

饥饿胁迫对刀鲚形体、体成分及血液生化指标的影响

金鑫^① 徐钢春^{①②} 杜富宽^② 徐跑^{①②} 顾若波^{①②*}

① 南京农业大学无锡渔业学院 无锡 214128; ② 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心
农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室 无锡 214128

摘要: 为了探讨短期饥饿胁迫对刀鲚 (*Coilia nasus*) 相关生理学指标的影响, 以室内养殖刀鲚为实验对象, 研究 20 d 的短期饥饿对其形体、体成分和血液生化指标的影响, 实验组分别在第 0、2、5、10、15 和 20 天取样。结果表明, 脏体比和肝体比在饥饿的第 2 天即显著下降 ($P < 0.05$), 肥满度和体质量在 20 d 的饥饿期内呈下降趋势, 但变化不显著 ($P > 0.05$)。刀鲚肌肉粗脂肪在第 5 天显著下降 ($P < 0.05$), 下降 5.99%, 而粗蛋白含量在第 15 天时才显著降低 ($P < 0.05$), 水分在整个饥饿期间总体呈上升趋势, 第 10 天显著上升 ($P < 0.05$), 粗灰分含量在饥饿期间变化不显著 ($P > 0.05$)。血清总蛋白、球蛋白、胆固醇和皮质醇随着饥饿时间的延长呈现先升高后降低的趋势, 而血清甘油三酯和血糖总体呈先急速下降后维持一定水平, 其中甘油三酯在饥饿至第 2 天显著下降 ($P < 0.05$), 血糖浓度在第 5 天显著下降 ($P < 0.05$)。表明短期饥饿胁迫使刀鲚形体发生一定的变化, 随着饥饿时间的延长, 刀鲚首先动用体内储存的脂肪来满足能量供应, 再动用蛋白质来维持体内的正常代谢, 血液生化指标也发生与饥饿相适应的变化。

关键词: 刀鲚; 饥饿; 形体; 体成分; 血液生化指标

中图分类号: Q494 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2014)06-897-07

Impacts of Starvation Stress on Morphological Change, Chemical Composition and Blood Biochemical Parameters in *Coilia nasus*

JIN Xin^① XU Gang-Chun^{①②} DU Fu-Kuan^② XU Pao^{①②} GU Ruo-Bo^{①②*}

① *Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081*; ② *Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China*

Abstract: The impact of starvation stress on morphological change, chemical composition and blood biochemistry of the *Coilia nasus* was studied using hatchery reared fish. Individuals were sampled at 0 (control), 2, 5, 10 and 20 days of starvation. Tables 1 – 3 showed that viscerosomatic and hepatosomatic indices significantly declined from the 2nd day ($P < 0.05$); the relative fatness and body mass exhibited a declining trend after 20 days, but without significant difference ($P > 0.05$). The crude fat content in fish

基金项目 公益性行业(农业)科研专项(No. 201203065), 国家科技支撑计划项目(No. 2012BAD26B05), 江苏省科技支撑计划项目(No. BE2011411), 江苏省水产三新工程重大专项(No. DZ2012-1);

* 通讯作者, E-mail: gurb@ffrc.cn;

第一作者介绍 金鑫, 男, 硕士研究生; 研究方向: 水产健康养殖技术; E-mail: 812746064@qq.com.

收稿日期: 2014-02-20, **修回日期:** 2014-06-16

muscle of *C. nasus* declined significantly after 5 days with the change of 5.99% ($P < 0.05$), while the amount of crude protein showed significant decline after 15 days ($P < 0.05$). In contrast, water in fish muscle gradually increased from day 1 and reached significantly different level after 10 days ($P < 0.05$). The crude ash content did not have significant change during the experimental duration ($P > 0.05$). The contents of serum total protein, globulin, cortisol and cholesterol showed a positive correlation at the beginning of experiment and exhibited a negative correlation thereafter. The content of serum triglycerides significantly decreased after 2 days ($P < 0.05$), while the content of glucose significantly decreased after 5 days ($P < 0.05$), and both then reached a stable low level. Our results indicated that the *C. nasus* could experience morphological change under the circumstance of starvation. They would utilize stored fat components to provide energy support, and then maintain the regular body metabolism using proteins. Their blood biochemical parameters had corresponding change to the degrees of starvation.

Key words: *Coilia nasus*; Starvation; Morphological change; Chemical composition; Blood biochemical parameters

饥饿是鱼类在自然水域生态系统中经常面临的一种生理胁迫现象,也是影响鱼类正常生长、发育和存活的一个重要环境因子。鱼类的饥饿生理研究成了国内外学者关注的热点,研究表明,饥饿可影响鱼类生长(Sumpter et al. 1991)、代谢(Mehner et al. 1994)、形体(Ehrlich et al. 1967)、繁殖行为(谢小军等 1998),也可影响鱼体的血液生化指标(钱云霞等 2002)、消化酶的活性(王志铮等 2006)、鱼体免疫功能(刘波等 2009),严重时可诱发鱼类各种疾病,甚至引起死亡。不同的鱼类耐受饥饿的能力和应对饥饿的适应方式不同,因此,开展鱼类的饥饿生理研究有着重要的学术和应用价值。

刀鲚(*Coilia nasus*)隶属于鲱形目(Clupeiformes)鲱科(Engraulidae)鲱属。近年来,由于我国长江水域受到污染和水文条件的改变,刀鲚产卵场遭到破坏,同时人工捕捞强度不断提高,导致刀鲚自然资源急剧衰退,养护长江刀鲚资源的任务迫在眉睫(Shi et al. 2003)。在人工饲养条件下饲养密度过大,投喂不及时、投饲不均等原因会造成刀鲚饥饿现象,尤其是冬季活饵不足的情况。目前,鲜有对刀鲚饥饿胁迫的报道,本文探讨了饥饿胁迫对刀鲚的形体指标、体成分和血液生化指标的影响,旨在丰富刀鲚生理学的基础指标,为刀鲚的健康养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料 实验用刀鲚暂养在中国水产科学研究院淡水渔业研究中心宜兴岢亭渔场。实验前,每组刀鲚均在长×宽×高为8 m×5 m×1 m的室内水泥池养殖系统养殖,以人工配合颗粒饲料(山东升索)投喂,每日分2次投喂(8:00时、16:00时),每次达饱食,以摄食不集群抢食为止,每次投喂约40 min。正式实验选择规格、体质量基本一致的健康刀鲚1 600尾,个体初始体质量约(16.18±1.10)g,随机分为实验组和对照组(正常投喂),各设2个平行,每个平行组400尾实验鱼,每组刀鲚均在同一规格的水泥池中养殖。

1.2 饲养管理 实验用水为地下水,饥饿实验开始后,每天测水温1次、吸污1次,昼夜连续微孔充气增氧,以保证水质的清洁;每周测1次水质,整个饲养过程中水质保持在:水温(25.0±0.82)℃,溶氧>6 mg/L,氨氮<0.01 mg/L,硫化氢<0.05 mg/L, pH 7.5~8.0。

1.3 实验方法

1.3.1 采样方法 分别在饥饿0 d、2 d、5 d、10 d、15 d、20 d采样,每次采样时每个水泥池取6尾鱼,共24尾鱼,分多次将鱼迅速捞起并立即投入质量浓度为100 mg/L的MS-222中进行快速深度麻醉,注射器尾部脊髓采血,血样

在 4℃ 冰箱静置 1~2 h 后,在 4℃ 3 000 g 离心 10 min 制备血清。上清液保存在 -20℃ 用于生化指标检测。

采血后称体质量,测量体长、体高、体宽,称取内脏总质量、肝质量,取鱼体背部肌肉入 -20℃ 冰箱保存,进行鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪等常规成分分析。

1.3.2 计算与检测方法 体质量:用精确度为 0.001 的电子天平 (Shimadzu D475820093) 称重;肥满度:体质量/体长³;脏体比:内脏质量/体质量;肝体比:(肝质量/体质量)×100。根据郑曙明等(2003),能量采用下式推算:能量含量(kJ/g)=脂肪(g)×39.5(kJ/g)+蛋白质(g)×23.6(kJ/g)。水分含量采用 105℃ 干燥法(GB5009.3-2003)测定;粗蛋白含量采用微量凯氏定氮法(GB5009.5-2003)测定;粗脂肪含量采用全脂肪法(GB5009.6-2003)测定;灰分含量测定采用小火炭化后的马福炉(Micro-X Mxx)560℃ 灼烧法(GB5009.4-2003)。血清葡萄糖(glucose)、甘油三酯(triglycerides)、胆固醇(cholesterol)、总蛋白(total protein)、白蛋白(albumin)在美国贝克曼 Cx-4 型自动生化分析仪上测定。血糖用葡萄糖氧化酶法测定(试剂盒来源于上海复旦张江生物医药股份有限公司);胆固醇、甘油三酯采用酶法测定(试剂盒来源于上海名典生物工程公司);血清蛋白浓度采用福林酚法测定,标准蛋白为牛血清白蛋白,购于南京建成生物有限公司。血清总蛋白

采用双缩脲法测定(试剂盒来源于南京建成生物有限公司),血清白蛋白采用 BCG 法测定(试剂盒来源于南京建成生物有限公司),血清球蛋白(globulin)采用计算法(球蛋白=总蛋白-白蛋白)。根据刀鲚血清样品的稀释曲线,皮质醇在全自动化学发光免疫分析仪(Maglumi 1000,贝克曼)上测定,采用电化学发光法,试剂盒购自深圳市新产业生物医学工程股份有限公司。

1.4 统计分析 采用 SPSS18.0 软件分别对刀鲚的形体指标、体成分指标和血清生化指标进行分析。经单因子方差分析(One-way ANOVA)后,再进行 Duncan's 多重比较,显著性水平为 0.05,结果用平均值±标准误(Mean±SE)表示。

2 结果与分析

2.1 饥饿胁迫对刀鲚形体指标的影响 饥饿对刀鲚的形体指标影响结果见表 1,脏体比和肝体比在饥饿期间总体呈下降趋势,都在第 2 天显著下降($P < 0.05$),但下降的程度不一。与饥饿 0 天相比,脏体比从饥饿第 2 天出现显著下降($P < 0.05$),下降 25.26%,继续饥饿至 15 天,下降幅度减缓。肝体比也在第 2 天出现显著下降($P < 0.05$),下降 33.72%,继续饥饿至 20 天,下降幅度减缓,与饥饿 0 天差异不显著($P > 0.05$)。肥满度和体质量在 20 d 的饥饿期内呈下降趋势,但变化不显著($P > 0.05$)。

表 1 饥饿对刀鲚形体指标的影响

Table 1 Effects of starvation on biological indices of *Coilia nasus*

饥饿时间 Starvation time (d)	脏体比 Viserosomatic (%)	肝体比 Hepatosomatic (%)	肥满度 Relative fatness	体质量 Body weight (g)
0	5.86 ± 0.01 ^a	0.86 ± 0.03 ^a	0.30 ± 0.01 ^a	16.12 ± 2.17 ^a
2	4.38 ± 0.01 ^a	0.57 ± 0.01 ^b	0.29 ± 0.00 ^a	16.10 ± 1.30 ^a
5	4.23 ± 0.01 ^b	0.52 ± 0.01 ^b	0.25 ± 0.00 ^a	16.07 ± 1.92 ^a
10	4.10 ± 0.03 ^b	0.51 ± 0.00 ^b	0.25 ± 0.00 ^a	15.82 ± 1.67 ^a
15	4.13 ± 0.01 ^b	0.50 ± 0.01 ^b	0.24 ± 0.00 ^a	15.55 ± 1.98 ^a
20	4.36 ± 0.01 ^b	0.48 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.02 ^a	15.51 ± 2.45 ^a

同一列数据中有不同字母表示与 0 天相比差异显著($P < 0.05$)。

Data in the same row with different letters indicate significant differences between values which compared with 0 day ($P < 0.05$).

2.2 饥饿胁迫对刀鲚体成分的影响 刀鲚肌肉粗脂肪含量和粗蛋白含量随着饥饿时间的延长呈下降的趋势,水分呈升高趋势,能量在整个过程中呈下降趋势,短期饥饿对刀鲚肌肉生化成分有一定的影响(表2)。与第0天相比,粗脂肪在第5天显著下降($P < 0.05$),下降5.99%,继续饥饿至20天,下降幅度减缓。粗蛋白含量和能量均在第15天时显著降低($P < 0.05$),粗蛋白下降3.49%,能量下降4.02%。水分在整个饥饿期间总体呈上升趋势,第10天显著上升($P < 0.05$),继续饥饿至20天,水分的升高幅度减缓。粗灰分含量在饥饿期间变化不显著($P > 0.05$)。

2.3 饥饿胁迫对刀鲚血液生化指标的影响

20 d的短期饥饿期内,血清总蛋白、球蛋白、胆固醇和皮质醇随着饥饿时间的延长呈现先升高

后降低的趋势,而血清甘油三酯和血糖总体呈下降趋势(表3)。与第0天相比,血清总蛋白和球蛋白在第2天显著升高($P < 0.05$)达到最大值,血清总蛋白升高34.82%,球蛋白升高30.04%,之后逐渐下降,饥饿至第20天显著下降($P < 0.05$),分别降低了17.65%、19.48%。胆固醇浓度第2天显著升高($P < 0.05$),第5天达到极大值,升高了33.71%,之后逐渐降低。皮质醇浓度第2天显著升高($P < 0.05$),第5天达到极大值,升高了258.77%,之后逐渐降低。甘油三酯第2天显著下降($P < 0.05$),饥饿至第5天后降低并维持在一定的水平范围。血糖浓度在第5天显著下降31.74%($P < 0.05$),饥饿至第10天稍回升,之后维持在一定的水平范围。

表2 饥饿对刀鲚营养成分指标的影响

Table 2 Effects of starvation on nutrition composition of *Coilia nasus*

项目 Item	饥饿时间 Starvation time (d)					
	0	2	5	10	15	20
水分 Moisture (%)	72.01 ± 0.01 ^a	74.21 ± 0.01 ^a	74.21 ± 0.07 ^a	74.63 ± 0.00 ^b	75.40 ± 0.00 ^b	75.56 ± 0.01 ^b
粗蛋白 Crude protein (%)	17.41 ± 0.01 ^a	16.95 ± 0.01 ^a	17.82 ± 0.01 ^a	17.19 ± 0.01 ^a	16.59 ± 0.03 ^b	16.40 ± 0.04 ^b
粗灰分 Crude ash (%)	1.40 ± 0.02	1.43 ± 0.01	1.44 ± 0.04	1.41 ± 0.06	1.43 ± 0.01	1.43 ± 0.06
粗脂肪 Crude lipid (%)	6.74 ± 0.05 ^a	6.34 ± 0.01 ^a	5.96 ± 0.02 ^b	6.12 ± 0.01 ^a	5.82 ± 0.01 ^b	5.44 ± 0.01 ^b
能量 Energy (kJ/g)	6.77 ± 0.14 ^a	6.51 ± 0.21 ^a	6.56 ± 0.16 ^a	6.47 ± 0.18 ^a	6.21 ± 0.08 ^b	6.05 ± 0.25 ^b

同一行数据中有不同字母表示与0天相比差异显著($P < 0.05$)。

Data in the same line with different letters indicate significant differences between values which compared with 0 day ($P < 0.05$).

表3 饥饿对刀鲚常规血液生化指标的影响

Table 3 Effects of starvation on common serum biochemical indices of *Coilia nasus*

饥饿时间 Starvation time (d)	总蛋白 Protein (g/L)	球蛋白 Globulin (g/L)	白蛋白 Albumin (g/L)	胆固醇 Cholesterol (mmol/L)	甘油三酯 Triglycerides (mmol/L)	血糖 Glucose (mmol/L)	皮质醇 Cortisol (μg/L)
0	30.00 ± 1.20 ^a	23.00 ± 0.60 ^a	7.00 ± 0.85	3.84 ± 0.07 ^a	7.01 ± 0.87 ^a	34.25 ± 1.83 ^a	45.65 ± 16.00 ^a
2	40.45 ± 1.15 ^b	30.60 ± 0.30 ^b	9.85 ± 2.05	4.88 ± 0.11 ^b	3.54 ± 0.55 ^b	32.98 ± 6.21 ^a	151.06 ± 16.27 ^b
5	38.35 ± 1.05 ^a	28.05 ± 0.85 ^b	10.30 ± 2.69	5.06 ± 0.24 ^b	2.94 ± 0.08 ^b	23.38 ± 0.73 ^b	163.78 ± 10.04 ^b
10	32.00 ± 0.8 ^a	24.25 ± 0.15 ^a	7.75 ± 0.92	4.41 ± 0.16 ^b	2.54 ± 0.25 ^b	26.38 ± 2.38 ^a	148.42 ± 7.8 ^b
15	32.85 ± 0.45 ^a	24.45 ± 0.15 ^a	7.40 ± 0.42	4.53 ± 0.06 ^b	2.47 ± 0.04 ^b	28.81 ± 0.99 ^a	103.77 ± 4.24 ^b
20	25.5 ± 1.30 ^b	19.25 ± 1.05 ^b	6.25 ± 0.35	3.86 ± 0.25 ^a	2.66 ± 0.01 ^b	28.21 ± 0.90 ^a	64.19 ± 4.34 ^a

同一列数据中有不同字母表示与0天相比差异显著($P < 0.05$)。

Data in the same row with different letters indicate significant differences between values which compared with 0 day ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 饥饿胁迫对刀鲚形体指标的影响 在自然状态下,刀鲚在生殖洄游期间,由于环境剧变、食物分布不均等各种因素的影响,很容易造成饥饿而引起肥满度等形体指标的变化;同样,在人工饲养条件下,由于放养密度过大、投喂不及时、投饲不均等原因都会造成刀鲚的饥饿现象。刀鲚的肥满度在很大程度上决定了刀鲚的品质好坏,即在很大程度上影响其商品价值以及种质资源状况。因此,揭示饥饿胁迫对刀鲚肥满度等形体指标的影响,对于刀鲚的人工养殖有较为重要的现实意义。刀鲚的肥满度与饵料条件、鱼体自身因素、生长阶段及性腺发育期有关,实验结果表明,在以上条件一致的前提下,饥饿对肥满度有一定的影响,随着饥饿时间的延长,肥满度呈下降趋势,但20 d的短期饥饿并未显著影响刀鲚的肥满度,这可能与刀鲚耐饥饿能力较强的习性有关。Einen等(1998)对大西洋鲑鱼(*Salmo salar*)的饥饿实验表明,饥饿83的大西洋鲑鱼体重减少11.3%,而短期饥饿的刀鲚体重在饥饿20 d时体重减少3.8%,而且饥饿对刀鲚体重的影响不显著,结合饥饿期间刀鲚肥满度的变化情况,充分说明刀鲚耐饥饿能力较强。脏体比是指内脏质量与体质量的百分比,影响脏体比的主要因素是鱼的种类和摄食情况;肝是鱼类代谢的重要器官,同时还是鱼类主要的营养储藏器官,在营养不良时,肝质量将发生明显变化。本实验中饥饿2 d脏体比和肝体比均大幅下降,随着饥饿时间的延长呈缓慢下降的趋势,其原因可能是饥饿期间,刀鲚的肠道无食物的刺激,从而引起肠道的萎缩,并且饥饿动员了肝中能量物质的消耗,引起肝质量的下降,从而引起肝体比的下降。饥饿后期,刀鲚的各项形体指标趋于平稳,可能是由于刀鲚体内产生饥饿适应性,从而趋于稳定。这与吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*, GIFT)的趋势一致(刘波等2009),但吉富罗非鱼在饥饿7~14 d各指标显著下降,刀鲚在饥饿2 d即急剧下

降,表明饥饿初期对刀鲚的影响较为显著,饥饿5 d各指标维持在稳定的水平,表明刀鲚对饥饿的适应性比吉富罗非鱼强。

3.2 饥饿胁迫对刀鲚体成分的影响 由于体成分、食性等因素的差异,不同的鱼类对饥饿的适应能力各有不同。大致可分为三类:第一类,鱼体在饥饿时主要消耗糖原和脂肪,蛋白质极少作为代谢能源(Jobling 1980, Kim et al. 1995);只有在脂肪被大量消耗后,蛋白质才作为能源物质(Calow 1973, Whyte et al. 1986)。第二类,鱼体在饥饿状态下,主要的能源物质是蛋白质(Maddock et al. 1994)。第三类,在不同的环境中,鱼类可利用身体不同的物质来提供能量(Mehner et al. 1994)。本研究中,刀鲚粗脂肪百分含量在饥饿5 d即显著下降,而粗蛋白含量在饥饿15 d才出现显著下降,而且粗蛋白的降幅小于粗脂肪。这表明刀鲚的饥饿适应能力属于第一类,刀鲚在饥饿期间,首先利用粗脂肪作为能量来源,当粗脂肪消耗到一定程度时再利用粗蛋白作为能源。粗灰分在饥饿期间变化不显著,表明短期饥饿对刀鲚体中矿物质含量的影响不显著,其稳定性较强。

3.3 饥饿对刀鲚常规血液生化指标的影响 当鱼体处于饥饿的状态时,其血液的多项生理生化指标都会出现变化,从而影响鱼体的生长等性状(钱云霞等2002,冯广朋等2011)。血清总蛋白大体上可分为白蛋白和球蛋白两种,白蛋白为各种物质的载体,它分解后产生的氨基酸又是体内合成蛋白质的原料;球蛋白尤其是 γ 球蛋白几乎都是抗体,对机体起着保护作用(Figge et al. 1991)。血清总蛋白浓度在不同的鱼类的饥饿实验的变化趋势不同,如孙红梅等(2004)对黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)的饥饿实验结果表明,血清总蛋白、球蛋白和白蛋白浓度呈下降趋势,饥饿前期没有上升的趋势。而在本实验中血清总蛋白和球蛋白浓度变化与钱云霞等(2002)在养殖鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)的饥饿实验的趋势一致,两者在饥饿2 d显著升高到最大值,饥饿5

d 虽有回落,但高于对照组,直到饥饿 20 d 低于对照组。本实验结果表明刀鲚在饥饿前期,饥饿引起刀鲚体内抗体的增加,以应对外界条件的变化,随着饥饿时间的延长,尤其饥饿 20 d 之后,刀鲚的组织修补、渗透压调节等功能均受到显著影响。

血液葡萄糖是鱼类能量的主要来源,其经过 2 条途径来进行自我调节:一是糖原分解途径,二是糖异生途径。鱼体在饥饿状态下,糖原分解途径几乎没有,只有糖异生途径。在本实验中,血糖总体呈下降趋势,在饥饿 5 d 显著下降,之后维持在一定的范围。这表明,刀鲚在饥饿的状态下,初期由于食物的缺乏,糖原分解途径减少,造成了血糖含量的减少,后期由于脂肪和蛋白质进行异生,对血糖的含量进行了补充,但只是维持在较低的水平。饥饿还会引起甘油三酯下降(冯广朋等 2011),本实验中,刀鲚血清甘油三酯呈现下降趋势,在饥饿 2 d 时明显低于对照组,而胆固醇呈现先升高后降低的趋势规律,这与本实验鱼体成分的数据相吻合,说明刀鲚在饥饿时首先动用脂肪来满足机体能量的需要,以保证鱼体血糖恒定。

皮质醇是鱼体在受到外界刺激后,通过丘脑下部-垂体-肾间组织轴所分泌的一种重要应激激素,其有促进血糖升高和调节自身对应激刺激的适应性以及抵御能力的作用,因此血液皮质醇水平的升高被看做是鱼类应激的灵敏信号(Strange et al. 1978)。在本实验中,饥饿 2 d,实验组刀鲚血清皮质醇迅速上升,到第 5 天升高到最大值,说明饥饿引起了刀鲚强烈的应激反应。之后,皮质醇水平回落,但饥饿至第 20 天其浓度仍高于对照组。表明刀鲚在短期的饥饿后,不适应环境的变化,饥饿已经对机体的抵抗力造成影响。这与王文博等(2004)在鲫鱼(*Carassius auratus*)拥挤胁迫实验的结果相似,但数值、变化的时间点和浓度因种而异。

参 考 文 献

Calow P. 1973. On the regulatory nature of individual growth;

some observations from freshwater snails. *Journal of Zoology*, 170(4): 415-428.

- Ehrlich K F, Blaxter J H S, Pemberton R. 1976. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae. *Marine Biology*, 35(2): 105-118.
- Einen O, Waagan B, Thomassen M S. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166(1/2): 85-104.
- Figge J, Rossing T H, Fencl V. 1991. The role of serum proteins in acid-base equilibria. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 117(6): 453-467.
- Jobling M. 1980. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology*, 17(3): 325-334.
- Kim M K, Lovell R T. 1995. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, in ponds. *Aquaculture*, 135(4): 285-293.
- Maddock D M, Burton M P M. 1994. Some effects of starvation on the lipid and skeletal muscle layers of the winter flounder, *Pleuronectes americanus*. *Canadian Journal of Zoology*, 72(9): 1672-1679.
- Mehner T, Wieser W. 1994. Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Fish Biology*, 45(2): 325-333.
- Shi D, Gong D. 2003. Strategies of resource conservation for *Coilia ectenes* in the Yangtze Estuary. *Marine Science*, 25(1): 96-97.
- Strange R J, Schreck C B. 1978. Anesthetic and handling stress on survival and cortisol concentration in yearling chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 35(3): 345-349.
- Sumpter J P, Le Bail P Y, Picketing A D, et al. 1991. The effect of starvation on growth and plasma growth hormone concentration of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *General and Comparative Endocrinology*, 83(1): 94-102.
- Whyte J N C, Englar J R, Carswell B L, et al. 1986. Influence of starvation and subsequent feeding on body composition and energy reserves in the prawn *Pandalus platyceros*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(6): 1142-1148.
- 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 2011. 饥饿期间中华鲟幼鱼血液与肝脏酶活力的变化. *海洋渔业*, 33(2): 165-177.
- 刘波, 何庆国, 唐永凯, 等. 2009. 饥饿胁迫对吉富罗非鱼生

- 长及生理生化指标的影响. 中国水产科学, 16(2): 230-237.
- 钱云霞. 2002. 饥饿对养殖鲈蛋白酶活力的影响. 水产科学, 21(3): 6-7.
- 钱云霞, 陈惠群, 孙江飞. 2002. 饥饿对养殖鲈鱼血液生理生化指标的影响. 中国水产科学, 9(2): 133-137.
- 孙红梅, 黄权, 丛波. 2006. 饥饿对黄颡鱼血液中几种免疫相关因子的影响. 大连水产学院学报, 21(4): 307-310.
- 王文博, 汪建国, 李爱华, 等. 2004. 拥挤胁迫后鲫鱼血液皮质醇和溶菌酶水平的变化及对病原的敏感性. 中国水产科学, 11(5): 408-412.
- 王志铮, 施建军, 吕敢堂, 等. 2006. 受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲢鱼 (*Cirrhina mrigola*) 幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征. 海洋与湖沼, 37(3): 218-224.
- 谢小军, 邓利, 张波. 1998. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学学报, 22(2): 181-188.
- 郑曙明, 王燕妮, 聂迎霞, 等. 2003. 虎鲨饥饿后的补偿生长及淀粉酶活性研究. 华中农业大学学报, 22(5): 483-487.

DOI: 10.13859/j.cjz.201406020

广西弄岗发现林雕鸮

Bubo nipalensis Found in Nonggang, Guangxi

2013年10月,在广西弄岗国家级自然保护区内安装的红外自动相机(夜鹰 DTC-560K)拍摄到了林雕鸮 (*Bubo nipalensis*)。经查阅相关文献(郑光美 2011,周放等 2011),确定为广西鸟类新纪录。该红外自动相机安装在石灰岩山的常绿阔叶林区内一个季节性蓄水坑旁边(海拔约238 m),林下的主要树种为蚬木 (*Excentrodendron hsienmu*) 和翻白叶树 (*Pterospermum heterophyllum*),平均树高约15 m,平均胸径约18 cm。

林雕鸮为体型硕大(体长63 cm)的鸮形目鸟类,隶属于鸮鸮科(Strigidae)雕鸮属。其腹部浅灰色带深褐色扇贝状鳞纹;体背深褐色带浅色杂斑,无条纹;眼褐、嘴黄;耳簇羽长而厚。易与其他同类区别(约翰·马敬能等 2000)。

2013年10~12月期间,上述红外相机共拍摄到林雕鸮照片6次(同一物种在连续1 h之内被拍摄到的照片算一次拍摄事件)共108张照片:10月6日(07:22~07:47时,站立)、10月28日(07:10时,站立)、10月31日(08:01~08:54时,站立、喝水/洗澡)、11月9日(12:14时,站立)、12月3日(07:29时,站立)、12月4日(07:28~08:22时,站立、喝水/洗澡)。

林雕鸮有2个亚种,分布于印度次大陆至中国西南及东南亚,我国记录的是指名亚种(*B. n. nipalensis*) (del Hoyo et al. 1999,郑光美 2011)。在四川的林雕鸮分布记录系鉴定错误所致(冉江洪等 2005);据罗祖奎等(2013),2012年夏季在贵州黔东南云台山有过1次林雕鸮的记录;此外,亦有观鸟者2012年在海南岛尖峰岭记录到林雕鸮的叫声(Richard W. Lewthwaite, 2013年私人通信)。约翰·马敬能等(2000)推测其在西藏东南部可能也有分布。此次在弄岗自然保护区发现林雕鸮,扩大了该种原有的分布区,亦是广西的首次记录。林雕鸮在其他所有分布地区的居留类型均为留鸟(del Hoyo et al. 1999),推断该种在弄岗自然保护区为留鸟。

宋亦希^① 陈天波^② 李飞^① 温柏豪^① 蒙渊君^② 杨剑焯^{①*}

^① 嘉道理中国保育 嘉道理农场暨植物园 香港特别行政区 新界

^② 广西弄岗国家级自然保护区管理局 龙州 532400

* 通讯作者, E-mail: jhyang@kfbg.org;

第一作者介绍 宋亦希,男,保育主任;研究方向:生物多样性保护,两栖爬行动物生态;E-mail: yhsung@kfbg.org.

收稿日期:2014-05-29,修回日期:2014-09-05