对长途飞行的能量消耗 (Biebach *et al.*, 1986; Holberton, 1999)。

研究表明, 温带鸟类繁殖活动的启动和伴随的泄殖腔发育受光照时间的控制, 而同时个体发育启动时间的个体差异与鸟类个体遭受的胁迫程度相关, 研究中遭受胁迫程度大的个体泄殖腔发育延迟 (Satterlee & Marin, 2004)。这就暗示着反映个体胁迫程度的脂肪含量与泄殖腔的发育水平可能存在一定的关联。

白腰雪雀 *Onychostruthus taczanowskii* 为我国青藏高原特有鸟类 (雷富民等, 2002; 屈延华等, 2002),

收稿日期: 2010-11-18 接受日期: 2011-01-29 基金项目: 教育部科学技术重大项目资助 (208158)

作者简介: 王爱真 (1973~), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 鸟类学, E-mail: waizhen@sina.com

\* 通讯作者 Corresponding author, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 鸟类学, E-mail: leifm@ioz.ac.cn

属雀形目文鸟科高原雀属, 栖息在海拔 3000 ~ 4500 m 的高山、草原及荒漠地带(屈延华等, 2004)。白腰雪雀多成对或集小群活动, 营巢于鼠兔废弃的旧洞中, 冬季集群, 早春集群解散(李德浩, 1989; 傅侗生等, 1998)。青藏高原气候恶劣多变, 在繁殖早期所处的早春季节, 白腰雪雀常常面临大风、低温和突然的降雪等极端变化环境, 食物来源也不稳定, 这些对其生存是一种胁迫(胁迫 1); 育雏期气候条件虽相对稳定, 然而亲鸟育雏花费能量的高昂付出同样是一种胁迫(胁迫 2); 换羽时伴随着鸟类强烈的生理变化, 对鸟类个体也可能是一种考验(胁迫 3)。本文对以上 3 个可能时期的体重、脂肪含量进行分析, 比较以上 3 个不同时期二者的变化, 同时探讨泄殖腔突起在不同阶段的发育情况以及个体脂肪含量水平对泄殖腔发育启动的影响。

### 1 研究材料与方法

于 2004 年 2 ~ 3 月(白腰雪雀繁殖早期, 早春季

节)、6 ~ 7 月(白腰雪雀育雏期)、8 月(白腰雪雀换羽期)在青海省兴海县(35°26'N, 99°26'E, 3960 m a. s. l.)和青海省河南县(34°50'N, 101°36'E, 3600 m a. s. l.)用粘网捕获白腰雪雀(样本的来源和数量见表 1)。捕获后的白腰雪雀装入布袋中, 称重。根据叉骨和腹部脂肪情况采用常用的半定量方法, 给个体的脂肪含量计分, 计为 0 ~ 5 共 6 个分数等级(Wingfield & Farmer, 1978, 图 1), 对于介于两个分数之间, 难以界定分数等级的脂肪含量情况, 本文用两个分数的平均值表示, 例如介于 2 和 3 分数的脂肪积累, 计为 2.5 分。各阶段的体重和脂肪含量分数表示为平均值 ± SE。用游标卡尺测量泄殖腔的高度表示泄殖腔的发育情况。数据在 Excel 上作图, 在 SPSS10.0 上进行统计学分析。差异显著性采用非参检验, 用 Pearson 相关系数分析 3 月脂肪含量和泄殖腔突起发育的相关性。

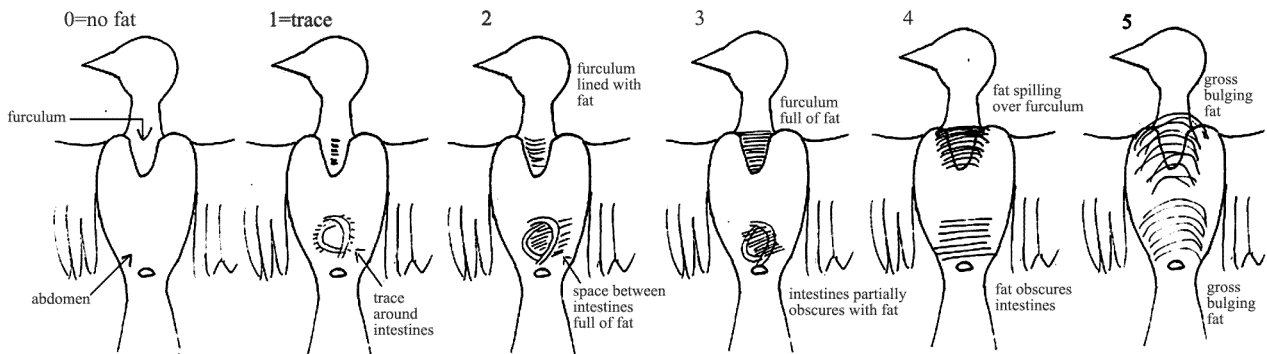


图 1 白腰雪雀脂肪含量的半定量计分方法示意图  
Fig. 1 Methods of fat's semi-quantitatively scoring

表 1 白腰雪雀的样本来源和数量

Table 1 Sample source and size of <i>Onychostruthus taczanowskii</i>		
样本采集时期	样本采集地点	样本数目 n
繁殖早期(2月、3月)	兴海县	13(2月), 12(3月)
育雏期(6月、7月)	河南县	14
换羽期(7月末、8月初)	兴海县(n=8)和 河南县(n=1)	9

### 2 结果与分析

#### 2.1 不同时期白腰雪雀的体重

2月中旬白腰雪雀大型集群解散, 在固定的一些场所小规模集群觅食, 个体存在大量的争斗活动。2月共采集到 13 只个体的体重, 其中 6 ♂、3 ♀, 4 只未检查性别。已知性别的 3 只雌性个体的平均体重

为 36.5 g, 6 只雄性个体的平均体重为 36.11 g, 雌雄体重无显著差异( $P > 0.05$ ), 13 只个体的体重为  $(36.4 \pm 0.6)g$ 。3 月共获得 12 只个体的体重数据, 其中 11 ♂、1 ♀, 体重为  $(38.6 \pm 0.6)g$  ( $n = 12$ )。白腰雪雀在 6、7 月育雏, 育雏期雌雄亲鸟共同参与饲喂雏鸟, 采集到雌雄 7 对亲鸟, 雌性体重  $(33.96 \pm 0.66)g$ 、雄性体重  $(33.96 \pm 0.79)g$ , 亲鸟的平均体重无显著差异( $P > 0.05$ )。7 月下旬和 8 月中上旬在青海兴海县和河南县皆观察到白腰雪雀换羽, 换羽期白腰雪雀体重重新增加( $n = 9$ )。河南县仅得到一个样本, 有效重量为 38.5 g, 脂肪含量分数为 3, 体重高于采集到的育雏期亲鸟的最高体重(育雏期亲鸟体重 29.5 ~ 37 g), 而与兴海县温泉镇采集到的白腰雪雀换羽期的体重和脂肪含量一致(兴海县温泉镇

标本,此时期体重为 37~42 g,脂肪分数从 0 到 5 不等),故本文将换羽期两地的数据进行合并分析,结果显示换羽期个体的体重和脂肪含量较之育雏期升高。总的来说,白腰雪雀的体重呈现出阶段性变化,表现为春季随着日照时间的增长,3 月的体重显著大于 2 月的体重 ( $P < 0.05$ ),育雏期体重下降到最低,换羽期体重重新增加(图 2)。

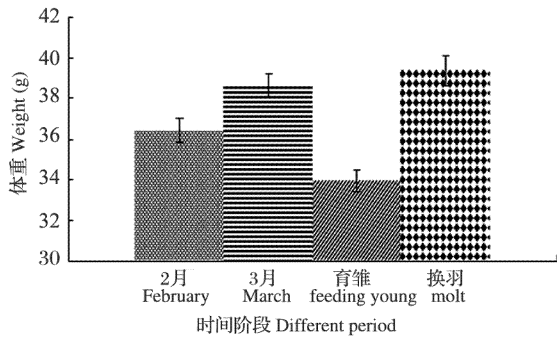


图 2 不同时期白腰雪雀的体重  
Fig. 2 Weight of *Onychostyrhus taczanowskii* in different period

### 2.2 不同时期白腰雪雀的脂肪含量

兴海县温泉镇的白腰雪雀在 2 月和 3 月的脂肪含量变化与体重的变化趋势相同,3 月的脂肪平均含量分数( $2.25 \pm 0.42, n = 12$ )显著高于 2 月( $1.15 \pm 0.39, n = 13$ ) ( $P < 0.05$ )。2 月份鉴定性别的 3 只雌鸟的脂肪含量分数都为 0,6 只鉴定性别的雄鸟个体脂肪含量分数变化较大,从 0 到 4.5 不等。3 月份仅获得 1 只雌鸟,脂肪分数为 3,其余 11 只雄鸟脂肪含量分数从 0.5 到 5 不等。育雏期雌雄亲鸟基本不见脂肪,分数为 0。换羽期白腰雪雀的脂肪含量重新升高,河南县和兴海县个体的平均脂肪分数为 2.67 ( $n = 3$ ),其中河南县 1 只个体的脂肪分数为 3,兴海县温泉镇 1 只个体的脂肪含量达到了 5(图 3)。

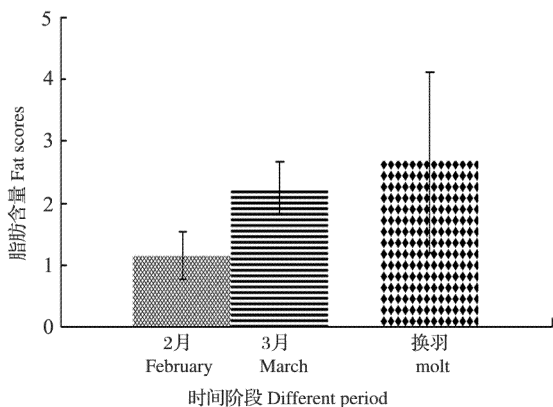


图 3 不同时期白腰雪雀的脂肪含量  
Fig. 3 Fat scores of *Onychostyrhus taczanowskii* in different period

### 2.3 白腰雪雀泄殖腔的发育与脂肪含量

2 月中下旬温泉镇白腰雪雀的大群基本解散,成小群集体觅食。这个时期多数个体的泄殖腔还没有开始发育,仅少数雄性个体轻微发育,个别发育较好。从 2 月份白腰雪雀的脂肪含量和泄殖腔发育启动情况(表 2)比较发现,只有脂肪含量分数高的个体的泄殖腔开始发育,说明脂肪的积累可能是该繁殖季节生殖系统发育开始启动的必要条件。但有些白腰雪雀个体虽然有一定的脂肪,但没有启动泄殖腔的发育,所以脂肪的积累不是泄殖腔发育的充分条件。

表 2 2 月白腰雪雀的脂肪含量与泄殖腔的发育情况  
Table 2 Fat score and cloaca development of *Onychostyrhus taczanowskii* in February

白腰雪雀个体野外编号	(性别)	脂肪含量	泄殖腔发育
2	♂	2	发育
3	♂	2	发育
8	♂	4.5	发育
10	♂	2	发育
1	♀	0	未发育
4	♀	0	未发育
5	♂	0	未发育
6	♂	0	未发育
7	/	0	未发育
9	♀	0	未发育
11	/	1	未发育
12	/	1	未发育
13	/	2.5	未发育

注:标为“/”的个体未检查性别;“/” means the individuals' sex were not identified

集群结束一段时间后,在 3 月份调查白腰雪雀形态,绝大多数个体泄殖腔已初步发育(表 3)。此时脂肪的含量和泄殖腔高度之间的相关关系不显著 ( $r = -0.287, P > 0.05$ )。

表 3 3 月白腰雪雀的脂肪含量与泄殖腔的高度  
Table 3 Fat scores and cloaca protubance of *Onychostyrhus taczanowskii* in March

白腰雪雀个体野外编号	性别	脂肪含量	泄殖腔高度(mm)
1	♂	5	1.7
2	♀	3	1.3
3	♂	1	1.6
4	♂	1	2
5	♂	2	0
6	♂	5	2.2
7	♂	1	4.1
8	♂	2	2.86
9	♂	2	3.9
10	♂	2.5	3.5
11	♂	2	4.04
12	♂	0.5	3.54

### 3 讨论

#### 3.1 白腰雪雀体重和脂肪含量的季节性变化

白腰雪雀的体重和脂肪含量呈现出阶段性的变化。春季体重增加,可能是因为随着日照时间的增长,环境条件得到改善,食物更为丰富,从而使个体的体重增加。而在育雏阶段降到最低,推测与白腰雪雀在抚育后代中的大量投资有关。研究表明,鸟类用于繁殖的能量代价是高昂的。例如长耳鸮 *Asio otus*、毛脚燕 *Delichon urbica* 等鸟的喂雏能量消费最高时可以达到 4 BMR (Basal metabolic rate), 这相当于人类的重体力劳动 (Clutton-Brock, 1991)。育雏期由于能量的大量消耗,白腰雪雀体重下降,脂肪含量降低。换羽期虽然鸟类体内经历着大的激素和代谢的变化,是对鸟类的考验,但白腰雪雀的体重和脂肪含量增加。在一些迁徙的鸟类,在换羽期体重和脂肪含量增加,这些鸟类进行脂肪的储备是为了应对长途迁徙途中的能量消耗,例如迁徙的白冠带鹀亚种 *Zonotrichia leucophrys gambelii* (Wingfield *et al.*, 1996)。白腰雪雀不进行长距离的迁徙,其进行能量的储备可能是为即将到来的寒冷季节作储备,同时能补偿脱羽造成的保温能力的下降,这与在北极繁殖的白腰朱顶雀 *Caduelis flammea* 换羽期鸟类体重的增加表现相同 (Romero *et al.*, 1998)。在温带地区越冬的许多其他留鸟,为了能度过低温、短日照、食物短缺的恶劣条件,随着气温的降低,冬季的到来,也常积累脂肪,以降低因饥饿而导致的死亡风险 (Witter & Cuthill, 1993)。

#### 3.2 脂肪含量和泄殖腔的发育

鸟类的体重和脂肪含量常作为鸟类个体生理状况的指示因子。2 月份的白腰雪雀体重和脂肪含量总体较低,反映了早春季节白腰雪雀面临着低温、大风和突然的降雪这种恶劣天气,食物的稳定获得难以保证,使得鸟类遭受着一定的胁迫。此时在脂肪含量低的个体没有观察到泄殖腔的突起,可能意味着脂肪含量对个体泄殖腔发育产生一定的影响,低脂肪的个体遭受胁迫程度较高,影响了泄殖腔的发育,从而造成了个体生殖发育的时间差异。这与对不同胁迫处理下日本鹌鹑 *Coturnix coturnix japonica* 泄殖腔发育情况一致。对日本鹌鹑的研究发现,高胁迫的个体泄殖腔分泌泡沫的时间较晚 (Satterlee & Marin, 2004)。对迁徙鸟类园林莺 *Sylvia borin* 实验室模拟食物补给站的食物摄入情况研究也证明,食

物的可得性也影响着个体的体重和生殖腺的发育、睾酮水平和繁殖行为表现 (Bauchinger *et al.*, 2009)。对 1 只白腰雪雀饲养观察,发现饲养后体重下降,死亡后解剖发现该个体的生殖腺退化,说明了胁迫对生殖系统的影响,也可能是个体在生存和生殖之间所作出的一种权衡。另外最新的研究发现鸟类以外的其他动物,如暗斑梭鲈 *Sander lucioperca* 在产卵季节雄鱼脂肪积累高的个体产生精子的时间较早 (Teletchea *et al.*, 2009), 同样说明了营养积累和生殖之间的关系。

### 4 参考文献

- 傅佩生, 宋榆钧, 高玮. 1998. 中国动物志·鸟纲: 雀形目·文鸟科、雀科 [M]. 北京: 科学出版社: 31~47.
- 雷富民, 屈延华, 卢建利, 等. 2002. 中国鸟类特有种的名录核定 [J]. 动物分类学报, 27(4): 857~864.
- 李德浩. 1989. 青海经济动物·鸟纲: 雀形目·文鸟科 [M]. 西宁: 青海人民出版社: 448~450.
- 屈延华, 雷富民, 尹祚华. 2004. 白腰雪雀分类地位的商榷性 [J]. 动物分类学报, 29(1): 1~9.
- 屈延华, 雷富民, 尹祚华. 2002. 雪雀属鸟类栖息地在中国的分布 [J]. 动物学报, 48(4): 471~479.
- Bauchinger U, Van't Hof T, Biebach H. 2009. Food availability during migratory stopover affects testis growth and reproductive behaviour in a migratory passerine [J]. Hormones and Behavior, 55(3): 425~433.
- Biebach H, Friedrich W, Heine G. 1986. Interaction of bodymass, fat, foraging and stopover period in trans-sahara migrating passerine birds [J]. Oecologia (Berlin), 69: 370~379.
- Clutton-Brock TH. 1991. The evolution of parental care [M]. Princeton: Princeton University Press: 32~34.
- Heath JA, Frederick PC, Edwards TM, *et al.* 2003. Reproductive physiology of free-living White Ibises (*Eudocimus albus*) in the Florida Everglades [J]. General and Comparative Endocrinology, 133(1): 118~131.
- Holberton RL. 1999. Changes in patterns of corticosterone secretion concurrent with migratory fattening in a neotropical migratory bird [J]. General and Comparative Endocrinology, 116(1): 49~58.
- Neto JM, Gosler AG. 2009. Variation in body condition of breeding Savi's Warblers *Locustella luscinioides*: the reproductive stress and flight adaptation hypothesis revisited [J]. Journal of Ornithology, 151(1): 201~210.
- Romero LM, Soma KK, Wingfield JC. 1998. The hypothalamus and adrenal regulate Modulation of Corticosterone release in redpolls (*Carduelis flammea*—an arctic-Breeding song bird) [J]. General and Comparative Endocrinology, 109(3): 347~355.
- Satterlee DG, Marin RH. 2004. Photoperiod-induced changes in cloacal gland physiology and testes weight in male Japanese quail selected for divergent adrenocortical responsiveness [J]. Poul Sci, 83: 1003~1010.

(下转第 568 页)

不能估算灰分的含量。

#### 4 参考文献

- 陈少莲. 1992. 我国淡水优质草食性鱼类的营养和能学研究 I—草鱼、团头鲂、长春鳊的生化成分和能值[J]. 海洋与湖沼, 23(2): 193 ~ 205.
- 黄真理, 常剑波. 1999. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 23(4): 330 ~ 335.
- 林应胜. 2001. 鲢鱼罐头中霉菌的耐热性及产生毒素的探讨[J]. 食品科学, 22(10): 74 ~ 75.
- 刘家寿, 崔奕波, 杨云霞. 2000. 体重和摄食水平对鳊和乌鳢身体的化学组成和能值的影响[J]. 水生生物学报, 24(1): 19 ~ 23.
- 罗毅平, 陈谊滨. 2009. 不同大小黑尾鲮鱼体的化学组成及能量密度[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 26(3): 12 ~ 16.
- 毛永庆, 蔡发盛, 林鼎. 1985. 鲢鱼最适生长的营养素需要量研究[J]. 水生生物学集刊, 9(3): 213 ~ 223.
- 钱云霞, 杨文鸽. 2002. 不同龄期养殖鲈鱼的生化组成[J]. 宁波大学学报(理工版), 15(1): 202 ~ 206.
- 沈美芳, 吴光红, 殷悦, 等. 2000. 塘养一龄与二龄暗纹东方鲀鱼体的生化组成[J]. 水产学报, 24(5): 432 ~ 437.
- 王方华, 邹为民, 李安兴. 2008. 广东贺江水域野生鲮鱼体表寄生虫典型海湾水虱的种群动态[J]. 动物学报, 54(3): 407 ~ 715.
- 王军辉, 谢小军. 2003. 瓦氏黄颡鱼不同季节鱼体的化学组成及能量密度预测模型[J]. 生态学报, 23(1): 122 ~ 129.
- 吴斌, 罗毅平, 谢小军. 2008. 圆口铜鱼幼鱼鱼体的化学组成及能量密度[J]. 西南大学学报(自然科学版), 30(10): 62 ~ 67.
- 谢小军, 孙儒泳. 1990. 南方鲂幼鱼鱼体的含能量及生化组成[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), (3): 83 ~ 88.
- 殷帅文, 林学群, 陈洁辉. 2003. 限食处理后鲢鱼摄食率和饲料转化率的变化[J]. 淡水渔业, 33(2): 6 ~ 7.
- Brett JR, Groves TDD. 1979. Physiological energetics in "Fishphysiology" [M]. New York: Academic Press, 8: 279 ~ 352.
- Fuentes A, Fernandez-Segovia I, Escribano I, et al. 2009. Comparison of physico-chemical parameters and composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from different Spanish origins[J]. Food Chemistry, 112: 295 ~ 302.
- Halver JE, Hardy RW. 2002. Fish Nutrition (Third Edition) [M]. Elsevier Inc: 5 ~ 30.
- Higgs DA, Sutton JN, Kim H, et al. 2009. Influence of dietary concentrations of protein, lipid and carbohydrate on growth, protein and energy utilization, body composition, and plasma titres of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in non-transgenic and growth hormone transgenic coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum)[J]. Aquaculture, 286: 127 ~ 137.
- Jonsson N, Jonsson B. 1998. Body composition and energy allocation in life-history stages of brown trout[J]. J Fish Biol, 53: 1306 ~ 1316.
- López LM, Durazo E, Viana MT, et al. 2009. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*[J]. Aquaculture, 289: 101 ~ 105.
- Marais JFK, Venter DJL. 1991. Changes in body composition associated with growth and reproduction in *Galeichthys feliceps* (Teleostei: Ariidae)[J]. South African Journal of Marine Science, 10: 149 ~ 157.
- Rajasilta M. 1992. Relationships between food, fat, sexual maturation, and spawning time of Baltic herring (*Clupea harengus menmbra*) in the Archipelago Sea[J]. Can J Fish Aquat Sci, 49(4): 644 ~ 654.
- Ricker WE. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 191: 1 ~ 382.
- Slotte A. 1999. Differential utilization of energy during wintering and spawning migration in Norwegian-spring spawning herring[J]. J Fish Biol, 54(2): 338 ~ 355.
- Von BL. 1938. Aquantitative theory of organic growth[J]. Hum Biol, 10: 181 ~ 213.
- Teletchea F, Gardeur J N, Psenicka M, et al. 2009. Effects of four factors on the quality of male reproductive cycle in pikeperch *Sander lucio-perca*[J]. Aquaculture, 291(3-4): 217 ~ 223.
- Wingfield JC, Farmer DS. 1978. The endocrinology of a naturally breeding population of the white-crowned sparrow (*Zonotrichia leucophrys pugetensis*)[J]. Physiol Zool, 51: 188 ~ 205.
- Wingfield JC, Hahn TP, Wada M, et al. 1996. Interrelationship of day length and temperature on the control of gonadal development, body mass, and fat score in white-crowned sparrows, *Zonotrichia leucophrys gambelii*[J]. General and Comparative Endocrinology, 101(3): 242 ~ 255.
- Witter MS, Cuthill IC. 1993. The ecological costs of avian fat storage[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 340(1291): 73 ~ 92.

(上接第 563 页)