

网箱养殖条件下黄鳝初次性成熟的年龄

宋晓娟 龚世园 袁汉文 黄文虎 郑家浪 林郁葱

华中农业大学水产学院, 武汉 430070

摘要 对网箱养殖条件下黄鳝性腺指数进行测定并观察性腺组织切片, 结果发现: 网箱养殖条件下黄鳝在1周年内可以达到雌性性成熟, 即网箱养殖条件下雌性黄鳝初次性成熟年龄为1龄; 网箱养殖条件下1周年内黄鳝的性腺指数大致呈增长趋势, 在6月, 性腺发育成熟时, 性腺指数达最大值, 其值为 14.33 ± 2.07 ; 网箱养殖黄鳝在1周年内血清雌二醇质量浓度在6月达到最大值, 即 $(1\ 233.52 \pm 126.07)$ pg/mL, 血清睾酮质量浓度在5月已经达到最大值, 即 (13.99 ± 1.54) pg/mL。

关键词 黄鳝; 性腺指数; 雌二醇; 睾酮; 性成熟; 年龄

中图分类号 S 964.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)05-0629-05

黄鳝 (*Monopterus albus*) 肉质细嫩, 营养丰富, 风味独特, 并且肉厚刺少, 含肉率高^[1], 具有较高的营养价值。网箱养殖黄鳝具有养殖条件易控制、养殖成功率高的优点, 所以黄鳝的网箱养殖方式被越来越多的养殖户采用。

黄鳝性成熟之前为雌性, 雌性成熟产卵后, 卵巢退化, 精巢开始发育, 转为雄性^[2]。其特殊的性逆转现象^[3], 引起了国内外很多学者对黄鳝性腺发育及黄鳝性逆转的关注^[4-7]。笔者在前人对黄鳝性腺研究的基础上, 对网箱养殖黄鳝雌性阶段初次性成熟的年龄进行研究, 以期对网箱养殖黄鳝的繁育节省成本。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

试验用黄鳝是湖北省沙洋县沙洋新世纪水产科技有限公司提供的自繁自育的黄鳝苗种, 试验鱼先用蚯蚓驯食, 然后慢慢过渡到人工配合饲料。

1.2 饲养管理

试验于 $3\text{ m} \times 4\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的网箱中进行, 根据黄鳝的采食规律, 饲料在固定位置投喂, 投喂量以使鱼达到饱食并有少量剩余为准, 同时根据摄食强度、剩料、水温等情况及时调整投食量, 每天按鱼体质量的 $3\% \sim 5\%$ 定点、定时投喂, 次日早晨 07:00 将未吃完

的残食清理干净。试验期间依常规方法进行防病、换水。从 2010 年 7 月—2011 年 6 月, 每月取样 1 次, 进行研究。

1.3 试验方法

1) 样品的处理。测量每条黄鳝的体长(精确度为 0.1 cm)和体质量(精确度为 0.01 g)。解剖黄鳝, 完整地取出性腺, 称其质量(精确度为 0.000 1 g), 根据公式计算出性腺指数(GSI)。性腺指数计算公式:

$$\text{性腺指数} = \frac{\text{性腺质量}}{\text{黄鳝体质量}} \times 100\%$$

2) 组织切片的制作与观察。取小块性腺组织用 Bouin's 液固定。连续石蜡切片 ($7\ \mu\text{m}$), Delafield's 苏木精-伊红 (H. E) 染色。在显微镜下观察组织切片并拍照。

3) 血清雌二醇和血清睾酮的测定。采用断尾法采血, 血样采后放在转速为 3 500 r/min 离心机中离心 25 min, 收集血清。按照北京北方生物技术研究所以生产的雌二醇放射免疫试剂盒和北京科美东雅生物技术有限公司所生产的睾酮放射免疫分析试剂盒说明书的方法和步骤分别测定雌二醇和睾酮的含量, 用中国科学技术大学创新股份有限公司中佳分公司生产的 Gc-911 γ 放射免疫计数器测量反应物中 ^{125}I 标记物的含量。

收稿日期: 2011-12-31

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD37BO4) 和湖北省重大科技攻关项目(06AA203AO1)

宋晓娟, 硕士研究生。研究方向: 水生动物生理生态学。E-mail: xiaojuanloveyou@126.com

通讯作者: 龚世园, 教授。研究方向: 动物遗传育种。E-mail: gsy@mail.hzau.edu.cn

4)数据的处理。试验数据用 SPSS 16.0 软件包进行方差分析、显著性及相关性检验,当 $P < 0.05$ 时认为有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 网箱养殖黄鳝 1 周年性腺组织切片的观察

对网箱养殖黄鳝性腺进行周年组织切片的制作与观察,并参考前人对黄鳝卵巢和卵母细胞的分期^[8-10],将 6 月份的鳝苗在网箱养殖条件下 1 周年性腺的发生分化过程分为 5 个阶段:

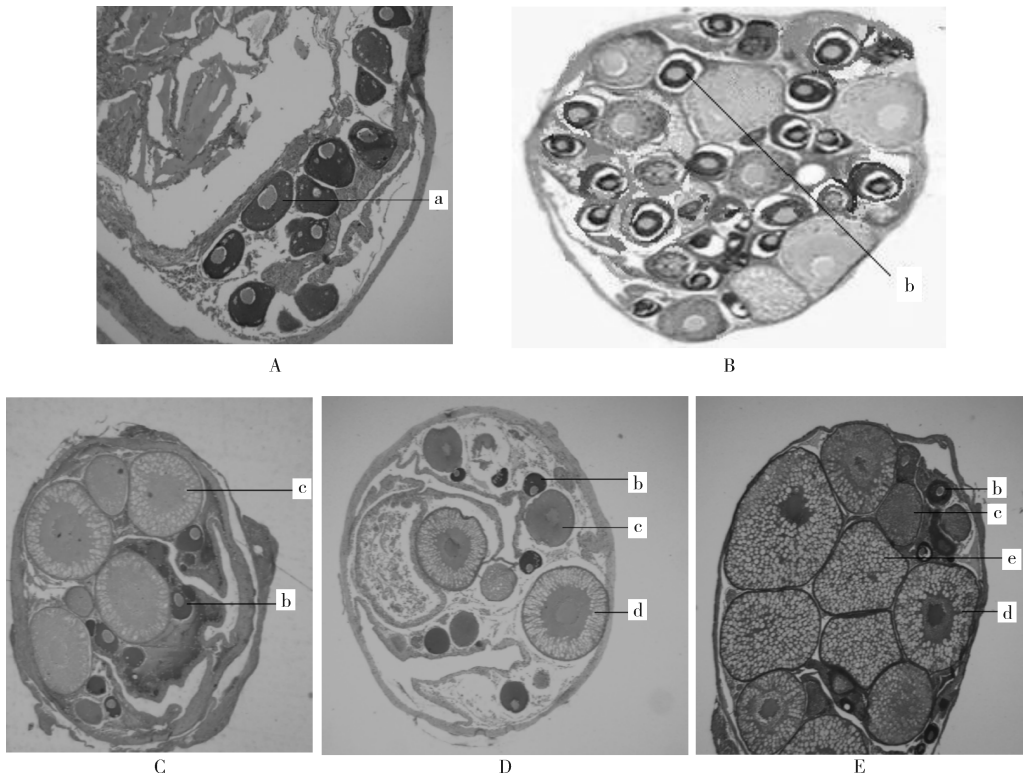
I 期卵巢。7 月,卵巢呈透明的细丝状,前端连接肝脏,后端连接生殖孔,此时的生殖腺由腹膜上皮包被(图 1-A)。此时卵巢中的卵母细胞分散于生殖褶的外侧,细胞核圆形,核内核仁很大,且核质比较大(图 1-A:a)。

II 期卵巢。8 月到翌年 3 月,此段时间内肉眼不见卵粒,生殖腺囊白色线状,生殖腺囊较 I 期卵巢粗一些(图 1-B)。此时,生殖腺囊内有大小不一的卵

母细胞,即 I 时相卵母细胞和 II 时相卵母细胞,II 时相卵母细胞形状不规则,多为圆形或卵圆形,细胞体积较大,着色浅,细胞膜内有单层分布的滤泡。其胞质嗜碱性,核仁嗜酸性,HE 着色较深,沿核周边分布。核内有多个大小不等的核仁(图 1-B:b)。

III 期卵巢。4 月,肉眼可见黄色卵粒,生殖腺囊圆棒状,明显变粗变圆,卵巢生殖褶发达,颜色变深,呈肉红色或浅黄色(图 1-C)。卵巢内,大部分卵母细胞近圆形,体积明显增大,核膜开始出现皱缩,胞质中的细胞器逐渐增多,线粒体、粗面内质网和高尔基复合体都已较发达,此时的滤泡膜已不是单层滤泡膜,而是分为内、外 2 层,此为 III 时相卵母细胞(图 1-C:c)。

IV 期卵巢。5 月份,网箱养殖黄鳝腹部膨大,生殖腺囊横切面更加粗大,肉眼可见橙黄色、淡黄色卵粒,卵巢由前往后逐渐扩大(图 1-D)。卵巢中除有少部分前 3 期的卵母细胞外,其余全部为 IV 期卵母细胞,其体积显著大于其他时期,核仁较多,但大



A. I 期卵巢 Phase I ovary (400 \times); B. II 期卵巢 Phase II ovary (100 \times); C. III 期卵巢 Phase III ovary (100 \times); D. IV 期卵巢 Phase IV ovary (100 \times); E. V 期卵巢 Phase V ovary (100 \times); a 代表 I 时相卵母细胞 a stands for phase I oocytes; b 代表 II 时相卵母细胞 b stands for phase II oocytes; c 代表 III 时相卵母细胞 c stands for phase III oocytes; d 代表 IV 时相卵母细胞 d stands for phase IV oocytes; e 代表 V 时相卵母细胞 e stands for phase V oocytes.

图 1 网箱养殖条件下黄鳝卵巢的发育

Fig. 1 Transverse sections of ovaries of *Monopterus albus* cultured in cage

小不等,核膜皱缩,核质比较小。卵母细胞内充满了嗜酸性的卵黄球和卵黄块,将细胞核挤压到边缘,细胞内可见清晰的2层滤泡膜,外层是由扁平状的滤泡细胞组成,而内层则为颗粒状滤泡细胞(图1-D;d)。

V期卵巢。6月,网箱养殖黄鳝处于繁殖时期,其腹部膨大柔软,轻压腹部有成熟卵粒流出,成熟卵子体积大,无黏性,滤泡膜破裂,卵子游离于卵巢腔内,卵核消失,卵黄块融合成片(图1-E)。此时卵母细胞发育成熟,卵子无黏性,多呈橙黄色,卵子变得较为透明(图1-E:e)。

2.2 网箱养殖黄鳝雌二醇、睾酮浓度和性腺指数的周年变化

从表1可以看出,网箱养殖黄鳝血清雌二醇浓度7—9月逐渐升高,9月后开始逐渐降低,到次年2月达到最低,3月又开始逐渐升高,且自4月份之后,黄鳝血清雌二醇的质量浓度呈显著上升趋势,到繁殖季节的6月份黄鳝血清雌二醇质量浓度达到最高,且显著高于其他月份。

表1 网箱养殖黄鳝血清雌二醇、睾酮质量浓度和性腺指数的周年变化¹⁾

Table 1 The variation of the contents of serum estradiol and testosterone and the gonad index of *Monopterus albus* cultured in cage in a year

月份 Month	E ₂ /(pg/mL)	T/(pg/mL)	GSI/%
2010-07	178.43±19.21 a	0.44±0.02 a	0.92±0.08 a
2010-08	454.37±50.47 cd	3.25±0.34 b	1.01±0.11 a
2010-09	525.24±61.14 de	6.73±0.66 d	1.24±0.29 a
2010-10	437.46±47.55 cd	7.32±0.77 d	1.29±0.17 a
2010-11	336.25±32.56 bc	5.14±0.59 c	1.29±0.15 a
2011-12	222.36±21.15 ab	1.81±0.20 ab	1.31±0.34 a
2011-01	219.54±29.45 ab	1.06±0.14 a	1.34±0.21 a
2011-02	214.97±23.53 ab	0.68±0.07 a	1.38±0.37 a
2011-03	296.27±27.62 ab	2.17±0.23 ab	1.88±0.79 a
2011-04	644.58±75.39 e	12.42±1.42 f	3.62±0.36 b
2011-05	982.66±105.76 f	13.99±1.54 f	13.01±1.41 c
2011-06	1 233.52±126.07 g	8.83±0.37 e	14.33±2.07 c

1) 同列数值标相同字母表示差异不显著($P>0.05$), 标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。Value in the same line with the same superscripts are not significantly different ($P>0.05$), with the different superscripts are significantly different ($P<0.05$). E₂:雌二醇 Estradiol; T:睾酮 Testosterone; GSI:性腺指数 Gonad index.

黄鳝血清中睾酮浓度7—10月逐渐升高,10月以后直到恢复投喂之前,一直呈下降趋势,且下降的幅度比较大,恢复投喂后,黄鳝血清中T的含量开始上升,4月之后黄鳝血清中睾酮质量浓度上升较

快,到5月份达到最高,6月份其睾酮质量浓度下降,且4月和5月,黄鳝血清睾酮质量浓度差异不显著。

网箱养殖黄鳝7月到10月性腺指数缓慢升高,10月到次年3月期间性腺指数变化不大,呈缓慢增长趋势。4月开始性腺指数迅速升高,到4月份以后性腺指数显著升高,5、6月份性腺指数明显高于其他月份,且6月份达到最高。

3 讨论

网箱养殖黄鳝性腺周年组织切片观察结果表明,网箱养殖条件下黄鳝初次性成熟年龄为1龄。而杨代勤等^[11]由自繁自养的黄鳝进行生长试验时,也证明黄鳝性成熟年龄为1龄,但未进行卵巢组织学研究。陈慧^[12]用黄鳝耳石、脊椎骨和舌骨3种材料鉴定黄鳝年龄,在试验中发现黄鳝2龄就有雄性出现,而V龄仍存在雌性,并由此得出结论,黄鳝性成熟年龄为1龄。杨代勤等和陈慧的结论均与本文作者的研究结果一致,只是他们没有进行深入的研究与论证。

杨明生^[13]在进行黄鳝年龄鉴定和种群年龄结构鉴定的过程中得出结论:自然界中的黄鳝随着年龄增加,数量逐步减少,在自然界群体中以1~2龄的个体为主,且全为雌性。但其试验材料为自然界采集的野生黄鳝,而本文作者所用试验鱼为网箱养殖黄鳝,说明黄鳝的性腺发育可能与其生存环境有关。Liem^[14-15]推测温度会影响黄鳝的性腺发育,导致其性逆转时间的改变,且推测恶劣的生态条件,如营养不良或周期性干旱可影响其性腺发育,但未进行系统论证。邴旭文^[16]在人工改造的稻田繁殖池内进行了模拟自然繁殖条件的黄鳝人工繁殖试验,试验后认为:黄鳝的放养密度是制约黄鳝在繁殖期性腺是否能发育成熟的关键因子,黄鳝在高密度群栖状态下,受食物资源和所处空间的影响,性腺常停止发育。李黎等^[17]研究表明黄鳝的性腺发育受水温、pH等的影响。综合以上学者的研究结果可见,黄鳝的生长和性腺发育受到外界条件的影响,在网箱养殖条件下可人为控制其生长发育条件,使其生长发育达到最佳状态,所以其生长和性腺发育都较野生条件快。在本次试验中,作者采用网箱养殖方式,对养殖条件进行了控制,根据黄鳝的采食规律,饲料在固定位置投喂,投喂量以使鱼达到饱食并有少量剩余为准,同时根据摄食强度、剩料、水温等情

况及时调整投食量,且试验期间依常规方法进行防病、换水,从而使其生长条件接近最适,因而其性腺有着完整的发育过程,且性腺发育较野生条件下快,因而在 1 周年内达到了雌性性成熟。

对网箱养殖黄鳢性腺指数的周年测定结果显示:6 月份孵出的鳢苗在网箱养殖的条件下其性腺系数在 1 周年内基本呈增长趋势,在接近性成熟的季节其性腺系数增长显著,并且在次年 6 月达到最高。黄鳢性腺指数出现这种变化趋势的原因是黄鳢卵巢在性成熟前处于卵黄发生的早期阶段,所以性腺指数最低,然后慢慢积累卵黄物质,性腺指数也随之增加,繁殖季节卵母细胞由于积累大量的卵黄,体积加倍,性腺指数达到最大^[10]。

肖亚梅^[18]开展了黄鳢繁殖生物学的研究,其研究结果表明,黄鳢雌性发育中卵巢成熟系数在 V 期时最大,在雌性黄鳢性腺发育过程中,卵巢系数基本上呈现先增后降的分布趋势,从 I 期到 V 期逐渐增大,当黄鳢排卵之后,卵巢开始萎缩退化,此时卵巢系数又逐渐降低。本次试验得出的结论与肖亚梅的研究结果基本一致,但是肖亚梅在试验中没有对 I 期、II 期的卵巢系数进行研究,只是从第 III 期卵巢开始测定,并且对卵巢产卵后的卵巢系数进行了详细研究,而本次试验研究了网箱养殖黄鳢在 1 周年内的性腺发育,其发育过程包含卵巢发育的第 I 到第 V 期,得出了网箱养殖黄鳢 1 周年内卵巢发育过程中的卵巢系数。

对网箱养殖黄鳢血清雌二醇和睾酮质量浓度的周年测定结果表明:6 月份的鳢苗在网箱养殖的条件下其雌二醇质量浓度在 1 周年内呈先增后降再增的波浪式,由于雌二醇的变化规律与卵黄的形成和积累密切相关^[19],刚孵出的鳢苗在生长过程中不断地积累卵黄物质,致使血清雌二醇质量浓度逐渐上升,然而到了冬季,黄鳢停止摄食,此时为了维持生存,其体内卵黄物质逐渐消耗,因而,血清雌二醇质量浓度开始下降,黄鳢恢复摄食后,其血清雌二醇质量浓度又开始上升,到繁殖季节的 6 月份,网箱养殖黄鳢卵黄物质积累达到最大值,因而血清雌二醇质量浓度达到最高。

网箱养殖黄鳢血清睾酮质量浓度在 1 周年内的变化趋势和血清雌二醇质量浓度的变化相似,也是呈波浪式,只是峰值出现的时间有所不同,从表 1 可以看出,黄鳢体内睾酮的质量浓度在繁殖季节的前 2 个月已经达到最大值,而到繁殖期睾酮质量浓度

反而下降。其原因可能是黄鳢在繁殖季节来临时,卵巢内精巢组织开始分化,此时,由于卵巢滤泡大量合成睾酮,且此时黄鳢体内芳香化酶活性小,使得睾酮向雌二醇转化受阻,因而在繁殖季节前黄鳢血清睾酮浓度达到最大值,而后为了其繁殖,黄鳢将体内大量睾酮向雌二醇转变,从而使繁殖季节雌二醇浓度上升,睾酮浓度反而下降^[20]。本次试验研究得出的网箱养殖条件下黄鳢血清睾酮质量浓度的周年变化趋势与宋平等^[20]研究得出的血清睾酮的周年变化趋势大致相同,但是对睾酮质量浓度的测定值相差较大,主要原因是宋平等所用的试验鱼是采自稻田和池塘,且试验鱼在采集时已经具有一定的规格,而本文中的试验鱼为自繁自育的鳢苗,采样规格也是随着黄鳢的生长而越来越大,在同一时期,不同规格的黄鳢血清睾酮质量浓度自然有所不同。

综上所述,黄鳢初次性成熟年龄与其生活环境有关,野生黄鳢在营养不充足,温度、pH 达不到其最适生长发育要求的情况下,其初次性成熟年龄为 2~3 龄,而在网箱养殖条件下,人为控制其生长条件,使其生长发育环境接近于最适,此时黄鳢性腺发育时间缩短,使得网箱养殖条件下雌性黄鳢初次性成熟年龄缩短为 1 龄。

参 考 文 献

- [1] 周秋白,李有根,陈云香,等.黄鳢含肉率及肌肉营养成分分析[J].淡水渔业,2000,30(11):41-43.
- [2] 石琼,林浩然,邓柏礼.黄鳢血清褪黑激素水平周期性与时节性变化的节律[J].上海水产大学学报,1999,8(1):37-42.
- [3] 刘建康.鳢鱼始原雌雄同体现象之研究[J].国立中央研究院动植物研究所丛刊,1944,15:1-8.
- [4] CHAN S T H, PHILIPS J G. The structure of gonad during natural sex reversal in *Monopterus albus* (Pisces: Teleostei) [J]. Zool Lond, 1976, 151: 129-141.
- [5] 阮国良,龚道兰,柯玉清,等.光照时间对黄鳢生长及性腺发育的影响[J].湖北农业科学,2010,49(3):656-658.
- [6] YEUNG W S B, CHEN H, CHAN S T H. The *in vitro* metabolism of radioactive androstenedione and testosterone by the gonads of the protogynous *Monopterus albus* at different sexual phases: a time-course and seasonal study [J]. General and Comparative Endocrinology, 1993, 89(3): 313-322.
- [7] 阮国良,柯玉清,袁汉文,等.两种性激素对黄鳢性腺发育的影响[J].湖北农业科学,2011,50(23):4920-4922.
- [8] 肖亚梅.黄鳢繁殖生物学研究 I:黄鳢生殖腺早期发生及其结构变化[J].湖南师范大学自然科学学报,1993,16(4):346-347.
- [9] 赵云芳,柯薰陶,杨若宾.黄鳢的性别及性腺结构变化[J].西南

- 农业学报,1989,2(1):94.
- [10] 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):361-367.
- [11] 杨代勤,陈芳,李道霞.黄鳝生长特殊性的初步研究[J].湖北农学院学报,1993(3):194-199.
- [12] 陈慧.黄鳝的年龄鉴定和生长[J].水产学报,1998,22(4):296-302.
- [13] 杨明生.黄鳝年龄与体长的研究[J].内陆水产,1993(6):7-9.
- [14] LIEM K F. Sex reversal as a natural process in the synbranchiform fish *Monopterus albus* [J]. Copeia, 1963, 2: 303-312.
- [15] LIEM K F. Geographical and taxonomic variation in the pattern of natural sex reversal in the teleost fish order Synbranchiformes [J]. Journal of Zoology, 1968, 156: 225-238.
- [16] 邴旭文.模仿自然繁殖条件下的黄鳝人工繁殖试验[J].水产学报,2005,29(2):285-288.
- [17] 李黎,曹振东,付世建.环境缺氧及其对鱼类影响的研究进展[J].现代渔业信息,2005,20(6):6-9.
- [18] 肖亚梅.黄鳝繁殖生物学研究Ⅱ:黄鳝的雌性发育[J].湖南师范大学自然科学学报,1995,18(5):45-51.
- [19] 姜仁良,黄世蕉,赵维信,等.促黄体生成素释放激素类似物对团头鲂血清中促性腺激素和17 β -雌二醇含量变动的研究[J].水产学报,1986,10(2):185-193.
- [20] 宋平,熊全沫.黄鳝血清睾酮和雌二醇含量周年变化规律的研究[J].武汉大学学报,1993(2):115-119.

Age of sexual maturity of *Monopterus albus* cultured in cage

SONG Xiao-juan GONG Shi-yuan YUAN Han-wen
HUANG Wen-hu ZHENG Jia-lang LIN Yu-cong

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract One year was needed for the rice-field eel, *Monopterus albus*, to reach their sexual maturity when cultured in cage and they were all female at the age of 1 year. The gonad index of rice-field eel cultured in cage was roughly increasing in the first year until they reached sexual maturity and the maximum of the gonad index of *M. albus* was 14.33 ± 2.07 , when eel reached sexual maturity, the concentration of serum estradiol reached its maximum ($1\ 233.52 \pm 126.07$ pg/mL) and the concentration of serum testosterone reached its maximum, (13.99 ± 1.54) pg/mL, in May, a month before eel reached their sexual maturity.

Key words rice-field eel (*Monopterus albus*); gonad index; estradiol; testosterone; sexual maturity; age

(责任编辑:边书京)