

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00416

## 广东东江外来尼罗罗非鱼年轮特征及其影响因素

张鹏飞, 林小涛, 孙军, 陈国柱, 何耀升, 徐采, 王彦霏

暨南大学 水生生物研究所 热带亚热带水生生态工程教育部工程研究中心 广东 广州 510632

**摘要:** 以养殖群体为对照, 研究了广东东江外来尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)鳞片、腹鳍棘、鳃盖骨、脊椎骨和矢耳石 5 种年龄材料的年轮结构特征。与养殖群体相比, 整体上东江种群年轮的清晰度及对比度更高。结合周年水温数据, 推测东江尼罗罗非鱼在 1-3 月份低温期形成 1 个年轮标志, 而其副轮较多的特征可能与繁殖活动有关。在 5 种年龄材料中, 以矢耳石的轮纹特征最为明显, 且规律性强, 而鳃盖骨和鳞片受副轮影响, 可读性最低。5 种年龄材料的可读性由大到小顺序为矢耳石、脊椎骨、腹鳍棘、鳃盖骨、鳞片。

**关键词:** 东江; 尼罗罗非鱼; 年轮特征; 水温; 繁殖

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)03-0416-07

罗非鱼属(*Tilapia*)是一类原产于非洲热带地区的中小型鱼类, 隶属于鲈形目(Perciformes)丽鱼科(Cichlidae)。罗非鱼是联合国粮农组织向全世界推广的优良养殖鱼类<sup>[1-2]</sup>, 其中尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)是罗非鱼中个体较大的一种, 半个世纪以来被热带、亚热带地区的多个国家引种养殖并取得了巨大的成功。然而在养殖过程中, 常有罗非鱼逃逸进入当地自然水体, 定居之后对土著鱼类及水生态系统造成不同程度的影响<sup>[3]</sup>。目前在中国广东、广西、云南等地自然水域, 均发现有自然种群存在<sup>[4-5]</sup>。近年来笔者在东江鱼类资源调查中发现, 尼罗罗非鱼已成为某些江段的优势种<sup>[6]</sup>。国外关于尼罗罗非鱼的生态学及入侵作用已有报道<sup>[3,7-8]</sup>, 而国内尚未系统地开展此方面研究。

鱼体硬组织上的生长标记是个体发育与环境条件共同作用的结果<sup>[9]</sup>, 其年轮的形成特征与光周期、水温、摄食等因素紧密相关<sup>[10]</sup>, 是进行其年龄鉴定和种群结构分析的基本前提。国外对尼罗罗非鱼年龄与生长的报道大多描述单一的年龄

鉴定材料, 并未对年轮特征进行深入探讨<sup>[11-12]</sup>。本研究以尼罗罗非鱼养殖群体为参照, 研究了广东东江尼罗罗非鱼鳞片、腹鳍棘、鳃盖骨、脊椎骨和矢耳石等年龄材料的年轮结构特征, 探讨其与东江水环境以及罗非鱼自身生物学习性的关系, 拟为今后深入开展罗非鱼入侵生态学研究积累基础资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 标本的采集

2010年8月至2011年7月在东江的罗阳、古竹和老隆江段共采集尼罗罗非鱼样本 491 尾, 标本体长 57~242 mm, 体质量 6.6~455.5 g。在野外进行体长(精确到 1mm)、体质量(精确到 0.1g)等常规生物学测量, 解剖并记录其性腺发育时期, 之后用 10% 福尔马林固定保存。在这些标本中, 依据不同体长和体质量大小按比例收集了其中 183 尾标本的鳞片(第一背鳍起始处下方, 上行侧线下的一排鳞片第 8-10 枚)、脊椎骨(第 5-8 枚)、鳃盖骨、腹鳍棘和耳石。作为对比的尼罗罗非鱼

收稿日期: 2011-10-08; 修订日期: 2011-12-10.

基金项目: 国家科技重大专项项目(2009ZX07211-009).

作者简介: 张鹏飞(1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类生态方面的研究. E-mail: 191989736@qq.com

通信作者: 林小涛, 教授. E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn

养殖个体来自广州市番禺区农科中心, 标本处理方法同上。

## 1.2 材料及其处理

鳞片用 1% NaOH 溶液浸泡 2 h, 清除表面结缔组织, 再用清水冲洗干净后封片观察。鳃盖骨和脊椎骨用 1% NaOH 溶液煮沸 5~10 min, 刷洗干净, 晾干后在解剖镜下观察。腹鳍棘在 1% NaOH 溶液中煮沸 5~10 min, 刷洗干净, 在靠近基部处截取长约 2 mm 的小段, 在 2000# 水砂纸上将腹鳍棘双面打磨至约 0.3 mm 厚, 换用 5000# 水砂纸稍作细磨, 二甲苯透明后用中性树脂封片, 晾干后备用。耳石取出后用无水乙醇清洗晾干, 二甲苯透明后直接观察; 或制成耳石磨片后观察: 用热熔胶将耳石固定在载玻片上, 先用 2000# 水砂纸进行粗磨, 并随时在解剖镜下观察, 磨至中心时换用 5000# 水砂纸细磨, 把耳石从载玻片上取下, 换相反面固定并打磨, 最后把耳石加工成 0.1~0.2 mm 厚的薄片, 置于二甲苯中溶去热熔胶并透明, 用中性树脂封片。

所有材料均在 OLYMPUS 解剖镜或光学显微镜下观察, 用 DeltaPix Camera2005 摄像装置进行拍照。

## 1.3 水温数据的收集

在东江古竹河段安置一个水温自动记录仪 (1-800-LOGGERS, Onset®), 用来记录全年水温变化, 用 HOBOware Pro 2.3 软件读取水温数据。

## 1.4 数据处理与分析

在没有预知标本对应全长、体长、体质量的情况下, 对年龄材料的年轮数进行两次判读, 两次判读间隔 3 周。若两次读数相同, 表示其结果是可取的; 若有差异则进行第 3 次判读, 以两次相同的读数作为年轮数; 如果 3 次读数都不同, 则视其年龄不确定。年龄材料上没有年轮标志记作 0<sup>+</sup>, 有 1 个年轮标志记作 1<sup>+</sup>, 以此类推。

## 2 结果与分析

### 2.1 各年龄材料年轮特征

**2.1.1 鳞片** 尼罗罗非鱼的鳞片为弱栉鳞<sup>[13]</sup>, 骨质层较厚, 外形呈近五边形, 分为前区、后区和侧

区 3 部分。前区布满刺状、棒状或条带状突起, 以鳞焦为中心呈同心圆状排列, 无辐射沟; 后区的生长环纹紧密清晰, 以鳞焦为中心向边缘波浪状排列, 辐射沟自鳞焦向外以辐射状延伸, 少数个体偶见次生辐射沟; 侧区环纹较后区排列疏松, 无辐射沟。

尼罗罗非鱼的年轮在鳞片不同区域呈现不同的结构特征。年轮在后区为疏密型, 在侧区表现为普通切割型特征, 而前区一般观察不到年轮结构。在透射光下后区年轮呈一条黑带, 结构特征表现为环纹由疏到密过渡, 折光性逐渐增加; 侧区的年轮在透射光下为一条黑线结构(图版 I-1)。

鳞片上的年轮可读性差, 因为除年轮外, 有些鳞片还因出现副轮及生殖轮影响判读。副轮在鳞片上出现的位置不规律, 且不如年轮结构清晰, 其痕迹较淡, 折光较弱, 呈不完整和不连续状, 一般可根据这些特征与年轮进行区分(图版 I-3)。部分性成熟个体鳞片上可以观察到生殖轮(图版 I-2), 生殖轮呈现不连续状线条, 表现出断裂、切割的特征, 辐射沟在与生殖轮交汇处会发生不同程度的错位现象, 可以利用这些特征来分辨年轮与生殖轮。

尼罗罗非鱼养殖群体鳞片上的年轮、副轮及生殖轮结构与东江自然种群无明显差异。

**2.1.2 鳃盖骨和脊椎骨** 尼罗罗非鱼的鳃盖骨外形呈半心形, 下缘稍突出, 主鳃盖骨的厚度不均匀, 自生长中心向边缘逐渐变薄。反射光下, 鳃盖骨上的年增长带由与边缘平行的暗色窄带和白色宽带组成, 暗带向白带的过渡处即为年轮(图版 I-4, I-5)。由于靠近生长中心的骨质很厚, 位于此处的年轮结构模糊, 不易辨认; 鳃盖骨边缘很薄, 位于边缘的年轮与杂轮混在一起, 亦不易观察分辨, 年轮的可读性差。

与养殖群体比较, 发现东江自然种群鳃盖骨上的暗带相对较宽, 呈颜色逐渐变暗的带状, 而养殖群体暗带较窄, 呈细线状。

尼罗罗非鱼的椎体为双凹型, 第 1-4 枚脊椎骨结合紧密, 分离时易造成锥面损坏。将脊椎骨的椎体逐个检视, 发现不同椎体上的环纹数目和

清晰度无明显差别。

脊椎骨锥面环纹较清晰,反射光下观察,椎面中心至边缘由白色环带和暗色环带相间排列成同心圆形结构,环带与椎面边缘平行。锥面上一个完整的年生长带由一条宽的白色环带和一条窄的暗色环带组成。内侧暗色窄带与其外侧白色宽纹的交界处即为年轮(图版 I-7, I-8)。在高放大倍数下观察发现,暗色环带区域在锥面发生轻微凹陷,像一条沟,且越靠近边缘的暗环凹陷程度越深。此外,锥面上还常出现暗色的细纹,大多数不形成环,有的形成一个完整的环,但较暗色环带窄,且清晰度和对比度低,这些结构为副轮(图版 I-8),副轮出现率约为 23%。

与养殖群体比较,自然种群椎体上年轮的对比度和清晰度都高于前者。

**2.1.3 腹鳍棘** 从腹鳍棘基部开始每隔 2 mm 锯取一小段样品,经磨片后进行观察比较,可发现靠近基部的磨片年轮数目较多,而远离基部的材料年轮数目有逐渐减少的趋势;靠近基部的材料中部均有一圆形空洞,为棘的生长中心,其周围分散有若干蜂窝状的小洞,远离基部的样品生长中心逐渐变小,直至消失。

腹鳍棘磨片在透射光下观察,从中心至边缘可见不透明的暗带和透明的亮带相间排列,围绕生长中心形成同心的环带,这些环带与磨片边缘轮廓相平行。年生长带由 1 条宽的暗带和 1 条窄的亮带构成,内侧亮色窄带与其外侧暗色宽带的交界处即为年轮(图版 I-9, I-10)。腹鳍棘的年轮可读性较差,因为暗带中常含有副轮,出现率约为 34%。副轮在透射光下表现为细纹或者细环结构(图版 I-10),有时会影响年龄判读。

在透射光下,与养殖群体相比,自然种群腹鳍棘磨片的透明亮带与暗带对比度大且分界较明显,而养殖群体的透明亮带略显浑浊,与暗带对比度较小,两者分界处不如自然种群明显。

**2.1.4 耳石** 尼罗罗非鱼的微耳石呈肾形,中部有一突起;星耳石呈半月状,内缘薄,外缘厚,这两种耳石很小,不适于做年龄鉴定材料。矢耳

石较大,呈不规则椭圆形,一端钝圆,另一端稍突出,整体上呈中凹的表面皿状。矢耳石清洗干净后用二甲苯透明直接在反射光下观察,可见中心核位于耳石中心,呈椭圆状,原基位于中心核内,所观察到的样品均只含 1 个中心核和 1 个原基。

二甲苯透明后在反射光下观察,矢耳石上的年生长带由一个宽的半透明环带和一个窄的不透明环带组成,不透明带呈灰白色的细带,半透明带为暗灰色的宽带,不透明窄带向半透明宽带过渡处即为年轮(图版 I-6)。矢耳石的轮纹特征明显,规律性强,可读性较好。由于矢耳石外形呈表面皿状,制作耳石磨片会破坏其边缘结构,磨片后年轮特征也不如直接透明后观察明显。

自然种群与养殖群体的矢耳石轮纹特征无明显差异。

## 2.2 水温

2010 年东江古竹江段水温变化见图 1。水温最低月份在 1、2 月份,月平均水温低至 15℃;水温最高的月份为 7、8、9 月,均在 25℃以上。记录的最低和最高水温分别为 11.9℃和 35.1℃。

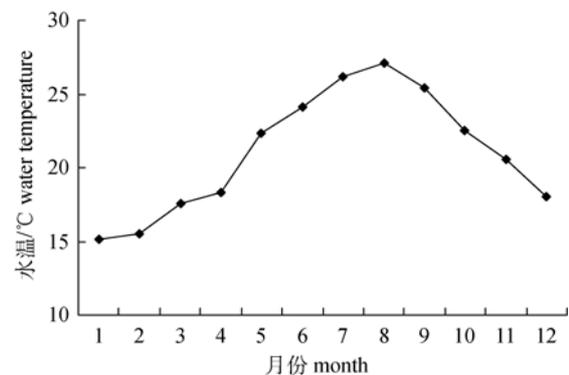


图1 2010年东江古竹江段水温变化

Fig.1 Variation in water temperatures in Guzhu reach, Dongjiang River over 2010

## 2.3 年轮形成时间

观察周年脊椎骨样本,发现 1、2、3 月的样本边缘新轮出现率最高,分别为 61.5%、60.0%和 54.3%。其余月份新轮出现率均低于 10%。可初步判断东江外来尼罗罗非鱼 1 年形成 1 个年轮,其形成时间在每年 1 月至 3 月低水温期。

## 2.4 采集样本年龄组成

用矢耳石和脊椎骨作为尼罗罗非鱼年龄鉴定的主要依据, 判定 183 尾尼罗罗非鱼样本的年龄 (表 1)。样本由 0~3 龄个体组成, 其中 1 龄个体所占比例最高, 3 龄个体数量最少。

## 3 讨论

### 3.1 年龄构成

尼罗罗非鱼是热带鱼类, 自然寿命为 6~7 年。在日本, 在 30~40℃ 水温下投喂人工配合饲料能存活 6 年, 若冬季在水温 16℃ 条件下越冬, 而后在夏季常温下养殖一般可存活 8~10 年<sup>[14]</sup>。而本研究收集的自然种群样本中, 年龄最高的个体为 3 龄, 且仅占全部样本数的 1.6%, 整体呈低龄化特征。本研究采集的样本来自渔获物, 虽受网具限制不能全面反映该江段罗非鱼自然种群的年龄组成特征, 但还是从某种程度反映了目前东江罗非鱼种群低龄化的特点。从目前东江渔获物整体上呈现低龄化这一现象看, 作为主要渔获物之一的罗非鱼的低龄化, 也应该与东江高强度的捕捞压力有关<sup>[6]</sup>。

### 3.2 自然种群与养殖群体轮纹特征的差异

Laroche 等<sup>[15]</sup>注意到实验室饲养和野生副眉鲈 (*Parophrys vetulus*) 仔鱼耳石日生长轮的清晰度明显不同, 后者日生长轮较清晰, 且对比度较高。史方等<sup>[16]</sup>在对唐鱼 (*Tanichthys albonubes* Lin) 自然种群与养殖群体耳石日生长轮的观察中亦发现这种现象。在本研究中, 对比尼罗罗非鱼自然种群和养殖群体也发现了类似情况, 即自然种群骨

质材料上的年轮较清晰, 对比度较高; 而养殖群体年轮清晰度和对比度均较低。这种差别可能与其生活环境的水温变化有关。尼罗罗非鱼为热带鱼类, 其适宜生长温度为 18~38℃, 对低温敏感, 养殖场在冬季水温低于 16℃ 时会搭建保温冬棚<sup>[14]</sup>, 故冬季水温变动小, 受低温作用影响不大。而东江冬季最低水温可降至 12℃, 水体年温差较大, 受低温作用时间长, 因此东江自然种群骨质材料上的年增长带对比度高, 年轮较清晰。

### 3.3 轮纹特征与水温 and 繁殖活动的关系

鱼类年轮的形成以一年四季中生长速率的不均衡性为基础<sup>[10]</sup>, 其年龄材料上的生长标志与水温及食饵条件的变化密切相关<sup>[17]</sup>。尼罗罗非鱼属于热带鱼类, 作为外来种移居亚热带流域, 水温是其需要适应的环境条件之一。东江处于亚热带, 四季变化不明显, 但夏秋季水温较高, 月平均水温在 20℃ 以上, 尼罗罗非鱼快速生长, 故其骨质材料上形成宽的白色环带; 冬春季水温较低, 月平均水温在 15~18℃ 范围内, 这个时期尼罗罗非鱼受低温的影响, 生长变缓甚至停滞, 故形成窄的暗色环带。所以东江尼罗罗非鱼的年轮标志是冬春季低温限制其生长造成的。

尼罗罗非鱼有筑巢、亲鱼口腔孵卵、护幼等特殊繁殖习性, 复杂的繁殖活动会影响其生长并表现在年龄材料上。采集的尼罗罗非鱼鳞片中能观察到生殖轮, 即使当年产 (0 龄) 的罗非鱼, 虽然其鳞片上没有年轮也会出现生殖轮 (图版 I-2)。从性腺发育状况看, 当年雌鱼的卵巢有

表 1 东江尼罗罗非鱼样本的年龄组成  
Tab.1 Age structure of *Oreochromis niloticus* collected from Dongjiang River

性别 sex	年龄 age	标本数 number	体长/mm body length		体质量/g body weight	
			范围 rang	平均值±标准差 $\bar{x}\pm SD$	范围 rang	平均值±标准差 $\bar{x}\pm SD$
雄性 male	0 <sup>+</sup>	26	57-196	134.4±30.7	6.6-269.5	106.64±66.93
	1 <sup>+</sup>	50	102-199	157.6±27.2	39.6-287.7	164.42±75.07
	2 <sup>+</sup>	8	182-231	205.6±14.5	246.3-455.5	343.16±80.13
雌性 female	0 <sup>+</sup>	15	83-169	144.2±12.3	19.8-182.2	115.43±34.06
	1 <sup>+</sup>	66	150-196	161.3±19.2	87.0-284.7	163.54±55.17
	2 <sup>+</sup>	15	170-216	190.5±15.2	169.5-383.7	270.21±67.15
	3 <sup>+</sup>	3	210-242	221.3±17.9	383.7-454.8	421.30±35.73

的已发育到Ⅳ、Ⅴ期,这暗示东江尼罗罗非鱼在当年就可性成熟并进行繁殖活动。除鳞片外,繁殖对生长的影响也会导致在骨质材料上形成生长标记,即不同于年轮的副轮。Gómez-Márquez等<sup>[12]</sup>在对墨西哥热带浅水湖泊的研究中也发现,尼罗罗非鱼受繁殖活动影响,会在其鳃盖骨上留下标记。

### 3.4 不同年龄材料的可读性

进行鱼类年龄鉴定时,不同种类的鱼应根据情况选取合适的年龄鉴定材料,如裂鳃鱼类常选用耳石磨片来读取年龄,而其鳞片由于不同程度的退化,不宜用来鉴定年龄<sup>[18]</sup>;对于鲇形目鱼类,多数学者常采用脊椎骨作为年龄鉴定材料<sup>[19]</sup>。不同年龄材料的可读性有差异,可采用两种或两种以上的材料进行年龄判读,从而提高准确率<sup>[20]</sup>。

东江尼罗罗非鱼 5 种年龄材料其可读性由大到小依次为矢耳石、脊椎骨、腹鳍棘、鳃盖骨、鳞片。5 种年龄材料中矢耳石的可读性最好,适用于年龄鉴定;脊椎骨和腹鳍棘磨片的可读性相对较差,可用作辅助鉴定材料。鳞片、鳃盖骨的可读性最差,不适合单独用作年龄判读材料。

### 参考文献:

- [1] 李家乐,董志国,李应森,等. 中国外来水生动植物[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007: 72-79.
- [2] 李家乐,李思发. 中国大陆尼罗罗非鱼引进及其研究进展[J]. 水产学报, 2001, 25(1): 90-95.
- [3] Arthur R I, Lorenzen K, Homekingkeo P, et al. Assessing impacts of introduced aquaculture species on native fish communities: Nile tilapia and major carps in SE Asian freshwaters [J]. Aquaculture, 2010, 299: 81-88.
- [4] 徐海根,强胜,韩正敏,等. 中国外来入侵物种的分布与传入路径分析[J]. 生物多样性, 2004, 12(6): 626-638.
- [5] 谭细畅,李跃飞,赖子尼,等. 西江肇庆段鱼苗群落结构组成及其周年变化研究[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(5): 27-31.
- [6] 刘毅,林小涛,孙军,等. 东江下游惠州河段鱼类群落组成变化特征[J]. 动物学杂志, 2011, 46(2): 1-11.
- [7] Figueredo C C, Giani A. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil) [J]. Freshw Biol, 2005(50): 1391-1403.
- [8] Starling F, Lazzaro X, Cavalcanti C, et al. Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill [J]. Freshw Biol, 2002, 47: 2443-2452.
- [9] 陈毅峰,何德奎,段中华. 色林错裸鲤的年轮特征[J]. 动物学报, 2002, 48(3): 384-392.
- [10] 丘古诺娃 H N. 鱼类年龄和生长的研究方法 [M]. 刘建康,陈佩薰,译. 北京: 科学出版社, 1956: 7-28.
- [11] Admassu D, Casselman J M. Otolith age determination for adult tilapia, *Oreochromis niloticus* L. from Lake Awassa (Ethiopian Rift Valley) by interpreting biannuli and differentiating biannual recruitment [J]. Hydrobiologia, 2000, 418: 15-24.
- [12] Gómez-Márquez J L, Peña-Mendoza B, Salgado-Ugarte I H, et al. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus*(Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico [J]. Rev Biol Trop, 2008, 56(2): 875-884.
- [13] 潘炯华,钟麟,郑慈英,等. 广东淡水鱼类志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1991: 414-417.
- [14] 王楚松. 罗非鱼的养殖[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 35-198.
- [15] Laroche L, Rosenberg A A. Age and growth of a pleuronectid, *Parophrys vetulus*, during the pelagic larval period in Oregon coastal waters [J]. Fish Bull, 1982, 80: 93-104.
- [16] 史方,林小涛,孙军,等. 自然种群唐鱼的耳石、日龄与生长[J]. 生态学杂志. 2008, 27(12): 2159-2166.
- [17] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 11-32.
- [18] 陈毅峰,何德奎,陈宜瑜. 色林错裸鲤的年龄鉴定[J]. 动物学报, 2002, 48(4): 527-533.
- [19] 李秀启,陈毅峰,李堃,抚仙湖外来黄颡鱼种群的年龄和生长特征[J]. 动物学报, 2006, 52 (2) : 263-271.
- [20] 张学健,程家骅. 鱼类年龄鉴定研究概况[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 92-99.

## Annuli and age-related factors of the alien species Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Dongjiang River, Guangdong Province

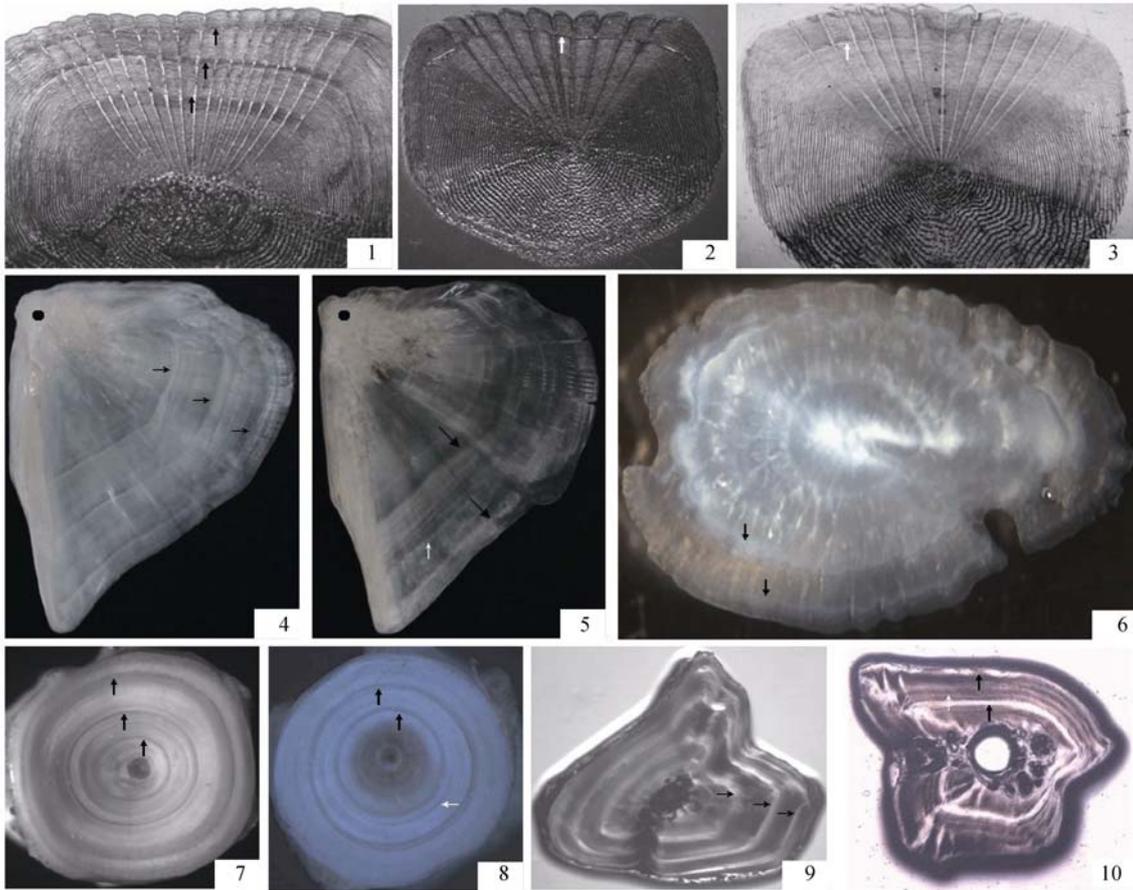
ZHANG Pengfei, LIN Xiaotao, SUN Jun, CHEN Guozhu, HE Yaosheng, XU Cai, WANG Yanfei

Institute of Hydrobiology, Jinan University, Engineering Research Center of Tropical and Subtropical Aquatic Ecological Engineering, Ministry of Education, Guangzhou 510632, China.

**Abstract:** Annuli of the alien species *Oreochromis niloticus* in Dongjiang River, Guangdong Province were investigated by analyzing optical macrozones in scales, pelvic fin spines, preopercular bones, vertebrae and sagittae from fish sampled during 2010, and were compared with cultured populations. The annual rings in wild individuals were clearer and of higher contrast than those in cultured individuals. Examination of annuli at the edge of the analyzed materials suggested that annual rings are formed each year during January and March, which coincides with minimum water temperature. The presence of various pseudoannuli in addition to the annual rings may be associated with reproductive activities of the fish. The annual rings in the sagittae were clearer and more regular than those in other materials examined. Because of the presence of pseudoannuli, the annual rings in the preopercular bone and scales were more difficult to analyze than in other materials. Thus, the suitability of material for analysis of age in *O. niloticus* were ranked: sagitta > vertebra > sectioned ventral fin spine > preopercular bone scale.

**Key words:** *Oreochromis niloticus*; characters of annual rings; Dongjiang River; water temperature; reproduction

**Corresponding author:** LIN Xiaotao. E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn



图版 I 尼罗罗非鱼的年轮特征

1. 示养殖群体(3 龄)鳞片上的年轮, 黑色箭头示年轮; 2. 示东江种群(0 龄)鳞片上的生殖轮, 白色箭头示生殖轮; 3. 示东江种群(0 龄)鳞片上的副轮, 白色箭头示副轮; 4. 示养殖群体(3 龄)鳃盖骨上的年轮及生长中心, 黑色箭头示年轮, 黑点示生长中心; 5. 示东江种群(2 龄)鳃盖骨上的年轮、生长中心及副轮, 黑色箭头示年轮, 黑点示生长中心, 白色箭头示副轮; 6. 示东江种群(2 龄)矢耳石上的年轮, 黑色箭头示年轮; 7. 示养殖群体(3 龄)脊椎骨上的年轮, 黑色箭头示年轮; 8. 示东江种群(2 龄)脊椎骨上的年轮及副轮, 黑色箭头示年轮, 白色箭头示副轮; 9. 示养殖群体(3 龄)腹鳍棘上的年轮, 黑色箭头示年轮; 10. 示东江种群(2 龄)腹鳍棘上的年轮, 黑色箭头示年轮, 白色箭头示副轮.

Plate I Structures of annual rings of *Oreochromis niloticus*

1. Annual rings (black arrows) in the scale of a three years old cultured *O. niloticus*; 2. Reproductive marking (white arrow) in the scale of a *O. niloticus* at age of 0<sup>+</sup> collected from Dongjiang River; 3. Pseudoannuli (white arrow) in the scale of a *O. niloticus* at age of 0<sup>+</sup> collected from Dongjiang River; 4. Annual rings (black arrows) and the growing center (black dot) in the opercular bone of a three years old cultured *O. niloticus*; 5. Annual rings (black arrows), growing center (black dot) and pseudoannuli (white arrow) in the opercular bone of a two years old *O. niloticus* collected from Dongjiang River; 6. Annual rings (black arrows) in the sagittae of a two years old *O. niloticus* collected from Dongjiang River; 7. Annual rings (black arrows) in the vertebra of a three years old cultured *O. niloticus*; 8. Annual rings (black arrows) and pseudoannuli (white arrow) in the vertebra of a two years old *O. niloticus* collected from Dongjiang River; 9. Annual rings (black arrows) in the pectoral fin ray of a three years old cultured *O. niloticus*; 10. Annual rings (black arrows) in the pectoral fin ray of a two years old *O. niloticus* that collected from Dongjiang River.