

4 种鲤科鱼类的化学组成和 能量密度随体质量的变化^①

何定聪, 刘书婷, 李 格, 谢 航, 罗毅平

西南大学 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715

摘要: 研究以不同体质量的草鱼、鲤鱼、鲢和鳙为对象, 测定了化学组成和能量密度, 发现鲢和鳙的脂肪百分比极低, 扩展了鱼类的脂肪百分比的下限。随体质量增加, 草鱼的脂肪百分比增高, 鲤鱼和鲢的脂肪百分比无明显变化, 而鳙的脂肪百分比降低, 表明脂肪百分比随生长的变化规律存在种间差异。这 4 种鱼水分百分比与能量密度关系的 r^2 均较高(0.755~0.905), 而与脂肪百分比关系的 r^2 仅在草鱼中较高(0.857), 与蛋白质百分比关系的 r^2 仅在鳙中较高(0.870), 提示采用水分百分比预测脂肪百分比和蛋白质百分比仅在一些鱼类中有较高的可靠性。体质量与化学组成各参数的相关性均较低($r^2 \leq 0.350$), 表明采用体质量预测化学组成和能量密度比采用水分预测的可靠性更低。

关键词: 草鱼; 鲤鱼; 鲢; 鳙; 化学组成; 能量密度

中图分类号: Q959.46⁺8

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)08-0053-06

鱼体化学组成和能量密度是鱼类生理生态学研究的重要参数^[1], 鱼体化学组成主要包括蛋白质、脂肪、灰分和水分, 碳水化合物由于百分比甚微常忽略不计^[2]。能量密度指鱼体能量百分比, 因化学组成变化而改变。化学组成和能量密度对衡量能量摄取、储存、利用和分配, 评价鱼类营养和生长状况以及研究水体生态系统的能量流动过程均有重要意义^[3-4]。鱼体能量密度直接影响物种适合度相关的行为功能, 如繁殖成功率、抵御食物匮乏和长距离洄游耗能等^[5-7]。由于鱼体水分和能量密度及其他化学组分之间存在相关性, 一些研究者提出可采用水分百分比等容易测量的指标估算鱼体化学组成和能量密度^[8-10]。

温度、季节、繁殖活动、营养状况和个体大小等均可能对鱼体化学组成和能量密度产生影响^[11-12]。其中, 个体大小是影响物质和能量代谢的重要因素^[13]。随体质量增大, 鱼体的摄食、消化、代谢等行为和生理生化过程均发生变化^[14-15], 鱼体化学组成和能量密度会发生相应变化, 脂肪百分比逐渐增高, 被认为是鱼体代谢活性随个体增大而降低的重要原因^[16-17]。对一些鱼类的研究已发现, 体质量与鱼体化学成分有明显相关关系, 认为可以通过体质量估算鱼体化学组成和能量密度^[18-20]。由于研究资料较缺乏, 体质量与化学组成和能量密度间的关系是否普适于多数鱼类还需要更多物种的研究资料。

草鱼 *Ctenopharyngodon idella*、鲤鱼 *Cyprinus carpio*、鲢 *Hypophthalmichthys molitrix* 和鳙 *Aristichthys nobilis* 均为鲤科鱼类, 草鱼为典型的草食性鱼类, 鲤鱼为杂食性鱼类, 鳙和鲢均为滤食性鱼类^[21]。有关这 4 种鱼的基础生物学和生理学研究已有一些报道^[22-24]。本课题组的前期研究发现, 多种鲤科鱼类特

① 收稿日期: 2014-05-13

基金项目: 国家自然科学基金(31000958); 重庆市自然科学基金(CSTC2013jcyjA80023); 中央高校基本业务费专项基金(XDJK2014C157)。

作者简介: 何定聪(1990-), 男, 广东湛江人, 硕士研究生, 主要从事鱼类生理生态研究。

通信作者: 罗毅平, 研究员。

定体质量代谢率随体质量增大而减小,可能归因于鱼体脂肪等非活性组分的增多^[14-15],但有关这些鱼类鱼体化学组成随体质量增加的变化规律尚不清楚.本研究测定不同体质量的 4 种鲤科鱼类鱼体化学组成和能量密度,旨在建立以体质量和水分百分比估测化学组成和能量密度回归方程,提供多物种的脂肪百分比随体质量变化规律的新资料.

1 材料和方法

1.1 实验鱼的采集和生化测定

2013 年 6 月,从重庆市北碚区歇马养殖场随机选取不同大小的草鱼 32 尾(体长:6.9~25.8 cm,体质量 5.8~274.2 g)、鲤鱼 32 尾(体长:8.6~21.8 cm,体质量:14.6~274.9 g)、鲢 30 尾(体长:8.8~23.3,体质量:9.5~218.3 g)和鳙 30 尾(体长:10.1~22.5 cm,体质量:22.6~195.6 g),测定鱼体常规生物学指标,体长(L)精确到 0.1 cm,体质量(W)精确到 0.1 g^[20].分别将这 4 种鱼在 70 °C 下烘 2 周左右,经 3 次称量至恒定质量,求得水分百分比(WAT),然后研磨成鱼粉,在 -20 °C 下保存待测.采用乙醚为溶剂,以索氏提取法测定粗脂肪百分比(FAT);采用马福炉在 550 °C 焚烧测定灰分百分比(ASH),采用凯氏定氮法测定样品的总氮百分比,然后计算粗蛋白质百分比(PRO)(总氮 $\times 6.25$).每份样品均设置 2 份重复,测定结果为相对偏差低于 2% 的测定值的平均值.脂肪百分比(FAT)、灰分百分比(ASH)和蛋白质百分比(PRO)将用占湿重的百分比表示^[18-20].鱼体能量密度(E)= $FAT \times 39.5 + PRO \times 23.6$ ^[2, 19].由于碳水化合物百分比在鱼体中极低^[2],在本研究中忽略不计.

1.2 数据处理方法

采用 Excel2003 软件处理实验数据,并作图;采用 SPSS19.0 进行单因素方差分析,然后进行多重比较(LSD 检验),统计学意义为 $p < 0.05$;最后对部分参数进行相关分析,对相关性显著的数据进行回归分析,并作回归方程曲线;采用广义线性模型,以体质量为协变量对各参数进行协方差分析.

2 结 果

2.1 体长与体质量的关系

以体长(L)为自变量,体质量(W)为因变量,采用公式 $W = aL^b$ 进行回归运算,分别得出这 4 种鱼体长—体质量关系方程.

$$W_{\text{草}} = 0.0205L^{2.944} \quad r^2 = 0.996, n = 32, p < 0.01$$

$$W_{\text{鲤}} = 0.0225L^{3.002} \quad r^2 = 0.952, n = 32, p < 0.01$$

$$W_{\text{鲢}} = 0.0143L^{3.016} \quad r^2 = 0.992, n = 30, p < 0.01$$

$$W_{\text{鳙}} = 0.0279L^{2.842} \quad r^2 = 0.991, n = 30, p < 0.01$$

2.2 体质量与化学组成的关系

草鱼的体质量与脂肪百分比呈正线性相关($p < 0.05$),鲤鱼和鲢的体质量与脂肪百分比相关性均不显著,而鳙的体质量与脂肪百分比呈负线性相关($p < 0.05$)(图 1).草鱼和鲤鱼的体质量与蛋白质百分比和能量密度均呈正线性相关($p < 0.05$),而鲢和鳙的体质量与蛋白质百分比和能量密度相关性均不显著(图 2、图 3).草鱼、鲤鱼、鲢和鳙的脂肪百分比平均值分别为 2.88%,2.41%,1.04%和 0.71%,蛋白质百分比平均值分别为 14.7%,14.96%,13.60%和 11.44%,能量密度平均值分别为 4.61 kJ/g,4.48 kJ/g,3.62 kJ/g 和 2.98 kJ/g.以体质量为协变量,比较发现草鱼与鲤鱼的脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度均显著高于鲢和鳙($p < 0.05$),草鱼与鲤鱼的脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度差异均不具有统计学意义,鲢和鳙的脂肪百分比差异不具有统计学意义,鲢的蛋白质百分比和能量密度显著高于鳙($p < 0.05$).

草鱼的体质量与灰分百分比呈正线性相关,而水分百分比呈负线性相关($WAT_{\text{草}} = -0.0147W_{\text{草}} + 78.316, r^2 = 0.432, n = 32, p < 0.01$);鲤鱼的体质量与水分百分比($WAT_{\text{鲤}} = -0.0142W_{\text{鲤}} + 78.088, r^2 = 0.186, n = 32, p < 0.05$)和灰分百分比呈负线性相关(图 4),而鲢和鳙的体质量与灰分百分比和水分百分比相关性均不显著(图 4).以体质量为协变量,比较发现草鱼和鲤鱼的灰分百分比和水分百分比显著

低于鲢与鳙鱼($p<0.05$). 草鱼的灰分百分比显著低于鲤鱼($p<0.05$), 鲢与鳙的灰分百分比差异不具有统计学意义; 草鱼与鲤鱼含水量差异不具有统计学意义, 鲢的含水量显著低于鳙($p<0.05$).

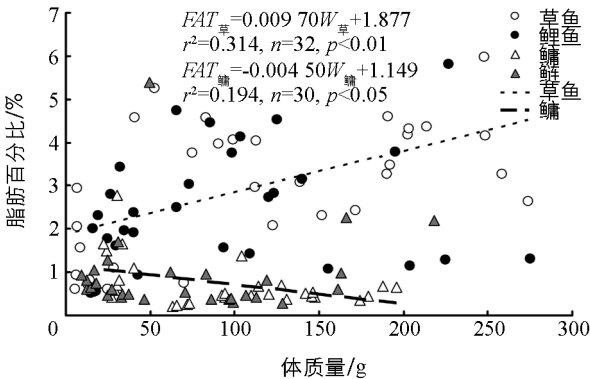


图 1 体质量与脂肪百分比的关系

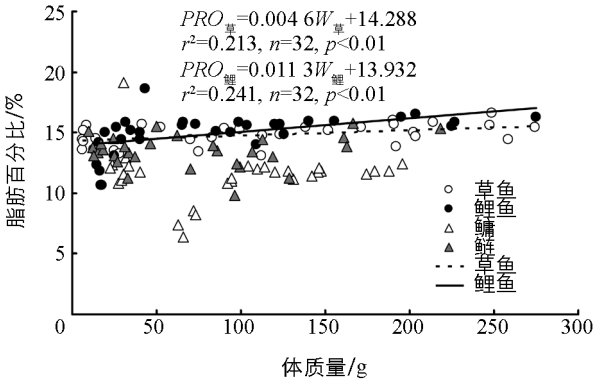


图 2 体质量与蛋白质百分比的关系

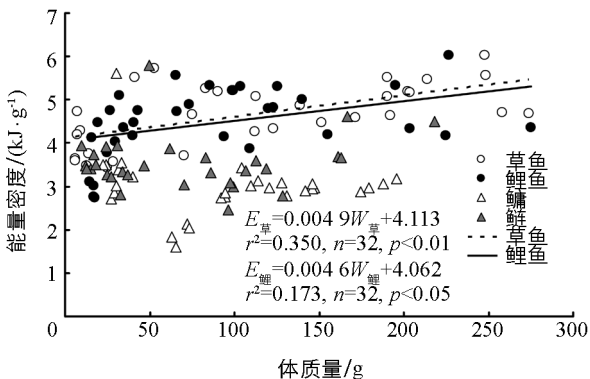


图 3 体质量与能量密度的关系

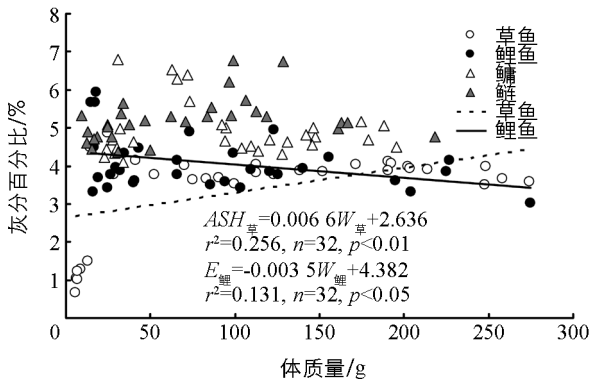


图 4 体质量与灰分百分比的关系

2.3 水分百分比与脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度的关系

草鱼、鲤鱼、鲢和鳙的水分百分比与脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度均呈显著的负线性相关关系($p<0.01$), 而与灰分百分比的相关性均不显著(表 1).

表 1 水分百分比(WAT)与脂肪百分比(FAT)、蛋白质百分比(PRO)和能量密度(E)的线性相关关系

参数	物种	方程	r^2	n	p
FAT	草鱼	$FAT = -0.741WAT + 57.695$	0.857	32	<0.01
	鲤鱼	$FAT = -0.426WAT + 35.118$	0.545	32	<0.01
	鳙	$FAT = -0.174WAT + 14.822$	0.683	30	<0.01
	鲢	$FAT = -0.469WAT + 37.812$	0.681	30	<0.01
PRO	草鱼	$PRO = -0.274WAT + 35.833$	0.371	32	<0.01
	鲤鱼	$PRO = -0.597WAT + 60.813$	0.739	32	<0.01
	鳙	$PRO = -0.738WAT + 71.445$	0.870	30	<0.01
	鲢	$PRO = -0.559WAT + 57.458$	0.525	30	<0.01
E	草鱼	$E = -0.347WAT + 31.246$	0.872	32	<0.01
	鲤鱼	$E = -0.309WAT + 28.223$	0.863	32	<0.05
	鳙	$E = -0.243WAT + 22.693$	0.905	30	<0.01
	鲢	$E = -0.312WAT + 28.133$	0.755	30	<0.01

3 讨论

鱼类 $L-W$ 关系是鱼类生物学研究经常涉及的内容之一, 应用十分广泛^[25]; Von Bertalanffy 提出著名

的生长方程,即鱼类的体质量与体长的立方呈正比,奠定了鱼类生长的研究基础^[26];在体长与体质量的关系 $W=aL^b$ 中, a 值表示单位体长鱼体的体质量, b 值可用来反映鱼类生长生理学方面的特性^[18]. b 等于 3,表示等速生长,即鱼体的体型与体质量的变化保持一致;而大于或小于 3 则表示异速生长^[27],多数淡水鱼类的 b 值介于 2~3.5 之间^[25]. 本研究结果表明,草鱼、鲤和鲢的幂指数 b 分别为 2.944,3.002 和 3.016,接近于 3,表明这 3 种鱼呈近等速生长;鳙的幂指数 b 为 2.842,表明呈负异速生长. 已有研究表明草鱼的 b 值为 2.93,与本研究结果接近^[28].

很多鱼类的蛋白质、脂肪和能量密度随体质量增加而增加^[10, 19-20, 28]. 在本研究中,随个体增大,草鱼的脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度均增高,与已有研究结果一致^[28];鲤鱼的体质量与蛋白质百分比相关,与脂肪百分比无关;鲢的体质量与蛋白质百分比和脂肪百分比均不相关;鳙的体质量与蛋白质百分比不相关,而脂肪百分比随个体增大反而降低. 这表明在有些鱼类中,鱼体脂肪百分比并不随其生长而增高,其原因值得进一步研究. 与一些杂食性、肉食性鱼类相比,草鱼幼鱼脂肪百分比随其生长增加的速率较低^[28]. 在本研究中,草鱼的脂肪百分比随其生长增加的速率为 0.009 70,且明显高于鲤鱼、鲢和鳙,表明这 4 种鱼类的脂肪百分比随体质量增加的速率低于多数鱼类. 脂肪常被视为代谢非活性组织,一些研究认为,鱼体特定体质量代谢率随生长而降低的原因为脂肪百分比增高^[16-17],本研究结果表明,脂肪百分比随体质量生长的变化规律存在明显的种间差异,鳙的脂肪百分比随体质量增加甚至降低,提示代谢率的变化不能简单归因于身体脂肪百分比的变化.

鱼类在发育的早期阶段,鱼体蛋白质百分比高于脂肪百分比,表明早期阶段鱼类摄入的能量更多用于蛋白质的合成^[29-31],可能为了提高生存竞争能力和降低被捕食的风险^[32]. 但随着鱼生长发育,鱼体脂肪百分比增加的速率比蛋白质百分比增加得快^[33],因此能量密度随生长的变化常取决于脂肪百分比的变化^[19-20]. 本研究 4 种鱼的蛋白质百分比均值均高于各自的脂肪百分比,且只有草鱼和鲤鱼的能量密度随体质量增加而增加,其中仅草鱼的脂肪百分比随体质量的变化速率(斜率为 0.009 70)高于蛋白百分比(斜率为 0.004 6),表明草鱼的脂肪随鱼生长对能量密度的贡献增大,而在其余 3 种鱼类中,能量密度仍主要取决于蛋白质百分比. 有研究归纳发现多数鱼类的脂肪百分比范围为 1.49%~11.31%^[19]. 本研究草鱼和鲤鱼的脂肪百分比均值分别为 2.80%和 2.41%,在已有研究的多数鱼类的脂肪百分比范围内;而鲢与鳙的脂肪百分比均值分别为 1.04%与 0.71%,表明这两种鱼的脂肪百分比低于大多数鱼类,鲢和鳙的脂肪百分比甚微,在自然界中面临食物资源匮乏时如何维持能量代谢,值得进一步研究. 本研究结果扩展了鱼类脂肪百分比的下限. 本研究发现,草鱼和鲤鱼的蛋白质百分比与脂肪百分比均显著高于鲢和鳙,但水分百分比却显著低于鲢和鳙,可能由于鲢和鳙的鱼鳃表面形态结构特殊,如鳃耙较发达、鳃弓刻纹较稀疏、鳃丝上皮细胞表面凹凸不平等^[34],因而鳃表面积相对较大,鱼鳃上皮对水分的通透性较强,增强了对水分的吸收能力^[35],这可能是后两种鱼水分百分比比较高的原因.

本研究表明,可用鱼体水分百分比预测蛋白质百分比、脂肪百分比和能量密度^[20, 28]. 由实验结果可知,这 4 种鱼水分百分比与蛋白质百分比、脂肪百分比和能量密度也均呈显著相关关系,4 种鱼的水分百分比与能量密度关系的 r^2 较高,在 0.755~0.905 之间,表明采用水分可以较好地预测能量密度;而水分百分比与脂肪百分比关系的 r^2 仅在草鱼中较高(0.857),与蛋白质百分比关系的 r^2 仅在鳙中较高(0.870). 实验结果提示采用水分百分比预测脂肪百分比和蛋白质百分比仅在一些鱼类中有较高的可靠性. 一些研究认为,还可采用体质量来估测化学组成和能量密度^[10, 20, 29]. 在本研究中,体质量与脂肪百分比、蛋白质百分比和能量密度的相关关系仅存在于部分鱼类中,且相关性均较低($r^2 \leq 0.350$),表明用体质量来估测化学组成和能量密度比用水分预测的可靠性更低.

参考文献:

- [1] HALVER J E, HARDY R W. Fish Nutrition [M]. Amsterdam: Elsevier Inc, 2002.
- [2] BRETT J R, GROVES T D D. Physiological Energetic in "Fish Physiology" [M]. New York: Academic Press, 1979: 279-352.

- [3] JONSSON N, JONSSON B. Body Composition and Energy Allocation in Life-History Stages of Brown Trout [J]. J Fish Biol, 1998, 53(6): 1306—1316.
- [4] RIKARSEN A H, ELLIOTT J M. Variations in Juvenile Growth, Energy Allocation and Life-History Strategies of Two Populations of Arctic Charr in North Norway [J]. J Fish Biol, 2000, 56(2): 328—346.
- [5] AKIN S, WINERMILLER K O, GELWIC F P. Seasonal and Spatial Variations in Fish and Macrocrustacean Assemblage Structure in Mad Island Marsh Estuary, Texas [J]. Estuar Coast Shelf S, 2003, 7(2): 269—282.
- [6] HINCH S G, RAND P S. Optimal Swim Speeds and Forward-Assisted Propulsion: Energy-Conserving Behaviour of Up-river-Migrating Adult Salmon [J]. Can J Fish Aquat Sci, 2000, 57(12): 2470—2478.
- [7] KIESSLING A, LINDAHL-KIESSLING K, KIESSLING K. Energy Utilization and Metabolism in Spawning Migrating Early Stuart Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*): the Migratory Paradox [J]. Can J Fish Aquat Sci, 2004, 61(3): 452—465.
- [8] FALTH L E, DIANA J S. Seasonal Energy Dynamic of the Alewife in South Eastern Lake Michigan [J]. T Am Fish Soc, 1985, 114(3): 328—337.
- [9] HARTMAN K J, BRANDT S B. Estimating Energy Density of Fish [J]. T Am Fish Soc, 1995, 124(3): 347—355.
- [10] 罗毅平, 陈谊谊. 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, 2009, 26(3): 12—15.
- [11] 刘家寿, 崔奕波, 杨云霞, 等. 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, 2000, 24(1): 19—23.
- [12] 王书磊, 姜志强. 大泷六线鱼鱼体生化组成和能量密度的季节性变化 [J]. 中国水产科学, 2009, 116(1): 127—132.
- [13] WEST G B, BROWN J H, ENQUIST B J. A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology [J]. Science, 1999, 276(5309): 122—126.
- [14] ZHANG Yu-rong, HUANG Qing-da, LIU Shu-ting, et al. Intraspecific Mass Scaling of Metabolic Rates in Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. J Com Physiol B, 2014, 184(3): 347—354.
- [15] HUANG Qing-da, ZHANG Yu-rong, LIU Shu-ting, et al. Intraspecific Scaling of the Resting and Maximum Metabolic Rates of the Crucian Carp (*Carassius auratus*) [J]. PLOS ONE, 2013, 8(12): e82837.
- [16] GLAZIER D S, BUTLER E M, LOMBARDI S A, et al. Ecological Effects on Metabolic Scaling; Amphipod Responses to Fish Predators in Freshwater Springs [J]. Ecol Monogr, 2011, 81(4): 599—618.
- [17] GLAZIER D S. Beyond the ‘3/4-Power Law’: Variation in the Intra-and Interspecific Scaling of Metabolic Rate in Animals [J]. Biol Rev, 2005, 80(4): 611—662.
- [18] 刘书婷, 黄庆达, 张玉蓉, 等. 鲫鱼鱼体的化学组成和能量密度 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2013, 30(5): 32—36.
- [19] 吴斌, 罗毅平, 谢小军. 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, 2008, 30(10): 62—67.
- [20] 王倩倩, 罗毅平. 铜鱼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, 2010, 27(4): 21—25.
- [21] 李海洋, 程云生. 大宗淡水鱼的生物学特性及养殖水环境的调控 [J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(3): 66—67.
- [22] 程汉良, 蒋 飞, 彭永兴, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析 [J]. 食品科学, 2013, 34(13): 266—270.
- [23] 陈少莲, 胡传林, 华元渝. 鲢、鳙肌肉生化成分的分析 [J]. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 125—132.
- [24] 张玉蓉, 黄庆达, 刘书婷, 等. 不同大小草鱼血液学指标研究 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2013, 30(1): 38—41.
- [25] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征 [J]. 水生生物学报, 1999, 23(4): 330—335.
- [26] VON BERTALANFFY L. A Quantitative Theory of Organic Growth [J]. Hum Biol, 1938, 10(2): 181—213.
- [27] RICKER W E. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population [M]. Ottawa: Thorn Press, 1975.
- [28] 黄庆达, 张玉蓉, 刘书婷, 等. 不同体长草鱼幼鱼鱼体化学组成的研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(2): 41—44.
- [29] LUO Yi-ping, Huang Qing-da, Zhang Yu-rong, et al. Comparison of the Body Proximate Compositions of Juvenile Bronze Gudgeon (*Coreius heterodon*) and Largemouth Bronze Gudgeon (*C. guichenoti*) in the Upstream Region of the

- Yangtze River [J]. Springer Plus, 2013, 2(1): 75.
- [30] BERG O K, BREMSET G. Seasonal Changes in the Body Composition of Young Riverine Atlantic Salmon and Brown Trout [J]. J Fish Biol, 1998, 52(6): 1272—1288.
- [31] SOGARD S M, SPENCER M L. Energy Allocation in Juvenile Sablefish: Effects of Temperature, Ration and Body Size [J]. J Fish Biol, 2004, 64(3): 726—738.
- [32] CALOW P, TYTLER P. Adaptive Aspects of Energy Allocation [M]. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1985: 13—31.
- [33] DEEGAN L A. Changes in Body Composition and Morphology of Young-of-the-Year Gulf Menhaden, *Brevoortia patronus* Goode, in Fourleague Bay, Louisiana [J]. J Fish Biol, 1986, 29(4): 403—415.
- [34] 孙京田, 张 婧. 鳙鱼鳃表面形态结构的扫描电镜研究 [J]. 山东科学, 2004, 17(2): 27—29.
- [35] 吴志强. 鱼鳃的构造及其生理机能 [J]. 生物学通报, 1993, 28(11): 6—7.

The Chemical Composition and Energy Density in Four Species of Cyprinidae Fish with Different Body Size

HE Ding-cong, LIU Shu-ting, LI Ge,
XIE Hang, LUO Yi-ping

Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development, Ministry of Education,
Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix*, and *Aristichthys nobilis* with different body size were selected to analyze the chemical composition and energy density. The results showed that the lipid contents of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis* were very low, which extended the lipid content range of fish. With the increasing body mass, the lipid content of *Ctenopharyngodon idella* increased, the lipid content of *Cyprinus carpio* and *Hypophthalmichthys molitrix* did not change significantly, but the lipid content of *Aristichthys nobilis* decreased. The results suggest that relationship between lipid content and body mass varies among species. The correlation coefficients (r^2) between water content and energy density of the four species are relatively high (0.755—0.905). However, the r^2 of water content and lipid content are relatively low except *Ctenopharyngodon idella* (0.857) and the r^2 of water content and protein content are relatively low except *Aristichthys nobilis* (0.870). It suggests that the water content can only in some species be used to estimate the contents of lipid and protein. The r^2 of body mass and the chemical compositions are low ($r^2 \leq 0.350$), indicating its lower reliability to estimate the chemical composition and energy density than by water content.

Key words: *Ctenopharyngodon idella*; *Cyprinus carpio*; *Hypophthalmichthys molitrix*; *Aristichthys nobilis*; chemical composition; energy density

责任编辑 夏 娟

