

# 中国沿海河口地区鳗苗的群体生态 和群体结构\*

解玉浩\*\* 李勃 富丽静 唐作鹏 解涵

(辽宁省淡水水产研究所, 辽阳 111000)

**摘要** 本文报道了 1992-1995 年间对中国沿海 7 个代表性河口鳗苗的群体生态 (包括溯河生态条件、日龄生长、食性、对温度和盐度变化的适应力、耗氧率、窒息点、耐饥力) 和群体结构 (全长、体重和日龄结构) 的研究结果。

**关键词** 鳗苗; 群体结构; 群体生态; 中国沿海

**中图分类号** S931.1

1992-1995 年在日本鳗鲡 (*Anguilla Japonica*) 的白仔鳗溯河盛期, 对海南万泉河、台湾东港<sup>①</sup>、广东韩江、福建闽江、浙江钱塘江、江苏长江、辽宁鸭绿江口的主要生态因子进行了调查, 随机采取了白仔鳗样品, 进行了群体生态和群体结构的比较研究。

鲜活白仔鳗带回实验室, 过渡到淡水中暂养 4-5 d 后, 随机配组进行生态适应力试验。试验用水是搁置 24 h 后的自来水, 降温使用低温浴槽; 升温采用联接控温仪的电加热器。盐度系人工海水调配成不同梯度, 用光学折射盐度计测定。不同梯度的 pH 值设置, pH < 7 的用  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  液调配, pH > 7 的用 NaOH 与  $\text{H}_3\text{BO}_3$  液调配, 24 h 校正 2-3 次, 以笔式酸度计测定。耗氧率试验是在密封呼吸室置于恒温水槽中进行若干小时, 依试验始末时间、溶氧量、水的体积、鱼重等计算耗氧率; 延长试验至 1/2 的鱼窒息 (停止呼吸), 此时的溶氧量即为窒息点。24 h 耗氧率测定是在流水恒温装置内进行。耐饥力试验设淡水、半咸水 (人工海水调配到盐度为 13‰)、海水 (人工海水, 盐度为 33‰)、蒸馏水 4 组和淡水投喂人工饵料对照组。每组用 1000 mL 烧杯盛液 400 mL, 放鱼 10 尾室温下进行, 每 2 d 更换 1 次水 (用水均经过滤, 调节温度和盐度与各试验组一致), 每 10 d 测定一次存活鱼的平均体重。随时测记死鱼的时间和全长、体重。试验直至试验组的鱼全部死亡止。

鲜活或 75% 酒精固定样品, 随机抽取 50-80 尾测定全长、体重之后, 从中随机取 10 尾剖出矢耳石, 制成扫描电镜观察样品, 测定日轮数量、日轮间距等, 用于群体结构和

收稿日期: 1996-05-05

\* 农业部八五重点研究项目 (渔 85-91-10-02-02) 部分内容

\*\* 解玉浩: 1935 年生, 男, 研究员

① 东港样品系台湾大学曾万年教授采集交换的

日龄生长研究。其它样品用于食性分析。长度、重量以鲜品为准,固定样品按固定前后实测收缩率还原成鲜样数值。最后依测定和试验数据进行相关分析研究。

鸭绿江的样品系 1992~ 1995年 5月初 4年连续采集;长江、钱塘江、闽江、韩江样品系 1992~ 1994年 2月~ 4月 3年连续采集;台湾东港的样品系 1993~ 1994年 2月采集;万泉河仅有 1992年 12月的样品,其它年份的样品多为花鳗白仔鳗,日本鳗鲡的白仔鳗数量很少,故舍弃不用。

## 1 群体生态

### 1.1 鳗苗溯河的生态条件

所调查的中国大陆 6条代表性河流,除长江为长江口外的浅海区外,鳗苗溯河的生态条件类似,即均有淡水注入,潮水到达的河段,底质为泥沙,水的透明度较低,溶解氧丰富,水质具咸淡水混合特征。水中浮游生物有一定含量(见表 1)。我国沿海当近海与河口水温接近,并达到  $8^{\circ}\text{C}$  左右,鳗苗才开始溯河,  $10\sim 20^{\circ}\text{C}$  为溯河盛期<sup>[1,2]</sup>。本次调查 6条河口的水温也在这个范围。台湾东港所处河口鳗苗溯河期的生态因素虽没有现场测定,但据报道在台北县的淡水河口鳗苗溯河盛期的 1~ 2月份(1990~ 1993年),水温  $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ ,水的透明度  $60\sim 80\text{ cm}$ , pH值 7.5左右,盐度  $6\sim 8\text{‰}$ <sup>[3,4]</sup>,与大陆的类同。可见中国沿海河口鳗苗溯河的基本条件是一致的。

### 1.2 鳗苗的食性

鳗苗胃肠容纳的食物主要是浮游生物。浮游植物中优势属为硅藻门的脆杆藻 *Frugilaria* 针杆藻 *Synedra* 小环藻 *Cyclotella* 等,绿藻门的衣藻 *Chlamydomonas* 小球藻 *Chlorella* 等。浮游动物中以原生动物为主,优势属为砂壳虫 *Diffflugia* 表壳虫 *Arcella* 等。桡足类和昆虫幼虫偶而出现。食物出现频率藻类为  $7\sim 98\%$ ,以长江口外最高(98%),东港最低(7%);原生动物为  $0\sim 39\%$ ,也以长江口外最高(39%),东港和闽江口为 0%。摄食个体所占的比例以钱塘江最高(62%),东港最低(7%)。食物团重量变动于  $0\sim 6.42\text{ mg}$ ,平均食物团重以闽江口最多(3.40 mg),万泉河和东港为零。饱满指数变动于  $0\sim 534.3$ ,平均值以闽江口最高(293.58),万泉河和东港最低(0)。以摄食频率和摄食强度综合评价,以韩江、闽江的最高,钱塘江、长江、鸭绿江次之,万泉河和东港的最低。

溯河白仔鳗摄食量很少,直观胃肠见不到食物,只有剖开胃肠用蒸馏冲洗沉淀后,有的可检出少量食物。食物中浮游动物的出现频率远低于浮游植物,这可能与随潮水漂移过程中主动选食的机率较低有关。白仔鳗肠壁外脂肪较多,这可能由于溯河前的营养积累较多,在随水被动漂移和较低水温下摄食少量食物即可维持生命代谢。

### 1.3 鳗苗的日龄与生长

鳗苗矢耳石的剖出、制片、日轮计数和间距测量方法同李勃<sup>[5]</sup>。从耳石矢切面的扫描电镜照片上,可见中心部分为一个核,核外排列着同心日轮。孵出后第二天形成第一个

日轮,之后每天一轮<sup>[6,7]</sup>。鉴定结果表明,1992~1993年间7个河口鳗苗日龄为128~181,两年的平均日龄均以鸭绿江最低(143.4±15.5<sup>①</sup>、147.2±10.5),韩江最高(160.8±13.9、159.2±11.3),同年不同河口或同河口不同年度鳗苗日龄虽有变化,但方差分析差异不显著。

按日龄和采样日期推算,7个河口样品的出生日期为6~12月份,其出生日期规律性地由南向北逐渐滞后(见表2)。

表 2 中国沿海代表性河口鳗苗的日龄和出生日期

年度	采样日期	采样地点	样品数量	平均全长 /mm	日 龄	出生日期
1992	0227	韩 江	9	56.4±3.2	160.8±13.9	0830~1008
	0306	闽 江	5	56.4±2.3	155.4±7.8	0920~1008
	0304	钱塘江	5	55.8±2.0	156.4±12.2	0919~1009
	0405	长 江	8	55.0±2.3	153.3±8.5	1024~1124
	0505	鸭绿江	7	56.4±1.7	143.4±15.5	1116~1230
1993	1209	万泉河	7	50.5±2.0	158.2±6.1	0627~0712
	0223	韩 江	6	57.1±2.0	159.2±11.3	0903~0930
	0224	东 港	7	55.2±2.5	158.6±17.2	0828~1019
	0301	闽 江	5	53.6±2.0	154.2±9.9	0914~1007
	0227	钱塘江	5	55.0±1.9	154.6±8.6	1002~1024
	0317	长 江	5	55.4±3.4	156.0±3.7	1017~1027
	0513	鸭绿江	5	59.7±2.7	147.2±10.5	1119~1214
1994	0210	东 港	5	54.9±2.1	159.8±5.9	0828~0912

耳石日轮间距与鱼体生长成正比关系。在耳石矢剖面的扫描电镜片上,从中心到边缘,不同日轮区段其间距宽窄不一,显示了鳗苗生长速度的变化。图1为1992~1993年间7个河口12尾典型样品的日轮间距变化。尽管不同年份不同河口样品间有差异,但总的变化趋势基本一致,即前40个日轮较宽,平均日轮间距1992年样品变动于0.8~1.6 $\mu\text{m}$ 间,1993年为0.56~1.7 $\mu\text{m}$ 间。之后日轮间距渐窄,至100轮左右最窄,1992年样品为0.42~0.69 $\mu\text{m}$ ,1993年为0.41~0.74 $\mu\text{m}$ 。从120轮起间距再次增宽,至150~170日轮平均间距1992年为0.88 $\mu\text{m}$ ,1993年为0.84 $\mu\text{m}$ 。

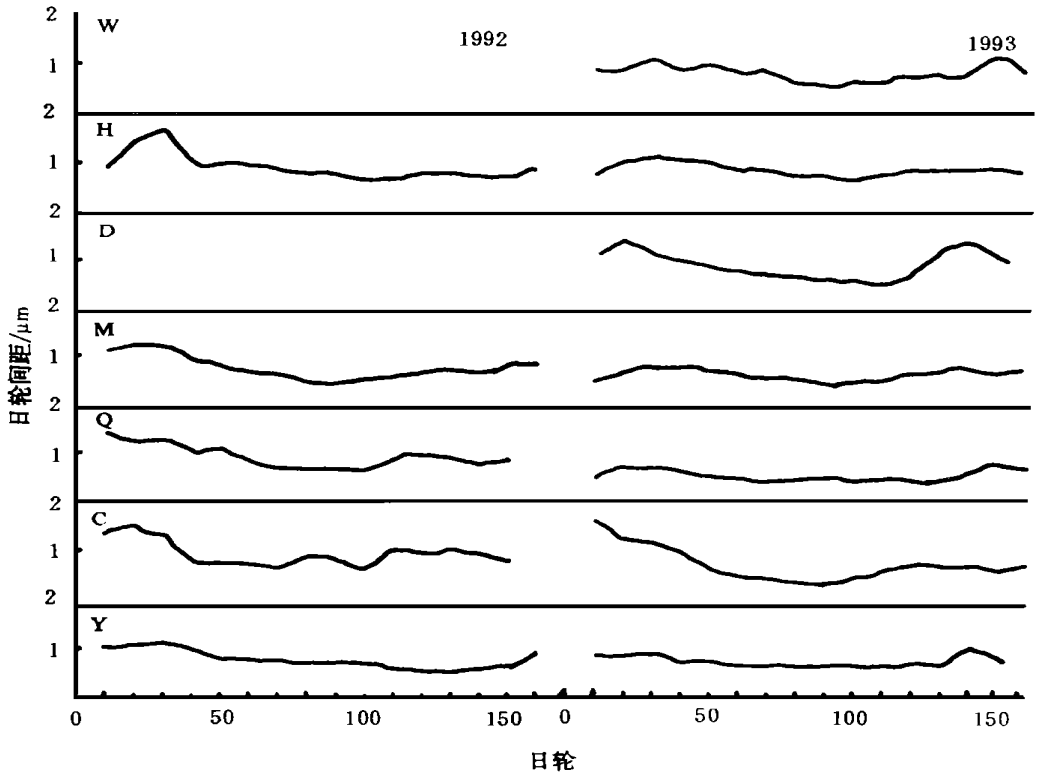
#### 1.4 鳗苗对温度、盐度和 pH 值变化的适应力

以水温 17.0~21.4 $^{\circ}\text{C}$  为起点逐渐升温或降温的试验表明,鳗苗全致死的温度上限为 39 $^{\circ}\text{C}$ ,下限为 2 $^{\circ}\text{C}$ 。水温聚升(17~27 $^{\circ}\text{C}$ )和聚降(21.4~8 $^{\circ}\text{C}$ ),各河口样品均出现不同比例的死亡,表明+10 $^{\circ}\text{C}$ 温差的水温突升及-13 $^{\circ}\text{C}$ 温差的水温聚降对鳗苗有致死危害。鳗苗耐低温能力比耐高温能力强。

① 系 S、D 后同

在水温 13~ 21.7℃ 条件下, 盐度每 24 h 增加 1~ 5‰ 的试验表明, 鳗苗对盐度的适应上限为 38‰。当盐度逐渐增加到 59.6‰ 时, 所有试验组鳗苗在 24 h 内全部死亡。

水温变幅在 12.2~ 17.5℃ 条件下, 鳗苗对 pH 值的变化全死亡上限为 10.1, 下限为 5.3。



W 万泉河 H 韩江 D 东港 Q 钱塘江 C 长江 Y 鸭绿江

图 1 1992~ 1993 年 7 个河口典型样品耳石每 10 个日轮平均间距变化

### 1.5 鳗苗的耗氧率和窒息点

试验结果表明, 韩江、闽江、钱塘江、长江、鸭绿江 5 河口鳗苗在 7~ 30℃ 的耗氧率为 0.04~ 0.503 mg/g·h。耗氧率与水温呈线性关系, 7~ 25℃ 时水温每升高 5℃ 耗氧率增高 27.8%, 水温超过 25℃, 则耗氧急剧增高, 30℃ 比 25℃ 高 62.1%。5 河口组方差分析  $F = 0.170 < F_{0.05}$ , 表明各河口鳗苗在相同温度下耗氧率差异不显著。耗氧率高峰期出现在 19:00~ 23:00 白天 (07:00~ 18:00) 鳗苗耗氧率平均为 0.205~ 0.251 mg/g·h, 夜间 (19:00~ 06:00) 平均耗氧为 0.261~ 0.314 mg/g·h, 夜间比白天高 25.1%~ 27.3%。对昼夜耗氧率进行  $t$  检验, 长江样品  $t = 2.28 > t_{0.05}$ , 鸭绿江  $t = 8.80 > t_{0.01}$ , 其差异显著或极显著。鳗苗的窒息点大体上也是随温度的升高而提高, 15℃ 时各河口鳗苗窒息点为 0.459~ 0.925 mg/L, 而 30℃ 时则为 0.820~ 1.18 mg/L。

## 1.6 鳗苗的耐饥力

采自韩江、闽江、钱塘江、长江和鸭绿江口的白仔鳗, 过渡到淡水暂养 4~5 d, 待肠道食物消化排空后用于试验。因新陈代谢强度随水温的升高而增强, 所以耐饥力除用日数外, 同时用度时积表示。试验结果表明, 淡水组和半咸水组鳗苗存活时间最长, 100% 死亡的平均时间分别为 81.7~131 d, 39262~56712 g°h 和 87~161.3 d, 45034~75097 g°h, 平均减重百分比为 65.7%~81.1% 和 61.4%~74.5%。方差分析和多重比较显示, 淡水组平均存活的度时积, 韩江与闽江间无显著差异; 钱塘江、长江、鸭绿江间亦无差异, 而韩江与钱塘江、鸭绿江间有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 韩江与长江有极显著差异 ( $p < 0.01$ )。除长江外, 其余 4 条江河样品平均存活度时积, 由南向北递减。蒸馏水组存活的时间最短, 为 36~52.3 d, 11003~27170 g°h。这可能由于以下两种原因造成的, 一是在蒸馏水中鱼体内外液渗透梯度最大, 用于调节渗透的能量消耗也最大, 标准代谢提高, 减重最多, 死亡最快; 二是渗透压调节机能障碍造成的。

## 2 鳗苗的群体结构

测定的全长、体重 (固定样品均换算成鲜品数值) 和日龄, 作出频率分布图表, 进行分析。

### 2.1 鳗苗群体的全长结构

7 个河口鳗苗群体的全长大致由南 (万泉河) 向北 (鸭绿江) 递增。全长平均值以万泉河最小为 (50.68±2.22) mm, 鸭绿江最大, 4 年平均为 (59.57±2.02) mm, 其它 5 个河口介于中间为 (55.94±1.84) ~ (58.29±2.13) mm。全长频率高峰也以万泉河最低 (48~50 mm 组), 鸭绿江最高 (62~64 mm 组), 其它河口介于中间 (54~56 mm, 56~58 mm 和 58~60 mm 组), 亦呈由南向北递增趋势。同河口不同年份全长结构变化无规律。

### 2.2 鳗苗群体的体重结构

同年不同地点比较, 以万泉河体重平均值最小为 (88±10) mg, 闽江最高为 (1288±25) mg, 其它河口介于 (1100±14) ~ (122±14) mg。以采样年份的总平均值比较, 7 个河口可分成 3 组: 中南部东海区的闽江、韩江、钱塘江、长东和东港最高为 (1142±15) ~ (1197±17) mg, 最南部南海区的万泉河最低为 (88±10) mg, 最北部黄海区的鸭绿江介于中间为 (1096±13) mg。体重频率高峰变化趋势亦与上述类同。同河口不同年份比较, 体重组成变化无规律可循。

### 2.3 鳗苗群体的日龄结构

7 个河口鳗苗日龄有由南向北递减趋势, 以韩江最多 (160±12.6), 东港和万泉河次之 (分别为 159.2±11.6 和 158.2±6.1), 鸭绿江最低 (145.3±13.0)。同地点不同年份

日龄变化也无规律。例如韩江 1992 年 ( $160.8 \pm 13.9$ ) > 1993 年 ( $159.2 \pm 11.3$ ), 而鸭绿江 1993 年 ( $147.2 \pm 10.5$ ) > 1992 年 ( $143.4 \pm 15.5$ )

## 2.4 鳗苗群体结构变化原因的分析

如上所述, 同年不同河口鳗苗群体全长、体重和日龄结构均存在一定差异。按采样日期和耳石日龄推算, 中国沿海河口鳗苗的出生日期为 6~12 月份, 与台湾、日本学者报道基本一致<sup>[6-11]</sup>。万泉河口样品出生日期为 6 月 27 日至 7 月 12 日, 东港、韩江、闽江、钱塘江样品的出生日期基本上在 8~10 月份, 长江样品为 10~11 月份, 而鸭绿江样品出生于 11 月 16 日至 12 月 30 日。这表明不同海区河口的鳗苗是来源于在时间或空间上繁殖隔离的产卵群体。可以推断同年不同海区河口鳗苗群体全长、体重和日龄结构的差异是源于遗传性。同海区河口不同年份全长、体重和日龄结构变化的无规律性, 可能与鳗苗漂移分布的随机性有关。传送鳗苗的黑潮暖流系统多有变化, 同时鳗鱼产卵场附近的菲律宾以东的太平洋海区是风暴多发地区, 夏秋出现的风暴规律性地向西偏北方向移动, 风浪多波及到我国东南沿海, 也影响到鳗苗的传送和分布<sup>[12]</sup>。同一繁殖群体繁生的鳗苗可能被传送到同海区相邻的不同河口, 或同一河口不同年份被传送来不同繁殖群体繁生的鳗苗。

鳗苗的全长、体重和日龄组成无对应规律, 如鸭绿江样品全长最大, 但体重以闽江样品最高; 日龄以闽江最多, 鸭绿江最少等。这反映了出生规格和生长速度及肥满度的差异, 也应是遗传异质性决定的。

工作过程中得到台湾大学、中国医科大学和有关省市等部门的大力协助。谨向台湾大学动物系曾万年教授、中国医科大学电镜室李家滨、海南省琼海市博鳌乡林尤芹、广东汕头渔政站陈尊辉、福建长乐县渔政站林世忠、浙江杭州钱塘江渔管会王振槐、江苏省淡水水产研究所朱成德、江苏如东县水产局洪劲才、辽宁东港市渔业指挥部林兆兰等诸位先生深表谢意。

## 参 考 文 献

- 1 张有为等. 鳗鲡在我国的溯河洄游和分布. 动物学集刊, 1981, 第一集: 117~121
- 2 解玉浩等. 辽宁黄海沿岸鳗苗的溯河生态与资源. 大连水产学院学报, 1993, 7(4): 25~30
- 3 Tzeng W N, et al. Structure, composition and seasonal dynamics of the larval and juvenile fish community in the magrove estuary. Marine Biology, 1992, 113: 481~490
- 4 Tzeng W N, et al. Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Taiwan river system of Northern Taiwan. Journal of Fish Biology, 1995, 46: 183~201
- 5 李勃等. 鳗鲡幼鱼耳石日轮的研究. 动物学研究, 1992, 13(2): 201~207
- 6 Tabeta, et al. Aspects of the Early Life History of the Japanese Eel, *Anguilla japonica*, determined from otolith microstructure. Nippon Suisan Gakkaishi, 1987, 53(10): 1727~1734
- 7 Umezawa, et al. Daily growth increments in the larval otolith of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. Japanese Journal of Ichthyology, 1989, 35(4): 440~444
- 8 Umezawa, et al. Age and birth date of the glass eel, *Anguilla japonica* collected in Taiwan. Nippon Suisan Gakkaishi, 1990, 56(8): 1199~1202

- 9 Ozawa, et al. *Anguillid leptocephali* from the Western North Pacific East of Luzon, in 1988. Nippon Suisan Gakkaishi, 1989, 55(4): 627- 632
- 10 Tsukamoto, et al. Age and growth of *Anguilla japonica* leptocephali collected in Western North Pacific in July 1990. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(3): 457- 459.
- 11 Tzeng W N, et al. Otolith microstructure and daily age of *Anguilla japonica* elvers from the estuaries of Taiwan with reference to unit stock and larval migration. Journal of Fish Biology, 1992, 40 845- 857

## **Population Ecology and Structure of Elvers of Japanese Eel (*Anguilla japonica*) from Estuaries in Chinese Coast**

Xie Yuhao    Li Bo    Fu Lijing    Tang Zuopeng    Xie Han  
(Institute of Freshwater Fisheries of Liaoning Province, Liaoyang 111000)

**Abstract** This paper presents the research results on the population ecology and structure of elvers from estuaries in the Chinese coast during 1992~1995, which include the ecological condition of upstream migration, daily age and growth, feeding behavior, ecological adaptability, endurable ability for starvation and structures for total length, body weigh and dialy age.

**Key words** elvers of Japanese eel; population ecology and structure; Chinese coast