

黄鳝组织脂肪含量变动规律研究

周秋白¹, 谢熙清^{1,2}, 李有根³

(1. 江西农业大学 动物科学技术学院, 江西 南昌 330045; 2. 广州海因特生物技术有限公司, 广东 广州 511400;
3. 江西景德镇市水产技术推广站, 江西 景德镇 333423)

摘要:采用氯仿甲醇法($V_{\text{氯仿}}:V_{\text{甲醇}}=2:1$)提取黄鳝肌肉、肝脏和性腺总脂, 研究结果显示黄鳝肌肉、肝脏和卵巢组织脂肪周年变动范围分别为 1.12%~1.61%、2.76%~4.16% 和 1.94%~6.57%。黄鳝肌肉脂肪含量秋冬季较高, 而春夏季较低; 肝脏脂肪含量在夏、秋二季高, 越冬期基本没消耗; 卵巢脂肪含量夏季显著高于其它季节。相同季节中, 黄鳝肌肉中脂肪含量个体较大的较高, 特别是在冬季更为明显; 肝脏中的脂肪含量受黄鳝个体大小的影响不显著; 而卵巢脂肪含量在春、夏季节, 个体越大含量越高, 而秋、冬季节差异不显著。肌肉组织是黄鳝脂肪的主要贮存组织, 肌肉脂肪越冬消耗大, 卵巢发育期肌肉脂肪含量与卵巢脂肪含量呈负相关, 肌肉贮存的脂肪有转移到卵巢的现象。肝脏不是黄鳝脂肪的主要贮存组织, 脂肪含量高低主要与个体生理活动强度大小相关。春季到夏季雌黄鳝摄取的营养主要保证卵巢发育, 夏季到秋季黄鳝摄取的能量部分贮存于肌肉组织中。黄鳝组织中的脂肪含量与生长、繁殖和越冬等密切相关。

关键词:黄鳝; 脂肪; 肌肉; 肝脏; 性腺

中图分类号: S966.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)04-0774-07

A Study on the Dynamics of the Lipid Content in Tissues of Rice Field Eel, *Monopterus albus*

ZHOU Qiu-bai¹, XIE Xi-qing^{1,2}, LI You-gen³

(1. College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Guangzhou Hinter Biotechnology CO., LTD, Guangzhou 511400, China; 3. Jingdezhen Aquatic Technology Extension Station, Jingdezhen 333423, China)

Abstract: Using the method of chloroform methanol ($V_{\text{chloroform}}:V_{\text{methanol}}=2:1$) to extract total lipid of muscle, liver and gonads of rice field eel (*Monopterus albus*), the results showed that the annual changes of lipid in rice field eel muscle, liver and ovary were in the range 1.12%~1.61%, 2.76%~4.16% and 1.94%~6.57%, respectively. Eel muscle lipid content was low in spring and summer and high in autumn and winter; liver lipid content in summer and autumn was high, there was almost no consumption during the period from winter to spring; ovarian lipid content was significantly higher in summer than in other seasons. In the same season, the larger the body size, the higher the lipid content in both muscle and ovarian tissue, it was more obvious for the former in autumn and winter, and for the latter in spring and summer, but this case did not happen in liver. Muscle was the main fat storage tissue of rice field eel. Lipid in muscle was consumed in winter significantly, while during the stages of gonad development the lipid in muscle was probably transferred

收稿日期: 2011-04-02 修回日期: 2011-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(30860217)、农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室开放基金(BM2007-10)、国家科技支撑计划(2008BAD96B04)和江西省自然科学基金(2008GZN0025)

作者简介: 周秋白(1965—), 男, 教授, 博士, 主要从事水生生物遗传与繁殖营养学研究, E-mail: zhouqiubai@163.com.

to ovary, for its content in muscle was negatively correlated with that in ovarian. Liver was not the main fat storage tissue of rice field eel. The level of liver lipid content was closely related with the intensity of physical activity. Lipid content was higher in liver in summer and autumn than in spring and winter and was hardly consumed in winter. During the period from spring to summer, the intake nutrition of the female rice field eel was mainly for ovarian development, while during the period from summer to autumn, mainly for growth and storage in muscle tissue of rice field eel. The quantity of lipid in tissue of rice field eel was closely related to its growth, reproduction performance and living through the winter.

Key words: rice field eel; lipid; muscle; liver; gonad

黄鳝组织脂肪含量是一个重要的评价个体营养状况的指标,机体适宜的脂肪含量有利于个体的生存、生长和繁殖。如营养的不平衡或过剩可能导致机体形成脂肪肝、肥胖症等。自然条件下,黄鳝穴居于20~40 cm深的泥土中,20~30℃是黄鳝适宜生长温度,温度高于36℃或环境不良黄鳝则进入夏眠状态;在水温降到15℃时吃食明显减少,水温低于10℃则很少摄食,水温低于5℃则停止摄食转入冬眠状态,黄鳝在10月下旬到第2年2月,基本上处于冬眠状态^[1]。生产中如何进行投饵管理和保证黄鳝越冬存活和防止体重减少是养殖户普遍关注的问题。黄鳝夏眠期间不吃不动,依靠体内贮存的脂肪等营养物质的消耗来维持生命,为维持个体存活极大限度降低体内代谢^[2]。通常温度高、开食早和食物充足,卵巢发育快,相反则发育慢,沈文英等研究表明白鲫饥饿后组织脂肪含量减少,阻碍了银鲫的卵巢发育^[3-4]。Liem研究表明饥饿促进黄鳝性转化^[5]。这很大程度上通过影响能量代谢来体现。有研究表明不同环境黄鳝繁殖时间不一^[6]。黄鳝卵巢发育过程中会大量积累卵黄,卵黄中脂类占有很大比例,黄鳝卵巢发育不同步是否与个体营养状态有关,正常黄鳝卵巢脂肪含量多少目前不清楚;另外,正常黄鳝肝脏脂肪含量和脂肪肝脂肪含量如何界定也没有建立评价指标体系。本文通过分析黄鳝组织脂肪含量,旨在了解自然状态下不同季节黄鳝组织脂肪含量范围及动用和贮存情况,为黄鳝饲养管理和配合饲料的研制以及为构建黄鳝脂肪肝评价体系和繁养殖营养调控技术提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验黄鳝分别于3月下旬(春)、6月中旬(夏)、9月中旬(秋)和12月下旬(冬)4个时间段,采自鄱阳湖区恒湖农场周边水域。

1.2 样品处理

选取外观健壮黄鳝准确称重、尾动脉取血、经解剖无寄生虫的黄鳝测体长及其它指标,并做性别鉴定。雌性黄鳝按体长分3个范围(<35 cm, ≥35 <45 cm, ≥45 cm);不同性腺发育阶段雌性黄鳝性腺发育按周定刚、肖亚梅等分期分6个阶段^[7-10],即I期卵巢(卵原细胞增殖期)、II期卵巢(初级卵母细胞小生长期)、III期卵巢(初级卵母细胞大生长期早期)、IV期卵巢(初级卵母细胞大生长期)、V期卵巢(成熟期)、VI期卵巢(产后退化期);另外,Ⅶ怀卵未产退化期黄鳝、Ⅷ间性和Ⅸ雄性黄鳝各分为一个阶段共9个阶段取样分析。每尾黄鳝取背部肌肉2 g、肝脏和卵巢组织各1 g,不够1 g的则按相同规格要求多尾混合取1 g作为1个分析样用于抽提总脂。总脂提取用氯仿甲醇法($V_{\text{氯仿}}:V_{\text{甲醇}}=2:1$),参考Folch^[11]。

1.3 数据分析

测定结果以平均值±标准误(Means±SE)表示。采用SPSS11.0软件进行单因子方差分析,并用Duncan's方法进行多重比较, $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果分析

2.1 不同体长黄鳝肌肉、肝脏和卵巢脂肪含量

2.1.1 不同体长黄鳝肌肉脂肪含量 不同体长黄鳝肌肉脂肪含量见表1。结果表明:黄鳝肌肉脂肪含量春、夏季不同大小个体差异不显著,秋、冬季有随规格增大而升高趋势,冬季45 cm以上的大规格个

体肌肉脂肪含量显著高于 35 cm 以下小规格个体。

表 1 不同体长黄鳝肌肉脂肪含量(% 湿重)

Tab.1 The fat content in muscle of different length rice field eel (% wet weight)

体长范围/cm Length range	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
<35	1.18 ± 0.07	1.05 ± 0.07	1.40 ± 0.14	1.24 ± 0.03 ^b
≥35 <45	1.07 ± 0.03	1.16 ± 0.16	1.67 ± 0.13	1.32 ± 0.03 ^{ab}
≥45	1.14 ± 0.06	1.11 ± 0.10	1.76 ± 0.56	1.39 ± 0.03 ^a

数据表示为: 平均值 ± 标准误。表中同列数据上标字母均不同表示差异显著($P < 0.05$)。

The data are expressed as: mean ± standard error. the data in the same column with different superscript letters are significant differences ($P < 0.05$)。

2.1.2 不同体长黄鳝肝脏脂肪含量 不同体长黄鳝肝脏脂肪含量见表 2。结果表明,不同体长肝脏脂肪含量春夏秋冬各季节差异均不显著。

表 2 不同体长黄鳝肝脏脂肪含量(% 湿重)

Tab.2 The fat content in liver of different length rice field eel (% wet weight)

体长范围/cm Length range	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
<35	2.82 ± 0.11	3.88 ± 0.26	4.12 ± 0.13	2.79 ± 0.17
≥35 <45	2.69 ± 0.22	3.77 ± 0.11	4.15 ± 0.13	2.96 ± 0.07
≥45	2.78 ± 0.14	3.86 ± 0.24	4.21 ± 0.12	2.92 ± 0.11

数据表示为平均值 ± 标准误 表中同列数据上标字母均不同表示差异显著($P < 0.05$)。

The data are expressed as: mean ± standard error. the data in the same column with different superscript letters are significant differences ($P < 0.05$)。

2.1.3 不同体长黄鳝性腺脂肪含量 不同体长黄鳝卵巢脂肪含量见表 3。结果表明,相同季节不同个体大小的黄鳝卵巢脂肪含量,春季大于 45 cm 大规格和中等规格的黄鳝显著高于小于 35 cm 小规格,夏季大规格个体卵巢脂肪显著高于中、小规格,而秋、冬季不同规格黄鳝之间总体差异不显著。

表 3 不同体长黄鳝卵巢脂肪含量(% 湿重)

Tab.3 The fat content in ovary of different length rice field eel (% wet weight)

体长范围/cm Length range	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
<35	1.77 ± 0.11 ^b	6.32 ± 0.13 ^b	4.51 ± 0.88	1.99 ± 0.08
≥35 <45	2.09 ± 0.04 ^a	6.41 ± 0.17 ^b	4.14 ± 0.55	2.38 ± 0.18
≥45	1.96 ± 0.07 ^{ab}	6.97 ± 0.22 ^a	5.51 ± 0.93	2.28 ± 0.20

数据表示为平均值 ± 标准误 表中同列数据上标字母均不同表示差异显著($P < 0.05$)。

The data are expressed as: mean ± standard error. the data in the same column with different superscript letters are significant differences ($P < 0.05$)。

2.2 黄鳝肌肉、肝脏和卵巢的脂肪含量季节变化

黄鳝不同季节肌肉、肝脏、卵巢脂肪含量变化见表 4。黄鳝肌肉、肝脏和卵巢组织脂肪周年变动范围分别为 1.12% ~ 1.61%、2.76% ~ 4.16% 和 1.94% ~ 6.57%。肌肉脂肪含量春季和夏季接近,差异不显著,表观夏季反而略低于春季;秋季脂肪含量最高,显著高于其它季节,冬季其次,低于秋季,显著高于春、夏季。肝脏脂肪含量的季节性变化秋季显著高于其它季节,夏季其次,低于秋季高于冬季和春季,冬季与春季肝脏脂肪含量最低且差异不显著。卵巢脂肪含量夏季最高显著高于其它季节,秋季其次,显著低于夏季,而高于冬、春季;冬、春季卵巢脂肪含量两者差异不显著。

2.3 黄鳝不同性腺发育阶段肌肉、肝脏和性腺的脂肪含量

黄鳝不同性腺发育阶段组织脂肪含量见表 5。不同性腺发育阶段肌肉脂肪变动范围为 0.86% ~ 1.49%。黄鳝肌肉脂肪含量从低到高依次为 V、间性、IV、III、雄性、II、I、怀卵未产卵退化黄鳝和 VI 期黄鳝。怀卵未产卵退化黄鳝、VI 期黄鳝肌肉中脂肪含量较高,显著高于 V 期和间性黄鳝。

不同性腺发育阶段性腺脂肪含量:变动范围 2.55% ~ 7.39%。怀卵未产卵退化黄鳍卵巢脂肪含量高于IV和V期差异不显著,显著高于其它各发育期。IV和V期卵巢脂肪含量显著高于II、III、VI期,低于怀卵未产卵退化黄鳍卵巢脂肪含量。

表4 黄鳍不同季节肌肉、肝脏和卵巢脂肪含量变化(% 湿重)

Tab.4 The fat content in muscle, liver and ovary during the different season (% wet weight)

组织 Tissue	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
肌肉 Muscle	1.14 ± 0.03 ^c	1.12 ± 0.02 ^c	1.61 ± 0.10 ^a	1.32 ± 0.04 ^b
肝脏 Liver	2.76 ± 0.04 ^c	3.84 ± 0.03 ^b	4.16 ± 0.03 ^a	2.89 ± 0.05 ^c
卵巢 Ovary	1.94 ± 0.09 ^c	6.57 ± 0.20 ^a	4.72 ± 0.41 ^b	2.22 ± 0.12 ^c

数据表示为平均值 ± 标准误,同行数据具有的上标字母均不相同表示差异显著($P < 0.05$)。

The data are expressed as: mean ± standard error. the data in the same row with different superscript letters are significant differences ($P < 0.05$).

表5 黄鳍不同性腺发育阶段肌肉、肝脏和性腺脂肪含量变化(% 湿重)

Tab.5 The fat content in muscle, liver and gonad during the different stages of gonad development (% wet weight)

性腺发育阶段 Stage of gonad development	肌肉 Muscle	肝脏 Liver	性腺 Gonad
I (雌性 Female)	1.27 ± 0.10 ^{ab}	3.10 ± 0.24 ^{bed}	
II (雌性 Female)	1.19 ± 0.07 ^b	3.67 ± 0.16 ^{bc}	2.03 ± 0.13 ^d
III (雌性 Female)	1.14 ± 0.04 ^{bc}	2.95 ± 0.14 ^{cd}	4.75 ± 0.53 ^b
IV (雌性 Female)	1.08 ± 0.06 ^{bc}	4.08 ± 0.13 ^{ab}	6.65 ± 0.15 ^a
V (雌性 Female)	0.86 ± 0.20 ^c	4.17 ± 0.22 ^a	6.50 ± 0.28 ^a
VI (产后性雌 Postpartum female)	1.49 ± 0.12 ^a	4.25 ± 0.13 ^a	3.53 ± 0.40 ^c
VII (怀卵未产卵退化期 Degradation stage of no spawning gravid)	1.48 ± 0.14 ^a	4.04 ± 0.41 ^{ab}	7.39 ± 0.40 ^a
VIII (间性 Inter sex)	1.05 ± 0.08 ^c	2.67 ± 0.43 ^d	2.55 ± 0.25 ^d
IX (雄性 Male)	1.16 ± 0.05 ^{bc}	3.12 ± 0.17 ^{bed}	4.12 ± 0.61 ^{bc}

数据表示为平均值标准误,同一列数据具有的上标字母均不同为差异显著($P < 0.05$)。

The data are expressed as: mean ± standard error. the data in the same column with different superscript letters are significant differences ($P < 0.05$).

不同性腺发育阶段肝脏脂肪变动范围为 2.67 ~ 4.25%, IV、V 和 VI 期雌性黄鳍和怀卵未产卵退化黄鳍肝脂肪含量均较高,其中 VI 期和怀卵未产卵退化黄鳍肝脂肪含量显著高于 I、II、III、间性及雄性黄鳍肝脂肪含量。

3 讨论

3.1 黄鳍组织脂肪含量季节变化

黄鳍肌肉脂肪含量变动范围 1.12% ~ 1.61% 和常规鱼类相比(表 6)^[12-15],与肉食性的鳊鱼接近,高于以草为食的草鱼,低于浮游动物为食的鲢、鳙鱼,大大低于肉食性的鳊鱼,黄鳍肌肉脂肪含量较低。

关于鱼类组织脂肪含量的季节性变化与摄食、性腺发育周期和洄游等密切相关^[16-18]。本研究结果表明,肌肉脂肪含量周年变化,秋季最高,冬季其次,而春、夏季最低。春季黄鳍肌肉脂肪含量显著低于冬季,黄鳍越冬期间处于冬眠状态不摄食,长期处于饥饿状态,生理活动降低,从解剖结果看越冬期黄鳍卵巢处于发育基本停滞阶段,越冬之前肌肉中储存脂肪经越冬期消耗,这和前期吴香湘等研究结果相同^[19],结合黄鳍肝脏脂肪秋季显著高于冬季,而春季与冬季差异不显著分析,说明黄鳍越冬期间主要利用肌肉脂肪做能量,肌肉脂肪是黄鳍主要的贮存脂。这与姜志强研究结果美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*) 在饥饿时主要利用肌肉脂肪作为能量的情况类似^[20]。

春、夏季黄鳝肌肉的脂肪含量均处于一年中最低水平,春、夏季肌肉脂肪含量差异不显著,表观上夏季反而低于春季。一方面是由于春季到夏季黄鳝卵巢迅速发育代谢旺盛,卵巢的快速发育需要大量的能量,因而没有太多能量到转化为脂肪贮存于肌肉。另一方面虽然在夏季黄鳝已开始大量摄食,食物营养主要是供给黄鳝卵巢发育,但是由于卵巢的脂肪含量迅速上升,相反可能部分黄鳝由于摄食量较少在能量不足以满足卵巢发育时,部分肌肉脂肪转移供给卵巢利用,造成表观上夏季黄鳝肌肉脂肪含量低于春季。沈文英等研究表明白鲫饥饿后组织脂肪含量减少,阻碍了银鲫的卵巢发育^[4-5]。肌肉脂肪可能转移供给卵巢利用,说明越冬前黄鳝能量积累较多不仅有利于越冬,提高越冬的成活率,而且也有利于卵巢发育。

在秋季黄鳝繁殖结束后,该季节环境中饵料生物也较丰富,不像夏季大量能量用于卵巢发育,大量摄食的能量全用于生长,在肌肉中贮存的能量多,同时也为越冬贮备能量。冬季黄鳝肌肉脂肪含量高于春季和夏季,仅次于秋季,秋、冬季是一年中黄鳝肌肉营养积累最多时期。这也印证了“秋后黄鳝赛人参”的谚语。因此,从脂肪含量角度分析黄鳝上市应以秋、冬季为宜。

黄鳝肝脏脂肪含量变动范围 2.76% ~ 4.16% 和草鱼、乌鳢、鲇鱼和黄颡鱼等肝脏脂肪含量接近^[4,21],淡水鱼类肝脏中脂类的贮存比海水鱼类少得多,上述几种鱼肝脏脂肪含量均低于 5%,鲈鱼(海水)肝脏脂肪含量 9.84% 接近 10% (表 7)^[22]。

表 6 黄鳝与几种经济鱼类肌肉和肝脏中脂肪含量的比较

Tab. 6 The fat contents in muscles of rice field eel and several economic fish (% wet weight)

种类 Species	粗脂肪 Fat/%	种类 Species	粗脂肪 Fat/%
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	1.12 ~ 1.61	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	2.76 ~ 4.16
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ^[12]	2.00 ~ 20.84	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ^[4]	2.21 ~ 3.39
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i> ^[12]	0.96 ~ 7.80	鲇鱼 <i>Silurus asotus</i> ^[21]	3.74
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ^[15]	0.45	乌鳢 <i>Ophicephalus argus</i> ^[21]	3.16
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i> ^[14]	1.50	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> ^[21]	4.05
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i> ^[13]	18.3	鲈鱼 <i>Lateolabrax japonicus</i> ^[22]	9.84

在肝脏脂肪含量周年变化中,秋季显著高于夏季,夏、秋季又显著高于春、冬季,分析主要由于夏、秋季气温高,生长快,黄鳝摄食量大,肝脏作为黄鳝最大的消化腺,一般摄食量越大肝脏能量代谢量也越强,食物中的营养物质转运到肝脏进一步加工。夏季卵巢发育需要的卵黄蛋白原主要在肝脏中合成,然后经血液转运到卵巢。秋季大量的营养物质在其中加工、转运,同时为越冬贮备能量,脂肪作为重要的能量物质大量在肝内加工、转运,相应的肝脏中具有大量的脂类,因而夏、秋季黄鳝肝脏脂肪含量较高。秋季到冬季越冬前摄食量减少,一方面秋季摄食的多余能量经肝脏已转移到相应的贮存组织,另一方面越冬前期饥饿状态下肝中贮存能量可能被优先利用,使越冬前肝脏脂肪降低。冬季和春季该段时期主要是黄鳝冬眠期,基本处于不摄食的饥饿状态,肝脏脂肪含量虽略有下降但差异并不显著,含量保持基本稳定,说明肝脏脂肪含量主要与黄鳝能量代谢等生理活动有关。黄鳝肝脏脂肪含量变动范围较肌肉小,且主要与黄鳝生理活动呈正相关,肝脏脂肪含量夏、秋季含量高,越冬期基本没消耗,结合肌肉中脂肪含量在春季显著低于冬季来分析,说明肝脏不是贮存脂肪的主要组织。

黄鳝卵巢脂肪含量变动范围 1.94% ~ 6.57%,变动范围较大,在卵巢脂肪含量周年变化中,在繁殖季节夏季最高,秋季其次,冬、春季显著小于夏、秋季,黄鳝夏季卵巢脂肪含量最高,这显然与黄鳝的繁殖特性有关。从春末夏初黄鳝开始摄食到夏季繁殖开始,黄鳝体内代谢旺盛,大量营养物质被消耗用于卵巢发育,6月份多数黄鳝卵巢发育成熟,故卵巢脂肪含量达到最大值。黄鳝从春季到夏季的繁殖期间,肌肉脂肪含量基本没有显著性差异,而肝脏、卵巢脂肪含量则显著上升有大量脂肪沉积。黄鳝夏季卵巢脂肪含量平均为 6.57%,比春季升高了 259.29%,而肝脏只升高了 8.33%,肌肉脂肪含量略下降 -1.75%。显示黄鳝卵巢发育期间获取的外界食物主要用于卵巢发育,在一定程度上消耗贮存脂肪。因此,在黄鳝人工繁殖过程中,卵巢发育期间,要注意满足黄鳝的营养需要,促进卵巢发育。春季黄鳝卵巢脂肪含量

表观上低于冬季,从解剖情况也发现黄鳍春季卵巢处于Ⅱ期。根据鱼类性腺发育周期变化一般规律处于卵细胞发育的静止到启动发育状态,即使卵细胞启动发育处于Ⅱ期,卵细胞处于小生长前期,卵细胞原生质生长期含脂量很少。同时也说明黄鳍不是春季产卵鱼类。

本研究也发现秋季、冬季卵巢中脂肪含量也较高,不像通常鱼类产卵过后,卵巢脂肪含量急剧下降,产后卵巢很快进入Ⅱ期^[20]。分析可能黄鳍繁殖季节较长,性腺发育不同步,正常产卵期间(6—8月份),少数早在5月,晚至9月份仍有产卵现象,同时部分早期产卵黄鳍,其卵巢会继续发育第二次产卵。在采样中发现,自然中秋季具有较多未产卵黄鳍,部分未产卵黄鳍的卵巢卵黄多吸收慢,从卵巢外观也发现部分黄鳍卵巢中秋、冬季均不同程度残存卵黄色素瘤,直到冬季大部分黄鳍卵巢才吸收完全。因而,从群体水平卵巢中的脂肪含量下降缓慢,在越冬前期仍处于下降趋势。

3.2 黄鳍组织脂肪含量与个体大小及生殖性能的关系

不同个体大小肌肉组织脂肪含量春、夏季差异不显著,秋、冬季大规格黄鳍脂肪含量显著高于中、小个体。个体较大的黄鳍秋、冬季肌肉脂肪含量较高,这与鲢、鳙鱼等类似^[12]。黄鳍具有性转化特性,一般产卵后多数转化为雄性,徐宏发和朱大军发现全长63 cm的黄鳍仍可产卵1 600多粒,认为黄鳍在性逆转之前并非仅一次产卵^[3]。本研究的这些大规格个体可能有部分是多次产卵后继续保持雌性推迟了性转化时间的产后个体,部分是生长速度较快的个体,无论如何这些个体肌肉脂肪含量均较高,应与所处的环境食物较丰富有关。

Aneer 研究结果表明脂肪含量能预示产卵时间,储存了大量脂肪的波罗的海鲱鱼可提供给卵巢的脂肪也较多,产卵较早,而那些含有低脂肪的鲱鱼产卵滞后,营养充足可促使鱼类成熟加快^[23];另外,Bradford等^[24]发现鲱鱼在性腺成熟过程中和产卵期间通过大量摄食积累脂肪从而提高其繁殖力。生产中也发现大规格黄鳍产卵时间也较早^[3]。因此,强化亲黄鳍的秋季培育,有利于获得大规格雌鳍和提早繁殖获得早繁殖种和提高繁殖力。

不同个体大小的黄鳍肝脏脂肪含量差异均不显著,可能黄鳍肝脏是作为消化腺体,而不是贮存脂肪组织,如果脂肪含量过高,脂肪充塞肝细胞反而会影响其功能发挥。不同个体大小肝组织结构和生理功能相似,因而脂肪含量也相近,脂肪含量主要是随其生理活动强弱变化。不同大小黄鳍的卵巢脂肪含量比较,夏季大规格和中等规格的黄鳍显著高于小规格黄鳍,小规格黄鳍卵巢脂肪含量较低。不同性腺发育阶段卵巢脂肪含量表明卵巢脂肪含量随卵巢发育快速增加,因而发育较早的大规格黄鳍卵巢脂肪含量也就显著高于小规格。春季黄鳍卵巢发育处于启动阶段,研究表明个体较大的黄鳍肌肉贮存脂肪含量较多,可提供给卵巢发育的能量也较多,性腺发育启动较早^[22],小个体黄鳍相对脂肪积累较少,发育较晚,因此,秋冬季节强化黄鳍的培育提高亲鳍肌肉组织脂肪含量,可以促进黄鳍卵巢提早发育。

3.3 黄鳍不同性腺发育阶段的组织脂肪含量的变化

黄鳍不同性腺发育阶段肌肉脂肪含量与卵巢发育呈负相关。越冬后和卵巢快速发育期肌肉中脂肪含量较低,而产卵后包括卵巢退化期肌肉脂肪升高,显著高于卵巢快速发育的Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ期。表观上Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ期雌性黄鳍肌肉组织脂肪含量依次降低。采集Ⅱ期黄鳍的时间是3月,Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ期雌性黄鳍采样时间为6月4—6月份,随着水温上升,黄鳍摄食量加大,卵巢开始快速发育,卵巢快速发育时期肌肉脂肪含量下降,说明不仅黄鳍卵巢发育期外界摄取的能量主要用于卵巢发育,而且处于卵巢发育期黄鳍肌肉贮存的能量也有转移到卵巢的现象。7—9月,黄鳍产卵后的重吸收卵巢中的营养,个体处于快速生长期,同时机体为越冬积累能量,产卵后黄鳍摄取的能量积累于肌肉。怀卵未产卵卵巢退化期黄鳍肌肉脂肪含量略低于产后退化黄鳍,产后和怀卵未产卵退化黄鳍同在9月取样,怀卵未产卵黄鳍虽然重吸收卵巢中营养肌肉脂肪含量仍较产卵后黄鳍脂肪含量少,显示怀卵未产卵黄鳍吸收外界营养少,说明黄鳍卵巢发育后未能产卵并不利于黄鳍的能量积累。

不同性腺发育阶段肝脏脂肪含量,间性、Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ期雌黄鳍较低,Ⅳ和Ⅴ期较高与卵巢发育呈正相关,产后黄鳍和未产卵性腺退化期黄鳍肝脏脂肪也高,自然中这时期黄鳍处于快速生长阶段,因此,肝脏脂肪含量高可能与黄鳍生理活动强度有关。黄鳍不像雌鳍卵巢发育需要积累大量卵黄,而肝脂肪含量较低,也说明肝脏不是脂肪的贮存组织。

从性腺脂肪含量变化来看,卵巢脂肪含量变化与卵巢发育关系密切,主要是卵子中积累了大量含脂

量高的卵黄,因而随着卵巢发育脂肪积累量增多。怀卵未产卵退化卵巢脂肪含量最高可能与卵巢退化期首先吸收卵巢中水分和蛋白,后期才吸收脂肪有关。值得注意的是间性黄鳝肌肉、肝脏和性腺脂肪含量均较低,间性黄鳝与Ⅱ期雌性黄鳝均为3月下旬样本,但间性黄鳝肌肉脂肪含量显著低于Ⅱ期雌性黄鳝,这可能不仅是因为越冬消耗的影响,还可能是因为越冬前食物不足的影响。有关研究表明饥饿促进黄鳝性转化^[6],可能雌性黄鳝性腺第二次开始发育比转化为雄性需要更多的能量。分析可能存在营养调控黄鳝性转化机制,产后黄鳝加强营养可能有利于保持雌性,适当的饥饿有助于转化为雄性。因此,在人工养殖条件下加强产后黄鳝营养可能拟制性转化获得大规格雌性亲本,提高黄鳝的繁殖力,同时可促进黄鳝提早繁殖。通过利用饥饿补偿生长机制适当的饥饿促进性转化可能减少商品鳝养殖中怀卵黄鳝。

参考文献:

- [1]周天元,赵淑芬. 黄鳝高密度快速养殖技术[M]. 上海:上海科学普及出版社,1987.
- [2]Chew S F, Gan J, Ip Y K. Nitrogen metabolism and excretion in the swamp eel, *Monopterus albus*, during 6 or 40 days of estivation in mud[J]. *Physiol Biochem Zool* 2005, 78: 620-629.
- [3]沈文英,林浩然,张为民. 饥饿和再投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响[J]. *动物学报*, 1999, 45(4): 404-412.
- [4]沈文英,张利红,郑永萍,等. 饥饿对银鲫血液组分和卵巢发育的影响[J]. *动物学研究* 2003, 24(6): 441-444.
- [5]K. F. Leim. Sex reversal as a natural process in the synbranchiform fish *Monopterus albus*. *Compeia*, 1963, 2: 303-312.
- [6]徐宏发,朱大军. 黄鳝的生殖习性和人工繁殖[J]. *水产科技情报*, 1987(6): 14-15.
- [7]肖亚梅. 黄鳝繁殖生物学研究Ⅱ - 黄鳝的雌性发育[J]. *湖南师范大学学报:自然科学*, 1995, 18(4): 45-51.
- [8]周定刚,谭永洪,付天佑. 黄鳝卵巢发育的研究[J]. *水生生物学报*, 1992, 16(4): 361-366.
- [9]肖亚梅,刘筠. 黄鳝由间性发育转变为雄性发育的细胞生物学研究[J]. *水产学报*, 1995, 19(4): 297-304.
- [10]周定刚,谭永洪,曹五七,等. 黄鳝精巢发育的周年变化[J]. *四川农业大学学报*, 2002, 20(3): 256-261.
- [11]Folch J, Lees M, Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. *J Biol Chem*, 1957, 226: 497-509.
- [12]陈少莲,胡传林,华元渝. 鲢、鳙肌肉生化成分的分析[J]. *水生生物学报*, 1983, 8(1): 125-132.
- [13]谢刚,杨红波,邢惠铃,等. 鳊、鳙肌肉生化成分的分析[J]. *淡水渔业*, 1989(4): 6-9.
- [14]梁银钊,崔希群,刘友亮. 鳊肌肉生化成分分析和营养品质评价[J]. *水生生物学报*, 1998, 22(4): 386-388.
- [15]温小波,库天梅,李伟国. 4种优质底栖淡水鱼类肌肉营养成分的比较[J]. *大连水产学院学报*, 2003, 18(2): 99-103.
- [16]Henderson R J, Almaraz S M. Seasonal changes in the lipid composition of herring (*Clupea harengus*) in relation to gonad maturation[J]. *Mar. Biol. Ass. U. K*, 1989, 69: 323-334.
- [17]Rajasilta M. Relationships between food fat, sexual maturation and spawning time of Baltic herring (*Clupea harengus menmbra*) in the Archipelago Sea. *Can[J]. Fish Aquat Sci*, 1992, 49: 644-654.
- [18]张衡,张波,金显仕,等. 黄海中南部水域鳊鱼脂肪含量的季节变化[J]. *海洋水产研究* 2004, 25(1): 13.
- [19]吴湘香,周秋白,苏增金. 黄鳝越冬前后肌肉及肝脏中脂肪含量变化[J]. *饲料工业*, 2005, 26(22): 33-34.
- [20]姜志强,贾泽梅,韩延波. 美国红鱼继饥饿后的补偿生长及其机制[J]. *水产学报*, 2002, 26(1): 61-72.
- [21]温小波,李伟国,周永平. 野生乌鳢、鲢、黄颡鱼和黄鳝的脂类及脂肪酸组成比较[J]. *湖北农学院学报*, 2003, 23(3): 169-173.
- [22]杜震宇,刘永坚,田丽霞,等. 饥饿对于鲈肌肉、肝脏和血清主要生化组成的影响[J]. *动物学报* 2003, 49(4): 458-465.
- [23]Aneer G. Some speculations about Baltic herring (*Clupea harengus menmbra*) in connection with the eutrophication of the Baltic Sea. *Can[J]. Fish Aquat Sci*, 1985, 42(1): 83-90.
- [24]Bradford R G., Iles T D. Unique biological characteristics of spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) in Minas Basin, Nova Scotia, a tidally dynamic environment[J]. *Can Zool*, 1992, 70: 641-648.