

大鳍鱮鱼体能量密度及其预测模型

张昊星 谢小军

(西南师范大学生命科学学院;重庆市水产科学技术重点实验室,重庆 400715)

摘要:于2000年11月至2001年10月由嘉陵江收集野生大鳍鱮成鱼100尾,其中冬季(12月)、春季(3月)、繁殖前(6月)、繁殖后(8月)、秋季(10月)雌雄各10尾。测定了这10个样本的鱼体能量密度及生化组成。统计分析结果表明:鱼体各生化成分含量,能量密度的性别间差异在各个季度均不显著。在雌性群体中,秋季样本的蛋白质含量(16.23%),脂肪含量(5.84%),干物质含量(26.67%)和能量密度(6.14kJ/g)显著高于其余各样本的相应指标。春季样本中鱼体脂肪含量和能量密度最低(2.39%, 4.55kJ/g)。在雄性群体中,秋季样本的蛋白质含量(16.34%)与能量密度(5.85kJ/g)最高;春季样本中脂肪含量(1.31%)、干物质含量(22.49%)、能量密度(4.16kJ/g)最低。各样本能量密度均分别与干物质和脂肪含量呈显著的直线相关关系。通过协方差分析,将雌性群体中冬季、春季、秋季以及繁殖后样本共4个样本的能量密度与干物质含量的公共回归方程作为以干物质含量(D)预测大鳍鱮雌性群体在非繁殖期能量密度(E)的预测模型: $E = -5.573 + 0.437D$;将繁殖前雌性样本的能量密度与干物质含量的回归方程作为预测大鳍鱮雌性群体在繁殖期的能量密度的预测模型: $E = -0.605 + 0.250D$;将冬季、春季、秋季以及繁殖后雄性4个样本的能量密度与干物质含量的公共回归方程作为预测大鳍鱮雄性群体在非繁殖期的能量密度的预测模型: $E = -6.046 + 0.456D$;将繁殖前雄性样本的能量密度与干物质含量回归方程作为预测大鳍鱮雄性群体在繁殖期的能量密度的预测模型: $E = -3.64 + 0.366D$ 。

关键词:大鳍鱮;鱼类能量学;能量密度;生化组成;预测模型

中图分类号:S963 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3207(2003)04-0396-006

鱼体的能量密度(单位体重鱼体所含能量值),是鱼类能量学研究的重要参数。它不仅是衡量鱼类身体能量储备水平、评价鱼类营养及生长状况的重要生物学指标,同时也为研究水体生态系统的能流过程提供重要的基础资料^[1-4]。测定鱼体能量密度的方法主要有两种,即直接测热法和通过鱼体含能物质间接估算法。在实际测定过程中,这两种方法的技术过程烦琐复杂,工作量大。因而,有学者提出可以利用鱼类身体组成成分与能量密度间的相关关系,以某一易测因子作为自变量,建立能量密度预测模型^[5-7]。

大鳍鱮(*Mystus macropterus*)是分布于我国长江水系和珠江水系的一种特产经济鲶类,前人已对该种鱼的生物学进行了一些研究^[8-11],但有关能量学的研究则未见报道。本文主要探讨该种鱼的能量密度与其生化成分之间的相互关系,并建立以鱼体干

物质含量为预测因子的能量密度模型,旨在为该种鱼进一步的能量生态学及营养学研究提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验鱼的来源及实验设计 2000年12月至2001年10月,按照冬、春、夏、秋4个季节分期于嘉陵江盐井镇至水土镇江段收集4个季节雌雄大鳍鱮成鱼100尾作为实验材料,其中,冬季(12月)、春季(3月)、秋季(10月)繁殖期(6月,性腺Ⅳ期)和繁殖后(8月,性腺Ⅵ期)雌雄鱼各10尾,共计10个测定样本。各样本体重范围见表1。收集到的样本在实验室进行常规生物学测定并记录后,冷冻保存(-20℃)待进一步的处理及测定。性成熟及性腺发育程度鉴定方法参照已有的研究资料^[9]。

收稿日期:2002-07-27;修订日期:2003-04-30

基金项目:国家自然科学基金项目资助(编号:30170725)

作者简介:张昊星(1977—),男,重庆市人;水生生物学专业理学硕士

通讯作者:谢小军 E-mail: xixie@swnu.edu.cn

表 1 大鳍鲮鱼体能量密度及生化组成(平均数±标准差)
Tab.1 The energy density and biochemical composition of the bagridae catfish, *Mystus macropterus* (Mean±SD)

性别/季节 Sex/Season	体 重 (g) Body weight	蛋白质含量 (%B·W) Protein content	脂肪含量 (%B·W) Lipid content	灰分含量 (%B·W) Ash content	干物质含量 (%B·W) Dry mass content	能量密度 (kJ/g) Energy density
雌性 Female						
冬季 Winter	108.18±39.28	15.44±0.78 ^a	3.38±1.44 ^{bc}	4.09±0.32 ^a	24.20±1.36 ^b	4.98±0.56 ^{bc}
春季 Spring	117.79±30.44	15.28±0.58 ^b	2.39±1.25 ^c	4.34±0.32 ^a	23.40±1.47 ^b	4.55±0.57 ^c
繁殖前 pre-spawning	157.80±45.48	14.73±1.37 ^b	5.47±1.00 ^a	3.67±0.33 ^b	25.01±2.14 ^{ab}	5.64±0.59 ^{ab}
繁殖后 post-spawning	168.93±55.05	15.66±0.47 ^a	4.82±1.51 ^{ab}	4.25±0.33 ^a	25.18±1.55 ^{ab}	5.60±0.58 ^{ab}
秋季 Autumn	148.09±36.11	16.23±0.79 ^a	5.84±3.45 ^a	4.22±0.61 ^a	26.67±2.80 ^a	6.14±1.30 ^a
雄性 Male						
冬季 Winter	116.28±48.89	15.30±0.23 ^{bc}	3.04±1.67 ^b	4.15±0.47 ^{ab}	23.92±1.48 ^{bc}	4.82±0.66 ^{bc}
春季 Spring	123.70±24.62	15.39±0.35 ^{bc}	1.31±0.60 ^c	4.46±0.29 ^a	22.49±0.72 ^c	4.15±0.29 ^c
繁殖前 pre-spawning	159.04±36.06	15.20±0.97 ^c	5.78±2.09 ^a	3.82±0.47 ^c	26.06±1.90 ^a	5.87±0.79 ^a
繁殖后 post-spawning	146.10±35.15	15.96±0.67 ^a	4.60±2.96 ^a	4.24±0.34 ^a	25.02±2.95 ^{ab}	5.58±1.22 ^{ab}
秋季 Autumn	145.54±24.80	16.34±0.71 ^a	5.18±2.51 ^a	4.23±0.43 ^a	25.94±1.83 ^a	5.90±0.94 ^a

注:上标 abc 表示多重比较结果,无相同上标的同列数据间差异显著($P<0.05$)。Note: abc;indicate the result of the multiple comparison. Values with different superscript are significantly different in each column.

1.2 生化测定方法 将所取得的每尾鱼在 70℃ 条件下烘至恒重,取得干重值。然后将其粉碎、磨细、混匀,放入小瓶中,保存于-20℃条件下待测。采用凯氏定氮法测定样品的粗蛋白含量(总氮×6.25);采用索氏抽提法(以乙醚为抽提液)测定其粗脂肪含量;将样品在电炉上炭化后,在马福炉中灼烧 8h,取得其灰分含量值。鱼体能量密度通过估算求得,其中,蛋白质的能量系数为 23.6kJ/g,脂肪的能量系数为 39.5kJ/g^[12,13]。采用公式 $E=P\times 23.6+L\times 39.5$ 来估算鱼体的能量密度。其中,E 代表鱼体能量密度值;P 代表鱼体的蛋白质含量;L 代表鱼体的脂肪含量。

1.3 数据处理方法 采用 Excel 97、Statistica 4.5 和 Spss 10.0 软件进行数据的处理和统计分析。

2 结果

2.1 大鳍鲮的能量密度及其与各生化组成成分的相关关系

测定了 10 个样本总共 100 尾鱼的鱼体组成及其能量密度,并对各样本测定结果进行了多重比较(表 1)。结果表明,在雌性群体中,秋季样本的蛋白质含量(16.23%),脂肪含量(5.84%),干物质含量(26.67%),能量密度(6.14kJ/g)显著高于其余各样本的相应指标,鱼体脂肪含量和能量密度在春季达到最低点(2.39%/4.55kJ/g);在夏季繁殖前样本中,

鱼体蛋白质含量以及灰分含量达到最低(14.73%,3.67%),冬季样本的干物质含量最低(24.20%)。冬春两季样本间各指标的差异均不显著。

在雄性群体中,秋季样本的蛋白质含量(16.34%)与能量密度(5.85kJ/g)最高;春季样本的脂肪含量(1.31%)、干物质含量(22.49%)、能量密度(4.16kJ/g)均为最低,灰分含量(4.46%)最高;夏季繁殖前样本灰分含量(3.81%)、蛋白质含量(15.20%)最低,而干物质含量(25.94%)最高。冬春两季样本间各指标的差异均不显著。

在同一季节中雌雄样本间的能量密度(4.15—6.14kJ/g)、蛋白质含量(14.7%—16.34%)、干物质含量(22.5%—26.67%)、灰分含量(3.67%—4.46%)差异均未达到显著性;春季雄性样本脂肪含量(1.31%)显著低于雌性样本(2.39%),冬季、繁殖前、繁殖后、秋季雌雄样本间的脂肪含量差异不显著。

2.2 大鳍鲮成鱼鱼体能量密度预测模型

以鱼体能量密度(Y)为因变量,分别以鱼体干物质含量、脂肪含量、蛋白质含量和灰分含量为自变量(X)进行直线回归运算(表 2),结果表明:各样本能量密度均分别与干物质含量及脂肪含量显著相关;在春季雄性样本和夏季雌性样本中,能量密度与蛋白质含量的相关关系达到了显著水平。

表 2 大鳍鲢鱼体能量密度(kJ/g B·W)与干物质(% B·W)、蛋白质(%B·W)、脂肪(%B·W)的回归方程

Tab.2 The relationship between the energy density(kJ/g B·W)and the content of dry mass(%B·W), protein(%B·W) and lipid(%B·W)in *Mystus macropterus*

项 目 Item	样本数 Sample size	Y=a+bX								
		X:干物质 Dry mass			X:脂肪 Lipid			X:蛋白质 Protein		
		a	b	r	A	b	r	a	b	r
雌性 Female										
冬季 Winter	10	−4.27	0.382	0.918 ^{* *}	3.72	0.371	0.947 ^{* *}	—	—	—
春季 Spring	10	−4.16	0.372	0.968 ^{* *}	3.49	0.442	0.976 ^{* *}	—	—	—
繁殖前 Pre-spawing	10	−0.605	0.250	0.912 ^{* *}	2.90	0.500	0.855 ^{* *}	0.765	0.331	0.770 ^{* *}
繁殖后 Post-spawing	10	−3.56	0.363	0.936 ^{* *}	3.72	0.398	0.981 ^{* *}	—	—	—
秋季 Autumn	10	−5.806	0.448	0.970 ^{* *}	3.961	0.371	0.991 ^{* *}	—	—	—
雄性 Male										
冬季 Winter	10	−5.62	0.437	0.957 ^{* *}	3.56	0.423	0.982 ^{* *}	—	—	—
春季 Spring	10	−5.89	0.447	0.941 ^{* *}	3.42	0.565	0.986 ^{* *}	−5.83	0.651	0.941 ^{* *}
繁殖前 Pre-spawing	10	−3.64	0.366	0.888 ^{* *}	3.71	0.371	0.963 ^{* *}	—	—	—
繁殖后 Post-spawing	10	−4.67	0.409	0.991 ^{* *}	3.69	0.405	0.993 ^{* *}	—	—	—
秋季 Autumn	10	−6.60	0.480	0.967 ^{* *}	4.00	0.357	0.986 ^{* *}	—	—	—

* *:相关极显著($p<0.01$) means extremely significant difference.($p<0.01$)
*:相关显著($p<0.05$) means significant difference.($p<0.05$)

协方差分析表明,各样本间能量密度与干物质间回归方程差异极显著($F=3.365, p<0.01$)。分别对雌雄群体的样本进行的协方差分析表明,在雌性群体中,冬季样本、春季样本、繁殖后样本及秋季样本等 4 个样本间能量密度与干物质含量的回归方程差异不显著($F=0.413, p>0.05$),繁殖期样本与其余各样本间均有显著差异;因而可以将冬季、春季、秋季以及繁殖后雌性样本 4 个样本的能量密度与干物质含量回归方程合并得到方程(1),作为以干物质含量(D)预测大鳍鲢在非繁殖期间能量密度(E)的预测模型(图 1):

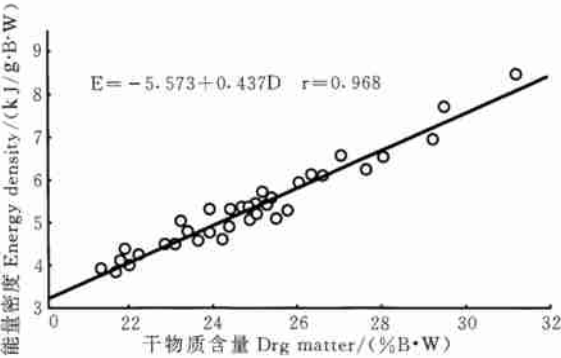


图 1 大鳍鲢冬季、春季、秋季、繁殖后雌性群体鱼体能量密度与干物质含量间回归关系
Fig.1 The correlation between the energy density and the dry mass in the females in Winter, Spring, Autumn and post-spawning samples of *M macropterus*

$E=-5.573+0.437D \quad r=0.968 \quad (1)$
将繁殖前雌性样本的能量密度与干物质含量回归方程(表 2)作为以干物质含量(D)预测大鳍鲢雌性成鱼在繁殖前期的能量密度(E)的预测模型(图 2):
 $E=-0.605+0.250D \quad r=0.962 \quad (2)$

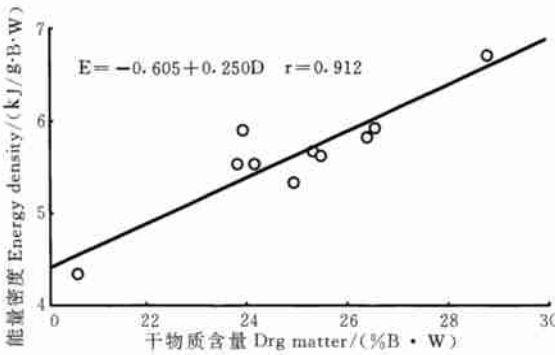


图 2 大鳍鲢繁殖前雌性群体鱼体能量密度与干物质含量间回归关系
Fig.2 The correlation between the energy density and the dry mass in the females in pre-spawning samples of *M macropterus*

在雄性群体中,冬季样本、春季样本、繁殖后样本及秋季样本等 4 个样本间能量密度与干物质含量的回归方程差异也不显著($F=0.849, p>0.05$),繁殖前样本与其余各样本间均有显著差异。将冬季、春季、秋季以及繁殖后等 4 个样本的能量密度与干物质含量回归方程合并得到方程(3),作为以干物质含量(D)预测大鳍鲢雄性群体在非繁殖期的能量密度

(E)的预测模型(图 3)

$E=-6.046+0.456D \quad r=0.974 \quad (3)$

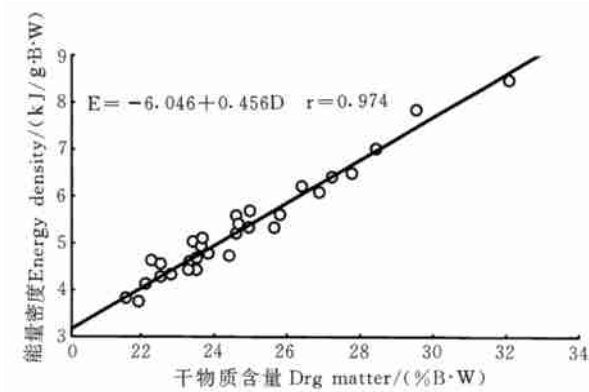


图 3 大鳍鲃冬季、春季、秋季、繁殖后雄性群体鱼体能量密度与干物质含量间回归关系

Fig.3 The correlation between the energy density and the dry mass in the males in Winter, Spring, Autumn and post-spawning samples of *M. macropterus*

将繁殖前雄性样本的能量密度与干物质含量回归方程(表 2)作为以干物质含量(D)预测大鳍鲃雄性群体在繁殖前期的能量密度(E)的预测模型(图 4):

$E=-3.64+0.366D \quad r=0.888 \quad (4)$

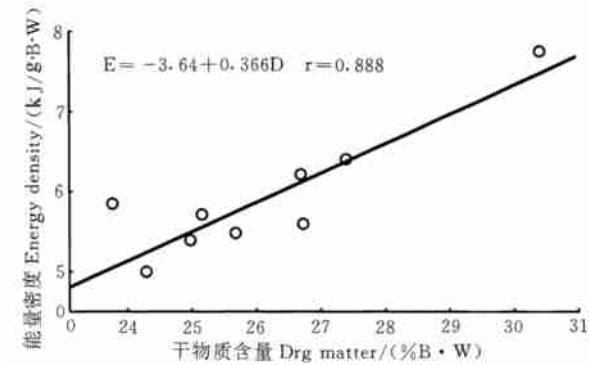


图 4 大鳍鲃繁殖前雄性群体鱼体能量密度与干物质含量间回归关系

Fig.4 The correlation between the energy density and the dry mass in the males in pre-spawning samples of *M. macropterus*

3 讨论

3.1 大鳍鲃鱼体的生化组成及能量密度变化的生物学意义

众多研究表明,脂肪是鱼类各能量组分中最活跃的成分,脂肪含量的变化是鱼类能量密度变化的主要指标之一^[2,14,15]。本研究的生化成分含量分析(表 1)结果表明,大鳍鲃成鱼两种主要含能成分中,蛋白质含量的季节间波动不明显(14.7%—15.4%)

而脂肪含量的季节间波动幅度则很大(1.31%—5.78%)。这表明了蛋白质含量比较稳定的情况下,正是脂肪含量的波动主导了鱼体干物质含量的变化进而引起了鱼体能量密度的变化。

鱼体能量密度反映了鱼类在不同的生活史阶段中的生理状态及营养水平^[2]。繁殖期是鱼类生活史中的特殊阶段,鱼类的能量密度会随着性腺发育程度的逐步推进而表现出相应的动态特征^[2,16]。本研究中,繁殖期雌雄样本能量密度与干物质间的回归关系均与各自同性别的非繁殖期样本的能量密度与干物质间的回归关系有显著差异。这种现象是与该种鱼的繁殖生态特征相适应的。4—7 月是该种鱼的繁殖季节^[9]。随着繁殖季节的来临,大鳍鲃需要提高自身能量储备水平,为一系列的繁殖事件(性腺的迅速发育、求偶交配行为、产卵、排精等)提供能量保障。因此,在繁殖期脂肪的积累达到了较高水平(表 1),同时其能量的储存、分配、利用上均表现出一定的特殊性,从而导致了该期预测模型的参数与非繁殖期有较大的差异的特殊性。

3.2 鱼体的能量密度预测模型及其模型参数

在鱼类能量学的研究中,鱼体的能量密度及生化组成的测定技术较为复杂,工作量大,是开展能量学实验的主要困难之一。众多的实验工作表明,干物质含量(或水分含量)与鱼体能量密度存在着密切的相关关系^[2,12,14,15,17,18],以鱼体干物质含量作自变量预测其能量密度的方法简便易行^[4,7,19]。本研究的结果与已有的研究结论相符。

以干物质含量(D)为自变量的鱼体能量密度(E)预测模型一般表达式为: $E=a+bD$ 。模型的截距 a 值的大小可以表示出在斜率相等的情况下两个模型所模拟群体的能量密度平均值的相对高低。已有的研究表明,研究对象的基本含脂水平与 a 值之间有一定程度的正相关关系^[17,20]。

模型的斜率 b 表示单位百分比干物质含量的变化所引起的鱼体能量密度的改变量,其数量值应由单位重量干物质中各种组分(蛋白质、脂肪、碳水化合物)含能量的相对比例所确定^[4]。动物身体的含能物质主要由脂肪、蛋白质及碳水化合物三者组成,在鱼类中,通常情况下碳水化合物含量仅为体重的 0.5%左右,在鱼类能量学研究中一般忽略不计^[17,21,22]。因而,蛋白质及脂肪各自在干物质中的相对含量的变化情况将对 b 值的大小起着决定性作用。Hartman & Brandt 对 35 种鱼类的 b 值进行的搜集整理后发现,b 值一般位于 0.225—0.406 之间^[5]

本研究中,繁殖期群体预测模型的 b 值(♀: 0.250, ♂: 0.366)处于这一范围之内,而非繁殖期群体预测模型中的 b 值(♀: 0.437, ♂: 0.456)均超出了这一范围。回归分析表明,该种鱼繁殖期的雌、雄鱼体的干物质含量与其灰分在干物质中的相对含量间相关不显著,而非繁殖期的雌、雄鱼体的干物质含量与灰分在干物质中的相对含量间均呈显著的负相关关系(表 3)。曹振东和谢小军关于 b 值的讨论表明,当灰分为一定值时, b 值的上限应低于 0.395^[4]。在繁殖期,大鳍鲢鱼体的灰分含量受干物质含量的影响不显著,鱼体干物质含量的变动主要取决于蛋白质含量与脂肪含量的变动,因此其 b 值在他们提出的 b 值的上限之下。而在非繁殖期,由于灰分相

对含量与干物质含量存在显著的负效应,灰分含量的变动对于鱼体能量密度随其干物质含量的变动有放大作用。即干物质含量每增长 1 个单位,其中的蛋白质和脂肪成比例增长的同时,由于灰分含量相应的减少(负相关),干物质中含能物质的相对比例也有所上升,因此 b 值就相应较高。作者认为,正是由于在该种鱼不同繁殖周期中这一灰分相对含量的变化导致了非繁殖期预测模型的 b 值高于该种鱼繁殖期以及文献报道的多种鱼类能量密度预测模型的 b 值。大鳍鲢在非繁殖期灰分含量变化的这种特点也在一定程度上表现出了大鳍鲢与其他多种鱼类之间存在的种间差异。

表 3 灰分相对含量(Y: %D·M)与干物质(X: %B·W)间相关关系
Tab.3 The correlations between the relative ash content(Y: %D·M) and the dry mass content(X: B·W)

季节/性别 Sex/Season	样本数 Sample size	Y = a + bX			
		a	b	r	p
雌性 Female					
繁殖期 Spawning period	10	24.02	-0.37	0.531	p>0.05
非繁殖期 Non-spawning period	40	38.06	-0.84	0.780	p<0.01
雄性 Male					
繁殖期 Spawning period	10	32.65	-0.69	0.632	p>0.05
非繁殖期 Non-spawning period	40	40.39	-0.32	0.816	p<0.01

参考文献:

[1] Cui Y B.The theory and method on bioenergetics[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, **13**(4): 377—383. [崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 1989, **13**(4): 369—383]

[2] Jonsson N, Jonsson B.Body composition and energy allocation in life-history stages of trout[J]. *Journal of Fish Biology*, 1998, **53**: 1306—1316

[3] Rikardsen A H, Elliot J M.Variations in juvenile growth, energy allocation and life-history strategies of two populations of Arctic charr in North Norway[J]. *Journal of Fish Biology*, 2000, **56**: 328—346

[4] Cao Z D, Xie X J.Models for predicting energy density of the fish body in *Silurus meidionalis* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2002, **33**: 68—74. [曹振东, 谢小军. 南方鲢鱼体的能量密度及其预测模型. 海洋与湖沼, 2002, **33**: 68—74]

[5] Weatherley A H, Gill H S.Protein, lipid, water and caloric contents of immature rainbow trout, *Salmo gairdneri*, growing at different rates [J]. *Journal of Fish Biology*, 1983, **23**: 653—673

[6] Falth L E, Diana J S.Seasonal energy dynamics of the alewife in southeastern Lake Michigan[J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1985, **114**: 328—337

[7] Hartman K J, Brandt S B.Estimating energy density of fish [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1995, **124**: 347—355

[8] Zhou Y J.The biology of *Mystus macropterus* [J]. *Chinese journal of zoology*, 1983, **2**: 39—42. [周仰景. 大鳍鲢的生物学资料. 动物学杂志, 1983, **2**: 39—42]

[9] Wang D S, Luo Q S.The reproductive biology of *Mystus macropterus* [J]. *journal of fisheries of China*, 1992, **16**(1): 50—59. [王德寿, 罗泉笙. 大鳍鲢的繁殖生物学研究. 水产学报, 1992, **16**(1): 50—59]

[10] Wang D S, Yang S L.The morphometrics characteristics of *Mystus macropterus* [J]. *Journal of Southwest China Normal University (in Chinese)*, 1992, **17**(4): 510—515. [王德寿, 杨松林. 大鳍鲢的可量性状、长重关系和肥满度. 西南师范大学学报(自然科学版), 1992, **17**(4): 510—515]

[11] Wang D S, Luo Q S.A study on the age and growth of *Mystus macropterus* in the Jialing River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1993, **19**(2): 157—167. [王德寿, 罗泉笙. 嘉陵江大鳍鲢的年龄和生长的研究. 水生生物学报, 1993, **19**(2): 157—167]

[12] Elliott J M.Body composition of brown trout (*Salmo trutta*) in relation to temperature and ration size [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1976, **45**: 273—289

[13] Brafield A E, Llewellyn M J. *Animal Energetics* [M]. Glasgow: Blackie, 1982

[14] Liu J S, Cui Y B, Yang Y X, et al.Effects of body weight and ration level on body composition and energy content of *Siniperca chuatsi* and

Chana argus [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(1): 19—23.

[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生化组成和能值的影响. 水生生物学报, 2000, **24**(1): 19—23]

[15] Xie X J, Sun R Y. The body composition and energy content of juvenile *Silurus meridionalis*. *Journal of Beijing Normal University (in Chinese)*. 1990, **3**: 83—88. [谢小军, 孙儒泳. 南方鳊幼鱼鱼体的含能量及化学组成[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1990, **3**: 83—88]

[16] Xie X J, Long T C, Zhang Y G, Cao Z D. Reproductive investment in the *Silurus meridionalis* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1998, **53**: 259—271

[17] Craig J F. The body composition of adult perch, *Perca fluviatilis*, with reference to seasonal change and reproduction [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1977, **46**: 617—632

[18] Cui Y, Wootton R J. Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of the minnow, *Phoxinus phoxinus* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1988, **32**: 749—764

[19] Brett J R, Groves T D D. *Physiological Energetics* [M]. London: Academic Press, 1979, 279—352

[20] Cummins K W, Wuycheck J C. Caloric equivalents for investigations in ecological energetics [M]. *Mitteilungen internationale vereinigung für theoretische und angewandte limnologie*. 1971. 18

[21] Brett J R, Shelbourn J E, Shoop C T. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size [J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1969, **26**: 2363—2394

[22] Dawson A S, Grimm A S. Quantitative changes in the protein·lipid and energy content of the carcase, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1980, **16**: 493—504

THE MODELS FOR PREDICTING ENERGY DEBSITY OF FISH
BODY IN *MYSTUS MACROPTERUS*

ZHANG Hao-Xing and XIE Xiao-Jun

(School of Life Science, Southwest Normal University, Chongqing Key Laboratory of Fisheries & Technology, Chongqing 400715)

Abstract: From December, 2000 to October, 2001, 100 fishes of *Mystus macropterus* were collected in Winter, Spring, spawning period, spent period and Autumn in the Jialing River. Of which there were 10 males and 10 females respectively in a sample during each season. The energy density and composition of the fish body were measured. The result showed that there was no significant difference of either body composition or energy density between males and females in each season. In the female, the protein content (16.23%), energy density (6.14kJ/g), lipid content (5.84%), and dry mass content (26.67%) in the Autumn were significant higher than those in any other samples. In the Winter, the female has the lowest lipid content (2.39%) and the energy density (4.55 kJ/g). In the male, the highest energy density (5.85kJ/g) and protein content (16.34%) appeared in Autumn, and the lowest lipid content (1.31%), energy density (4.16kJ/g), dry mass content (22.49%) appeared in the Spring. There was significant linear relationship in each sample between energy density and either dry mass or lipid content, respectively. By analysis of covariance (ANCOVA) on the regression equations of energy density (E: kJ/g) to dry mass (D: %B·W) in the 10 samples, four equations were developed as the predicting models for the different samples. The first model is for the female samples in Winter, Spring, post-spawning and Autumn i.e. non-spawning seasons; $E = -5.573 + 0.437D$; the second one for the females in spawning period; $E = -0.605 + 0.250D$; the third one is for the male samples in Winter, Spring, post-spawning and Autumn i.e. non-spawning seasons; $E = -6.046 + 0.456D$, and the fourth one for the male sample in spawning period; $E = -3.64 + 0.366D$.

Key words: *Mystus macropterus*; Fish energetics; Energy density; Biochemical composition; Predicting model