

食蚊鱼(*Gambusia affinis*)的 生物学特性及其灭蚊利用的展望

潘炯华 苏炳之 郑文彪

食蚊鱼 *Gambusia affinis* (Baird et Girard) 又名长颈鳉鱼或柳条鱼, 在分类学上属于鳉形目 (Cyprinodontiformes), 食蚊鱼科 (poeciliidae), 是原产于北美洲大西洋沿岸低洼地和沟渠等水中的一种热带性卵胎生小鱼, 因其喜欢食蚊的幼虫而著名, 所以被称为食蚊鱼 (Mosquito fish)。在北美洲, 自从本世纪初就开始利用食蚊鱼来灭蚊。美国政府鉴于这种鱼灭蚊效果显著, 曾由政府机关主办, 大规模饲养繁殖, 后来把它传播到南美洲、檀香山、菲律宾群岛及其它各地, 在灭蚊方面收到很好效果。一九二五年, 苏联从意大利引进了食蚊鱼, 放入南方地区的小型水域, 经驯化后, 迅速扩大放养范围, 据报道不仅减少了灭蚊的经费, 并且在苏联境内疟疾传播也显著减少。一九二〇年后这种鱼已广泛传播于世界许多地区, 近十年来伊朗和阿富汗都大量利用食蚊鱼来控制疟疾, 并开展全国规模的工作, 取得显著效果。

根据文献记载, 食蚊鱼在一九二七年被引进我国上海, 曾放养一千尾于杭州西湖使其自然繁殖, 亦作过一些灭蚊利用的试验, 但在当时的社会条件下, 没有得到重视和推广。食蚊鱼在什么时候传来广州地区, 现在还不很清楚。作者在五十年代进行广东省淡水鱼类资源调查时, 在广州尚未采得食蚊鱼的标本。六十年代以后, 食蚊鱼在广州地区才逐渐繁盛起来, 现在它已经成为池塘、水沟、低洼地等小水体中普遍分布、数量很多的优势种。一九七四年以来, 广州市居民在卫生部门的指导和帮助下, 将食蚊鱼放入市内街道的废水井、防空洞、太平桶及近郊菜地洼地、水沟等积水处, 对于灭蚊起了显著作用, 很受群众的欢迎。

世界各国有关食蚊鱼及其灭蚊利用的研究报告, 虽然为数不少, 但是在我国对这种鱼, 还缺乏系统的研究。食蚊鱼移入我国后, 其生物学特性会因环境因子的巨大变化而有所改变; 同时我国国土辽阔, 气候等自然条件都会因地区不同而有很大差异, 因此需要根据各地区的具体情况, 对食蚊鱼的生长、繁殖以及生态等问题进行深入的研究, 以便掌握规律, 更好地发挥其灭蚊的作用。我们受广东地区五二三领导小组办公室的委托, 对广州地区食蚊鱼的生物学特性进行了研究, 现将研究结果报道于下。

一、形态特征

我们对广州地区的食蚊鱼进行了形态鉴定。根据一千多尾标本的测定，其形态特征与*Cambusia affinis*相同，引进后在形态上看不出有显著的改变（图1）。

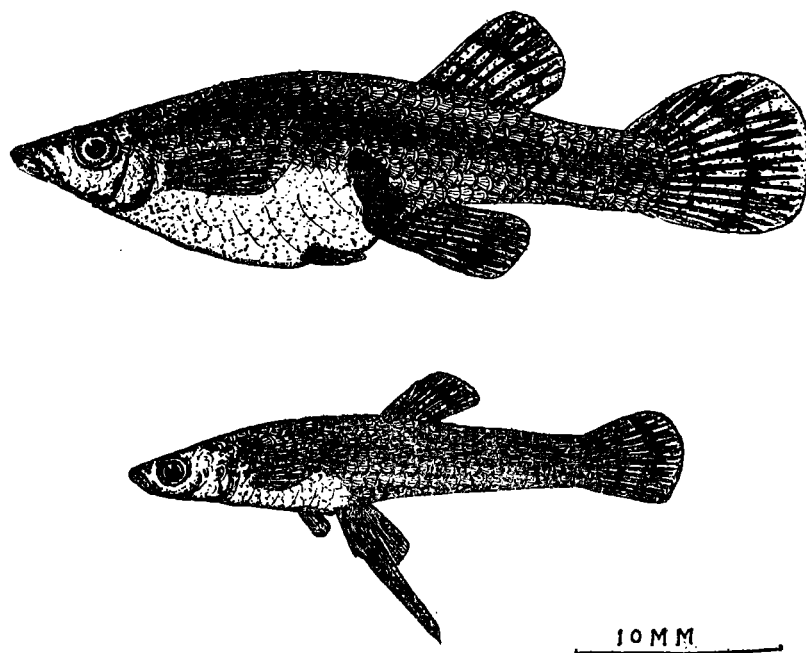


图1 食蚊鱼 *Gambusia affinis* Baird et Girard
(上雌、下雄)

背鳍条7—9，胸鳍条13—14，腹鳍条6，臀鳍条9。雄鱼的第三、四、五臀鳍条变得很长，演化成为交接器（生殖鳍）。

体细小，长形而侧扁。背部稍隆起，在背中部最高，略呈弧形。腹部圆，无腹棱。头顶平而较宽，前方略尖。口中等大，端位，下颌突出，稍向上翘，无小须，无侧线。体被圆鳞，鳞片中等大，沿体侧中轴有纵列鳞30—32。肛门靠近臀鳍的起点。眼大，位于头两侧的近上方。鳃耙短，近圆锥形，其数为16—25。两颌有许多内向的弯状小齿，咽部具绒毛状细齿。

鳍无硬刺。背鳍高，位置在体之后方，顶部略呈方形。胸鳍的末端可达腹鳍的上方。腹鳍小，其末端可达肛门。臀鳍与背鳍基本相对，但其起点稍前于背鳍的起点。臀鳍的起点至腹鳍基部较至尾鳍基部为近。尾鳍不分叉，边缘呈圆形。

体背部呈橄榄褐色，体侧大部分呈半透明灰色，并常有光亮的淡蓝色，腹部为银白色。鳍无色或微带黄色，在背鳍和尾鳍部都散布一些不很明显的小黑点。雌鱼怀胎时在臀鳍上方有一显著黑斑，就是腹中怀胎的位置，此斑常称为胎斑。

性成熟的个体，雌鱼体长为16—45毫米，体重为0.21—1.95克；雄鱼的个体比

雌鱼为小，体长为14—27.5毫米，体重为0.04—0.45克（表1）。

表1 食蚊鱼体长、体重测定

性别	测定标本数 (尾)	平均体长 (毫米)	变化幅度 (毫米)	平均体重 (克)	变化幅度 (克)
雄	200	21.4	14—27.5	0.193	0.04—0.45
雌	1100	29.35	16—46	0.478	0.21—1.95

二、消化系统的 特点

食蚊鱼喜欢在水的表层活动觅食。它的下颌突出，口略向上倾斜，适宜于捕食水面的食物。上下颌均生有许多尖锐的细齿，绝大多数的齿端是向口内弯曲的，因此其牙齿不适于咀嚼食物，主要用来防止被捕食物的逃逸。在咽部着生的细齿，其形态与两颌齿相同。食蚊鱼在捕食时是“狼吞虎咽”不加咀嚼，因此解剖时经常见到肠的前段尚有不少活的食物。

食蚊鱼无胃。消化道比较粗短，其总长度与体长之比，雌鱼为0.98:1，雄鱼为0.51:1（表2），消化道粗短是肉食性鱼类的特征。

表2 食蚊鱼消化道长度与体长的比例

性别	体长 (mm)	食道长度 (mm)	中肠长度 (mm)	后肠长度 (mm)	消化道道长:体长
♀	34.5	3.85	11.7	18.1	0.975:1
♂	21	1.8	5.5	3.5	0.51:1
备注	表中数字系10尾鱼测量平均值				

三、食 性

我们用饲养观察和解剖消化道内食物的方法，对广州地区食蚊鱼的食性和摄食量，进行了分析研究。

（一）食物组成

根据不同季节和不同天然水域采到的食蚊鱼标本，进行食性分析的结果，证明食蚊鱼是以动物性食物为主的杂食性鱼类。从表3、表4可以看出，食蚊鱼摄食的动物性食物，包括有蚊的幼虫（孑孓）、蚊蛹、刚羽化的成蚊，以及轮虫类、枝角类、挠足类、介形类，还有线虫卵等；植物性食物，包括有绿藻、裸藻、硅藻、隐藻、甲藻、黄藻等浮游植物。它们的食物种类虽然很广泛，但从数量比较和出现率上都表明，动物性食物是主要的。

根据饲养观察,食蚊鱼也吃丝蚯蚓、初孵化的仔鱼、切碎的鱼肉等,此外还吃糠麸、面包和饼干碎片,在饥饿的情况下,吃一点萍沙和植物碎屑,但不吃水绵和轮藻等较粗的水生植物。

(二) 对食物的选择性

食蚊鱼的食谱虽然很广,但它特别喜爱吃蚊虫,这是决定它能发挥灭蚊作用的重要条件之一。根据水族箱的饲养观察,当有几种食物同时存在时,食蚊鱼首先是捕食蚊类,其次是水中的一些大型浮游动物,如水蚤和其它小的水生动物,摄食植物性食物是不多的。食蚊鱼在摄食时,喜欢捕食活的、会动的食物,对死的、不会动的食物不那么敏感。

从蚊的几个不同发育阶段来看,食蚊鱼是最喜摄食刚羽化成蚊,其次是孑孓和卵块,摄食蚊蛹较少。可能是蛹有硬壳较难吞食和不易消化,我们常常见到食蚊鱼排出的粪便中还有不少蚊蛹的壳(参看表4中的出现率)。

(三) 摄食量

根据国外文献报道,食蚊鱼的最大摄食量每天可捕食约等于其自身重量的孑孓。根据我们饲养测定,在饥饿了数天的情况下,一尾体长34毫米,体重1.1克的雌鱼,24小时内可以捕食大小孑孓438条,总重量约为1.6克(测定时水温为23°C),以后连续天天给食,在水温22°C以上的环境中均保持每天250条以上的记录。水温下降至17—22°C范围内,每天食孑孓150条左右;水温17—14°C时,每天食量为50—100条。可见食蚊鱼的摄食强度是受温度的变化制约的。

根据饲养测定,在水温22°C的情况下,一尾体长21毫米的雄鱼,每天可以捕食蚊幼虫50—100条,饥饿时可达100条以上。体长14—16毫米的小食蚊鱼,每天可捕食蚊幼虫20—30条。产后第二天的仔鱼便能主动追食小孑孓,尽管捕食能力有限,但仍能捕获。产后十天的鱼苗捕食能力已很强,可以自若地捕食长度为自身体长一半的蚊幼虫,并且捕食效率相当高。

(四) 食性的季节性变化

根据解剖和野外观察的材料,广州地区的食蚊鱼在全年各月份都有捕食蚊虫,但食蚊鱼的摄食强度是受水温的变化所制约的,因此食蚊鱼的食物组成和摄食量是随着气温的升降而出现季节性的变化。当气温较高蚊虫孳生的季节,食蚊鱼摄食量也大,消化道内含物中蚊的出现率也高,植物性食物相对减少;当冬季蚊虫很少时,其消化道中见到的植物性食物就相对增加,甚至发现吃进一些植物碎屑。这反映了食蚊鱼食性的广泛及其季节性的变化,是对不良环境条件的一种适应性,即使在缺少蚊虫的环境中也能生存。

根据初步观察,食蚊鱼在水温10°C时基本停止摄食,解剖其消化道多数呈空腹状态。

(五) 消化力的测定

根据实验,在水温18—20°C时,食蚊鱼食进的孑孓一般在5个小时左右就能消化完,并将消化残渣排出体外。消化的速度以卵块和刚羽化的成蚊最快,其次是幼虫(孑孓),对蚊蛹的消化最慢,特别是老龄的蛹。

表3(一) 食蚊鱼消化道食物的种类及数量比较
(1978年1月—12月)

食物种类		性 别	♀	♂
黄藻	黄 丝 藻 <i>Tribonema vulgure</i>		+	+
轮虫	矩形臂尾轮虫 <i>Branchionus leydigi</i>		+	
	镰状臂尾轮虫 <i>Branchionus falcatus</i>			+ +
	萼花臂尾轮虫 <i>Branchionus calyciflorus</i>			+
	晶 囊 轮 虫 <i>Asplanchna priodonta</i>			+
枝角类	象 鼻 蚤 <i>Bosmina coregoni</i>		+	+
	棘突膝氏蚤 <i>Dunhevedia crassa</i>		+	
	中型尖额蚤 <i>Alona intermdia</i>		+ + +	+
	方型尖额蚤 <i>Alona quadrangularia</i>		+	
	基 合 蚤 <i>Bosminopsis sp.</i>			+
	短尾秀体蚤 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>		+	
	锐 额 蚤 <i>Alonella sp.</i>		+	
	长肢秀体蚤 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>			+
	矩形尖额蚤 <i>Alona rectangular</i>			+ + +
桡足类	剑 水 蚤 <i>Eucyclops sp.</i>		+ + +	+ + +
	六 肢 幼 体 Hexapode larva		+	
植屑	Plant fragment		+	+ +
成蚊	Mosquito		+ + +	
蚊蛹	Mosquito pupa		+	
孑孓	Mosquito larvae		+ +	
介形类	蚌壳虫 <i>Cyzicus sp.</i>			+

表3(二)

食物种类		性 别	♀	♂
绿 藻 门	栅 连 藻	<i>Scenedesmus platydiscus</i>	+	
	新月鼓藻	<i>Closterium sp.</i>	+	
	茸 毛 藻	<i>Ulothrix zonata</i>	+	+
	柱状栅列藻	<i>Scenedesmus bijuga</i>		+
	圆形鼓藻	<i>Cosmarium circulare</i>	+	
裸藻门	近似囊裸藻	<i>Trachelomonas similis</i>	+	
硅 藻 门	平 板 藻	<i>Tabellaria sp.</i>	+	+
	舟形硅藻	<i>Navicula sp.</i>	+	+
	奇异棱形藻	<i>Nitzschia paradoxa</i>		+
	缢缩脆杆藻	<i>Fragilaria constraeus</i>		+
	披针菱形藻	<i>Nitzschia lanceolata</i>		+
	瘦新月硅藻	<i>Closterium strigosum</i>	+	+
	具球异端藻	<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	+	
	小幅节羽纹藻	<i>Pinnularia microstauron</i>		+
	舟形桥穹藻	<i>Cymbella naviculiformis</i>		+
	桥穹硅藻	<i>Cymbella sp.</i>		+
隐藻门		<i>Cryptomonas sp.</i>		
	马氏隐藻	<i>Cryptomonas marssonii</i>	+	++

〔说明〕：+++表示数量多，++表示数量较少，+表示数量很少。

表4 食蚊魚各月份消化道的食物分析(出现率)比较

时 间 类 别	一 月		四 月		五 月		六 月		七 月		八 月		九 月		十 月		十一 月		十二 月	
	♀ 51尾 池塘	♂ 6尾 池塘	♀ 68尾 池塘	♂ 11尾 水沟	♀ 10尾 池塘	♂ 1尾 池塘	♀ 14尾 池塘	♂ 11尾 池塘	♀ 13尾 池塘	♂ 10尾 池塘	♀ 15尾 池塘	♂ 11尾 池塘	♀ 15尾 池塘	♂ 10尾 池塘	♀ 10尾 池塘	♂ 3尾 池塘	♀ 13尾 池塘	♂ 11尾 池塘	♀ 11尾 池塘	♂ 8尾 池塘
绿藻	5.88		4.41							40										
裸藻	5.88		1.47	9.09																
硅藻	2.2				7.15															
隐藻	3.92		1.47		10	15	54.54	62.5												100
甲藻		16.66	1.47	9.09					40											
黄藻	3.92																			
浮游植物	2.18	16.66	8.82	18.18	10	22.15	54.54	102.5	40											100
总计																				
轮虫	3.92	16.66	1.47	9.09		28.57	27.27				9.09	20	20							
支角类	9.8		7.35			21.5		12.5		20	45.45	70	70		66.66			9.06	9.09	
桡足类	3.92		17.65					100	50	40	18.18	20	20		33.3	69.23	81.8	9.09	9.09	
介形类								60		20	9.09									昆虫卵
成蚊	88.2		47.05		70	57.5		37.5	100				20					23.2	45.4	12.5
蚊蛹			13.23																	
孑孓	7.84		22.06				15													
线虫		50	10.3																	
动物性食物	113.68	16.66	119.11	9.09	70	107.57	42.27	210	150	80	81.81	130	60	100	99.9	93.4	90.8	63.58	12.5	
总计																				

说明：(1)食物中蚊的出现率在1.4.5.6.7.10.12月都高。(2)4月的食性较其它月份多样化一些

四、繁 殖

食蚊鱼营卵胎生，体内受精，因而生殖器官的构造和生殖机制较一般鱼类复杂。我们对食蚊鱼繁殖的生物学特性进行了研究，以便掌握其规律，为利用食蚊鱼灭蚊更好地繁育种苗。

(一) 生殖系统的基本构造及其特点

1、雌性生殖系统

卵巢 食蚊鱼的卵巢，在成熟时近似椭圆形，外观卵巢略有左右二部分的轮廓，但中间没有明确的隔膜，即所谓二卵巢合生。卵巢位于体腔上方背脊之下，没有成熟的卵巢呈很小的长条状，只占体腔上部很小的位置；当成熟时，卵巢的体积增大，可达体腔的 $2/3$ 左右；当怀仔时，整个腹腔几乎被卵巢所占满。

生殖管 连接于卵巢的后端，其伸缩性强，韧度大，末端与生殖孔相通。雌、雄鱼交接时，精子由此管进入卵巢腔中，发育成熟的仔鱼亦经此管产出体外。

生殖孔 位于臀鳍之前，肛门之后，呈半月形。交配时，雄鱼的交接器插入此孔而交接，雌鱼产仔时，仔鱼亦由此孔产出体外（图2）。



图 2—1
产前雌鱼腹面观

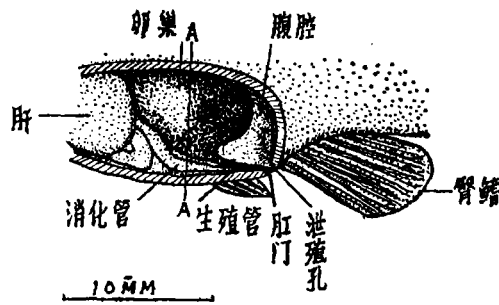


图 2—2 雌性生殖系统的自然位置

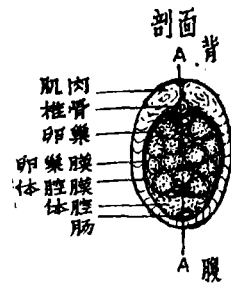


图 2—3

A—A剖面图

图 2 雌食蚊鱼的生殖系统（1—3）

2、雄性生殖系统

精巢 有左右二个，二精巢贴生，外观呈一圆球形，中间各有极薄的膜隔开。精巢位于体腔上方背脊之下，在解剖上可见到精巢由许多小叶状的近圆形的精荚组成，精子形成于其中。据外国学者的研究，精荚也是一个输精的基本结构。在发情雄鱼的精巢和输精管中，常见到游离的精荚。

生殖管（输精管） 与精巢的后端相连，并通至臀鳍第三、四、五变态鳍条形成的小管沟。当雌雄鱼进行交接时，精巢释放精荚，精荚通过输精管被送至交接器的管沟，这时卵巢液也送到交接器（生殖鳍），使减少胶合精子的液状物质粘度，这样精子就被释放出来，在交接器的管沟中游过而进入输卵管。

交接器 是雄食蚊鱼生殖系统的一个重要组成部分，系由臀鳍的第三、四、五鳍条变态伸长分化而成。其全长约为体长1/3，向前可伸至眼下，平常是后伸与身体平行，发情时在伸缩肌的作用下，可以向前伸，并能向前方左右摆动，所以在交配时能灵活插入雌鱼的交接孔（生殖孔）。生殖鳍的鳍条通过三、四条椎骨脉棘变态而成的游离骨与椎骨相连接，并有强大的伸缩肌团以控制交接器的运动。伸缩肌是肛门的上方体壁隆起所形成的明显的锥状肌肉团。在第四、第五变态鳍条末端有数个小钩。当雄鱼交接器插入雌鱼生殖孔时，此小钩具有加强固着的作用。据Aronson和Clarb (1952) 研究，若把交接器的小钩割掉，雌雄鱼便不能很好地交接。在第三变态鳍条的近末端，还有由鳍条骨节变态而形成的一排小棘（约12—15个），有神经与之相连，具有感觉的作用。据Rosen和Cordon (1953) 研究，认为这一群小棘形成交接器的感受器，在发情交接时能感受刺激，并通过神经系统促使精巢排精(图3、图4、)。

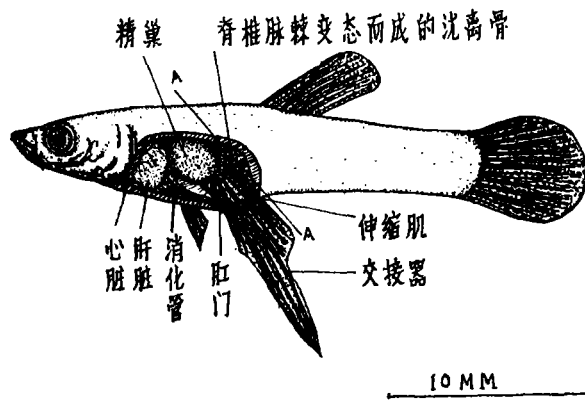


图3—1 雄性生殖系统的自然位置

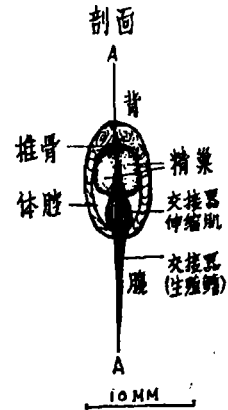


图3—2 A—A剖面图

图3 雄食蚊鱼的生殖系统 (1—2)

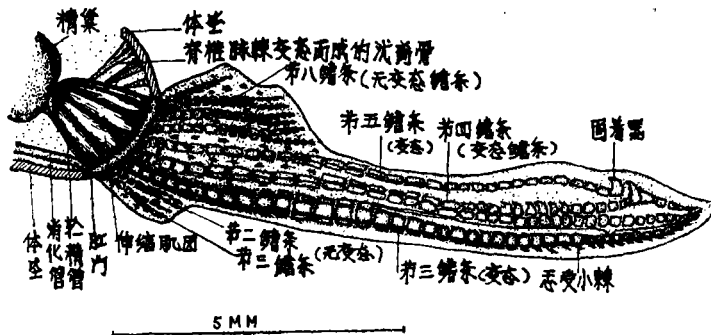


图4 雄食蚊鱼的交接器 (生殖鳍)

(二) 两性特征和性成熟年龄

根据测定,在广州地区自然水体中具有较强繁殖能力的食蚊鱼,雌鱼多数体长为30—40毫米,雄鱼的体长多数为20—25毫米。最大个体的体长雌鱼可达46毫米,雄鱼为27.5毫米。雌鱼具怀胎能力的最小个体体长为16毫米,雄鱼具交配能力的最小个体体长为14毫米。

雌鱼和雄鱼不但体形大小有差异,而且雄鱼的成熟个体出现第二性特征“交接器”(生殖鳍);同时达到性成熟的怀仔雌鱼有明显的胎斑,这都是雌雄鱼在外部形态上的不同特征。

雄食蚊鱼的生殖鳍是在出生二十多天后逐步开始明确的。根据我们对几批仔鱼的饲养观察,发现同批出生的仔鱼有一部分生长较快,在20—25天时,这部分小鱼的臀鳍开始出现变化,首先是第三、四、五鳍条伸长,突出在其它鳍条之外,以后随着个体的发育进一步伸长。至35—40天以后,这三条变态鳍条伸长十分突出,并在第三鳍条的末端骨节形成一排约有12—15个小棘的感受器,第四、五鳍条的尖端则分化成为2—3个小钩(图5)。刚进入生殖鳍分化的雄鱼体长一般略大于12毫米,生殖鳍分化完全的个体体长一般略大于14毫米。雄鱼的性成熟年龄共约45—50天,雌鱼为60—70天,即雄鱼比雌鱼早熟。食蚊鱼的生长在早期是雄鱼略快,当雄鱼生殖鳍分化后,生长慢于雌鱼。

(三) 雌雄性比例

在天然水体中食蚊鱼成鱼的雌雄比例,是雄鱼显然比雌鱼少。我们按不同季节选择各种天然小水体进行清池捕捞统计,经多批测定大致是♀:♂=7:5(有时可达7:1)。

为什么在天然水体中经常是雌鱼数量上比雄鱼多?根据我们实验和观察的材料分析,至少有如下两方面的因素:1、雄食蚊鱼对生活环境的改变,特别是对恶劣环境的适应能力比雌鱼要弱得多,甚至比小鱼还弱。例如溶氧量、盐度和酸碱度的变化,以及对各种农药,首先出现浮头或死亡的是雄鱼。2、雄鱼性凶,常可见其在饥饿的状态下,互相残咬的现象,雌鱼也有咬死雄鱼、小鱼的现象,特别是在繁殖季节,雄鱼相残的现象更为突出。

(四) 交配、受精和胚胎发育的特点

在繁殖的旺季,在营养状况良好的情况下,产后二、三天,多则十多天以后便行交配,交配受精显然是受环境因素和自身性腺发育状况所制约的。根据我们对八、九月份产后食蚊鱼的检查中,常见食蚊鱼的性腺大部分有三类型的卵同时存在,首先是一

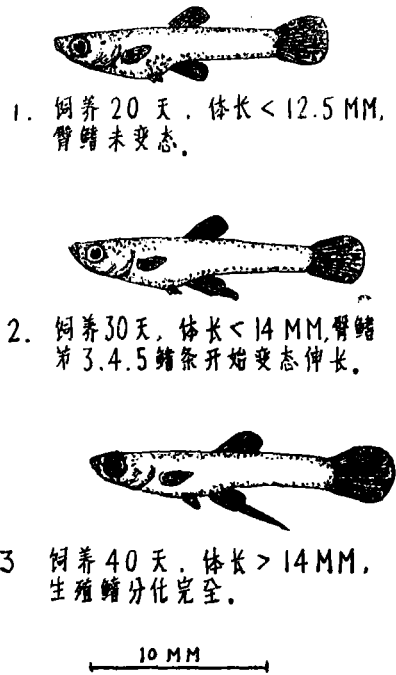


图5 雄食蚊鱼生殖鳍的分化

批发育已近于成熟或成熟卵,卵呈淡黄色,卵径1.2—1.6毫米,处于第Ⅲ期末—Ⅳ期中以前的卵,这类卵肯定是产后不久便可受精的。第二类型是处于大生长期,具卵黄积累,也呈淡黄色,直径1.0毫米以下,细胞核居中央的第Ⅲ期卵,这类卵还需经一段时间的生长、发育才能成熟。第三类型是刚刚开始发育的第Ⅱ期末的未有黄体积累的卵。肉眼能见到小白点,直径0.5毫米以下的卵。因而,产后的食蚊鱼如果性腺成熟,便行交配,否则需等一段时间之后才能进行。

食蚊鱼的交配,可以在夜间和日间进行,尤以白天为多。根据观察,食蚊鱼的交配需要经历一段激烈的追逐发情。追逐发情的形式与家鱼十分相似。所不同的是,雄鱼在繁殖期(3—11月底)均保持良好的、具有受精能力的精子,在任何时间均能行交配,性腺发育在繁殖季节不呈周期性的变化,而雌鱼则出现周期性变化。也就是说,雄鱼时时可以交配而雌鱼则受性腺的发育状况而定。当雌鱼性腺中卵子未成熟,即使雄鱼多方追逐,也不起作用。雌鱼当卵子发育成熟时,没有雄鱼交配,也会呈现不安状态,在培养缸中,多见其改变常态,不喜吃食而急速的上下窜游,有时还会跳出缸外。雄鱼追逐雌鱼的情况与家鱼相同,雄鱼的头部多次冲撞雌鱼的腹部和生殖孔处,有时并排慢游于水中,有时腹部磨擦,追逐进行了若干分钟以后进入高峰,追逐于水面,雄鱼的交接器多次伸至身体前方,在若干次前伸中,最后把交接器的前端插入雌鱼的生殖孔而完成受精(参看附图6)。以后追逐的状况渐渐减弱,雌鱼离开雄鱼,若雄鱼继续追逐,雌鱼会将雄鱼咬伤或咬死。根据洛森和戈登(Rosen and Cordon 1953)研究,在交接器前伸插入雌鱼生殖孔时,精巢便射出精英,通过输精管而送入雌鱼的生殖管中。雌雄交接器的交接每次时间为一至若干秒。多次雄鱼交接器的前伸是失败的,不能真正插入雌鱼生殖孔中,所以每次发情交配过程需要若干小时才能停止。完成交配后的雌鱼雄鱼多处于疲倦状态,静止于底层。

雌鱼对雄鱼看来是无明显的选择性,而在有二尾以上雄鱼同时存在时,雄鱼之间往往会出现相咬的现象,在二尾个体大小接近的雄鱼尤为突出。体力较弱的雄鱼,多被较强的雄鱼驱赶于水底靠边处,甚至被咬死。

根据观察,食蚊鱼的繁殖是每产一胎仔鱼要交配一次。我们做过这样的实验,将同期产仔后的雌食蚊鱼,数天后,一组给配进雄鱼,一组完全不与雄鱼接触,在相同的环境、营养条件下,有配进雄鱼的雌鱼,慢慢地腹部黑斑明显,20多天后产出小鱼。没有配入雄鱼的,20多天以至二个月后,均没有小鱼的生产。经十多天后,取其中一尾解剖,见其卵发育成熟,但没有受精的现象。此外,解剖大量怀胎的食蚊鱼,在其卵巢中,从未见有二批处于不同阶段的胚胎,或一胎仔鱼和另一些受精卵同时存在。因而我们认为食蚊鱼的繁殖是每产一胎交配受精一次。

食蚊鱼的受精形式为“泡受精”。即食蚊鱼的卵子在卵巢的卵泡中发育成熟,并在卵泡中受精孵化。受孕后的卵泡壁是纤维性而富于血管,并与胎体的包心囊密切连接。约经20天后胚胎发育完全,胚体通过生殖管产出体外。

(五)产仔过程

临产的雌鱼,突出的特征是腹部膨大异常,腹围长在产前、产后之差可达2—3毫米,体高差可达1毫米,这对个体只有30—40毫米长,高只有10毫米左右的食

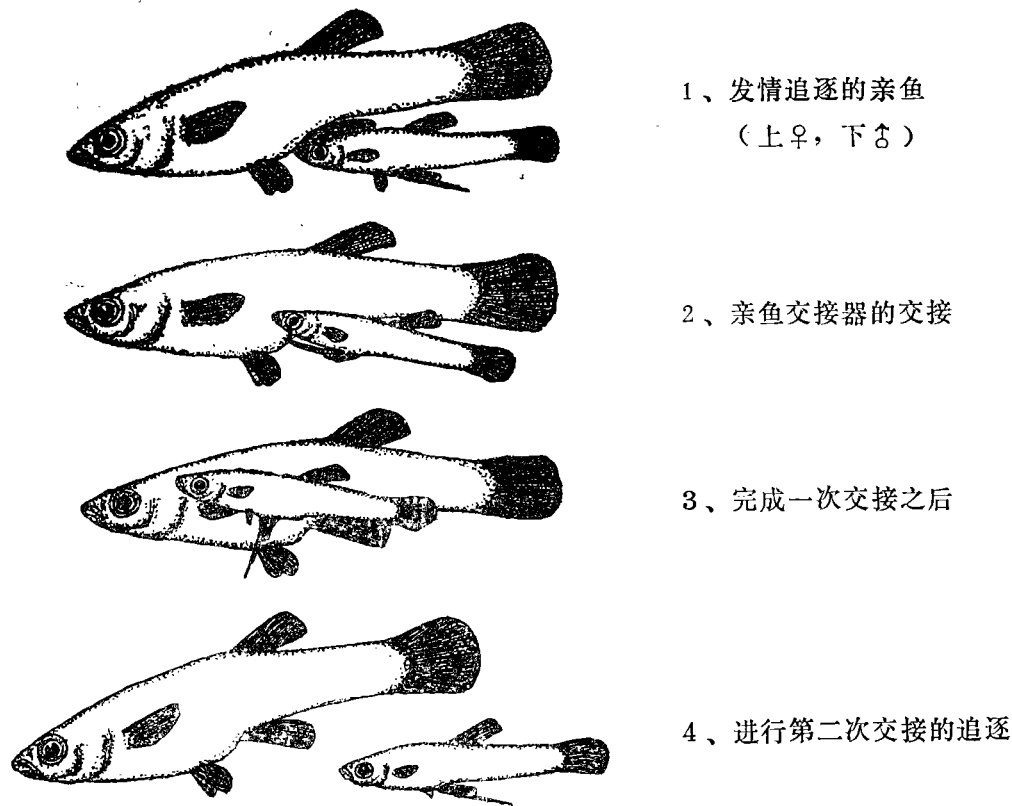


图6 食蚊鱼的发情交配过程

蚊鱼外形是一个很大的变化。另外，还有一突出的特征是臀鳍上方左右二侧的黑斑（胎斑）产后逐渐消失，腹侧呈现透明的区域。

食蚊鱼的产仔，根据观察，首先是出现一阵与正常不同的上下慢速的颤动，鱼体出现了紧张和不安感。这种颤动，可能是将腹中仔鱼脱离卵巢的一种运动。这种颤动进行了一段时间（几分钟或一、二小时不等），随之又发生一阵极为剧烈的摆动便将仔鱼产出。以后，每摆动一阵，便有一尾小鱼产出，越产速度越快，最后甚至可以二尾仔鱼同时产出。产出的仔鱼，绝大部分是尾部先伸出生殖孔，偶尔也可以见到头部先出。从开始产仔至结束往往需要2—3小时的时间，甚至更长。产出仔鱼，在个体上出现略有大小的差异，以及卵黄的吸收程度也略有差异，这显然是受精卵的发育情况所决定的。同时，有个别雌鱼，甚至刚产出的几尾仔鱼已窒息死亡（表5）。

完成了产仔的雌鱼，体色淡白而无光泽，体侧的二黑斑消失，鱼体显得消瘦疲劳，生殖孔充血，并常可见到有一团充血的泡状物突出于生殖孔外，呈鲜红色。数小时之后，便自动收缩入体内，恢复如旧（图7）。

在产完仔之后，雌鱼显得饥饿和疲劳，在没有食物的情况下，会吞食自己的仔

表5 食蚊鱼产仔数统计

编号	时间 月/日	水温 °C	全长 [mm]	体长 [mm]	产仔数 [尾]	备 注
1	8.5		45	37	64	死36尾
2	8.13	28	42	34	41	死2尾
3	8.14	27	46	39.5	42	死8尾
4	8.14	"	38	31	45	死2尾
5	8.14	28	55.5	46	42	死8尾
6	8.18	"	38	32	22	全活
7	8.18	"	39	33	19	全活
8	8.20	29	34	25	19	死2尾
9	8.20	28	34	27	21	全活
10	8.20	29	34	28	17	全活
11	8.21	30	38	30	33	全活
12	8.22	29	35	28	11	全活 盐度25%
13	8.23	"	53	45	45	全活
14	8.23	"	55	45	73	全活
15	8.24	28	32.5	26	21	全活
16	8.24	"	45	36	39	全活
17	8.27	29	31	24.5	12	全活
18	9.2	27	50	42	73	全活

表6 食蚊鱼怀仔数统计

全 长 [mm]	体 长 [mm]	怀 仔 数 [尾]	全 长 [mm]	体 长 [mm]	怀 仔 数 [尾]
38	32	22	30	24	15
35	29	17	45	35	64
34	28	29	50	42	41
35	29	21	45	38	41
29	24	19	32	26	22
27	22	14	55	46	42
26	21	12	55	45	73
32	27	15	45	37	39
30	24	16	32.5	26	12
31	26	14	28	21	14
31	25	22	35	28	22
46	36	34	55.5	45	94
32	25	31			
35	29	18			
30	24	14			
30	24	18			
32	27	17			
30	25	16			

鱼,数小时内如果没有饵料,仔鱼会大半以上被雌鱼所吃掉。然而,在有蚊虫的情况下,尚未见大量吞食仔鱼的现象。在繁殖产仔的过程中,未发现边产仔鱼边食仔鱼的现象。但是另有其它食蚊鱼在一起时,会出现一尾前边产仔,其它在后面跟着吃仔鱼的现象。所以,在大量繁殖仔鱼时,应防止同类相残,应保证充足的饵料。

刚产出的仔鱼,卵黄吸收尚未完全,但各种器官系统已完全具备,产出不久,便能自主游动生活,有个别仔鱼一产出便能正常游动。

(六)产仔数及怀仔数

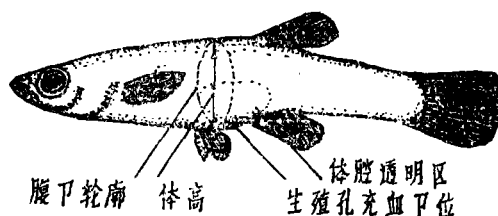
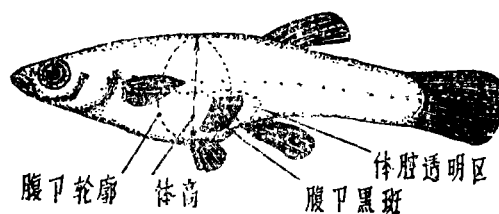
食蚊鱼的产仔数视个体大小和环境因素、营养条件及季节而定。怀仔数最高可达90多尾,曾见报道有100多尾。

一般产仔怀仔数在30尾以上的雌食蚊鱼

体长均在35毫米以上,而且是在环境条件、饵料等因素良好的条件下达到的。在正常的繁殖季节和正常的环境条件中,体长25—30毫米的雌鱼多数产仔20尾左右(表5、表6),以后随环境改变和季节的变化而下降(见繁殖与季节的关系部分)。

(七)繁殖周期

根据饲养测定,食蚊鱼在饵料和水温等条件适宜的情况下,雌鱼产仔后,一般是2—7天又可以进行下一次的交配繁殖。两次产仔间隔的时间大致为20—30天(表7)。



10MM

图7 雌食蚊鱼产仔前后形态的变化

(上产前,下产后)

表7 雌食蚊鱼的怀胎天数及两次产仔间隔时间

亲鱼编号	第一次产仔		第二次产仔			第三次产仔			怀胎天数	两次产仔间隔天数
	时间 月/日	仔数 〔尾〕	交配时间 月/日	产仔时间 月/日	仔数 〔尾〕	交配时间 月/日	产仔时间 月/日	仔数 〔尾〕		
1	7.25	23	7.31	8.23	73				23	30
2	5.5	30	8.6	8.24	29				19	20
3	8.13	42	8.16	9.8	27				24	27
4	8.17	29	8.18	9.11	14	9.17	10.8	7	22—25	26—28
5	8.20	41	8.21	9.9	32				20	21
6	9.9	12	9.17	10.8	7				22	30

(八) 繁殖与季节及水温的关系

根据解剖和观察测定, 广州地区食蚊鱼的繁殖季节为3月底至11月底, 一年的繁殖时间大约为240天, 即八个月左右。当3月底开始产仔时, 最低水温为18°C, 12月初水温下降至18°C以下时, 产仔即结束。暑天, 当水温高于37°C时, 食蚊鱼也停止产仔。因此, 食蚊鱼的繁殖水温, 上限不能超过37°C, 下限不能低于18°C。

食蚊鱼在一年中的繁殖盛期是四月下旬至九月下旬。解剖生殖腺统计, 在这段时间内, 性成熟的雌鱼有90%以上是具有成熟卵或怀仔的。但是到十月由于冷空气的南下, 气温下降, 怀仔量随之也明显下降, 只有10%左右的成熟雌鱼是具有成熟卵子或怀仔的, 这时在大面积、营养条件良好的水池中, 比例数可达15%, 在营养条件较差的小水潭均在10%以下。解剖表明, 绝大部分雌鱼的性腺处于Ⅲ期前后, 这可能是由于温度下降发育迟滞所致, 另一方面是随着季节变化, 饵料来源开始减少, 加之体内本身也已转入营养积累以备越冬, 这时体形变得较为肥圆丰满, 腹腔和肠系膜出现脂肪积累, 所以繁殖能力显著下降。

至十一月底, 上述情况更为突出, 怀仔的百分率更低, 成熟雌鱼极少可见到怀仔, 怀仔的比例低于3%, 基本上没有见到处于发育状态的卵, 性腺出现了明显退化, 大部分处于Ⅲ期以下。雌鱼的体型圆钝, 腹腔为脂肪组织所充积。在池塘中, 基本上没有见到刚产出的仔鱼。

至十二月, 食蚊鱼的繁殖可以算是结束。经检查, 绝大部分的鱼的性腺退化至第Ⅰ期, 即使是原先已发育至一定阶段的卵子, 也趋退化吸收。突出表现在原已成熟或接近成熟的卵, 轮廓不清, 有的成不规则的卵黄块, 这种现象十分明显。即使是个别雌鱼原已怀仔, 胚胎发育已达临产状态, 也会被卵巢所吸收。据十二月上旬的检查, 发现有若干尾雌鱼的性腺坚硬, 内中发现一些仔鱼的头部, 明显者可以见到被溶化吸收的仔鱼。由此可见, 如果人为地提供一个良好的生活环境、充足的饵料和适宜的温度, 是可以延长繁殖时间, 这对人为的增殖食蚊鱼是有一定的价值的。与此同时, 雄鱼的性腺也开始退化, 突出表现在精巢体积的变小(各月份怀仔统计见附表8)。

表8 雌食蚊鱼各月份怀仔量比较表

月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
亲鱼体长(cm)		3-3.5	4.3-4.5	3-3.9	3-3.9	2.2-4.5	3-3.9	2.9-3.5	1.6-3.3	2.9-4
怀仔(卵)量幅度			36-94	6-48	6-48	5-73	12-34	4-26	5-3	8
平均怀仔(卵)量		34	58	30	30	32	23	13	5	
水温(°C)		16-29	24-30	25-32	25-32	25-35	25-35	20-28	14-26	11-22

注: (1) 12月份解剖的雌鱼只一尾有仔其余均无。
(2) 各月份解剖的雌亲鱼数均在30尾以上。

(九) 繁殖力

根据前述的测定,食蚊鱼每年繁殖的时间约八个月,两次产仔的间隔时间为30天左右,因此,一尾成熟雌鱼一年大致可产仔5—6次,个别雌鱼可超过6次。从产仔数来看,一尾成熟雌鱼一年大致能产仔数十尾至一千多尾。

五、生 长

食蚊鱼在水温和饵料等条件适宜的情况下,生长很快。初出生的仔鱼全长一般为7—9毫米,仔鱼产后便能摄食浮游生物,产后第二天的仔鱼能主动追食细小的孑孓,经半个月,全长可达11毫米左右,体长可达9毫米左右。

我们于九月份从天然水域捞取临产雌鱼295尾进行小水池繁殖,合共产仔7081尾,平均每尾雌鱼产仔24尾。仔鱼经过31天的培育,成活3968尾,成活率为56%。对幼鱼随机抽样检查,平均全长为16.4毫米,这时已开始能分辨雌雄,并可分散放养。

六、食蚊鱼与外界无机环境因素的关系

我们对食蚊鱼与下述几种环境因素的关系,进行了初步的测定。

(一) 温度与生存的关系

食蚊鱼是属于热带性鱼类,温度对其生长、繁殖和生存的关系极为密切,掌握食蚊鱼与温度变化的关系,对于利用食蚊鱼灭蚊的工作有重要意义。

1、致死高温

根据我们的测定,水温40℃为食蚊鱼的致死高温。当水温升至37—39℃时,鱼出现极度不安,并逐步变为行动迟滞,同时尾部发白,水温达40℃时开始出现死亡,水温升至41℃时则全部死亡。

2、抗寒力

水温降至10—9℃时,鱼体很少游动,并栖于水底。水温达8℃时,鱼表现呆滞,个别体质弱的个体开始出现休克或死亡,并且雄鱼居多,可见雄鱼的抗寒能力比雌鱼差。在一九七九年二月一日—二日的大寒潮期间,我们利用自然低温,选取体质较健壮的雌鱼61尾、雄鱼5尾,进行抗寒力测定,经4小时水温4℃,3小时水温3℃,全部鱼未见死亡现象,鱼体表现呆滞,并栖于水底。从总的来看,食蚊鱼在广州地区的自然条件下,除了体质较弱的一部分个体外,是能够安全越冬的。

3、适温范围

食蚊鱼在水温18—34℃的范围内,生活正常,最适温度为23—30℃(繁殖最适宜温度相同)。

食蚊鱼对水温变化的反应见表9。

(二) 食蚊鱼与水质酸碱度的关系

食蚊鱼对水的酸碱度的适应能力,根据测定,在PH6—8的范围内均能正常的生活、繁殖,产出的仔鱼无不正常的现象。PH值超过8.5和低于5.5时,开始出现

表9 食蚊鱼对环境温度的变化的反应

水温	反 应
41°C	全部死亡。
40°C	鱼行动迟滞, 静伏底层, 体表变白, 粘液脱落, 并出现死亡。
37—39°C	鱼不安, 窜游, 并有欲跃出水面现象。后变为行动迟滞, 体表附有大量气泡, 同时尾部发白。水温37°C行止产仔。
35°C	鱼呈现不安, 出现急速窜游现象。
34°C	生活正常, 个别体弱者出现不快感。
30°C	生活正常, 鱼很活泼, 摄食旺盛。
23—29°C	同上
18—22°C	生活、摄食正常, 鱼较活跃。水温18°C以下行止产仔繁殖。
17°C	食量、活动减退, 并多栖于水底。
15°C	活动力低, 食量低, 多栖于底层, 天然水域的鱼体呈现越冬体质。
14°C	活动力很低, 多栖于水底。
12°C	活动力显著降低, 天然水域的上层难见鱼的活动, 群栖于水底或背风、有洞穴的暖处。
10°C	栖于底部, 很少游动。
9°C	同上
8°C	有个别体弱的个体休克或死亡(雄鱼居多), 其余均呈现呆滞不适。
3—4°C	选择体质较强的雌鱼61尾, 雄鱼5尾, 在寒潮期间测定, 能耐受4°C水温4小时, 3°C水温3小时, 全部未见死亡现象, 鱼体表呈现呆滞, 栖息于水底。

死亡。在PH5.5以下时, 鱼体尾部首先变白, 体表粘液凝固为一层乳白色的膜状, 包裹于体表, 同时鱼行动迟滞, 数小时后出现死亡, 首先死亡的是雄鱼, 雌鱼的耐受能力较强。当PH值高于8.5时, 鱼出现不安, 体表粘液脱落, 呈丝状并粘附于水体中的其它杂物, 行动紧张, 呼吸急促, 鳃部充血, 眼球突出, 继而出现死亡。首先是雄鱼死亡, 继而是幼鱼和雌鱼的死亡。

因此, PH6—8为适宜生活范围, PH8.5为最高临界度, PH5.5为最低临界度。耐受能力是: 雌鱼>小鱼>雄鱼(实验时水温为30°C)。

(三) 食蚊鱼与水中溶氧量关系

水中溶氧量在2毫克/升以上, 食蚊鱼能生活得很好, 当溶氧量下降至1.7毫克/升时, 开始呈现缺氧不适的“轻度浮头”。食蚊鱼的窒息点为: 雌鱼0.43毫克/升, 雄鱼0.72毫克/升, 鱼苗为0.84毫克/升。即雌鱼<雄鱼<鱼苗。

(四) 食蚊鱼对环境盐度的适应范围

食蚊鱼对盐度具有较大的适应范围。在环境盐度为0—25%的范围内, 生活极为

正常,并能在此范围中交配、繁殖。当环境盐度高于25‰时,开始出现不安,但约数小时后便适应。当环境盐度高于30‰时,开始出现极为不安,浮于水面或下沉和粘膜脱落而死亡的现象。环境盐度为35‰时,只有个别能生存。

(五)食蚊鱼对常用农药的耐受能力

1、对马拉硫磷的忍耐能力:

根据测定,水温29°C时,96小时的半致死浓度为0.25—0.125ppm,当浓度升至0.75ppm时,7小时之后全部致死。

评定临界浓度为0.5ppm,忍耐力♀鱼>小鱼>♂鱼。

在0.25ppm浓度时,能正常产仔,仔鱼生活正常,发育良好。

2、对乐果的忍耐能力:

在水温29°C的情况下,96小时的半致死浓度为35—40ppm,当浓度高于40ppm时,数小时全部致死。

40ppm为最高临界浓度。

在25ppm的浓度中,能正常产仔,仔鱼母鱼均生活正常(浓度系折净浓度)。

3、对敌百虫的忍耐能力:

在水温25—27°C的情况,食蚊鱼对敌百虫的忍耐浓度(半致死浓度)为15—20毫克/升。当浓度在20毫克/升时,开始出现过半数致死,大于20毫克/升时,全部致死。在敌百虫溶液中,鱼体表变黑,继而行动呆滞而死亡。

4、对“六六六”杀虫粉的忍耐能力:

经测定,在10毫克/升以下处于正常,在12毫克/升时,鱼体色变浅,呈现不安,10尾实验鱼,第三天出现二尾中毒窜游继而死亡。在14毫克/升组中,鱼出现极为不安现象,鱼色淡白,鱼体在第二天50%跳出缸外,剩下的均失去平衡,呼吸紧张,腹部朝天,第四天全部死亡。测定时水温22—25°C。

从前述的各项测定数据来看,食蚊鱼对各种环境因素变化的耐受能力,总的来说是比较强的。它对恶劣气候条件的适应能力比多数热带鱼都强,它对低氧、高盐度、酸碱度以及几种常用杀虫药的耐受能力,与一般鱼类相比,也是比较强的。食蚊鱼所具有的这些生物学特性,对于灭蚊利用来说,有着重要意义。关于食蚊鱼对各种杀虫药、农用化肥,以及工业废水的有害重金属(砷、铬、铅等)的忍耐能力,我们的观察测定工作还做得很少,有待今后补充。

七、食蚊鱼与各种水生生物的相互关系

利用食蚊鱼灭蚊除应了解它与水域中无机环境的相互关系外,还应弄清它与周围的有机环境(主要是水生动、植物)的相互关系,否则就不能收到应有的效果,或招致失败的可能。

(一)食蚊鱼与水生植物的关系

食蚊鱼因其身体细小,虽然能在一定条件下穿入水生杂草丛中觅食,但是丝状的藻类和阔叶的水生杂草的大量发展给蚊幼虫提供了隐蔽的条件,从而降低捕食的效

率。这个问题在国外已经受到不同地区的许多工作人员的注意，在广州也同样遇到相似的问题，即密生的西洋菜造成了食蚊鱼行动的障碍，庇护了大量的孑孓。

对于这一问题，国外有些学者主张用草食性鱼类与食蚊鱼同时使用，结合除杂草来利用鱼，但须考虑到引放食草的鱼类不要引起有益植物的过分损害。至于西洋菜地，我们认为可以考虑改变耕作方法或者放养其它食蚊的鱼类来解决。

(二) 食蚊鱼与其它鱼类的关系

食蚊鱼虽然喜食蚊幼虫，但也广泛地摄食各类浮游生物，在食性上与各种家鱼的鱼苗，以及鲢、鳙、罗非鱼等存在一定的矛盾，并且消耗一部分的有机养料和水中溶解氧，因此养鱼池塘不宜繁殖大量的食蚊鱼，否则会影响鱼的产量。我们建议养鱼池塘可结合清除杂鱼来提供食蚊鱼的种苗。华南师院院内一个面积一亩的家鱼鱼种培育塘，去年一年内结合除杂鱼曾经先后收捕到近100斤的食蚊鱼。

根据实验和观察，食蚊鱼也喜欢捕食刚孵化不久的鱼苗（包括罗非鱼苗和其它家鱼苗），因此鱼苗培育池不能让食蚊鱼繁殖。根据实验，斗鱼、乌鳢、罗非鱼和草鱼（鱼种阶段）也会捕食食蚊鱼的仔鱼或成鱼，在放养食蚊鱼时宜注意。在天然水域中，食蚊鱼产出的仔鱼会立刻躲藏于水草或其它杂物，以避免大鱼的侵害。食蚊鱼也会吞食一部分自己繁殖的仔鱼，因此在小水体集中繁殖时，宜有保护仔鱼的装置，我们初步试验用疏网纱把亲鱼隔开在水的中上层，使亲鱼产出的仔鱼立即通过疏网纱落入水的下层，看来这种方法是简便而有效的。

(三)、食蚊鱼与其他水生动物的关系

根据食蚊鱼的食性解剖材料，了解到食蚊鱼摄食各种寄生虫卵（特别是线虫卵）是不不少的，从这点来看，它对于保护水体环境卫生，防止寄生虫的传播是有益的。

据国外文献报道，食蚊鱼也会吃掉一部分益虫的卵或幼体，在这方面我们对本地的情况还未进行研究。

在池塘中食蚊鱼与虾的关系是明显的，凡是食蚊鱼繁殖数量多的池塘，虾的数量就很少，这与食蚊鱼喜欢捕食虾的幼体有关。

八、食蚊鱼灭蚊利用的展望

一九六八年，Gerberich和Laird报道了265种食蚊的鱼类，并且有40多个国家已利用鱼来灭蚊，利用鱼来控制的蚊类包括35种以上，但是在大规模预防疟疾计划中，到目前为止，食蚊鱼（*Gambusia affinis*）差不多一直是唯一使用的鱼种。

食蚊鱼利用于灭蚊具有如下许多优点：

1、体形小，能活动于浅水和杂草之中，并能生活于浅池，深水或其它各种水域。

2、繁殖力强，不论在小水体（水潭、水沟、水井等）或大水面都能繁殖。

3、食性广泛而又特别喜爱吃蚊的幼虫（包括卵、蛹和刚羽化的成虫），并且食量很大。

4、游动敏捷，不易被人捕捉。

5、对恶劣气候条件适应能力强，容易适应炎热、干燥和寒冷气候，并能在冰下越冬。

6、能在含有大量腐败的有机物的环境中生活，对盐度的忍受能力也很强。

7、对用于灭蚊幼虫的大部分化学药物的忍受能力强。已经证明矿物油，和大部分氯化烃和磷化合物，以通常药剂分量加入水中对它是安全的。

8、管理和运输方便。

由于食蚊鱼在灭蚊利用方面具有上述许多优点，因此它得到卫生机关及医药昆虫研究者的重视，被迅速传播于世界各地。它于一九一八年由美国传至菲律宾；一九二一年由美国传至西班牙；一九二二年由西班牙传至意大利；一九二七年由意大利传入苏联；一九二七年由菲律宾的马尼拉输入至我国上海；并且先后引进加拿大、阿根廷、德国、法国、日本、埃及、阿尔及利亚、泰国、印度、伊朗、阿富汗等几十个国家。近年来伊朗和阿富汗等国家利用这种鱼来控制疟疾，开展全国规模的工作，取得了显著成效。它们在天然和人工的水体中养殖食蚊鱼，有周密的计划和管理机构，重要的地区有中心养殖站。鱼的短距离运输用各种大小不同的开口容器，较远的地方则用双层乙稀袋灌氧和密封运输，天气炎热时用冰降温，还采用飞机或车辆来施放食蚊鱼。在阿富汗的施放密度维持在每平方米水面4—6尾。根据伊朗的资料报道，引进食蚊鱼的地区，蚊幼虫的数量和蚊叮人的比率明显下降，原来疟疾为患的伊朗南部，疟疾减少了。由于使用鱼类灭蚊的方法比使用化学药品的方法成本低而又安全，同时，看到由于农业上广泛使用杀虫药而导致蚊对杀虫药的抵抗力的提高，因而用鱼灭蚊的方法被许多人认为是一个比较理想的方法。根据近年来国外研究资料的报道，大规模使用食蚊鱼灭蚊的方法是可行的，同时也证明发展中国家在大多数条件和情况下是适合而有效的。

我国对于利用鱼类灭蚊的工作，近年来逐渐引起重视，上海和广州等城市都取得一定的成效，有些地区还总结了稻田养鱼灭蚊的经验，阐明鱼、稻、蚊之间的相互关系，这是很可喜的。我国是一个幅员广大自然环境又很复杂多样的国家，单纯靠化学药物，或某一两种方法来灭蚊，都是不当的，应根据各地具体情况采用多种方法进行。但是应该看到，利用鱼类灭蚊是很有发展前途的，不论城市或农村都是易行而有效的。我们除了利用引进的食蚊鱼外，还应十分重视研究和利用本地的食蚊鱼类，因为本地种对于适应环境，通常都是优于外来种，在研究利用本地种时，应选择食量大，繁殖力高，适于大规模养殖，和体型小，易于运输和引入蚊的孳生地的种类。此外，利用鱼类灭蚊工作的有效程度还有赖于严密的计划和组织工作。

(一九七九年二月完稿)

参 考 文 献

- 1、王以康：1958。鱼类分类学。科技卫生出版社，246—248页。
- 2、王世济：1955。关于捕蚊的鱼类。生物学通报1955(8)，25—27页。
- 3、李凤荪等：1933。蚊虫防治法。商务印书馆，175—188页。
- 4、长江水产研究所：1976。三十一一种毒物对鱼类急性致毒试验总结。水质污染

对鱼类影响的调查研究第三集, 17—30页。

- 5、周永欣等: 1979。铜——汞混合物对食蚊鱼的急性毒性。中国科学院水生生物研究所第六研究室环境生物学文集。
- 6、勃朗 (M、E、Brown): 1957。鱼类生理学。费鸿年译。上海科学出版社, 292—321页。
- 7、斯特罗加诺夫 (H、C、CTPOГАНОВ): 1956。鱼类对环境温度的生理适应。章宝惠译。科技出版社, 67—113页。
- 8、Al——Daham, N.K. & Sharma, K.P. 1977, Note on The ecology of fishes of the genus *Aphanius* and *Cambusia affinis* in the Southern Iraq; Fresh. Biol. Vol. 7, No. 3, P. 143.
- 9、Arata, A. A. 1975, Prospects for the use of larvivorious fish for mosquito Control Programmes WHO/MAI/WP/75.9Add.I
- 10、Merbert, R. A. & Willian V. 1958, Encyclopedia of Tropical Fishes, P.494.
- 11、Nakamura 1963, Keys to the freshwater fishes of Japan p.61.
- 12、Rafatjah H.A. & Arata A.A. 1975, The use of larvivorious fish in antimalaria Programmes WHO/WP/75.6.
- 13、Sterba, G, 1963, Freshwater fishes of the World P.560—561

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GAMBUSIA AFFINIS AND THE PROSPECTS FOR ITS USE FOR MOSQUITO CONTROL

Pan Chinghua Su Bingzhi Zheng Wenbiao

Abstract

Gambusia affinis is native to America. It was first introduced into Shanghai from Manila in 1927, and then into Gunagzhou in 1960s.

Gambusia affinis is a small fish, belonging to the family *Poeciliidae*, D 7-9, P 13-14, A 9, V 6, LL 30-32. Body lengths: ♂ 1.4-2.8 cm, ♀ 1.6-4.5cm; body weights: ♂ 0.04-0.45g, ♀ 0.21-1.95g. Body elongate; upper surface of the head flattened; mouth directed slightly upwards. No

barbels. No lateral lines. Scales cycloid. The jaws and pharynx covered with small comb-like teeth. The body is a translucent grey: back a olive-brown, belly, a silver-white. Fins, from colourless to yellowish dorsal and caudal dotted with black spots. Caudal fin rounded. Anal fin of the male partly modified into an intromittent organ (Gonopodium).

Gambusia affinis feeds on zooplankton and phytoplakton, especially the mosquito larvae. Observation in the laboratory has shown that one fish can eat as many as 250 mosquito larvae a day (T. 22—30°C).

Gambusia affinis is viviparous. In Guangzhou, the breeding season begins from late March to November. Spawning occurs at water temperature not below 18°C or over 37°C. Sexual maturity may be reached in about 2 months. Sex ratio (♀ : ♂) about 7 : 5. Delivery of each brood takes about 20-30 days. In favourable conditions a single brood amounts to 20-100 fish. In Guangzhou a female may produce 5-8 broods a year.

Gambusia affinis is adaptable to a wide range of climatic and ecological conditions. They can winter in natural water in Guangdong Province. They can well stand water salinitics up to 25 parts per thousand and a high degree of organic pollution.

The fish resists most chemicals used as larvicides. Applied to water at usual dosages, most of the chlorinated hydrocarbons and phosphorus compounds have proved quite safe for *Gambusia affinis*.

Since 1974, the use of *Gambusia affinis* for mosquito control in Guangzhou has been most successful in small water impoundments, shallow ponds, rice paddies and wells. Low cost and great safety in the operation compared with the application of chemicals make the use of the fish an ideal method for mosquito control. In crash programmes aiming at the quick control or eradication of malaria, the method needs to be supplemented by other control measures.