

DOI: 10.5846/stxb201306191739

杨立, 张洁, 宋波龙, 赵俊, 庆宁. 拟平鳅头背部斑纹和下唇结构变异及其分类学意义. 生态学报, 2014, 34(16): 4580-4587.

Yang L, Zhang J, Song B L, Zhao J, Qing N. Morphological differentiation in infralabial shape and head spot pattern of *Liniparhomaloptera disparis* (Cypriniformes: Homalopteridae) and its taxonomic implications. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(16): 4580-4587.

拟平鳅头背部斑纹和下唇结构变异及其分类学意义

杨 立, 张 洁, 宋波龙, 赵 俊, 庆 宁*

(华南师范大学生命科学学院, 广东省水产健康安全养殖重点实验室, 广东省高等学校生态与环境科学重点实验室, 广州 510631)

摘要:针对拟平鳅(*Liniparhomaloptera disparis*)的两个亚种(*L. disparis disparis*和*L. disparis qiongzongensis*)现有形态分类特征的含糊,通过观察标本室保存的15条水系441尾标本,首次提出利用下唇结构类型作为拟平鳅亚种的补充形态鉴别依据,结合头背部斑纹特征,能有效地鉴别拟平鳅各地理种群和亚种,为拟平鳅的分类和鉴定提供参考依据。依据头背部斑纹差异归纳出4种类型,分别为小斑块型(云开山脉以东的7条水系及海南岛万泉河),虫蚀纹型(云开山脉以西的5条水系),混合斑纹型(海南岛的万泉河、南渡江、昌化江共3条水系),大斑块型(海南岛的昌化江)。依据下唇结构变化情况总结出3种下唇类型,分别是半圆型(云开山脉以西的5条水系),几字型(云开山脉以东的7条水系),马蹄型(海南岛的3条水系)。依据头背部斑纹特征结合下唇结构特征,对照模式标本的描述,重新定义了拟平鳅原有的两个亚种,将分布于云开山脉以东水系的种群鉴定为指名亚种,拟平鳅*L. disparis disparis*,其鉴别特征为:头背部斑纹为小斑块型并且下唇类型为几字型;将海南岛种群鉴定为琼中拟平鳅*L. disparis qiongzongensis*,它们都具有独特的马蹄型下唇类结构,且头背部斑纹以混合斑纹型为主。重要的发现是,分布于云开山脉以西的种群与已命名的2个亚种在形态上有明显的差异,其头背部斑纹为独特的虫蚀纹型且下唇类型为半圆型。这可能是一个新亚种。分子生物学方法也许能证明云开山脉以西的种群在遗传上的独特性以及形成新亚种的可能性。云开山脉东、西两侧以及海南岛不同水系的拟平鳅的种群分化问题值得进一步探究。

关键词:拟平鳅, 形态变异, 云开山脉, 华南大陆, 海南岛

Morphological differentiation in infralabial shape and head spot pattern of *Liniparhomaloptera disparis* (Cypriniformes: Homalopteridae) and its taxonomic implications

YANG Li, ZHANG Jie, SONG Bolong, ZHAO Jun, QING Ning*

Key Laboratory of Ecology and Environmental Science in Guangdong Higher Education, Guangdong Provincial Key Laboratory for Healthy and Safe Aquaculture, College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

Abstract: Ambiguity of morphological characteristics made distinguishing the two subspecies of *Liniparhomaloptera disparis* (Cypriniformes: Homalopteridae) difficult. Further morphological evidence in infralabial shape and head spot pattern of the loach were herein provided for the first time to define the subspecies, based on laboratory observation of 441 specimens from 15 drainage systems, including the three western, northeastern, and eastern major rivers on Hainan Island. We recognized four head patterns of dark spots: small spots, vermiform spots, mixture of small and vermiform spots, and large spots. The small-spotted head pattern occurred in all seven populations east of the Yunkai Mountains, as well as in the only eastern population on Hainan Island. The vermiform-spotted head pattern occurred in all five populations west of the Yunkai Mountains. The mixed head pattern of small and vermiform spots occurred in both the western and northeastern populations

基金项目:国家自然科学基金(30670286);广东省自然科学基金(9151063101000016);美国Falconwood Foundation与国家级大学生创新性实验计划资助项目《华南西部拟平鳅群体差异性与地理环境相关性研究》

收稿日期:2013-06-19; 修订日期:2014-06-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qingn@sncu.edu.cn

on Hainan Island, but the large-spotted head pattern was also found in the western population. Additionally, we recognized three infralabial shapes: semicircular, subtrapezoidal, and horseshoe-like. The semicircular infralabium occurred in all five populations west of the Yunkai Mountains. The subtrapezoidal infralabium occurred in all seven populations east of the Yunkai Mountains. The horseshoe-like infralabium occurred in all three populations on Hainan Island. Therefore, populations east of the Yunkai Mountains had distinctly small-spotted head pattern and subtrapezoidal infralabia in combination, defined as the nominate subspecies *L. disparis disparis* according to the holotypic locality. Surprisingly; populations on Hainan Island were distinctly differentiated from the nominate mainlanders; all had uniquely the horseshoe-like infralabium, but the eastern population had small-spotted head pattern like the nominate mainlanders, the northeastern population had the mixed-spotted head pattern solely, and the western population had both the mixed-spotted and large-spotted head patterns. Based on the subspecific type locality (Wanquan River), we have redefined all three populations on Hainan Island that had mostly the mixed-spotted head pattern and horseshoe-like infralabium in combination as the second subspecies *L. disparis qiongzongensis*. Populations west of the Yunkai Mountains had distinctly the vermiform-spotted head pattern and semicircular infralabium in combination. This morphological variation may have resulted from the orogeny of the Yunkai Mountains. The differences in head spot pattern among populations on Hainan Island and the differences in infralabial shape either between mainland and Hainan Island or between east and west of the Yunkai Mountains suggest geographic isolation of rivers may have occurred long ago but at different times. This paper demonstrates the infralabial shape as a taxonomic character for the first time; this character in combination with the previous characters like head spot pattern can be used to identify subspecies or geographic populations effectively. Molecular analyses may prove the mainland populations west of the Yunkai Mountains and the populations on Hainan Island are genetically unique, new subspecies, and their geophylogenetic associations.

Key Words: loach population; morphological variation; Yunkai Mountains; South China; Hainan Island

拟平鳅 *Liniparhomaloptera disparis* 隶属于鲤形目 Cypriniformes 平鳍鳅科 Homalopteridae 腹吸鳅亚科 Gastromyzonidae, 目前确定有两个亚种, 即拟平鳅 (*L. disparis disparis*) 和琼中拟平鳅 (*L. disparis qiongzongensis*)。拟平鳅属鱼类身体躯干部稍平扁, 尾部侧扁, 偶鳍平展扩大, 吻皮下包, 口下位, 口前形成吻沟和吻褶, 上唇有 2 对吻须, 下唇具有 6—8 个分叶状小乳突, 1 对口角须, 鳃裂扩展到头背腹面。腹鳍左右分开, 不连成吸盘, 尾鳍凹形, 下叶稍长^[1]。分布于我国华南沿海大陆和海南岛一些直流入海河流的上游, 是一类生活在山涧溪流的小型底栖淡水鱼类。其身体形态特征表现出对激流石滩匍匐生活的逐步适应^[2]。

关于拟平鳅的分类和分布研究, 早在 1934 年林书颜在广东罗浮山发现拟平鳅并定名为 *Parhomaloptera disparis* Lin; 1935 年方炳文将其改为 *Liniparhomaloptera disparis* (Lin)^[3]; 1980 年郑慈英、陈宜瑜将采自海南岛万泉河的拟平鳅定名为一新亚种琼中拟平鳅 *L. disparis qiongzongensis* Zheng et

Chen, 而将拟平鳅定为指名亚种 *L. disparis disparis* (Lin), 并以头背上的斑纹(黑色小斑块或者虫蚀状斑纹)作为鉴别特征: 拟平鳅头背上的斑纹为黑色小斑块, 而琼中拟平鳅头背上的斑纹为虫蚀状斑纹^[4]。杜合军发现从海南岛采集到的拟平鳅的头部的纹路与华南大陆西部独立水系的拟平鳅极相近, 均为虫状蚀纹, 故其将华南大陆西部沿海独立水系的拟平鳅也作为琼中拟平鳅对待^[5];《广西淡水鱼类志》依据头背部花纹为虫状蚀纹, 将采自广西北仑河的部分样品定义为琼中拟平鳅, 并记述:“琼中拟平鳅分布于海南省江河和北仑河水系, 拟平鳅分布于珠江的东、西江下游、广东湛江和香港, 广西见于南流江和北仑河等水系。”^[6]。赵亚辉等报道拟平鳅广泛分布于十万大山南坡各独流入海河流(包括北仑河、峒中河、防城河), 而北仑河有琼中拟平鳅分布^[7]。

通过对大量拟平鳅标本的观察发现, 采用头背部的斑纹为黑色小斑块或虫蚀状斑纹这一对特征, 对广泛分布于华南大陆和海南岛众多水系的拟平鳅

种群进行分类检索时难以准确把握。同时发现,吻部形态结构特别是下唇乳突的排列形状在不同地理种群间有较明显的差异。本文针对拟平鳅两个亚种现有分类特征的含糊,研究了不同水域拟平鳅头背部花纹和下唇结构特征的差异,尝试利用头背部斑纹特征结合下唇结构特征作为判别拟平鳅亚种的补充形态鉴别依据。为拟平鳅属的分类、分布、生态研究积累基础资料。

1 研究方法

本文整理了华南师范大学鱼类标本室保存的自

2005 年 10 月至 2012 年 10 月在华南沿海独立水系、珠江水系和海南岛诸水系采集的拟平鳅标本,对 15 条水系的 441 尾拟平鳅进行了形态学观察。标本信息见表 1 和图 1。

采用体视显微镜(桂光 XTL-200) 20—40 倍观察标本的下唇结构,记录下唇乳突数目和排列形状,用佳能 A4000IS 相机进行显微拍照;肉眼观察头背部斑纹特征,记录斑纹类型(表 1),用 Nikon D800 相机拍照。每种类型至少选取结构完整的 10 尾标本进行拍照,照片后期仅进行黑白处理。

表 1 拟平鳅标本采集地、水系、标本数
Table 1 Sampling sites, Drainage systems and specimen numbers of *Liniparhomaloptera disparis*

学名 Scientific name	省份 Province	水系 Drainage systems	采样地 Sampling sites	下唇观察标本数 The number of observation of lower lip	头背部斑纹观察标本数 The number of the observation of stripe on head
拟平鳅 <i>L. disparis disparis</i>	广东	榕江 a	普宁市石牌镇(sp)	10	10
		东江 a	博罗县罗浮山(bl)	9	9
			龙门县南昆山(lm)	36	36
			增城市兰溪乡(lx)	23	23
			流溪河 a	从化市吕田镇(lt)	11
		漠阳江 b1	阳春市八甲镇(bj)	13	9
			阳春市春城镇(cc)	9	18
			鉴江 b1	信宜市东镇镇(Dz)	33
		罗定江 b1	信宜市合水镇(hs)	25	33
		黄华河 b1	信宜市白石镇(bs)	62	94
	广西	南流江 b1	玉林市博白镇(Bb)	24	24
		右江 b2	隆安县大明山(la)	8	8
		防城河 b2	防城港市扶隆乡(fl)	22	22
			防城港市那勤乡(nq)	35	35
		北仑河 b2	防城港市那良镇(nl)	19	21
		峒中河 b2	防城港市峒中镇(dz)	8	8
			防城港市板八乡(bb)	2	2
琼中拟平鳅 <i>L. disparis qiongzongensis</i>	海南	万泉河 c	琼中县长征镇(cz)	20	14
		南渡江 c	白沙县元门镇(ym)	8	8
			白沙县牙叉镇(yc)	7	7
		昌化江 c	五指山市水满镇(sm)	12	12
			琼中县红毛镇(hm)	4	4
		总计 Total			441

a: 该地区河流流经地区多为低山丘陵及沿海平原,年径流系数 0.5—0.6, 最大径流量 200—600dm³ s⁻¹ km⁻², 径流年内分配不均匀系数 0.2—0.3^[8-9]; b1: 该地区以天露山、云雾山、云开大山和六万大山为分水岭,南流诸河均入海,且本区受台风影响强烈,东部河流流经地区多为低山丘陵及沿海平原地区,年径流系数 0.5—0.6, 最大径流量 600—1000 dm³ s⁻¹ km⁻², 径流年内分配不均匀系数 0.2—0.3^[8-9]; b2: 该地区为上述分水岭西部,受季风、台风影响强烈,河流流经地区多为中低山丘陵及沿海平原地区,年径流系数 ≥ 0.7, 最大径流量 600—1000 dm³ s⁻¹ km⁻², 径流年内分配不均匀系数 0.3—0.4^[8-10]; c: 该地区地势中间高四周低,河流呈放射性水系入海,坡度陡,弯曲小,年径流系数 0.6—0.7, 最大径流量 ≥ 1500 dm³ s⁻¹ km⁻², 径流年内分配不均匀系数 0.3—0.4^[8,11]

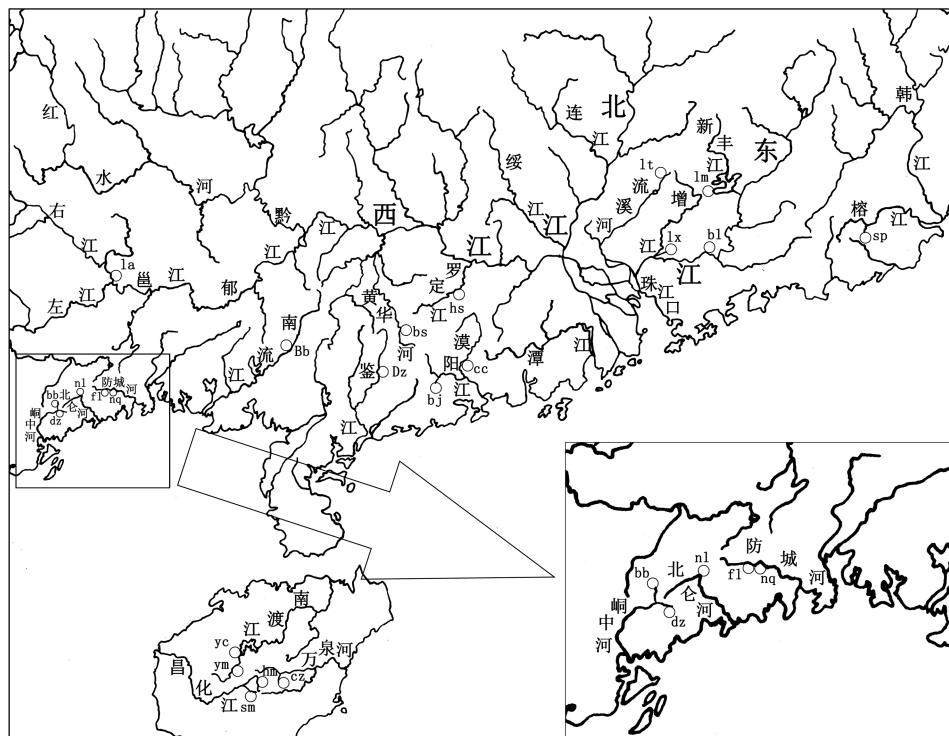


图1 拟平鳅标本采集地、水系示意图(审图号: GS(2014)1694)

Fig.1 Sampling sites of *Liniparhomaloptera disparis* and drainage systems

地图来源: 国家测绘局制, 中华人民共和国河流水系版, 2008

2 结果

对 441 尾拟平鳅标本进行观察, 解剖和测量 230 尾, 其中 23% 为雄性。雌性普遍体长大于雄性 (♀ 60.10—31.67 mm; ♂ 49.88—27.65 mm); 多数标本两性的头背部和头侧均有追星, 疏密程度不一, 无明显的性别差异; 但雄性头背部斑纹较为暗淡, 不如雌性清晰。观察发现不同地区标本的头背部花纹和下唇结构特征有明显差异。

2.1 头背部斑纹

基于 441 尾标本的观察结果, 将拟平鳅头背部斑纹划分为 4 种类型 (图 2):

A 小斑块型 (华南大陆云开山脉以西的南流江; 云开山脉以东的黄华河、罗定江、鉴江、漠阳江、流溪河、东江和榕江; 海南岛的万泉河), 头背部斑纹断裂成数个椭圆形、圆形或三角形不等、大小不规则的斑块, 均匀分布于头背部。

B 虫蚀纹型 (华南大陆云开山脉以西的峒中河、北仑河、防城河、右江、南流江), 头背部斑纹呈长短不一, 粗细均匀, 不规则弯曲的虫纹, 斑纹细

密, 均匀分布于头背部。

C 混合斑纹型 (海南岛的昌化江、南渡江、万泉河), 头背部斑纹有圆斑, 也存在虫蚀纹, 斑纹细密, 介于虫蚀纹型与小斑块型之间。

D 大斑块型 (海南岛昌化江), 头背部眼后中央有一个深色大斑块, 呈椭圆形或者圆形, 头背部其他区域有零星不规则斑纹分布, 色较浅。

此外, 观察到少数标本头背部并无明显斑纹, 有可能是标本保存问题, 也有可能是个体差异。因为数量较少故未纳入统计。

2.2 不同水系拟平鳅种群头背部斑纹类型的分布

根据对各水系种群头背部斑纹类型的观察记录和统计发现 (图 3): 在大陆, 虫蚀纹型主要分布在云开山脉的西边, 而小斑块型主要分布在云开山脉东边。仅在广西东部南流江有 两种类型重叠分布的现象, 但小斑块型占显著优势 ($\geq 90\%$)。在海南岛, 以混合斑纹型居多, 但有不同类型的存在。东部的万泉河种群以混合斑纹型为主, 兼有小斑块型; 中部的南渡江种群全部为混合斑纹型, 而西部昌化江种群则兼有混合斑纹型和大斑块型。

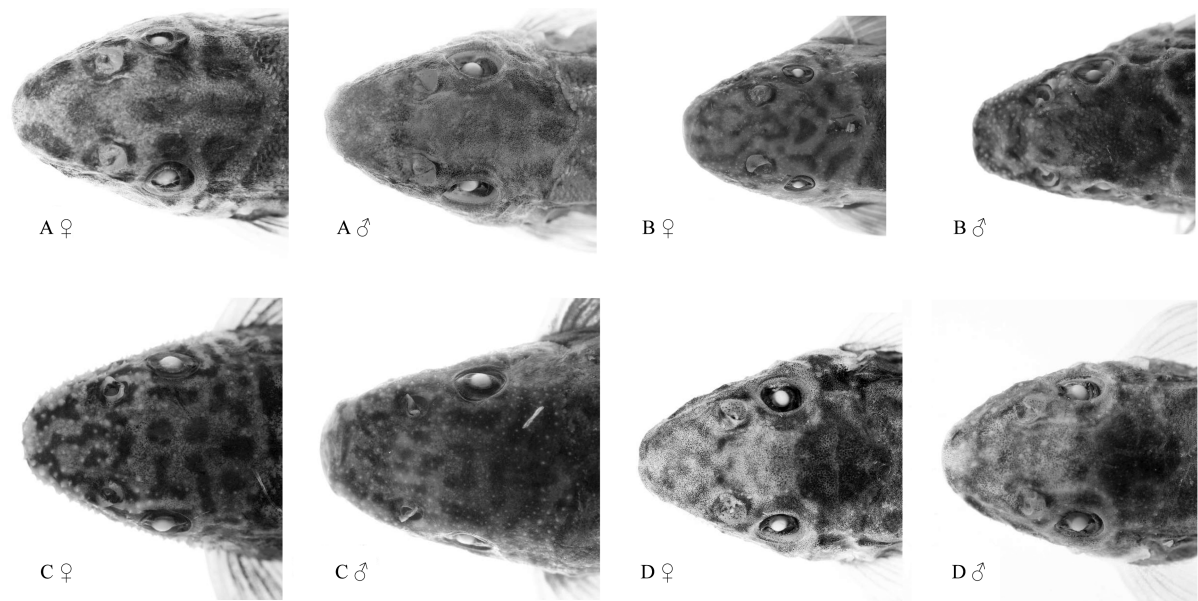


图2 4种头背部斑纹类型

Fig.2 Four head patterns of dark spots

A: 小斑块型 small spots; B: 虫蚀纹型 vermiform spots; C: 混合斑纹型 mixture of small and vermiform spots; D: 大斑块型 large spots

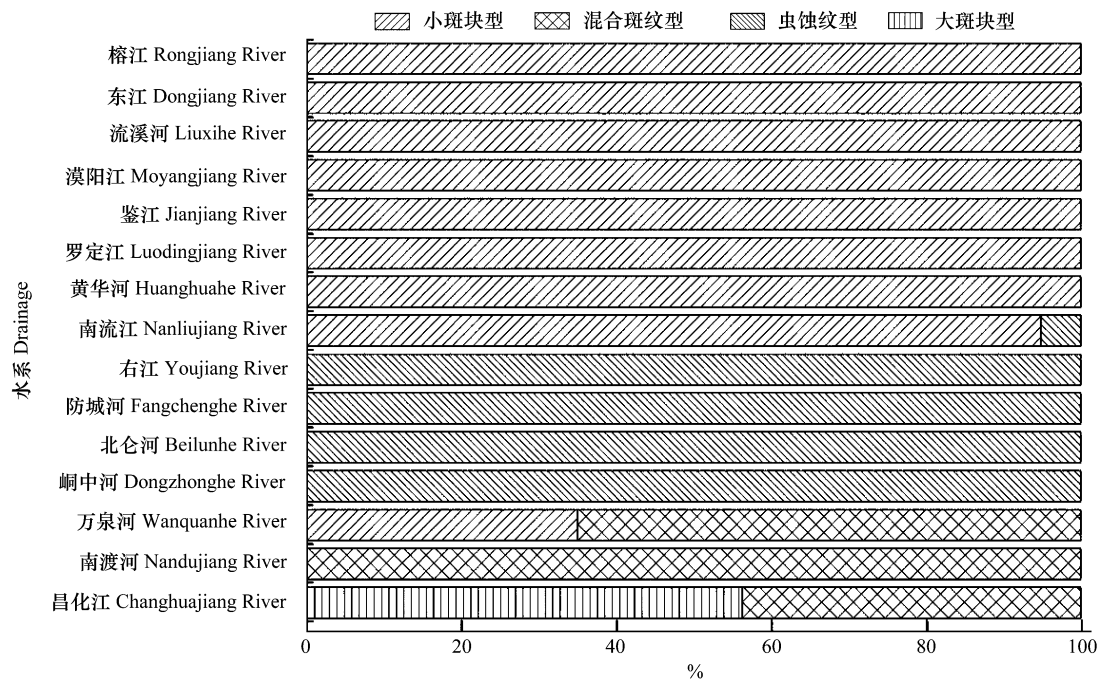


图3 4种头背部斑纹类型在不同水系种群中的比例

Fig.3 The proportion of four head patterns in populations from different drainage systems

2.3 下唇类型

拟平鳅下唇肉质，边缘具多个乳突。但不同地理分布区的种群，其下唇乳突数目和排列形状有明显差异。根据下唇乳突排列形状特征，本文划分了3种下唇类型(图4)：

A 半圆型(华南大陆云开山脉以西的峒中河、

北仑河、防城河、右江、南流江)，下唇乳突排列呈半圆形，前缘略微凹陷，边缘乳突每侧4个，中间1对较大，两侧较小且分叶明显，两侧乳突没有延伸至口角须处。

B 几字型(华南大陆云开山脉以东的黄华河、罗定江、鉴江、漠阳江、流溪河、东江和榕江)，下唇

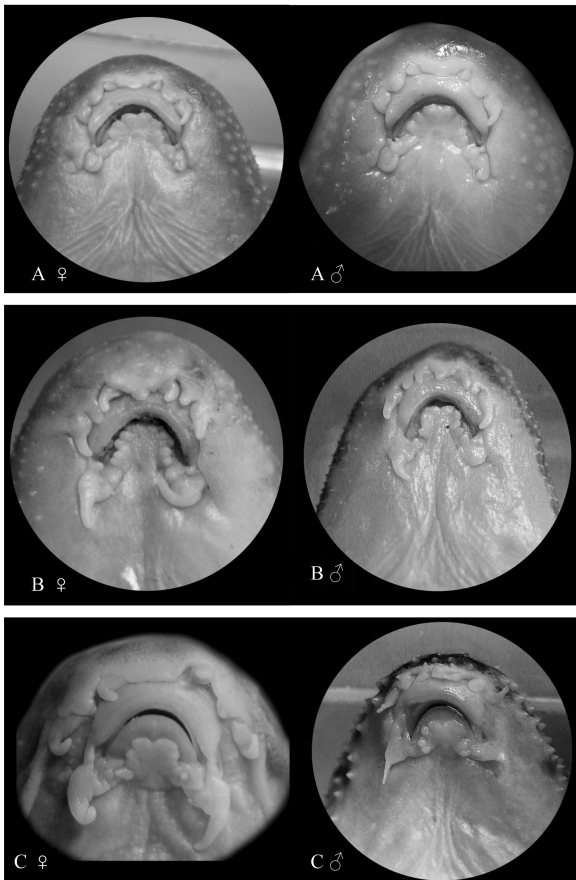


图 4 三种下唇类型

Fig.4 Three infralabial shapes

A:半圆型 Semicircular (40 X); B:几字型 Subtrapezoidal (♂, 20 X, ♀ 40 X); C:马蹄型 Horseshoe-like (♂, 20 X, ♀ 40 X)

乳突排列成近似“几”字形,前缘凹陷明显,边缘乳突每侧 5—6 个,中间 1 对较大,两侧乳突延续至口角须处,乳突间分叶明显。其中鉴江、漠阳江个体下唇前缘凹陷及乳突分叶不甚明显,但整体结构符合几字型特征,视为地理种群间的差异。

C 马蹄型(海南岛昌化江、南渡江、万泉河),下唇乳突排列成近似马蹄形,前缘凹陷明显,边缘乳突每侧 4—5 个,中间 1 对明显较大,两侧乳突间分叶明显,最后 1—2 对乳突呈疣须状。

2.4 不同水系种群下唇类型的分布

根据对各水系种群下唇类型的观察记录和统计发现(图 5):在华南大陆,半圆型主要分布在云开山脉的西边,而几字型主要分布在东边。在两广交界地区的云雾大山、大雾岭等地水系(罗定江、黄华河、鉴江),两种类型重叠分布,但几字型占显著优势($\geq 80\%$)。在海南则仅有马蹄型。

3 讨论

1980 年郑慈英、陈宜瑜将采自海南岛琼中(万泉河水系)的拟平鳅定名为新亚种琼中拟平鳅,描述本亚种分布于海南岛万泉河水系,其外形与广东罗浮山的指名亚种相似,但体色较浅,头背部满布细密虫蚀状斑纹。而指名亚种头部背面具黑色的小斑块^[4]。1980 年陈宜瑜在“中国平鳍鳅科鱼类系统

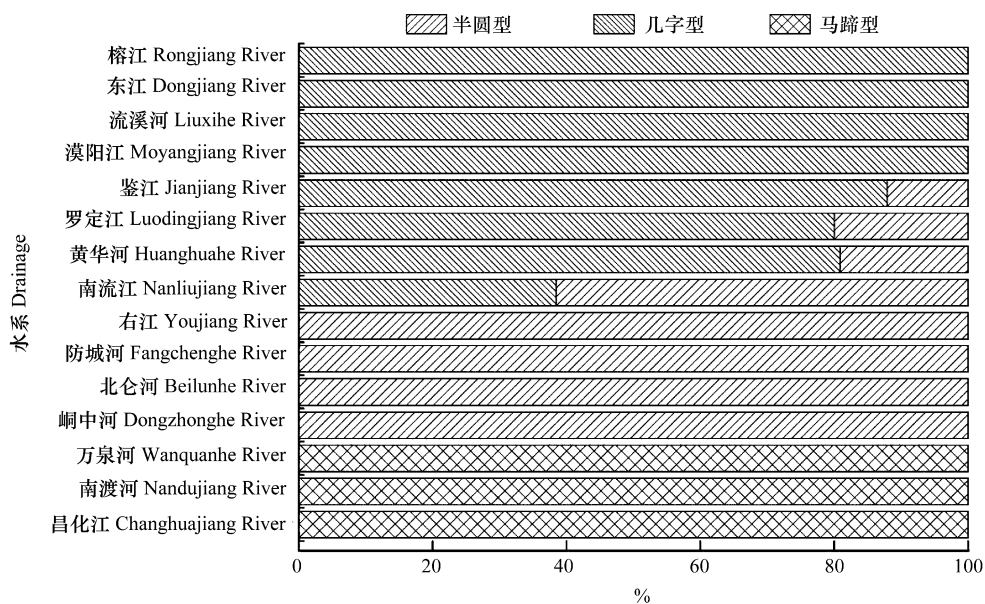


图 5 3 种下唇类型在不同水系种群中的比例

Fig.5 The proportion of Three infralabial shapes in populations from different drainage systems

分类的研究Ⅱ。腹吸鳅亚科鱼类的分类”一文中,引用了1980年郑慈英和陈宜瑜对琼中拟平鳅的记录。但在拟平鳅属分种检索表中对拟平鳅和琼中拟平鳅的分类检索采用的一对分类性状为:“头背部具黑色小圆斑”(拟平鳅)和“头背部具细密虫蚀状斑纹”(琼中拟平鳅)^[12]。将新亚种描述时所用的“小斑块”写成了“小圆斑”。以后关于拟平鳅的描述都沿用了陈宜瑜1980年的描述^[13-15]。这一对性状主要是针对东江水系和海南万泉河水系的拟平鳅标本的差异。研究发现拟平鳅的分布远比文献报道的广,不同地区的种群在形态上也发生了明显的分化,采用“头背部具黑色小圆斑”和“头背部具细密虫蚀状斑纹”这一对特征,对广泛分布于华南大陆和海南岛众多水系的拟平鳅种群进行分类检索时难以准确把握。通过对标本的观察发现,“头背部具细密虫蚀状斑纹”,即本文的“虫蚀纹型”,符合广西峒中河、北仑河、防城河、右江、南流江的标本特征,可以准确地将分布于华南大陆云开大山以西(广西)的拟平鳅鉴别出来。但是,没有一个种群是“头背部具黑色小圆斑”的。云开大山及其以东各水系的标本其头背部斑纹符合1980年郑慈英和陈宜瑜对指名亚种的描述:“头部背面具黑色的小斑块”,本文将将其归类为“小斑块型”。

本文提出利用下唇结类型作为拟平鳅亚种的补充形态鉴别依据,结合头背部斑纹特征,能有效地鉴别拟平鳅各地种群和亚种。据此广泛分布于华南大陆和海南岛的拟平鳅至少可以鉴定为3个亚种。对照模式标本的描述,可将分布于云开山脉以东水系的种群鉴定为指名亚种,拟平鳅 *L. disparis disparis*, 其鉴别特征为:头背部斑纹为小斑块型并且下唇类型为几字型。分布于海南岛的类群可明确地与大陆的指名亚种区别开来,它们都具有独特的马蹄型下唇类结构,且头背部斑纹以混合斑纹型为主,据此,可将海南岛类群鉴定为琼中拟平鳅 *L. disparis qiongzongensis*。本文重要的发现是,分布于云开山脉以西的种群与已命名的2个亚种在形态上有明显的差异,其头背部斑纹为独特的虫蚀纹型且下唇类型为半圆型。这可能是一个新亚种。

海南岛标本多数为“混合斑纹型”,即头背部的斑纹既有虫饰纹也有小圆斑或小斑块,与大陆云开山脉以东的指名亚种的“小斑块型”或云开山脉以西

种群的“虫蚀纹型”的斑纹有部分重叠,在实际分类中容易将其混淆。依据本文提出的头背部斑纹特征结合下唇结构特征,可判断广西鱼类志中北仑河标本^[6]和十万大山南坡的拟平鳅标本^[7]既不是指名亚种拟平鳅 *L. disparis disparis* 也不是另一个已命名的亚种琼中拟平鳅 *L. disparis qiongzongensis*, 而是与本文研究的分布于云开山脉以西(广西)的、头背部斑纹为虫蚀纹型且下唇为半圆型的种群一样,可能属于同一个新亚种。海南岛拟平鳅标本的头背部斑纹除混合斑纹型外,其东部万泉河种群的少数个体有与大陆的指名亚种一样的头背部斑纹,而西部昌化江种群的部分个体具有独特的大斑块型的头背部斑纹,仅南渡江种群全部为混合斑纹型。说明海南岛不同水系的拟平鳅种群已发生了分化。

分子生物学方法也许能证明云开山脉以西的拟平鳅种群和海南的种群在遗传上的独特性以及形成新亚种的可能性。云开山脉东、西两侧拟平鳅种群的分化及海南岛种群的分化问题值得进一步探究。

4 结论

本文首次提出利用下唇结类型作为拟平鳅亚种的补充形态鉴别依据,结合头背部斑纹特征,能有效地鉴别拟平鳅各地种群和亚种,为拟平鳅的分类和鉴定提供参考依据。依据下唇结类型和头背部斑纹类型,对照模式标本的描述,本文重新定义了拟平鳅原有的两个亚种,将分布于云开山脉以东水系的种群鉴定为指名亚种,拟平鳅 *L. disparis disparis*, 其鉴别特征为:头背部斑纹为小斑块型并且下唇类型为几字型。将海南岛种群鉴定为琼中拟平鳅 *L. disparis qiongzongensis*, 它们都具有独特的马蹄型下唇类结构,且头背部斑纹以混合斑纹型为主。本文重要的发现是,分布于云开山脉以西的种群与已命名的2个亚种在形态上有明显的差异,其头背部斑纹为独特的虫蚀纹型且下唇类型为半圆型。这可能是一个新亚种。

致谢:华南师范大学江海声教授协助采样,华南师范大学潘训彬实验员对标本拍摄提供技术支持;华南师范大学2008级陈玉龙、吴惠贞、杨树楠、黄洁琳、林卫全给予帮助;中国科学院南海海洋研究所林岳光副研究员参与了水系样品的采集;美国罗德岛生物保护研究所(The Conservation Agency)卢文华和

James Lazell 博士协助润色英文摘要,特此致谢。

References:

- [1] Yue P Q. Fauna Sinica (Osteichthyes: Cypriniformes III). Beijing: Science Press, 2000.
- [2] Chen Y Y. Syetrmatic studies on the fishes of the family Homalopteridae of China III. Phyletic studies of the Homalopterid fishes. Acta Zootaxonomica Sinica, 1980, 5(2): 200-211.
- [3] Fang P W. Study on the crossostomoid fishes of China. Sinensia, 1935, 6(1): 44-97.
- [4] Zheng C Y, Chen Y Y. The Homalopterid fishes from Guangdong Province, China. Acta Zootaxonomica Sinica, 1980, 5(1): 89-98.
- [5] Du H J. Fresh Water Fish Fauna and Zoogeography of Six Substantive Rivers in the Coastal Area of Western Mainland of South China [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2003.
- [6] Zhou J, Zhang C G. Freshwater Fishes of Guangxi, China(2nd ed.). Nanning: Guangxi People's Press, 2006.
- [7] Zhao Y H, Zhang C G. Fish fauna and zoogeographical analysis of Shi Wan Da Shan Mountains, Guangxi, China. Biodiversity Science, 2001, 9(4): 336-344.
- [8] Xiong Y, Zhang J Z. Hydrological Regionalization of China. Beijing: Science Press, 1995.
- [9] Guan H L. Hydrologic characteristics in Guangdong. Hydrology, 1989, (4): 47-50.
- [10] Chen T D. Discuss on the three elements of hydrology regularity in Guangxi and its factors. Pearl River, 1983, (6): 16-20.
- [11] Li L B. Hydrologic characteristics in Hainan. Hydrology, 1992, (6): 49-51.
- [12] Chen Y Y. Syetrmatic studies on the fishes of the family Homalopteridae of China II. Classification of the fishes of the Subfamily Gastromyzoninae. Acta Hydrobiologica Sinica, 1980, 7(1): 95-120.
- [13] Chen Y Y, Cao W X, Zheng C Y. Ichthyofauna of the Zhujiang River with a discussion on zoogeographical divisions for freshwater fishes. Acta Hydrobiologica Sinica, 1986, 10(3): 228-293.
- [14] Pan J H, Zhong L, Zheng C Y, Wu H L, Liu J Z. The Freshwater Fishes of Guangdong Province. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1991.
- [15] Tang W Q, Chen Y Y. Study on taxonomy of Homalopteridae. Journal of Shanghai Fisheries University, 2000, 9(1): 1-10.

参考文献:

- [1] 乐佩琦. 中国动物志-硬骨鱼纲-鲤形目(下卷). 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 陈宜瑜. 中国平鳍鳅科鱼类系统分类的研究 III. 平鳍鳅科鱼类的系统发育. 动物分类学报, 1980, 5(2): 200-211.
- [4] 郑慈英, 陈宜瑜. 广东省的平鳍鳅科鱼类. 动物分类学报, 1980, 5(1): 89-98.
- [5] 杜合军. 华南大陆西部沿海六独立水系淡水鱼类区系及动物地理 [D]. 广州: 华南师范大学, 2003.
- [6] 周解, 张春光. 广西淡水鱼类志(第二版). 南宁: 广西人民出版社, 2006.
- [7] 赵亚辉, 张春光. 广西十万大山地区的鱼类区系及其动物地理学分析. 生物多样性, 2001, 9(4): 336-344.
- [8] 熊怡, 张家桢. 中国水文区划. 北京: 科学出版社, 1995.
- [9] 关浩林. 广东省水文特性. 水文, 1989, (4): 47-50.
- [10] 陈天铎. 广西水文三要素主要规律及其成因探讨. 人民珠江, 1983, (6): 16-20.
- [11] 李龙兵. 海南岛的水文特性. 水文, 1992, (6): 49-51.
- [12] 陈宜瑜. 中国平鳍鳅科鱼类系统分类的研究 II. 腹吸鳅亚科鱼类的分类. 水生生物学集刊, 1980, 7(1): 95-120.
- [13] 陈宜瑜, 曹文宣, 郑慈英. 珠江的鱼类区系及其动物地理区划的讨论. 水生生物学报, 1986, 10(3): 228-293.
- [14] 潘炯华, 钟麟, 郑慈英, 伍汉霖, 刘家照. 广东淡水鱼类志. 广州: 广东科学技术出版社, 1991.
- [15] 唐文乔, 陈宜瑜. 平鳍鳅科鱼类的分类学研究. 上海水产大学学报, 2000, 9(1): 1-10.