

韩晓磊,梁廷明,薛凯,等. 河川沙塘鳢胚后发育及仔鱼饥饿试验研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):314-317.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.091

河川沙塘鳢胚后发育及仔鱼饥饿试验研究

韩晓磊¹, 梁廷明², 薛凯¹, 曹昆¹, 韩曜平¹, 徐建荣¹

(1. 常熟理工学院生物与食品工程学院, 江苏常熟 215500; 2. 南京师范大学生命科学学院, 江苏南京 210000)

摘要:对河川沙塘鳢胚后发育各阶段的形态特征进行了详细描述,并通过仔鱼的饥饿试验确定其初次摄食饥饿不可逆点(PNR)和最佳初次摄食时间。结果表明:在胚后发育时期,河川沙塘鳢仔鱼出膜后身体各器官及系统均已出现并陆续发育,口已开启且能够摄食;12日龄卵黄囊完全被吸收;57日龄各种器官趋于成熟,通体覆盖细小圆鳞,形态已与成鱼无异,进入幼鱼阶段。在饥饿试验中,河川沙塘鳢仔鱼1日龄摄食率为60%,即进入混合营养期;13日龄油球完全吸收,进入外源性营养期;仔鱼进入不可逆点发生在9~10日龄,PNR期的时间约为2 d。

关键词:河川沙塘鳢;胚后发育;饥饿试验;不可逆点

中图分类号: S917.4;S961.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0314-04

河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*)俗称塘鳢鱼、土布鱼等,隶属于鲈形目(Perciformes)、虾虎鱼亚目(Gobioidae)、塘鳢科(Eleotridae)、沙塘鳢属(*Odontobutis*),主要分布于我国长江中下游及其流水系^[1],因其可食部分较多,刺少、肉质细嫩鲜美,系餐桌名肴,深受江浙沪一带人们喜爱,是一种极具开发前景的名贵经济鱼类^[2]。近年,天然河川沙塘鳢资源日渐减少,而人们对其的日常需求却急剧增加,故人为过度捕捞造成苏南地区已很难再觅河川沙塘鳢群落的踪迹。迄今,对河川沙塘鳢的研究主要集中在生物学描述、食性分析、生态习性、繁殖规律、染色体组型分析和人工增养殖等方面^[3-9]。

围绕鱼类早期存活和补充的研究,不但是20世纪鱼类早期生活史研究领域和渔业资源生态学研究的核心论题,而且对鱼类资源可持续利用的研究领域的发展起着重要的推进作用^[10-11]。“临界期假设”于1914年创立,提出初次摄食期

仔鱼饥饿“不可逆点”(PNR),即初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点的概念,从生态学角度研究初次摄食期仔鱼耐受饥饿的能力和描述最终导致仔鱼死亡的饥饿程度^[12]。本试验在河川沙塘鳢繁殖生物学的基础上^[13],对其胚后发育的仔鱼期、稚鱼期以及不可逆点进行了深入研究,旨在为河川沙塘鳢持续利用提供一定的科学依据,为人工繁殖、育苗和养殖提供详尽的基础资料。

1 材料与方法

试验所需河川沙塘鳢亲本取自太湖苏州区域,于苏州市长江特色水产工程技术研究中心进行繁殖前强化。亲本强化培养条件为控温,充氧,1~2 d换水1次,投喂鲜活饵料。人工判断强化亲本达到成熟标准后,采用半干法进行人工受精,所得半浮式黏性受精卵使用专有黏土脱黏,得到相互分离受精率高的成熟受精卵。将受精卵于(21±1)℃水体中孵化,直至仔鱼出膜。出膜仔鱼通过人工捕捞鲜活饵料进行喂养,培养水温为常温,采用日龄观测法,通过体式显微镜 Nikon SMZ 1500 每日取样进行显微观察并拍照记录,以50%个体出现新特征作为划分发育时期的标准。改良的 Bouin 氏液对各发育阶段样品进行固定,以备复查。

试验具体步骤是采集人工孵化的河川沙塘鳢仔鱼 900

收稿日期:2015-11-13

基金项目:江苏省太仓市人才开发专项“水产名特优新品的繁养研究与示范推广”。

作者简介:韩晓磊(1981—),男,河北邯郸人,硕士,实验师,主要从事淡水水生生物发育学研究。E-mail:hanxiaolei0724@163.com。

通信作者:徐建荣,博士,教授。E-mail:xujrcs@sohu.com。

性[J]. 江苏农业科学,2012,40(1):203-205.

[8]周礼敬,詹会祥,吴兴兵,等. 4种渔药对昆明裂腹鱼鱼苗的急性毒性试验[J]. 淡水渔业,2012,42(4):26-30.

[9]杨先乐,陆承平,战文斌,等. 新编渔药手册[M]. 北京:中国农业出版社,2005:156-245.

[10]王雨辰,胡廷尖,刘士力,等. 四种常用渔药对泥鳅苗种急性毒性试验[J]. 江西农业大学学报,2011,33(4):781-785.

[11]许淑英,谢刚,祁宝崧,等. 海南红鲌对水产药物的敏感性研究[J]. 水利渔业,2001,21(1):36-37.

[12]朱华平,黄樟翰,谢刚,等. 翘嘴红鲌对水产药物的敏感性试验[J]. 淡水渔业,2003,33(2):18-20.

[13]李代金,黄辉,谭德清. 6种常用渔药对厚颌鲂鱼苗的急性毒性试验[J]. 水生态学杂志,2009(6):25-29.

[14]王贵英,李清,童红斌,等. 四种常用药物对黑尾近红鲌的急性毒性研究[J]. 淡水渔业,2005(增刊1):70-72.

[15]徐先栋,曹义虎,邓勇辉,等. 六种常用渔药对黑尾近红鲌鱼种的急性毒性试验[J]. 水产科学,2013,32(12):696-700.

[16]李赫,宋文华,骆小年,等. 三种常用药物对唇鲮的急性毒性[J]. 水产学杂志,2014,27(4):26-28,34.

[17]程敏红,杨小立,庞强,等. 5种常用渔药对斜带石斑鱼幼鱼的急性毒性试验[J]. 水产科学,2014(2):69-74.

[18]沈智华,胡廷尖,尹文林,等. 翘嘴红鲌对几种常用渔药的敏感性试验[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2002,21(4):340-343.

[19]李代金,黄辉,谭德清. 5种常用渔药对黑尾近红鲌鱼种的急性毒性实验[J]. 四川动物,2010,29(2):227-231.

尾,分2组开展试验,600尾正常喂养,300尾饥饿处理;每日随机观察10尾正常组仔鱼的形态发育变化和食性的转变;每日随机抽取测定10尾饥饿组仔鱼的初次摄食率。

不可逆点 PNR 的确定:每天随机抽取测定饥饿组仔鱼的初次摄食率,初次摄食率=肠道内有食物的仔鱼尾数/总测定仔鱼尾数 $\times 100\%$,确定初次摄食率最高值,当所测定的初次摄食率低于最高摄食率的1/2时,即为不可逆点 PNR 的时间,PNR 用孵化后日龄表示^[14]。

2 结果与分析

2.1 胚后发育形态特征

2.1.1 1日龄仔鱼 河川沙塘鳢刚出膜的仔鱼通体透明,血流已遍布全身(眼下、鳃丝、尾鳍等均已存在),血液为红色,出现1个鳔,仔鱼周身黑色素明显,尤以头部、第1和第2背鳍部分、卵黄囊两侧、尾部靠尾端1/3处、尾基部和围心腔部最为集中,色素形状可变,存在点状和星芒状2种状态;卵黄囊较大,椭圆形,长度约占身体1/3,卵黄囊内油球大小不一,中间小而密,边缘大而疏;眼大,黑色且银膜已经出现;听囊内耳石清晰可见,后耳石明显大于前耳石,是前耳石的3倍;口已开启,下颌能活动且长于上颌,颌上已出现倒钩状牙齿;鼻孔已经形成;卵黄囊背侧为曲型肠道,消化道已经畅通,少数仔鱼肠道开始蠕动且有初便在肛门处;各鳍已经形成且十分明显,腹鳍胸置,背鳍已经分化成2部分,尾鳍为圆尾型,背鳍鳍条数为(IV+8),胸鳍鳍条数为8,腹鳍鳍条数为4,臀鳍鳍条数为6,尾鳍鳍条数为12;鳃弓数为4,且上面布满鳃丝,鳃盖骨已经长成,鳃盖膜清晰可见;尾索基本笔直;肌节为30节(图1-1)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0016g,平均体长5.89mm。

2.1.2 2日龄仔鱼 仔鱼卵黄囊变小;黑色素更为明显且尾鳍处也出现零星黑色素;各鳍条数有所增加,背鳍鳍条数为(V+9),胸鳍鳍条数为9,腹鳍鳍条数为5,臀鳍鳍条数为7,尾鳍鳍条数为13;肌节增至32节(图1-2)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0019g,平均体长6.03mm。

2.1.3 3日龄仔鱼 仔鱼黑色素出现在第1背鳍;胸鳍鳍条数增至10,尾鳍鳍条数增至15,背鳍、腹鳍和臀鳍鳍条数未变;尾鳍鳍条开始分节,分化为2节(图1-3)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0020g,平均体长6.26mm。

2.1.4 4日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条数增至11,其他鱼鳍鳍条数未发生变化;尾鳍鳍条分化为3节(图1-4)。此时仔鱼形态参数为平均体质量为0.0022g,平均体长为6.28mm。

2.1.5 5日龄仔鱼 仔鱼腹内有红点,是初期的肝脏;胸鳍鳍条数增至12,其他鱼鳍鳍条数未发生变化;多数鳍条开始分节,第2背鳍、胸鳍和腹鳍鳍条分化为2节,尾鳍鳍条分化为4节(图1-5)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0023g,平均体长6.38mm。

2.1.6 6~7日龄仔鱼 仔鱼尾鳍鳍条分化为5节,卵黄囊明显变小,底部已贴近肠道(图1-6)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0025g,平均体长6.62mm。

2.1.7 8日龄仔鱼 仔鱼卵黄囊内仍有体积较大的油球,但数量已经明显减少;胸鳍鳍条分化为3节(图1-7)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0025g,平均体长6.79mm。

2.1.8 9~11日龄仔鱼 仔鱼卵黄囊所剩无几且紧贴消化道于腹部底侧;胸鳍鳍条分化为4节,第2背鳍和腹鳍鳍条分化为3节,臀鳍鳍条分化为2节(图1-8)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0027g,平均体长6.86mm。

2.1.9 12日龄仔鱼 仔鱼腹内肝脏颜色转深变黑,其下部有囊状物为胆囊;胸鳍延长至臀鳍前部,第2背鳍和腹鳍部分鳍条分化为4节,尾鳍鳍条分化为5节;卵黄囊完全被吸收,但还有油球少许(图1-9)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0027g,平均体长6.92mm。

2.1.10 13~14日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条数为14,背鳍鳍条数为(VII+10),腹鳍鳍条为5,臀鳍鳍条为8;油球已经消失(图1-10)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0027g,平均体长7.20mm。

2.1.11 15日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条分化为5节,第2背鳍和腹鳍鳍条分化为4节,臀鳍鳍条分化为3节(图1-11)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0027g,平均体长7.25mm。

2.1.12 16~20日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条分化为6节(图1-12)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0030g,平均体长7.39mm。

2.1.13 21~22日龄仔鱼 仔鱼尾鳍分化为6节(图1-13)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0035g,平均体长7.87mm。

2.1.14 23~24日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条分化为7节,腹鳍鳍条分化为5节;后耳石是前耳石的4倍(图1-14)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0038g,平均体长8.24mm。

2.1.15 25~26日龄仔鱼 仔鱼尾鳍鳍条数增至17(图1-15)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0042g,平均体长8.34mm。

2.1.16 27~28日龄仔鱼 仔鱼尾鳍鳍条分化为7节(图1-16)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0044g,平均体长8.86mm。

2.1.17 29~38日龄仔鱼 仔鱼胸鳍鳍条分化为8节,腹鳍鳍条分化为6节,第2背鳍分化为5节,臀鳍分化为5节,尾鳍分化为8节(图1-17)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0099g,平均体长9.86mm。

2.1.18 39~57日龄仔鱼 仔鱼各种器官趋于成熟,并在57日龄时各种鳍条发育完善,通体被细小圆鳞所覆盖且富有黏液,鱼体形态和生活习性与成鱼十分相似,已经进入幼鱼发育阶段(图1-18和图1-19)。此时仔鱼形态参数为平均体质量0.0121g,平均体长11.85mm。

2.2 初次摄食率和不可逆点

在饥饿试验中,于常温培养条件下,出膜仔鱼1日龄摄食率为60%,水平相对较高,此时能够进食少量藻类和轮虫,此时仔鱼进入内源营养和外源营养的混合营养期;3日龄摄食率增至90%,提高迅速,且一直维持高摄食率至7日龄;8日龄达到最高摄食率,即100%;之后摄食率开始下降,9日龄和10日龄摄食率分别为70%和30%,降至最高摄食率的一半水平;13日龄仔鱼油球完全吸收,进入外源性营养期,摄食率降至20%;14日龄饥饿组仔鱼全部死亡(表1)。据此得出,河川沙塘鳢仔鱼进入不可逆点发生在9~10日龄,PNR期的

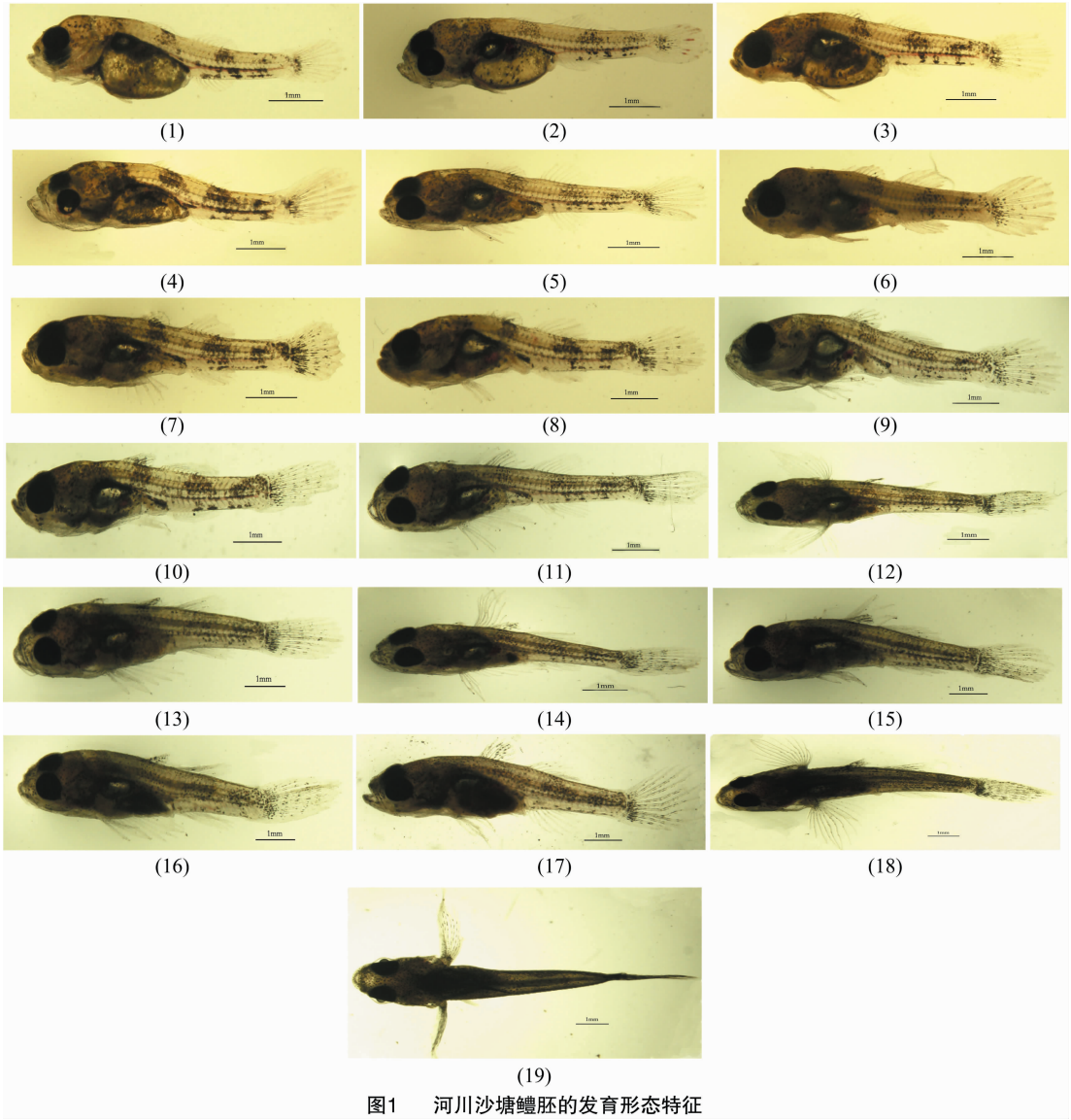


图1 河川沙塘鳢胚的发育形态特征

表 1 河川沙塘鳢饥饿仔鱼初次摄食率及其食性

仔鱼日龄 (d)	观察数 (尾)	摄食数 (尾)	桡足类 (尾)	轮虫 (尾)	枝角类 (尾)	藻类 (尾)	摄食率 (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	6	0	3	0	3	60
2	10	8	5	1	1	1	80
3	10	9	2	2	0	5	90
4	10	9	5	2	1	1	90
5	10	9	3	4	1	1	90
6	10	9	0	3	1	5	90
7	10	9	2	1	1	5	90
8	10	10	2	2	0	6	100
9	10	7	1	0	0	6	70
10	10	3	0	0	0	3	30
11	10	2	0	0	1	1	20
12	10	2	2	0	0	0	20
13	10	2	1	1	0	0	20
14	10	0	0	0	0	0	0

时间约为 2 d,但从 PNR 期直到仔鱼饥饿致死,没有出现明显

的胸角的形态特征。由表 1 可见,仔鱼所摄食食物种类比较随机、无规律,表明其摄食选择无明显倾向性。

3 讨论

鉴于河川沙塘鳢各器官及系统在胚胎发育期间均已出现并陆续发育,至仔鱼出膜时其身体发育已达到较完备的程度,本研究发现,刚孵出的仔鱼血液循环、呼吸和消化等系统发育均已完备,口裂已经穿通并能上下张合,消化管已分化并形成盘曲环,故仔鱼出膜第 1 天即开口摄食,较之常见鱼类^[15]开口摄食的时间要早,且相比同亚科的黏皮鲮鰕虎鱼^[16]开口也早。同时,由于仔鱼在胚胎发育时各器官均已发育成形,故在胚后发育中主要是体型发育的变化以及各个鳍条部位的分化发育。

学者 Pittman 等对庸鲮 (*Hippoglossus hippoglossus*) 和孟庆闻等对团头鲂 (*Magalobrama amblycephala*) 的器官发育研究发现:庸鲮和团头鲂初孵仔鱼消化、呼吸、循环和鳔等器官及系统刚刚出现或仅具雏形,视觉和听觉等感觉器官也仅得到初步发育,因而其仔鱼较晚建立外源性营养摄取机制^[17-18]。

本研究发现,河川沙塘鳢仔鱼在出膜时其心脏及心跳、早期的血液循环,以及蠕动的消化道等均已清晰可见;由仔鱼出膜 3 d 后器官发育时序和程度上可见,其眼、耳囊、心脏、消化道、肾脏、鳃、胸鳍和尾鳍等得到了优先发育,表明河川沙塘鳢仔鱼较早建立起与之形态及生理相适应的外源性营养摄取机制,这与中华乌塘鳢^[19]和云斑尖塘鳢^[20]的发育特征一致。

大多数鱼类的油球吸收总是比卵黄囊慢,有些鱼类甚至在卵黄囊完全消失后油球才开始吸收,这种先卵黄囊、后油球的吸收顺序可能是由于在生长期的能量来源是按照先蛋白质后脂肪的顺序获得的^[21]。本研究中,对于河川沙塘鳢仔鱼而言,同样是卵黄囊消失先于油球,可见卵黄囊蛋白质是其发育的重要营养物质,在卵黄囊消失以后,饥饿组中并没有大量死亡,说明在此过程中油球也可以提供仔鱼能量,可见卵黄囊和油球对维持仔鱼生存和生长起着极为重要的作用,但随着卵黄囊和油球的消失,饥饿时间的延长,仔鱼自身则进入了恶性消耗,出现身体瘦削、新陈代谢和生长发育减缓,最终导致死亡。河川沙塘鳢饥饿耐受力较强,且不可逆点 PNR 发生在 10 日龄,因此只要在其摄食高峰期 8 日龄前,最晚不应超过 10 日龄,及时提供仔鱼饵料就不会影响育苗成活率。

参考文献:

- [1]倪勇,伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京:中国农业出版社,2006, 642-644.
- [2]伍汉霖,陈义雄,庄棣华. 中国沙塘鳢属(*Odontobutis*)鱼类之一新种(鲈形目:沙塘鳢科)[J]. 上海水产大学学报,2002,11(1): 6-13.
- [3]孙帼英,郭学彦. 太湖河川沙塘鳢的生物学研究[J]. 水产学报, 1996,20(3):193-202.
- [4]朱邦科,谢从新,王明学,等. 保安湖沙塘鳢的食性、繁殖、年龄及生长的研究[J]. 水生生物学报,1999,23(4):316-323.
- [5]谢从新,朱邦科,金晖. 沙塘鳢雌雄同体现象的观察[J]. 淡水渔业,1995,25(4):15-16.
- [6]谢仰杰,孙帼英. 河川沙塘鳢的胚胎和胚后发育以及温度对胚胎发育的影响[J]. 厦门水产学院学报,1996,18(1):55-61.
- [7]胡先成. 河川沙塘鳢仔、稚、幼鱼的发育阶段及生长的研究[J]. 重庆师范学院学报:自然科学版,1996,13(2):10-15.
- [8]张君,汤俊,沈颂东,等. 河川沙塘鳢染色体核型研究[J]. 江苏农业科学,2010(2):253-256.
- [9]杨长根,江志栋,宋长太,等. 沙塘鳢人工繁殖与苗种培育技术[J]. 水产养殖,2003,23(2):19-20.
- [10]Yin M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. J Fish China,1991,15(4):348-358.
- [11]Yin M C. Nature mortality of early life stage of fish [J]. Acta Hydrobiologica Sinica,1996,20(4):363-372.
- [12]Blaxter J H S,Hemple G. The influence of eggs size on herring larvae (*Clupea harengus* L.) [J]. J Cons Perm Int Explor Mer, 1963,28:211-240.
- [13]张君,沈颂东,徐建荣,等. 河川沙塘鳢胚胎发育的研究[J]. 淡水渔业,2011,41(3):83-90.
- [14]万瑞景,李显森,庄志猛,等. 鳊鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定[J]. 水产学报,2004,28(1):79-83.
- [15]刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京:农业出版社,1993.
- [16]陈玉龙,郭延蜀. 粘皮鲮鰕虎鱼胚胎及仔鱼的发育[J]. 动物学杂志,2007,42(2):124-128.
- [17]Pittman K,Skiftesvik A B,Berg L. Morphological and behavioural development of halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.) larvae [J]. Journal of Fish Biology,2006,37(3):455-472.
- [18]孟庆闻,唐宇平. 团头鲂的器官发育[J]. 水产学报,1986,10(4):395-407.
- [19]张维翥. 中华乌塘鳢的仔稚鱼的摄食习性与食物选择[J]. 海洋科学,1991,15(4):35-39.
- [20]廖志洪,王春,李小涛,等. 云斑尖塘鳢胚胎和早期仔鱼的发育[J]. 动物学杂志,2004,39(6):18-22.
- [21]勃朗 M E. 鱼类生理学:上册[M]. 费鸿年,译. 北京:科学出版社,1962:82-105.
- [9]Keffala C,Ghrabi A. Nitrogen and bacterial removal in constructed wetlands treating domestic waste water[J]. Desalination,2005,185(1/2/3):383-389.
- [10]Reddy K R,Patrick W H,Lindau C W. Nitrification-denitrification at the plant root-sediment interfaces in wetlands[J]. Limnology and Oceanography,1989,34(6):1004-1013.
- [11]Li W X,Li Z J. In situ nutrient removal from aquaculture wastewater by aquatic vegetable *Ipomoea aquatica* on floating beds[J]. Water Science and Technology,2009,59(10):1937-1943.
- [12]陈家长,孟顺龙,胡庚东,等. 空心菜浮床栽培对集约化养殖鱼塘水质的影响[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(2):155-159.
- [13]宋超,陈家长,戈贤平,等. 浮床栽培空心菜对罗非鱼养殖池塘水体中氮和磷的控制[J]. 中国农学通报,2011,27(23):70-75.
- [14]于津. 乌鳢池水体氮、磷污染及水蕹菜等水生植物消污作用的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2011:4-15.
- [15]敬小军,袁新华. 水蕹菜生长速率的初步观测[J]. 安徽农学通报,2009,15(5):157-158.

(上接第 310 页)

- wastewater treatment systems[J]. Ecological Engineering, 1996, 6: 137-148.
- [2]葛滢,王晓月,常杰. 不同程度富营养化水中植物净化能力比较研究[J]. 环境科学学报,1999,19(6):690-692.
- [3]国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002:223-281.
- [4]黄婧,林惠凤,朱联东,等. 浮床水培蕹菜的生物学特征及水质净化效果[J]. 环境科学与管理,2008,33(12):92-94.
- [5]操家顺,李欲如,陈娟. 水蕹菜对重污染河道净化及克藻功能[J]. 水资源保护,2006,22(2):36-38,41.
- [6]周晓红,王国祥,杨飞,等. 空心菜对不同形态氮吸收动力学特性研究[J]. 水土保持研究,2008,15(5):84-87.
- [7]胡绵好. 水生经济植物浮床技术改善富营养化水体水质的研究[D]. 上海:上海交通大学,2008:6-14.
- [8]Huet D O, Morris S G, Smith G, et al. Nitrogen and phosphorus removal from plant nursery runoff in vegetated and unvegetated subsurface flow wetlands [J]. Water Research, 2005, 39 (14): 3259-3272.