

基于形态学特征和 DNA 条形码对中国沿海银口天竺鲷属(*Jaydia*)分类研究*

罗植森¹ 易木荣^{1,2} 刘思杓¹ 邱康文¹ 谷穗¹ 颜云榕^{1,2,3,4}

(1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)南海资源大数据中心 湛江 524013; 3. 广东海洋大学广东省南海深远海渔业管理与捕捞工程技术研究中心 湛江 524088; 4. 广东海洋大学深圳研究院海洋渔业信息化技术中心 深圳 518120)

摘要 本研究针对中国沿海银口天竺鲷属鱼类分类鉴定不清晰, 同种异名多, 种类误鉴等分类问题, 结合形态特征比较与 DNA 条形码技术对其分类鉴定问题进行梳理。2014—2019 年间于南海北部沿海采集 101 尾银口天竺鲷属鱼类标本, 经形态学特征鉴定为: 横带银口天竺鲷 *Jaydia striata* (Smith & Radcliffe, 1912), 特征为体侧有 7—11 褐色宽横带, 腹鳍、臀鳍浅灰色; 印度洋银口天竺鲷 *J. striatodes* (Gon, 1997), 特征为体侧有 7—11 褐色宽横带, 臀鳍后缘黑色; 白边银口天竺鲷 *J. novaeguineae* (Valenciennes, 1832), 特征为臀鳍、尾鳍最下缘为白边; 黑边银口天竺鲷 *J. truncata* (Bleeker, 1855)特征为第二背鳍、臀鳍中部有一平行基底的黑色带, 尾鳍后缘黑色带略宽; 史密斯银口天竺鲷 *J. smithi* Kotthaus, 1970, 特征为第二背鳍中部有一平行基底的黑色纵带, 尾鳍后缘黑色带略细; 斑鳍银口天竺鲷 *J. carinatus* (Cuvier, 1828), 特征为第二背鳍最末软条基底有一大黑斑; 黑鳃银口天竺鲷 *J. poeciloptera* (Cuvier, 1828), 特征为臀鳍淡黄色, 鳍膜间有一暗点。研究发现 *Apogon arafurae* 并不是 *J. truncata* 同种异名, 学名应更正为 *Jaydia poeciloptera*。基于线粒体 COI 基因 K2P 遗传距离显示, *J. striata*、*J. smithi*、*J. truncata* 种内遗传距离大于 2%。构建 NJ 系统发育树发现红海、阿拉伯海和北部湾的 *J. smithi* 分成 2 个单系支。结合 NJ 树分析发现, *J. smithi* 和 *J. poeciloptera* 均出现错误鉴定, 认为 GenBank 上传的序列(MH085808、JQ681491)存在误鉴, 实为 *J. poeciloptera*。

关键词 银口天竺鲷属; 形态学; COI 基因; 分类学

中图分类号 Q959.483 **doi:** 10.11693/hyhz20200400128

银口天竺鲷属(*Jaydia*), 隶属天竺鲷科(Apogonidae), 栖息于水深20—120m沙泥底质水域, 主要分布于全球热带及亚热带地区, 少数种分布在温带海域(Mabuchi *et al.*, 2014; Gon *et al.*, 2015)。在中国海域中主要分布在南海、台湾沿海, 东海和黄海有少量分布(成庆泰等, 1962, 1987; 成庆泰, 1963; 沈根媛, 1985; 邵广昭等, 1993)。银口天竺鲷属全球共有19种, 中国海域有12种记录(Mabuchi *et al.*, 2014; Gon *et al.*, 2015;

Eschmeyer *et al.*, 2016)。

20世纪90年代以前, 银口天竺鲷属鱼类一直归类至天竺鲷属(*Apogon*)或天竺鲷鱼属(*Apogonichthy*) (Smith, 1961; 成庆泰等, 1962, 1987; 成庆泰, 1963; 沈根媛, 1985)。90年代以来, Gon(1996)根据形态特征差异将银口天竺鲷属鱼类归为天竺鲷属亚属; 之后, Fraser(2000)提出银口天竺鲷属*Jaydia* Smith, 1961是有效属。Mabuchi等(2014)基于形态特征和DNA条形

* 国家重点研发计划项目, 2018YFD0900905 号; 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)资助项目, ZJW-2019-08 号; 广东省科技计划项目, 2018B030320006 号; 广东省基础与应用基础研究基金, 2019B1515120064 号。罗植森, 硕士研究生, E-mail: luozhisen555@163.com

通信作者: 颜云榕, 博士生导师, 教授, E-mail: tuna_ps@126.com; 易木荣, 研究助理, E-mail: murong_yi@qq.com

收稿日期: 2020-04-24, 收修改稿日期: 2020-06-28

码研究对天竺鲷科鱼类分类标准进行了重新修订, 并确认银口天竺鲷属是天竺鲷科(Apogonidae)的一个有效属, 得到了大多数鱼类学者认可(Gon *et al.*, 2015; Yoshida *et al.*, 2015; Fraser *et al.*, 2016; 俞正森等, 2017)。但银口天竺鲷属的种类分类研究仍存在种类误判和同种异名等问题。Gon(1996)对银口天竺鲷属 10 种鱼类重新整理, 根据前鳃盖骨边缘锯齿强弱把银口天竺鲷属分为三个形态类型, 并对邵广昭等(1993)《台湾鱼类志》中的银口天竺鲷种类提出了不同的看法, 认为其中种类 *Apogon striatus* (695 页, 版图 84, 图 3) 应该为 *J. striatodes*, 种类 *Apogon ellioti* (692 页, 版图 81, 图 9) 则为 *J. smithi*。而 Shao 等(2008)发表的增补南海鱼类名录将 *J. smithi* 认为是台湾海域新纪录种。另一方面, Yu 等(2016)在北部湾海域发现了新纪录鱼类 *J. striatodes*, 其形态与 *J. striata* 极为相似。近年来, 俞正森等(2017)基于形态特征和 DNA 条形码发现了浙江海域黑边银口天竺鲷新纪录种, 并认为 GenBank 上的 *Apogon truncatus* (KF809390, JQ681515) 序列存在误鉴; Hou 等(2018)应用 DNA 条形码对南海鲈亚目鱼类进行分类研究, 发现其中 *Apogon ellioti* (= *J. truncata*) 的种内分支遗传距离较大,

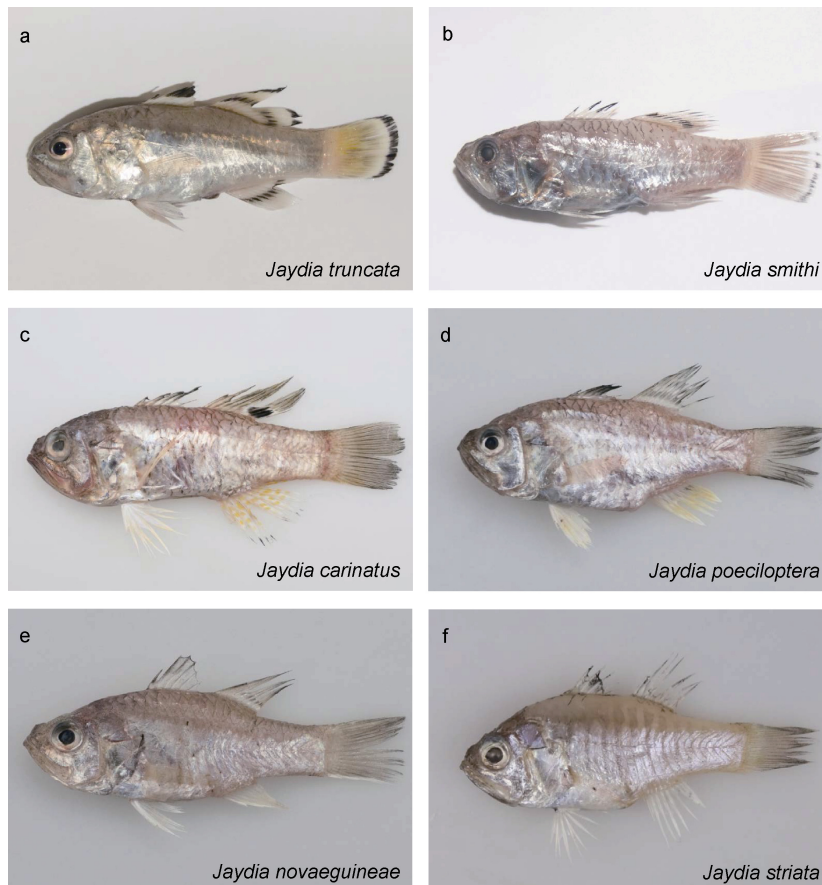
认为存在两个单系群。

本研究针对中国沿海银口天竺鲷属种类误鉴, 同种异名多等分类问题, 通过对银口天竺鲷属鱼类进行采样, 结合形态学和 DNA 条形码分析, 对银口天竺鲷属种类进行归纳和梳理, 为中国沿海银口天竺鲷属分类鉴定提供有效的依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源

样品采集于 2014—2019 年间在南海北部沿海底拖网渔获, 共 101 尾。参考相关鱼类图鉴、鱼类志等工具书及相关文献(成庆泰等, 1962, 1987; 成庆泰, 1963; 沈根媛, 1985; 邵广昭等, 1993; Gon, 1996), 总结归纳需要鉴定的银口天竺鲷属鱼类特征, 对样品进行种类鉴定。鱼类种类见图 1, 其中图 1h 为没有采集到的细条银口天竺鲷 *J. lineata* (Temminck & Schlegel, 1842), 照片源于 <https://www.zukan-bouz.com/syu/テングクダイ>, 其形态特征描述参照 Gon(1996)。所有样品保存于广东海洋大学水产学院南海资源与评估中心标本室, 样品信息见表 1。



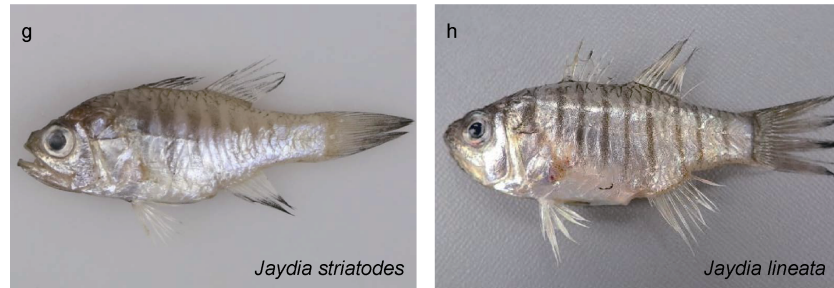


图 1 中国沿海 8 种银口天竺鲷属鱼类

Fig.1 Eight species of *Jaydia* in coastal China

注: a. 黑边银口天竺鲷; b. 史密斯银口天竺鲷; c. 斑鳍银口天竺鲷; d. 黑鳃银口天竺鲷; e. 白边银口天竺鲷; f. 横带银口天竺鲷; g. 印度洋银口天竺鲷; h. 细条银口天竺鲷

表 1 银口天竺鲷属鱼类采集信息与 COI 序列信息

Tab.1 Information of COI sequences and collection of *Jaydia*

种名	采集地点	数量	样品编号	序列来源	
印度洋银口天竺鲷 <i>J. striatodes</i>	中国北部湾	2	GOU102407—GOU102408*	本文	
	中国海南岛西北部	7	ZMNH AF0000011—ZMNH AF0000017	KU507406—KU507412	
	中国广西北海	3	ZMNH AF0000118 ZMNH AF0000120—ZMNH AF0000121	KU507413—KU507415	
	泰国泰国湾	1	KAUM-I. 47460	KU865169	
	泰国班武里	1	KAUM-I. 47759	KU865170	
	越南下龙湾	1	KAUM-I. 77592	KU865171	
	菲律宾奥顿湾	2	KAUM-I. 80608、KAUM-I. 80610 GOU102409—GOU102416*、GOU103247 GOU103267—GOU103269、GOU103258 GOU103280—GOU103285、GOU103259	KU865172、KU865173	
横带银口天竺鲷 <i>J. striata</i>	中国北部湾	54	GOU103286—GOU103288*、GOU103311 GOU103289—GOU103293、GOU103312* GOU103294*、GOU103295、GOU103296* GOU103297—GOU103303、GOU103304* GOU103305—GOU103309、GOU103310*	本文	
	泰国罗勇市	1	KAUM-I. 47748	KU865174	
	马来西亚沙巴哥打基纳巴卢	2	KAUM-I. 49167、KAUM-I.49199	KU865175、KU865176	
	中国南海	1	FBBGC043-11	JQ681491	
	印度尼西亚爪哇岛和巴厘岛	1	pk12	MH085808	
白边银口天竺鲷 <i>J. novaeguineae</i>	中国南海	10	GOU101003—GOU101012*	本文	
	肯尼亚米达河	1	AP97	KX281185	
	印度尼西亚爪哇岛和巴厘岛	1	bw33	MH085807	
细条银口天竺鲷 <i>J. lineata</i>	中国黄海	3	F00182 F00183 F00184	JQ738611 JQ738612 JQ738455	
	日本东京湾	3	TGD7—TGD9	JF952673—JF952675	
	日本广岛县	1	FAKU: 77532	AB890051	
	中国荣成港	1	IOCASFY_AI_001	GU357853	
	台湾		4	ASIZP0078852 ASIZP0078864 ASIZP0078872 ASIZP0078848	KT718499 KT718500 KT718501 KT718502
		日本内宫湾	1		MH244441
			1		NC_041647

续表

种名	采集地点	数量	样品编号	序列来源	
<i>奎氏银口天竺鲷</i> <i>J. queketti</i>	印度	3	IOCASFY-RCB09-A11— IOCASFY-RCB09-A13	KU236864—KU236866	
	以色列	1	TAU P.15450	KF564297	
	土耳其伊斯肯德伦湾	1	593	KY176505	
<i>斑鳍银口天竺鲷</i> <i>J. carinatus</i>		1	ZSI/SRC F-20	MK331958	
	中国北部湾	4	GOU103262 GOU103264 GOU103266 GOU103270	本文	
		中国南海	2	GOU100283*、GOU100600*	本文
		印度尼西亚爪哇岛	1	BW-A6931	GU674166
		中国南海	1	FBBGC045-11	JQ681489
	中国南海	1	1201_BQ	KP266746	
	日本高知县	1	FAKU:73706	AB890049	
	中国南海北部	1	GDC1125	KY371621	
	中国南沙群岛	1	NS1330	KY371625	
	中国南沙群岛	2	NS1328、NS1329	KY371623、KY371624	
	中国北部湾湾口	1	SYC15	KY371622	
	<i>黑鳃银口天竺鲷</i> <i>J. poeciloptera</i>	中国北部湾	8	GOU100470*、GOU101000—GOU101001* GOU101813—GOU101816*、GOU101095*	本文
			<i>黑边银口天竺鲷</i> <i>J. truncata</i>	4	GOU100416 GOU101807—GOU101809
中国南海	1	GOU101277		本文	
日本高知县	1	FAKU: 73386		AB890050	
菲律宾萨玛	1	SMR: 12		KF809390	
中国南海	1	FBBGC015-11		JQ681515	
中国南海北部	1	GDC1927		KY371629	
	3	BBWC589 BBWC587 BBWC1798		KY371626 KY371627 KY371628	
中国南海	1	FBBGC046-11		JQ681488	
沙特阿拉伯阿拉伯湾	1	CEW0363		KU499717	
<i>史密斯银口天竺鲷</i> <i>J. smithi</i>	中国北部湾	16		GOU101810—GOU101812* GOU103260—GOU103261、GOU103263 GOU103271—GOU103279、GOU103265	本文
		2		RSFL456、RSFL162	KY675787、KY675466
		1		P. 14609	KF564295
	土耳其	1		592	KY176506
<i>暗鳍银口天竺鲷</i> <i>J. melanopus</i>	澳大利亚托雷斯海峡	1	BW-A9170	HQ956512	
	<i>黑天竺鲷</i> <i>Apogonichthyoides niger</i>	日本爱媛县	1	FAKU: 70753	AB890026
<i>云纹天竺鲷</i> <i>Nectamia fusca</i>		琉球群岛	1	FAKU: 72023	AB890053

注: *表示本研究样品 COI 序列

1.2 实验方法

形态学指标测量参照 Gon 等(2003)的方法。取鱼体背部肌肉组织 50mg, 使用不同浓度的乙醇对肌肉组织进行梯度脱水, 放在 -20°C 环境保存备用。根据

DNA 抽提试剂盒(Ezup 柱式动物基因组 DNA 抽提试剂盒, 上海生工)提供的方法提取 DNA。引物使用通用引物(Ward *et al.*, 2005), PCR 反应体系为 $25\mu\text{L}$, 包括 $12.5\mu\text{L}$ 的 Taq PCR Master, $3\mu\text{L}$ 的 ddH_2O , $2\mu\text{L}$ 的

MgCl₂, 上下游引物各 1μL, 5.5μL DNA 模板。PCR 反应条件为: 95°C 预变性 3min; 33 个循环在 92°C 变性 45s, 55°C 退火 45s, 72°C 延伸 1min; 72°C 延伸 10min。将 PCR 扩增产物送往生工生物工程(上海)股份有限公司进行纯化、双向测序。

1.3 数据分析

将测序的结果用 Sequencher 5.4.5 软件进行对比, 同时加以人工校正。测得 46 条序列, 长度 655bp, 分别在 GenBank 上进行物种核对。以 K2P 模型计算银口天竺鲷属鱼类种内、种间遗传距离。使用 MEGA6.0 软件结合同源序列及以黑天竺鲷和云纹天竺鲷为外群构建 NJ 树, 分析银口天竺鲷属种间系统发育。引用序列下载于 GenBank, 注册号见表 1。

2 结果与讨论

2.1 银口天竺鲷属主要形态特征比较

形态特征比较见表 2。根据形态特征数据(表 3)对比分析表明 *J. truncata* 和 *J. striatodes* 形态测量数据差异明显, 其余种形态测量数据出现重叠, 难以根据形态测量数据差异进行区分, 因此, 需要结合形态特征比较进行区分。*J. truncata* 和 *J. smithi* 前鳃盖骨边缘为强锯齿状且具齿状脊, 体侧有 4—6 个暗淡宽纹, 第二背鳍中部有一暗纵带, 边缘为黑色, 两者形态极为相似, 区分特征前者臀鳍具一平行基底的黑色纵带, 尾鳍后缘黑色带较宽, 头顶有黑色斑点, 后者臀鳍没有黑色纵带, 尾鳍后缘黑色带较细, 这与俞正森等

(2017)对这两种类的分析一致。*J. carinatus* 和 *J. poeciloptera* 前鳃骨边缘平滑, *J. carinatus* 第二背鳍最末软条基底有一大黑斑, 臀鳍有 3—4 条斑点组成的黄色条带, *J. poeciloptera* 第二背鳍没有这一特征, 其臀鳍为淡黄色, 不为条带状, 鳍膜间有暗点, 成庆泰等(1962)没有描述 *J. poeciloptera* 臀鳍这一特征。*J. novaeguineae*、*J. striatodes*、*J. striata* 和 *J. lineata* 前鳃盖骨边缘为弱锯齿状, 齿状脊不明显, 后三种体侧明显具 7—11 褐色横带。*J. novaeguineae* 臀鳍及尾鳍下缘有明显的白边, 可以作为与其他 *Jaydia* 种区分的关键特征, 成庆泰等(1962)对该种的臀鳍及尾鳍无这一特征描述, Yoshida 等(2015)对该种有这一特征的描述; *J. striatodes* 和 *J. striata* 形态相似, 区分特征前者臀鳍的后缘为黑色, 后者臀鳍的后缘无黑色, Gon(1996)和 Yu 等(2016)也支持这个观点。*J. lineata* 与 *J. striata* 体色相近, 各鳍特征相似, 体侧具横带, 区别特征前者的横带呈细针条状, 后者横带较宽, 与成庆泰等(1962)的描述相符。

2.2 银口天竺鲷属 DNA 条形码分析

对采集的银口天竺鲷鱼类 COI 基因片段进行双向测序, 获得 46 条 655bp 的序列, A、T、C 和 G 碱基平均含量分别为 23.7%、30.4%、27.9%、18.0%, 其中 A+T 含量(54.1%)高于 C+G 含量(45.9%), 与其他鱼类 COI 基因碱基构成特征相符(Ward *et al.*, 2005); 保守位点 484 个, 约占全序列的 73.89%; 变异位点 171, 约占 26.11%; 简约信息位点 166 个, 约占

表 2 中国沿海银口天竺鲷属 8 种鱼类主要鉴定特征
Tab.2 Key characteristics of 8 species of *Jaydia* in coastal China

种名	主要鉴定特征			
	臀鳍	尾鳍	第二背鳍	体侧横带
黑边银口天竺鲷 <i>J. truncata</i>	中部具一平行基底的黑色纵带*	后缘黑色带宽	—	无
史密斯银口天竺鲷 <i>J. smithi</i>	中部无一平行基底的黑色纵带	后缘黑色带细	—	无
斑鳍银口天竺鲷 <i>J. carinatus</i>	具 3—4 条黄色斑点组成的条带	—	最末软条基底具一大黑斑*	无
黑鳃银口天竺鲷 <i>J. poeciloptera</i>	淡黄色, 不为条带状, 鳍膜间有暗点*	—	—	无
白边银口天竺鲷 <i>J. novaeguineae</i>	下缘具明显的白边*	下缘具明显的白边*	—	无
横带银口天竺鲷 <i>J. striata</i>	后缘无黑色	—	—	横带带宽略等于带间距
印度洋银口天竺鲷 <i>J. striatodes</i>	后缘为黑色	—	—	横带带宽略等于带间距
细条银口天竺鲷 <i>J. lineata</i>	后缘无黑色	—	—	细针条状, 横带带宽明显小于带间距*

注: —表示不为该种的主要鉴定特征; *表示可直接作为该种与其他 *Jaydia* 种区分的关键特征

表 3 中国沿海银口天竺鲷属鱼类标本测量性状(以占体长的百分比表示)
Tab.3 Morphometric measurements of *Jaydia* in coastal China expressed in percentage of the standard length (% in SL)

	横带银口天竺鲷 <i>J. striata</i> <i>n</i> =54	史密斯银口天竺鲷 <i>J. smithi</i> <i>n</i> =16	斑鳍银口天竺鲷 <i>J. carinatus</i> <i>n</i> =6	黑边银口天竺鲷 <i>J. truncata</i> <i>n</i> =5	白边银口天竺鲷 <i>J. novaeguineae</i> <i>n</i> =11	黑鳃银口天竺鲷 <i>J. poeciloptera</i> <i>n</i> =7	印度洋银口天竺鲷 <i>J. striatodes</i> <i>n</i> =2
标本数	<i>n</i> =54	<i>n</i> =16	<i>n</i> =6	<i>n</i> =5	<i>n</i> =11	<i>n</i> =7	<i>n</i> =2
体长(mm)	37—90(56.1)	67—88.7(76.9)	83—141(97.5)	110.9—142(125.8)	82.7—98.2(88.7)	78—170(108.5)	57.4—60.1(58.8)
体高	16.2—36.4(31.3)	23.9—32.6(29.5)	23.4—34.4(31.7)	23.6—31.4(25.9)	21.4—36.6(34.4)	17.6—37.2(28.8)	31.4—34.5(33)
体宽	9.4—17.7(12.9)	9.7—17.4(13.6)	13.3—14.6(14.1)	11.2—13.7(12.4)	7.4—17.6(15)	7.9—18.5(14)	11.6—16.6(14.1)
头长	17.4—42(36.2)	25.3—41.1(35.2)	27—39(34.1)	15.4—38.3(30.2)	28.6—42.5(38.1)	20.6—41.8(34.6)	39.1—39.7(39.4)
吻长	5.6—9.4(7.7)	6.1—9.2(7.2)	6—9.3(7)	6.8—10.8(7.8)	7.1—12.9(9.9)	4.1—11.6(8.2)	9.6—9.7(9.7)
眼径	5.3—12.4(10.4)	9—12.2(10.6)	8—10.7(9.8)	7.2—9.8(8.1)	7.1—12.5(10.4)	4.7—11(8.6)	11.1—11.5(11.3)
眼间距	5.6—10.8(7.7)	7.3—9.8(8)	7.3—9.6(8.9)	6.7—8.7(7.5)	5.6—8.1(7.4)	4.7—9.9(7.7)	9.1—9.2(9.2)
上颌长	1.8—20.6(15.7)	9.8—21.4(14.6)	13.2—20.5(15.5)	12.8—19.7(15)	11.3—20.3(17.2)	8.8—20(15.1)	20.2—21.3(20.8)
下颌长	11.6—23.3(17)	10.2—21.5(15.2)	13.7—20.7(15.8)	13—20.2(15.3)	11.4—20.8(18.4)	9—20.5(15.6)	20.7—22.1(21.4)
颌骨高	3.8—7.8(5.1)	4.2—6.1(5.3)	4.3—6.1(5.3)	3.5—5.4(4.3)	4.2—7.7(6.3)	2.9—9(5.2)	5.9—6.7(6.3)
背鳍前长	28.9—41.4(37)	33.1—40.9(37.6)	28.9—38.6(35.7)	28.3—37.5(31.6)	30.6—42.9(37)	18.4—39.3(32.6)	37.1—40.4(38.8)
腹鳍前长	26.4—40(33)	24.4—36.6(32.6)	26.6—32.7(30.3)	27.5—33.3(29.8)	27.6—38.4(35.3)	17.1—39(29.3)	36.4—36.9(36.7)
臀鳍前长	48.2—72.7(62.3)	59.6—71.4(66.7)	50.4—66.3(61.9)	51.8—66.4(57.3)	50.5—65.3(61.6)	34.2—67.4(56)	66.2—66.4(66.3)
胸鳍前长	31.3—42.9(38.6)	30.8—41.8(38.1)	30.5—40.1(36.7)	32.5—40(34.5)	29.5—41.6(38.4)	15.9—43.5(33.9)	41.1—42.1(41.6)
腹鳍长	10.9—32.6(18.3)	13.3—22.7(17.5)	12.4—26.2(19.2)	14.8—20.1(17.2)	17.1—25.6(22.4)	11.8—32.2(20.9)	20.5—21.4(21)
第一背鳍 第一鳍棘长	0.7—3.1(2.1)	1.6—5(2.8)	2.3—4(2.8)	1.5—3.9(2.3)	2—8.8(6.2)	1.2—9.3(4.1)	4.8—4.9(4.9)
第二背鳍 第二鳍棘长	4.9—9.8(7.4)	2.8—10.1(7.1)	4.3—9.5(6.8)	4.5—9(6.2)	6—15.4(11.6)	3.9—12.9(7.7)	8.2—10.1(9.2)
第一背鳍 第四鳍棘长	10—16.1(14)	10.8—15.4(13.1)	9.4—15.1(13.2)	10—14(11.3)	10.1—15.7(13.3)	7.1—14.3(11.7)	13.8—16.1(15)
第二背鳍 第二鳍棘长	8.1—12.7(10.6)	7.9—11.8(10.1)	7.1—12.7(10.8)	6.1—10.1(8.5)	8.2—12.9(11.3)	5.4—12.9(9.1)	13.8—14.6(14.2)
背鳍最长鳍条长	12.6—26(21.4)	14.1—23.9(20.4)	19.3—24.7(23)	17.5—22.3(19)	16.5—30.2(26.6)	11.8—31.2(21.8)	15.1—17.4(16.3)
臀鳍第二鳍棘长	8—16.1(11.1)	7.1—11.2(9.3)	7.9—12.5(11.1)	7—9.1(7.9)	8.2—12.6(10.6)	5.3—11.5(8.9)	12.5—16.5(14.5)
臀鳍最长鳍条长	11.6—24(19.3)	14.9—22.3(19.2)	17.2—24.4(21.7)	16.2—19.8(17.2)	18.6—27.3(24.8)	10.6—30.8(20)	17.4—20(18.7)
尾柄高	9.7—18.1(14.6)	12.2—17.3(14.8)	13—16.1(14.8)	10.9—15.2(13.1)	13.1—17(15.4)	7.7—16.9(13.4)	13.3—13.9(13.6)
尾柄长	13.5—24.4(19.5)	14.3—25.8(19.7)	14.3—26.8(18.5)	13.7—28.3(17.5)	17.3—31(26.7)	9.1—30.4(19.9)	22.8—25.6(24.2)
计数							
背鳍鳍条数	+ , 6—10	+ , 9	+ , 9	+ , 9	— + , 9	— + , 9—10	+ , 9
臀鳍鳍条数	, 8	, 8	, 8	, 8	, 8	, 8	, 8
胸鳍鳍条数	6—15(12)	12—15(14)	8—15(13)	13—15(14)	11—15(14)	12—14(13)	12—12(12)
鳃耙数	3—7+12	1—4+8—11	3—4+10—12	3+8—12	3—5+8—12	2—3+8—11	1—3+8—11
角鳃弓鳃耙数	8—13(11)	8—13(11)	11—13(12)	11—14(12)	10—12(11)	9—14(11)	13

25.34%; 单突变位点 5 个, 约占 0.76%; 所有位点中不变位点 590 个, 转换位点 49 个, 颠换位点 16 个, 转换位点明显多于颠换位点。结合 GenBank 同源序列以 K2P 模型构建银口天竺鲷属鱼类的种内、种间遗传距离(表 4), 种内遗传距离范围 0.0010—0.0600, 种间遗传距离范围 0.0879—0.1871, 种间遗传距离并不远大于种内遗传距离。*J. striata*、*J. smithi*、*J.*

truncata 种内遗传距离大于 2%, 分别为 2.64%、2.86%、6.00%。

NJ 树结果显示银口天竺鲷属鱼类分成两群(图 2)。其中在 GenBank 下载的序列 *Apogon truncatus* (KF809390)、*J. truncata* (JQ681515) 不与本研究采集的 *J. truncata* 聚类, 而与 *J. poeciloptera* 聚为一类, 同时由于无法在 GenBank 上获取所对应样品的形态,

表 4 9 种银口天竺鲷属鱼类 COI 序列种内(对角线加粗)、种间(矩阵下方)K2P 遗传距离
Tab.4 Kimura 2-parameter model analysis of intraspecific (bold diagonal) and interspecific (bottom half of matrix) average genetic distance of 9 species of *Jaydia*

组	物种	数量	平均遗传距离(%)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	斑鳍银口天竺鲷 <i>J. carinatus</i>	11	0.0037											
2	黑边银口天竺鲷 <i>J. truncata</i>	14	0.1483	0.0600										
3	细条银口天竺鲷 <i>J. lineata</i>	17	0.1752	0.1545	0.0060									
4	奎氏银口天竺鲷 <i>J. queketti</i>	3	0.1162	0.1480	0.1871	0.0165								
5	白边银口天竺鲷 <i>J. novaeguineae</i>	12	0.1640	0.1490	0.1442	0.1515	0.0035							
6	黑鳃银口天竺鲷 <i>J. poeciloptera</i>	8	0.1238	0.1198	0.1375	0.1451	0.1306	0.0010						
7	史密斯银口天竺鲷 <i>J. smithi</i>	7	0.1473	0.0879	0.1477	0.1419	0.1401	0.1268	0.0286					
8	横带银口天竺鲷 <i>J. striata</i>	21	0.1510	0.1455	0.1545	0.1398	0.1311	0.1216	0.1516	0.0264				
9	印度洋银口天竺鲷 <i>J. striatodes</i>	17	0.1383	0.1384	0.1685	0.1463	0.1491	0.1394	0.1403	0.1232	0.0049			

因此推断这两条序列存在误鉴, 实为 *J. poeciloptera*, 与俞正森等(2017)的结果相似。同理, 可以推测 *J. striata* (MH085808、JQ681491) 两条序列也为 *J. poeciloptera*。在 GenBank 下载的序列 *J. truncata* (KY371626、KY371627) 与本研究采集的 *J. smithi* 聚类, 而 Hou 等(2018)研究则显示这两条序列与 *Apogon ellioti* (= *J. truncata*) 形成两个单系群, 以上结果可以推测序列 *J. truncata* (KY371626、KY371627) 可能为误鉴, 实为 *J. smithi*。上述分析说明以往研究中 *J. poeciloptera*、*J. truncata* 存在误判, 实为不同种类, 这也是本研究中 *J. poeciloptera* 和 *J. truncata* 种内遗传距离偏大的原因。

Gon(1996) 基于前鳃盖骨边缘锯齿形状的强弱将 *Jaydia* 分为了三大类群: *truncata* 群, 前鳃盖骨边缘锯齿状强且具齿状脊, 包括 *J. truncata*、*J. smithi* 和亨氏银口天竺鲷 *J. hungi*; *lineata* 群, 较 *truncata* 群前鳃盖骨边缘锯齿状弱, 具平滑的齿状脊, 包括 *J. novaeguineae*、*J. striata*、*J. lineata*、和 *J. striatodes*; *carinatus* 群, 较 *lineata* 群具更弱的前鳃盖骨边缘和齿状脊, 包括 *J. carinatus*、*J. queketti* 和 *J. poeciloptera*。本研究基于形态学的分类结果与上述结果相符, 但 NJ 树显示 *Jaydia* 可分为 2 个大群, 一群为符合 Gon(1996) 的 *truncata* 群, 包括 *J. truncata* 和 *J. smithi*, 另一群包括 *J. queketti*、*J. carinatus*、*J. smithi*、*J. striata*、*J. striatodes* 和 *J. novaeguineae*, 该群中 *J. queketti* 虽然和 *J. carinatus* 先聚类, 但没有紧接着与 *J. poeciloptera* 聚类, 与 Gon(1996) 描述的 *carinatus* 群不相符。Gon(1996) 描述

的 *lineata* 群在本 NJ 树上也没有先聚成一类。可见, 以传统分类学方法研究鱼类系统发育与 DNA 条形码方法得到的结果不一定相符。

J. hungi 和 *J. smithi* 因形态相似而极易被混淆 (Kotthaus, 1970; Gon, 1996)。Fourmanoir 等(1965)将越南芽庄采集的 *Jaydia* 样品与马达加斯加的 *J. hungi* 模式样品鉴定为同一种, 实则两者为异域且形态不同的两个群体。Fourmanoir(1967)把红海苏伊士湾采集的样品鉴定为 *J. hungi*, 后来, Kotthaus(1970)比较红海南部和亚丁湾的样品, 发现红海其实有两种不同形态的“*J. hungi*”, 并把与模式种 *J. hungi* 形态不同的种类命名为 *J. smithi*, 同时指出 Fourmanoir 等(1965)在越南芽庄与 Fourmanoir(1967)在红海苏伊士湾采集的 *Jaydia* 样品为 *J. smithi*。本研究 NJ 树显示采于北部湾的 *J. smithi* (GOU101810—GOU101812) 与红海、阿拉伯海分布的 *J. smithi* (KY675787、KY675466、KF564295、KY176506) 分为两个单系支(置信度 100%), 且种内距离遗传大于 2%。由于无法在 GenBank 上获取相应样品的形态, 根据 Gon(1996) 总结 *J. smithi* 和 *J. hungi* 的种类分布情况, 推测这两群为不同种, GenBank 上的序列 KY675787、KY675466、KF564295 和 KY176506 可能为 *J. hungi*, 确切的结果需采集分析红海和阿拉伯海的样品做进一步验证。

2.3 梳理银口天竺鲷属分类概况

根据 Eschmeyer 等(2016)整理了 19 种银口天竺鲷属鱼类分类地位(表 5), 其中 *J. ellioti* (Day, 1875) 为 *J.*

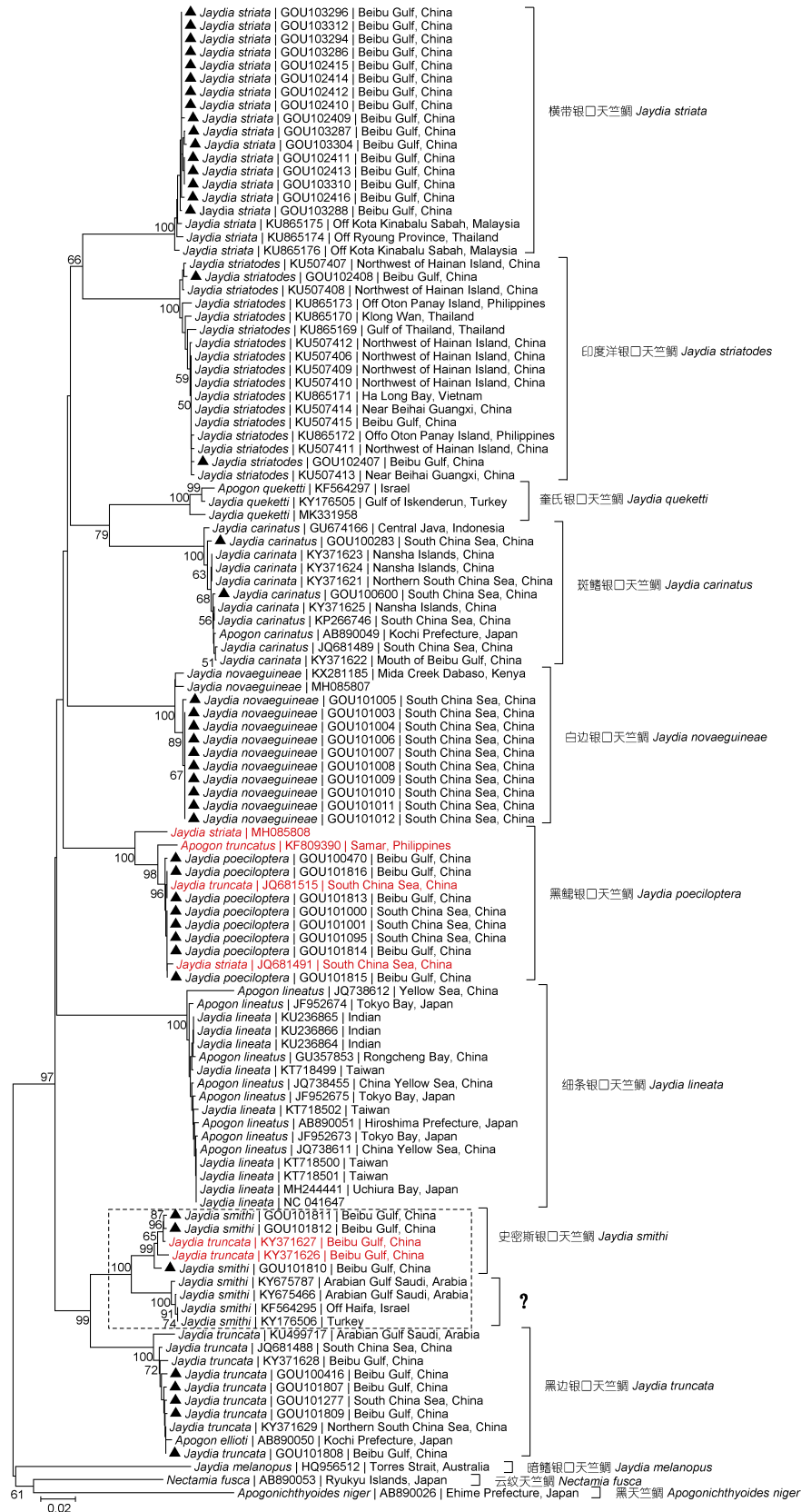


图2 基于 COI 基因构建的银口天竺鲷属 NJ 分子系统进化树
Fig.2 Construction of NJ phylogenetic tree of *Jaydia* based on COI gene
注: ▲ 为本研究样品 COI 序列; 红色字体表示该序列鉴别种有误

表 5 全球 19 种银口天竺鲷属鱼类分类地位
Tab.5 The taxonomic status of 19 species of *Jaydia* in the world

种名	命名人和时间	中国分布	分类状态	参考
<i>J. albomarginatus</i>	(Smith & Radcliffe, 1912)	+	a synonym of <i>J. novaeguineae</i>	(Gon, 1996; Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. argyrogaster</i>	(Weber, 1909)	-	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. carinatus</i>	(Cuvier, 1828)	+	accepted	(Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. catalai</i>	(Fourmanoir, 1973)	-	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. ellioti</i>	(Day, 1875)	+	a synonym of <i>J. truncata</i>	(Shao <i>et al.</i> , 2008; Yu <i>et al.</i> , 2016; Fraser <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. erythrophthalma</i>	Gon, Liao & Shao, 2015	-	accepted	(Gon <i>et al.</i> , 2015)
<i>J. hungi</i>	(Fourmanoir & Nhu-Nhung, 1965)	-	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. lineata</i>	(Temminck & Schlegel, 1842)	+	accepted	(Gon <i>et al.</i> , 2015; Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. melanopus</i>	(Weber, 1911)	-	accepted	(Fraser, 2000)
<i>J. novaeguineae</i>	(Valenciennes, 1832)	+	accepted	(Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. photogaster</i>	(Gon & Allen, 1998)	-	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. poeciloptera</i>	(Cuvier, 1828)	+	accepted	(Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. quartus</i>	(Fraser, 2000)	-	accepted	(Fraser, 2000)
<i>J. queketti</i>	(Gilchrist, 1903)	-	accepted	(Fraser, 2000)
<i>J. smithi</i>	Kotthaus, 1970	+	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016; Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. striata</i>	(Smith & Radcliffe, 1912)	+	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016; Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. striatodes</i>	(Gon, 1997)	+	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016; Yu <i>et al.</i> , 2016)
<i>J. tchefouensis</i>	(Fang, 1942)	+	senior to <i>J. striatodes</i> or junior to <i>J. lineata</i>	(Gon <i>et al.</i> , 1998; Fraser, 2000)
<i>J. truncata</i>	(Bleeker, 1855)	+	accepted	(Fraser <i>et al.</i> , 2016; Yu <i>et al.</i> , 2016)

注: +表示中国海域有分布; - 表示中国海域无分布

truncata (Bleeker, 1855)次定同种异名; *J. albomarginatus* (Smith & Radcliffe, 1912)为 *J. novaeguineae* (Valenciennes, 1832)次定同种异名; *J. tchefouensis* (Fang, 1942)为 *J. lineata* (Temminck & Schlegel, 1842)或为 *J. striatodes* (Gon, 1997)次定同种异名。根据上述整理,本研究认为成庆泰等(1962)《南海鱼类志》、成庆泰等(1987)《中国鱼类系统检索》及邵广昭等(1993)《台湾鱼类志》中沿用 *Apogonichthys* 和 *Apogon* 命名的银口天竺鲷属鱼类应独立列为 *Jaydia* 属,其中的 *arafuræ* 应校正为 *poeciloptera*, *albomarginatus* 应校正为 *novaeguineae*, *elliotti* 应校正为 *truncata*。另外,通过对 FishBase (<https://www.Fishbase.in/search.php>)的 *J. poeciloptera*

公开的样品照片进行形态特征分析,发现该样品存在误鉴,实为 *J. truncata*, 其臀鳍有一明显平行基底黑色纵带,是 *J. truncata* 特有的判别特征。

3 结论

本研究基于DNA条形码和形态学特征对中国沿海银口天竺鲷属鱼类进行分类研究。结合分子生物学实验和形态学实验两者成功将中国沿海8种银口天竺鲷属鱼类准确区分,归纳和梳理了中国沿海8种银口天竺鲷属鱼类分类地位,并编制了8种银口天竺鲷属鱼类检索表。本研究对于中国沿海银口天竺鲷属鱼类的分类具有一定的参考意义价值。

银口天竺鲷属检索表

- 1(4)尾鳍后缘有黑色带
- 2(3)尾鳍后缘黑色带略宽,第二背鳍和臀鳍各有一平行基底黑色纵带.....黑边银口天竺鲷 *Jaydia truncata* (Bleeker, 1855)
- 3(2)尾鳍后缘黑色带略细,第二背鳍有一平行基底黑色纵带,臀鳍无黑色纵带.....史密斯银口天竺鲷 *Jaydia smithi* Kotthaus, 1970
- 4(1)尾鳍后缘无黑色带
- 5(8)臀鳍有黄色条带或为淡黄色

- 6(7)臀鳍有3—4条黄色斑点组成的条带, 第二背鳍最末软条基底有一大黑斑 斑鳍银口天竺鲷 *Jaydia carinatus* (Cuvier, 1828)
- 7(6)臀鳍为淡黄色, 不为条带状, 第二背鳍无大黑斑, 臀鳍鳍膜间有暗点 黑鳃银口天竺鲷 *Jaydia poeciloptera* (Cuvier, 1828)
- 8(5)臀鳍无黄色条带也不为淡黄色
- 9(10)臀鳍、尾鳍下缘有白边 白边银口天竺鲷 *Jaydia novaeguineae* (Valenciennes, 1832)
- 10(9)臀鳍、尾鳍下缘无白边
- 11(14)体侧具7—11褐色横带, 横带带宽略等于带间距
- 12(13)臀鳍后缘为黑色 印度洋银口天竺鲷 *Jaydia striatodes* (Gon, 1997)
- 13(12)臀鳍后缘无黑色 横带银口天竺鲷 *Jaydia striata* (Smith & Radcliffe, 1912)
- 14(11)体侧具7—11褐色横带, 体侧横带带宽小于带间距, 呈细针条状 细条银口天竺鲷 *Jaydia lineata* (Temminck & Schlegel, 1842)

参 考 文 献

- 成庆泰, 1963. 天竺鲷科. 见: 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. 东海鱼类志. 北京: 科学出版社, 233—238
- 成庆泰, 王存信, 田明诚等, 1962. 天竺鲷科. 见: 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. 南海鱼类志. 北京: 科学出版社, 328—347
- 成庆泰, 郑葆珊, 1987. 天竺鲷科. 见: 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索. 北京: 科学出版社, 300—303
- 沈根媛, 1985. 天竺鲷科. 见: 朱元鼎. 福建鱼类志(下). 福州: 福建科学技术出版社, 45—57
- 邵广昭, 陈正平, 1993. 天竺鲷科. 见: 沈世杰. 台湾鱼类志. 台北: 国立台湾大学动物学系, 328—347
- 俞正森, 宋 娜, 韩志强等, 2017. 浙江海域天竺鲷科鱼类新纪录种—黑边银口天竺鲷(*Jaydia truncata*)形态特征与 DNA 条形码研究. 海洋与湖沼, 48(1): 79—85
- Eschmeyer W N, Fong J D, 2016. Species by family/subfamily. <http://research.calacademy.org/redirect?url=http://research.archive.calacademy.org/research/Ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- Fourmanoir P, 1967. Nouvelle détermination proposée pour un Apogonidae de Mer Rouge et de l'Océan Indien. Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, 39(2): 265—266
- Fourmanoir P, Nhu-Nhung D T, 1965. Liste complémentaire des poissons marins de NHA-TRANG. Cahiers. In: ORSTOM-Océanographie, Numéro Spécial. Paris: ORSTOM, 114
- Fraser T H, 2000. A new species of *Apogon* (Perciformes: Apogonidae) from the Saya de Malha Bank, Indian Ocean, with redescriptions of *Apogon regani* Whitley, 1951, *A-gardinieri* Regan, 1908, and *A-heraldi* (Herre, 1943). In: Proceedings of the Biological Society of Washington. Washington: Biological Society of Washington, 113: 249—263
- Fraser T H, Prokofiev A M, 2016. A new genus and species of cardinalfish (Percomorpha, Apogonidae, Sphaeramiini) from the coastal waters of Vietnam: luminescent or not? Zootaxa, 4144(2): 227—242
- Gon O, 1996. Revision of the cardinalfish subgenus *Jaydia* (Perciformes, Apogonidae, *Apogon*). Transactions of the Royal Society of South Africa, 51(1): 147—194
- Gon O, Allen G R, 1998. A new luminous cardinalfish of the genus *Apogon* (Perciformes, Apogonidae) from the western Pacific Ocean. J. L. B. Smith Institute of Ichthyology Special Publication, 62: 1—9
- Gon O, Liao Y C, Kwang-Tsao S, 2015. A new species of the cardinalfish genus *Jaydia* (Teleostei: Apogonidae) from the Philippines. Zootaxa, 3980(2): 286—292
- Gon O, Randall J E, 2003. A review of the cardinalfishes (Perciformes: Apogonidae) of the Rea Sea. Smithiana Bulletin, 1(1): 1—48
- Hou G, Chen W T, Lu H S *et al*, 2018. Developing a DNA barcode library for perciform fishes in the South China Sea: Species identification, accuracy and cryptic diversity. Molecular Ecology Resources, 18(1): 137—146
- Kotthaus A, 1970. Fische des Indischen Ozeans. Ergebnisse der ichthyologischen Untersuchungen während der Expedition des Forschungsschiffes "Meteor" in den Indischen Ozean, Oktober 1954 bis Mai 1965. A. Systematischer Teil, WI, Percomorpha (2). "Meteor" Forschungsergebnisse Series D, 6: 56—75
- Mabuchi K, Fraser T H, Song H *et al*, 2014. Revision of the systematics of the cardinalfishes (Percomorpha: Apogonidae) based on molecular analyses and comparative reevaluation of morphological characters. Zootaxa, 3846(2): 151—203
- Shao K T, Ho H C, Lin P L *et al*, 2008. A Checklist of the fishes of southern Taiwan, northern South China Sea. The Raffles Bulletin of Zoology, (19): 233—271
- Smith J L B, 1961. Fishes of the family Apogonidae of the western Indian Ocean and the Red Sea. Ichthyological Bulletin, Department of Ichthyology, Rhodes University, (22): 373—418
- Ward R D, Zemlak T S, Innes B H *et al*, 2005. DNA barcoding Australia's fish species. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1462): 1847—1857
- Yoshida T, Hagiwara K, Motomura H, 2015. *Jaydia*

albomarginatus from Amami Oshima. Nature of Kagoshima, 41: 61—64

Yu Z S, Song N, Han Z Q *et al*, 2016. The taxonomic status and

sister group relationship of the cardinalfish species *Jaydia striatodes* (Percomorphaceae: Apogonidae). Zootaxa, 4175(1): 1—9

CLASSIFICATION AND IDENTIFICATION OF CARDINALFISH (APOGONIDAE: *JAYDIA*) IN COASTAL CHINA BASED ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DNA BARCODE

LUO Zhi-Sen¹, YI Mu-Rong^{1,2}, LIU Si-Biao¹, QIU Kang-Wen¹,
GU Sui¹, YAN Yun-Rong^{1,2,3,4}

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. Marine Resources Big Data Center of South China Sea, Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhanjiang), Zhanjiang 524013, China; 3. Guangdong Provincial Engineering and Technology Research Center of Far Sea Fisheries Management and Fishing of South China Sea, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 4. Center of Marine Fisheries Information Technology, Shenzhen Institute of Guangdong Ocean University, Shenzhen 518120, China)

Abstract Classification and identification of *Jaydia* in coastal China were organized through morphological characteristics and DNA barcode. One hundred and one specimens of *Jaydia* were collected in the South China Sea from 2014 to 2019. Some of the main identification features are: *J. striata* (Smith & Radcliffe, 1912), 7—11 narrow dark brown bars on the body; pelvic and anal fins pale. *J. striatodes* (Gon, 1997), 7—11 narrow dark brown bars on the body; caudal fin with relatively wide dark band on distal margin. *J. novaeguineae* (Valenciennes, 1832), bottom edge of anal and caudal fins white. *J. truncata* (Bleeker, 1855), second dorsal and anal fins with a dark brown stripe across middle of fins; caudal fin pale to dusky with wider darker distal edge. *J. smithi* Kotthaus, 1970, second dorsal fin with a dark brown stripe across middle of fin; caudal fin pale to dusky with narrow darker distal edge. *J. carinatus* (Cuvier, 1828), with a large, black spot at base of last ray of second dorsal fin. *J. poeciloptera* (Cuvier, 1828), with yellow anal fin and a dark spot between membrane. *Apogon arafurae* is not a synonym of *J. truncata* and its valid name should be corrected to *J. poeciloptera*. Molecular phylogenetic tree constructed by Neighbour-joining (NJ) method shows that interspecific genetic distance of *J. striata*, *J. smithi*, and *J. truncata* of Kimura 2-parameter were greater than 2%. A branch of *J. smithi* distributing in Rea Sea, Arabian Sea, and Beibu Gulf of China divided into two geographical groups. The NJ tree shows that misidentification was found in *J. smithi* and *J. poeciloptera*. Sequences of MH085808, JQ681491 in GenBank were misidentified, which may be *J. poeciloptera*.

Key words *Jaydia*; morphology; COI gene; taxonomy