

鳗鲡 (*Anguilla japonica* Temminck & Schlegel)

繁殖生物学研究

I. 下海鳗鲡雌雄性状差异和鉴别*

林 鼎 林浩然 黄奕华 陈 汝

(中山大学生物学系动物学教研室)

(中山县食品出口公司沙口鱼站)

提 要

通过比较鳗鲡的眼径、眼间距、吻形等外部特征能比较可靠地鉴别雌雄两性。这些形态上的测量数据经“判别函数”的计算,确定了两性之间的差别。运用形态上的差异鉴别400—600毫米体长组的雌雄鳗,准确率可达到90%。座标图表明体长的分布自然地区分为雌雄鳗,体长在600毫米以上者全为雌鳗,体长400毫米以下者全为雄鳗。雌雄两性体长和体重关系为 $W = 0.0000001285L^{3.015}$ 。体长400—600毫米的鳗鲡的体长和体重的直线回归系数(b)依性别而有所不同。雄鳗为 $0.887 (W = 0.887L - 280.20)$; 雌鳗为 $1.150 (W = 1.150L - 376.73)$ 。雄性肥满度为 1.15 ± 0.052 , 雌性为 1.42 ± 0.053 , 以上两对数值在两性间都存在显著差异。

鳗鲡属于下海产卵洄游性鱼类,生活在淡水,性成熟后下海产卵,孵出的仔鳗漂游到沿岸,溯河回到淡水成长。鳗鲡是水产养殖的优良品种之一,过去养鳗都是在沿海捕捞天然鳗苗来饲养,每受海况的变化,鳗苗资源丰歉不定。随着养鳗业的发展,迫切期望从人工繁殖开辟鳗苗生产的新途径。由于鳗鲡繁殖习性的复杂性,其人工繁殖的研究工作早在1934年就已开始,而至今尚未获得完全成功^[1]。因而继续进行鳗鲡人工繁殖的研究,在生产上和理论上都有重要意义。1972年以来我们开展了鳗鲡人工繁殖的研究,工作中首先碰到的问题,就是雌雄亲鳗如何区别和选择。这个问题不解决,人工繁殖便无从下手,而雌雄鳗的鉴别向来是养鳗者的难题。关于鳗鲡雌雄性别形态学上的差异, Jacoby (1885), Walter (1910), 丸川 (1915), 松井 (1936), Bertin (1956), Brunn (1963), D'Ancona (1960) Sinha (1966) 等作过一些记载^[9,10,12-15]。松井 (1972) 对日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 雌雄外形特征作了比较详细的研究,认为体长在460毫米以下的雌雄鳗是难于区别的^[10]。1972年我们对下海鳗鲡雌雄外形特征作了初步观察^[2],同样感到我国产的鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 体长在400—600毫米范围内时从外形确是比较难于分别雌雄。而国内关于鳗鲡雌雄性状差异和鉴别问题至今尚未有过文献报导。1973年我们遵照毛泽东主席关于“实践是真理的标准”的教导,深入到渔农中调查研究,通过解剖一定数量的大小鳗鲡,观察比较其卵巢、精巢形态特征,同时研究雌雄鳗鲡外形特征的差异。除进行一

* 本工作承廖翔华教授热忱指导并审阅文稿,提出宝贵意见。“判别函数”计算得到本校数力系王振堂同志及电子计算机室同志的大力帮助。本系唐秋华、林典宝同志协助拍摄照片。

般测量和统计外,还采用“判别函数”的数理统计方法,对雌雄鳗鲡多项外形特征作了综合分析,从而找出了眼径、吻形等是区别雌雄的主要特征,运用这些特征鉴别雌雄,准确率达到 80% 以上,这就为开展鳗鲡人工繁殖研究工作解决了一个难题。

本文仅就鳗鲡雌雄性状差异及人工繁殖中如何鉴别和选择雌雄亲鳗提出我们的研究成果。

材 料 和 方 法

1972 和 1973 两年冬季,我们在广东省中山县沙口鱼站从珠江口下海鳗群的渔获物中(捕自中山县的横门口、斗门县的黄金冲口、新会县的竹良州等处)取样共 380 尾(雌鳗 230 尾、雄鳗 150 尾)。测量外形特征:体长、体重、体高、头长、吻长、吻宽、眼径、眼间距、胸鳍长、背鳍长、臀鳍长、吻端至背鳍起点的间距、吻端至臀鳍起点的间距、腹围(在背鳍起点处的体周长)共 14 项,随后解剖并根据卵巢、精巢特征确定其雌雄性。并把上述各项外形特征的实测数据换算成相对数,即占体长或头长的百分数,然后采用数理统计的“判别函数”方法研究雌雄鳗鲡外形特征的差异。“判别函数”的计算,采用 DJS-21 型电子数字计算机进行。

关于吻型,我们采用过两种特征值进行研究:我们先用松井(1972)^[10]使用的由吻端至眼眶后缘垂直距离(H)与眼眶后缘宽度(B)之比值,即“吻角”($\frac{H}{B}$) (图 1, A) 来研究,但在工作中发现这个特征值不能很好地表达吻形。后来我们改用吻长(h)与吻宽(b)之比值即“吻形”($\frac{h}{b}$) (图 1, B) 来研究,事实表明这个特征值能较好地反映吻的形态。

对雌雄鳗鲡的肥瘦程度,我们采用曲线回归和直线回归算出雌雄鳗体长-体重关系的回归方程并比较回归系数 b 值的差异,从 b 值大小以及从肥满度系数 K 值大小来判断雌雄鳗鲡的肥瘦。肥满度系数 $K = \frac{W}{L^3} \cdot 100$ 。 W ——体重(克) L ——体长(厘米)。

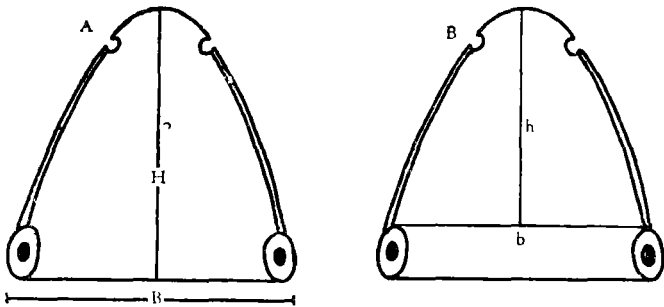


图 1 A——示“吻角”(松井魁) B——示“吻形”(作者)

结 果

1. 雌雄鳗第一性征的差异:雌雄鳗的生殖腺皆为一对,位于腹腔沿体壁两侧,以系膜与体壁相连系。卵巢或精巢左右侧是不对称的,两生殖腺的前端起点右侧比左侧略前,左

右两侧向后延长至肛门以后汇合一起并继续延伸,但右生殖腺延伸不远就终止,而左生殖腺则继续延伸一段才终止;故右生殖腺较短稍轻,左生殖腺较长稍重。

卵巢在背壁两侧,为一对白色皱缩长飘带形,在皱褶上可见细微的卵粒。随着卵巢的发育,皱褶增多且增厚,卵粒也相应增多,卵径增大,颜色由淡红色或白色变成淡黄色。在我们解剖的下海鳗中,卵巢成熟度多处于 I 期、II 期,发育最好的可达 III 期^[2]。

精巢在背壁两侧沿体壁似按肌节排列相应地形成半圆形的小叶片,这些小叶片互相重叠连接而成条状,故鳗鲡精巢曾被称为“叶状器官”^[8]。早期精巢的小叶片薄而透明,发育后小叶片上有明显微血管分布,呈淡红色,更进一步发育时,小叶片增多、增厚、交互重叠,呈乳白色。在我们解剖的下海鳗中,精巢成熟度多处于 I 或 II 期,发育最好的可达 III 期,这时精子细胞开始形成^[2]。

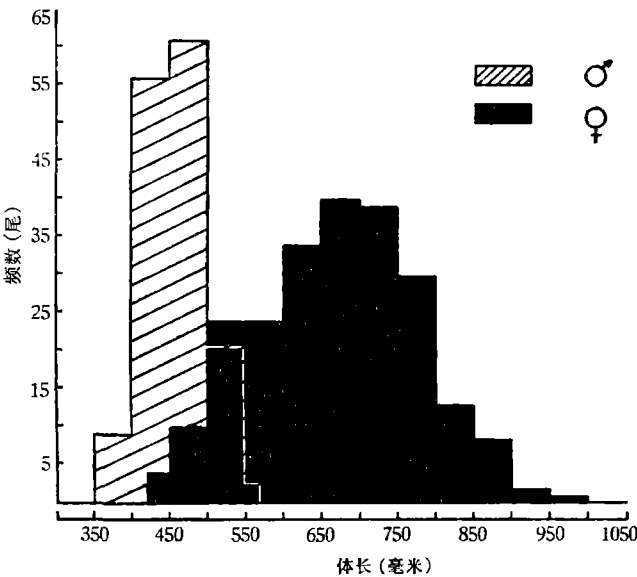


图 2 雌雄鳗体长分布频数

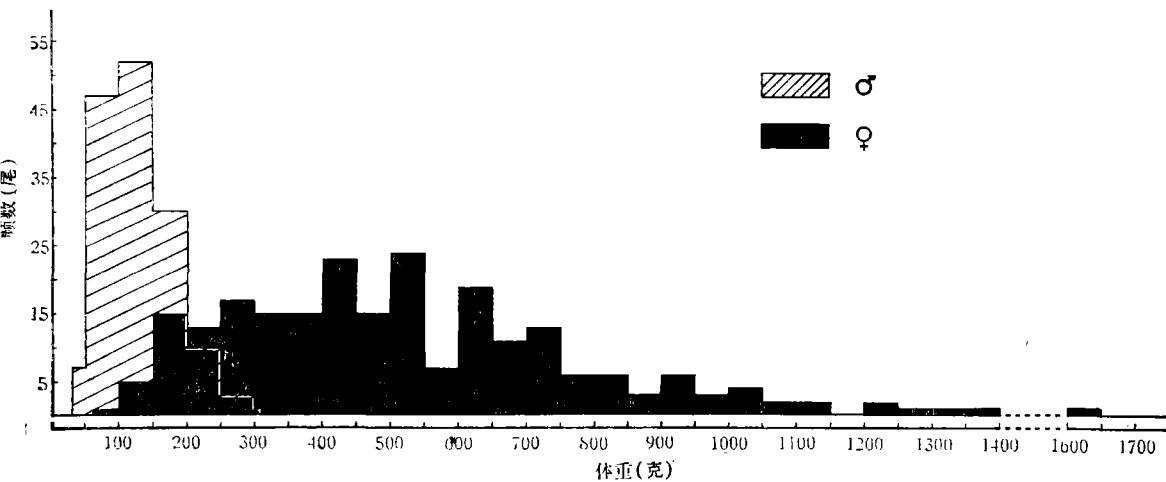


图 3 雌雄鳗体重分布频数

因此,卵巢和精巢在形态上是比较容易区别的,皱缩状长飘带形的生殖腺为卵巢,有“叶状器官”的生殖腺为精巢(图版 I: 1, 2)我们以此解剖学特征作为检验鳗鲡雌雄性的最后依据。

2. 雌雄鳗个体大小的差异: 鳗鲡在淡水生活,一般雄鳗比雌鳗较早成熟,个体亦较小。性成熟的亲鳗每年均在晚秋至初冬(10月至12月),当寒潮来临冷暖锋相遇的风雨之夜,成群地从江河下海作生殖洄游。因此,广东渔民俗称下海鳗为“风鳗”,似乎下海鳗是随风雨而来的。我们先后在下海鳗群中随机抽样,共测量了380尾(雌230尾,雄150尾),发现雌雄鳗的体长、体重分布范围存在比较大的差异(图2、3)。

图2、3表明雌鳗个体较大,体长在600—750毫米、体重在250—650克的约占雌鳗样品总数的62%;雄鳗个体较小,体长在400—500毫米、体重在50—150克的可达雄鳗样品总数的92%。而在体长400—600毫米、体重50—300克范围内则雌雄鳗各有分布。在这一范围内,我们把每一个体长组和体重组中的雌雄鳗总数作为100%,把雌雄鳗在各体长、体重组所占的百分数称为出现率,可进一步看到雌雄鳗的出现率随着体长、体重的变化,而呈现出不同的趋势(表1)。

表 1 雌雄鳗在各体长、体重组的出现率(%)

体长组 (毫米)	出现频数(尾)			出现率(%)		体重组 (克)	出现频数(尾)			出现率(%)	
	雄	雌	总计	雄	雌		雄	雌	总计	雄	雌
350—399	9	0	9	100	0	—49.9	7	0	7	100	0
400—449	56	4	60	93.3	6.7	50—	47	1	48	97.9	2.1
450—499	61	10	71	85.9	14.1	100—	52	5	57	91.2	8.8
500—549	21	24	45	46.6	53.4	150—	30	15	45	66.6	33.4
550—599	3	24	27	11.1	88.9	200—	10	13	23	43.4	56.6
600—649	0	34	34	0	100	250—	3	17	20	15.0	85.0
650—699	0	40	40	0	100	300—	1	15	16	6.2	93.8
700—以上	0	39	39	0	100	350—	0	15	15	0	100

如表1所示,由低体长组、体重组到高体长组、体重组,雄鳗的出现率越来越低,体长600毫米,体重350克以上时不出现雄鳗。相反,雌鳗出现率越来越高,体长400毫米、体

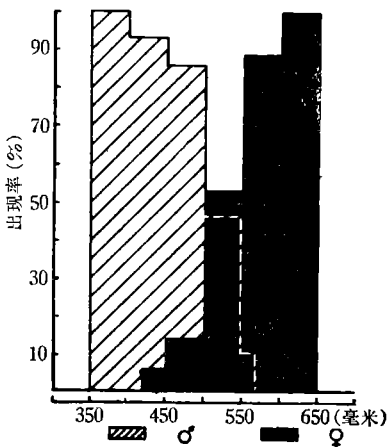


图 4 各体长组雌雄鳗出现率

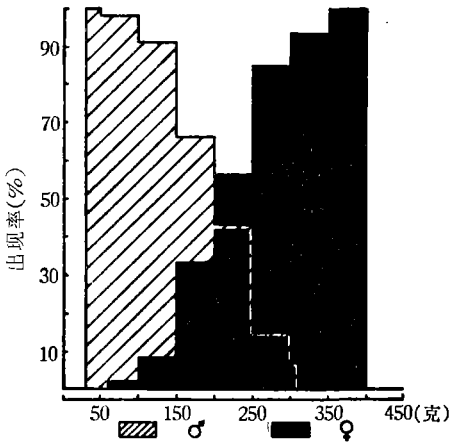


图 5 各体重组雌雄鳗出现率

重 30 克以下则不出现雌鳗。因此,雌雄鳗出现率的分布呈现一个相对应的偏态分布图象(图 4、5)。

在我们测量样品中,雄鳗的最小个体的体长为 356 毫米,体重为 30 克;最大个体的体长为 573 毫米,体重为 310 克。雌鳗的最小个体的体长为 409 毫米,体重为 55 克;最大个体的体长达 1010 毫米,体重为 1675 克。

石田修、石井俊雄(1970)在进行日本鳗鲡人工繁殖研究时,提出利用雌雄鳗体重分布的差异特点来区别和选择雌雄^[11]。但是,在我们的工作中,对体长 400—600 毫米、体重 50—300 克范围内的个体无法利用这个方法来挑选雌雄,还必须寻找明显而又稳定的特征来鉴别和选择雌雄。

3. 雌雄鳗体长-体重关系的差异: 我们根据所采集的下海雌雄鳗鲡全部标本而制作的体长 L (毫米)与体重 W (克)关系的图象(图 6)符合指数增长形式,可用 $W = aL^b$ 来表示。经计算求得其体长-体重关系式为:

$$\lg W = 3.015 \lg L - 5.891$$
或
$$W = 0.0000001285 L^{3.015}$$

以上方程式经 F 检验(见表 2)得 $F(6.5) > F_{0.05}(3.84)$,表明鳗鲡体长-体重曲线回归关系是显著的。

表 2 鳗鲡体长-体重曲线回归关系方差分析

变异来源	自由度	平方和	均方	F	$F_{0.05}$
总 和	377	53.23			
回 归	1	0.85	0.85	6.5	3.84
离回归	376	52.38	0.13		

但是,我们的目的是想比较雌雄鳗之间肥瘦程度是否存在差异,因为实践中感觉到雌鳗肥大,雄鳗瘦小,这个认识是否正确须要从理论上加以分析。因此,我们着重选择雌雄鳗共同存在的体长 400—600 毫米范围比较其体长-体重关系的差异,这一范围在整个鳗鲡体长-体重关系曲线上只是一小段,可以近似地看作是一段直线,根据这个认识我们把各观察值作图(图 7),从图中看出体长 (L)、体重 (W) 存在直线性关系。经计算体长-体重相关系数 r 为:雌鳗 $r(0.783) > r_{0.01}(0.325)$,雄鳗 $r(0.645) > r_{0.01}(0.228)$ 。表明直线关系非常密切,经计算分别求得直线回归方程为:

$$\text{雌鳗: } W = 1.156L - 376.73$$
$$\text{雄鳗: } W = 0.887L - 280.20$$

这两条回归线(图 7)是否存在显著性差异,可采用 t 检验法,检验两条回归直线的

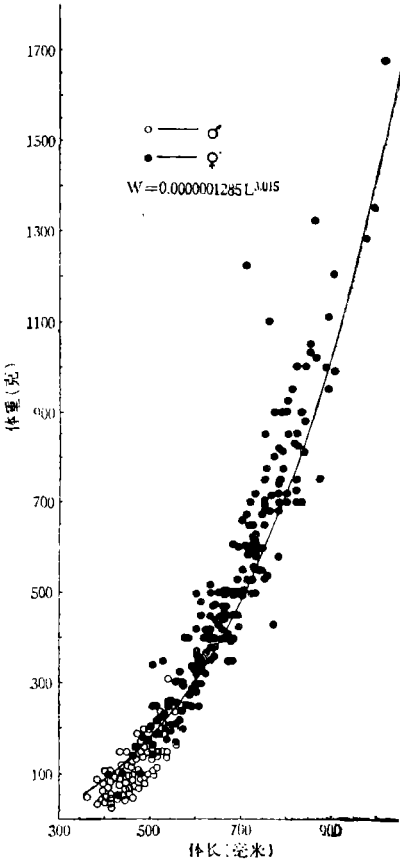


图 6 雌雄鳗体长-体重相关曲线

回归系数 b 值之间有无差异^[5]。经计算得 $t(2.561) > t_{0.05}(1.960)$,表明雌雄 b 值有显著差异,由此可证明两条回归直线存在显著差异。雌鳊的 b 值(1.156)远比雄鳊的 b 值(0.887)

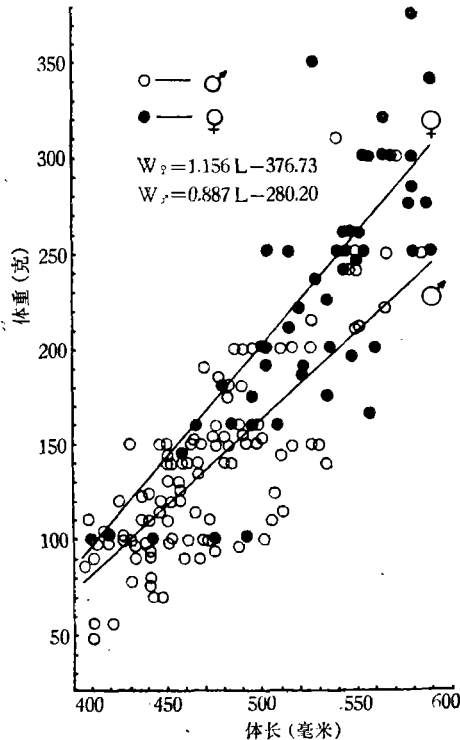


图7 雌鳊和雄鳊体长-体重关系比较
(体长400—600毫米)

些特征的差异。

大,这意味着当体长在400—600毫米范围内时,随着体长的增长,雌鳊体重增加比雄鳊快,表明在相同体长情况下雌鳊要比雄鳊重,亦即雌鳊比雄鳊肥。

肥满度系数 K 值计算结果为:

雌鳊: K 值为 1.42 ± 0.053

雄鳊: K 值为 1.15 ± 0.052

可见 b 值与 K 值都表明雌鳊比雄鳊肥。

关于以 b 值变动来评价鱼的肥瘦程度问题,廖翔华(1962)研究华南鲤(*Cyprinus carpio rubrofasciatus* Lacepede)体型时,就曾经建议采用 b 值大小作为比较同种鱼生长肥瘦的指标^[3],根据上述的研究结果,我们认为这个观点是可以采纳的。

4. 雌雄鳊外形特征的差异: 鳊鲂卵巢、精巢形态差异是明显的,但是,雌雄鳊鲂不具有明显的副性征。而人工繁殖恰恰要求从外形特征来区别和选择雌雄。为此,我们对鳊鲂外形多项特征:眼径、眼间距、吻形、胸鳍长等进行测量分析(表3),比较雌雄鳊鲂这些特征的差异。

表3 雌雄鳊外形特征测量数据平均数及标准误

特征项目	雌	雄	特征项目	雌	雄
	均数±标准误	均数±标准误		均数±标准误	均数±标准误
头长/体长(%)	11.62±0.127	11.41±0.105	肥满度	1.42±0.053	1.15±0.052
吻长/体长(%)	1.99±0.044	1.93±0.043	吻长/头长(%)	17.25±0.297	17.04±0.351
眼径/体长(%)	1.08±0.026	1.28±0.027	眼径/头长(%)	9.56±0.23	11.41±0.21
眼间距/体长(%)	1.98±0.056	1.80±0.034	眼间距/头长(%)	17.25±0.45	15.93±0.32
胸鳍长/体长(%)	5.37±0.120	5.61±0.093	吻角(H/B)(%)	112.08±49.903	114.72±29.613
腹围/体长(%)	18.27±0.895	12.58±0.645	吻形(h/b)(%)	91.12±3.36	82.18±2.51

对表3的测量统计数据,我们曾采用检验均数差异显著性的 t 测验法进行检验,计算结果雌雄鳊这些特征无显著差异。但是, t 测验只是单项地对比同一特征的差异,当 t 测验结果差异不显著时,并不等于雌雄鳊之间综合特征没有差异。因此,还需要根据多项特征综合检验雌雄鳊之间是否存在差异,这可以采用“判别函数”这一数理统计方法来解决。“判别函数”是多变数分析法之一,它主要是比较两个数以上,即根据多项特征检验两组之间是否存在差异,其简单原理和方法如下^[6]:

我们从鳗群中随机取样 n 尾鱼, 对每尾鱼 (雌或雄) 分别测量上述眼径、眼间距、吻形等特征值, 以 X_1, X_2, \dots, X_k 作为某特征的代号, 例如 X_1 表示雌鳗眼径/体长特征值, X'_1 表示雄鳗眼径/体长特征值; X_2 表示雌鳗眼间距/体长特征值, X'_2 表示雄鳗眼间距/体长特征值; k 表示特征项数。 X_{ij} 表示雌鳗第 j 尾鱼的第 i 项特征值; X'_{ij} 表示雄鳗第 j 尾鱼的第 i 项特征值。所以

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

及

$$\bar{X}'_i = \frac{1}{n'} \sum_{j=1}^{n'} X'_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

\bar{X}_i 与 \bar{X}'_i 分别表示雌、雄鳗的第 i 项特征的平均数, 并令

$$d_i = \bar{X}_i - \bar{X}'_i \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

$$S_{ij} = \sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X}_i)(X_{jt} - \bar{X}_j) + \sum_{t=1}^{n'} (X'_{it} - \bar{X}'_i)(X'_{jt} - \bar{X}'_j) \quad i, j = 1, 2, \dots, k$$

d_i 表示离均差

S_{ij} 表示协方差之和

从线性方程组

$$\begin{aligned} \lambda_1 S_{11} + \lambda_2 S_{12} + \dots + \lambda_k S_{1k} &= d_1 \\ \lambda_1 S_{21} + \lambda_2 S_{22} + \dots + \lambda_k S_{2k} &= d_2 \\ \lambda_1 S_{k1} + \lambda_2 S_{k2} + \dots + \lambda_k S_{kk} &= d_k \end{aligned} \quad (2)$$

解出判别系数 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$. 令

$$D = \lambda_1 d_1 + \lambda_2 d_2 + \dots + \lambda_k d_k \quad (3)$$

解出判别函数 D , 然后求出

$$F = \frac{nn'}{n+n'} \cdot \frac{n+n'-k-1}{k} \cdot D \quad (4)$$

(n 为雌鳗尾数, n' 为雄鳗尾数, k 为分节特征项数 $1, 2, \dots, k$)

从求出的 F 值, 根据显著水平 5% 及自由度 ($k, n+n'-k-1$) 查 F 分布表得出 $F_{0.05}$ 的值, 若 $F > F_{0.05}$, 则认为雌雄鳗存在显著差异, 若 $F \leq F_{0.05}$, 则不能认为雌雄鳗存在显著差异。

“判别函数”的基本原理就是将 k 项特征线性组合起来转变为一项特征, 从而利用数理统计中根据一项特征检验两批样品之间是否存在差异的方法。因此, 判别函数”是综合了各项特征对雌雄鳗进行显著性检验。当经过计算认为雌雄鳗之间有显著差异时, 人们自然会问, 这种差异主要是由哪项特征所造成的? 现分析如下: 由式 (4) 可知, 判别函数 D 的大小完全决定了 F 值的大小, 而由式 (3) 可知, D 的大小则与每项特征相对应的 $\lambda_i d_i$ 有关, 如果某项特征所对应的 $\lambda_i d_i$ 在 D 中占很大比例, 那么即可认为该项特征是造成显著差异的主要特征之一。

按照上述原理和方法我们进行了计算, 其结果见表 4, 5。

表 4 雌-雄鳗六项特征“判别函数”显著性检验

组合	判 别	F	F _{0.01}	$\lambda_i d_i / D(\%)$					
				头长/体长	吻长/体长	眼径/体长	眼间距/体长	胸鳍长/体长	肥满度
I	雌-雄	23.87	2.80	2.87	2.37	67.53	14.05	0.08	13.07
组合	判 别	F	F _{0.01}	$\lambda_i d_i / D(\%)$					
				头长/体长	吻长/头长	眼径/头长	眼间距/头长	胸鳍长/体长	肥满度
II	雌-雄	26.86	2.80	0.38	0.86	71.23	10.28	2.14	15.10

从表 4 可见，第 I 与第 II 组合中我们选择比较明显易于识别的六项特征进行综合判别,分别求得 F 值为 23.87 与 26.86, 根据自由度(6,255)在查 F 表, 得 F_{0.01} 为 2.80 第 I 与第 II 组合均满足 F > F_{0.01},故认为雌雄鳗存在非常显著差异。又从 I、II 两组合的六项特征对应的 $\lambda_i d_i$ 占 D 的百分数 (%) 大小可见：眼径、眼间距、肥满度是造成雌雄鳗显著差异的主要特征。

对于体长在 400—600 毫米范围内难以区别的雌雄鳗，我们选择了九项特征进行“判别函数”计算,结果见表 5。

表 5 雌雄鳗九项特征“判别函数”显著性检验

组合	判 别	F	F _{0.01}	$\lambda_i d_i / D(\%)$								
				头长/体长	吻长/头长	眼径/头长	眼间距/头长	胸鳍长/体长	吻角	吻形	腹围/体长	肥满度
III	雌-雄	10.09	2.70	2.52	0.01	43.78	5.22	1.05	0.26	19.33	8.34	19.49

从表 5 可见，求得 F 值为 10.09。根据自由度 (9, 80) 查得 F_{0.01} 值为 2.70，满足 F > F_{0.01}，同样表明雌雄鳗存在非常显著差异，由此我们可得出结论：在相同体长范围内雌雄鳗外形特征仍然存在显著差异,而造成差异的主要特征是：眼径、眼间距、吻形、腹围、肥满度等五项。也就是说这五项特征可以作为鉴别雌雄鳗的主要依据。

总结以上三个组合的“判别函数”计算结果,以及结合我们实际工作中的观察,现将雌雄鳗外形特征主要差异描述如下：

雌鳗眼小而眼间距大,吻长而宽且圆钝,体型肥大,圆而粗,体背部呈灰色、黄褐色、褐色等。雄鳗眼大而眼间距小,吻短而窄且尖,下唇端多呈紫黑色,体型瘦小,圆而略细,体

表 6 雌雄鳗外形特征差异

特 征 项 目	雌	雄	雌雄鳗特征差异
	均值±标准误	均值±标准误	
眼径占头长(%)	9.56±0.23	11.41±0.21	雌眼小、雄眼大
眼间距占头长(%)	17.25±0.45	15.93±0.32	雌眼间距宽、雄眼间距窄
吻形(h/b)(%)	91.12±3.36	82.18±2.51	雌吻略长而宽、雄吻略短而窄
腹围占体长(%)	18.27±0.895	12.58±0.645	雌腹围大、雄腹围小
肥 满 度	1.42±0.053	1.15±0.052	雌稍肥、雄稍瘦

背部及两侧常呈乌黑色(表 6, 图版 II:3、4)。

5. 雌雄鳗肉眼鉴别: 1972 年以来我们在进行鳗鲡人工繁殖试验中, 根据上述雌雄鳗性状差异采取如下步骤和方法来鉴别和挑选雌雄亲鳗。(1) 粗选: 在大量蓄养的活动的鳗群中, 首先注意体型和体色的差异, 雄鳗体瘦小、乌黑, 雌鳗体肥大、灰褐, 迅速将雌雄鳗挑选出来放在木桶中。(2) 细选: 把粗选出来的雌雄鳗按照上述雌雄鳗外形特征差异(表 5), 即雄鳗眼大、眼间距窄、吻短窄而尖、下唇端紫黑; 雌鳗眼小、眼间距宽、吻略长宽而圆钝等主要特征进一步仔细地鉴别和挑选。我们采用这种方法, 对体长 400—600 毫米范围内的个体进行雌雄鉴别, 准确率也能达到 80% 以上(表 7)。

表 7 依外形特征鉴别雌雄鳗(体长 400—600 毫米) 准确率

选 别		总 尾 数	选对了的(尾)	选错了的(尾)	准确率(%)
选雄鳗	共 计(尾)	92	83	9	90.2
	体长(毫米)	350—600	356—577	442—600	
	体 重(克)	50—3.0	50—270	100—300	
选雌鳗	共 计(尾)	95	76	19	80.0
	体长(毫米)	400—606	502—606	400—530	
	体 重(克)	100—340	100—340	120—260	

从表 7 可以看出: 在几次检验中, 选雄鳗共 92 尾, 经解剖鉴定, 83 尾确为雄鳗, 准确程度达 90.2%, 错选的 9 尾个体都比较大, 是雌鳗。选雌鳗共 95 尾, 准确程度达 80.0%, 而错选的 19 尾个体都比较小, 是雄鳗。这说明选大个体的雄鳗与小个体的雌鳗是比较困难的, 但是根据外形特征差异进行鉴别和选择还是可行的。

讨 论

关于鳗鲡人工繁殖中雌雄亲鳗鉴别和选择问题, 石田修等(1970)采用体重为标准进行选别, 指出日本鳗鲡以体重 500 克为界, 500 克以上选为雌鳗, 500 克以下选为雄鳗^[1]。如果要采用这种体重选别法, 在我国不同地区标准可能不一样, 根据我们的研究结果, 我国产的鳗鲡体长 600 毫米以上全为雌性, 体长 400 毫米以下全为雄性, 而体长 400—600 毫米范围内雌雄均有。因此, 还必须根据外形特征来鉴别和选择雌雄性。

我们的研究结果表明, 吻形是雌雄鳗外形差异的重要特征之一。而松井(1972)^[20]的研究结果则认为雌雄鳗吻形差异不明显, 并批评以往研究者如 Jacoby (1880)、Walter (1910)、Belleni (1907)、丸川 (1916) 等认为雌雄鳗吻形存在差异(雌鳗头部高而宽吻端圆钝; 雄鳗头部低而窄, 吻端尖锐)是一种主观感觉, 缺乏科学根据。但是, 我们的结果证明这些研究者的认识基本上是正确的。我们与松井结论不一, 究其原因可能是由于研究吻形所采用的特征值不同而产生的, 松井是采用“吻角”(H/B) 值来研究吻形, 而我们则是采用吻长(h)与吻宽(b)之比值(h/b)来表示“吻形”, 因为真正的吻形应该是指吻端至眼前缘这一小区的形状, 我们所采用的“吻形”(h/b)特征值基本上能描述这一小区的特点, 同样从“判别函数”显著性检验(表 5)来看, 也表明“吻形”特征值比“吻角”特征值在区别雌雄鳗时更为适用, 在“吻角”几乎无法显示出雌雄鳗吻形差异的情况中, “吻形”却能很明显地表达了雌雄鳗吻形特征的差异。总之, 我们认为“吻形”(h/b)特征值比“吻

角”(H/B)特征值能更准确地表达吻形。

鱼类分类学工作者把我国产的鳗鲡与日本产的鳗鲡归属同一个种,学名为 *Anguilla japonica*,但是,从我们研究中发现我国产的鳗鲡与日本产的在外形特征值上不完全相同,这里引松井(1972)^[10]的研究结果作一比较(表8)。

表 8 中国、日本鳗鲡外形特征值比较

特征项目	中国产鳗鲡		日本产鳗鲡	
	均数±标准误		均数±标准误	
	雌	雄	雌	雄
头长/体长(%)	11.62±0.127	11.41±0.105	12.773±0.009	12.222±0.008
吻长/体长(%)	1.99±0.044	1.93±0.043	2.369±0.022	1.731±0.023
眼径/体长(%)	1.08±0.026	1.28±0.027	0.942±0.015	1.035±0.010
眼间距/体长(%)	1.98±0.056	1.80±0.034	1.906±0.006	2.257±0.026
胸鳍长/体长(%)	5.37±0.120	5.61±0.093	3.825±0.069	5.089±0.048
吻角(H/B)(%)	112.08±49.903	114.72±29.613	231.1±2.6	224.8±1.9
吻形(h/b)(%)	91.12±3.36	82.18±2.51	—	—
腹围(体周)/体长(%)	18.27±0.885	12.58±0.645	15.855±0.148	16.811±0.096
肥满度	1.42±0.053	1.15±0.052	1.93±—	2.57±—

从表8可见,中国产的鳗鲡与日本产的鳗鲡外形特征值都存在一定差异,某些特征值差异很大,甚至出现雌雄数值相反的情况,例如眼间距、胸鳍长、吻角、腹围、肥满度等。我们认为我国产的鳗鲡与日本产的鳗鲡应属于不同种群,可能在分类学上属于不同亚种。我国产的鳗鲡可能是来自我国南海东沙群岛附近海区的产卵场^[7],这个问题还有待深入研究。

过去不少研究者如 Jacoby (1880)、松井(1972)等都认为鳗鲡存在宽头型和狭头型两种不同类群,对其形成原因各持不同见解。如 Belleni (1907)认为宽头型是雌鳗,生长快,个体大,狭头型是雄鳗,生长慢,个体小^[10]。我国产的鳗鲡是否存在宽头型和狭头型不同类群尚有待深入研究。但是,从我们的研究结果看出,我国产的鳗鲡,雌鳗头部比雄鳗宽,而且从我国养鳗实践也看出,雌鳗生长确比雄鳗快。因此,似乎可以认为我国产的鳗鲡雌鳗为宽头型,雄鳗为窄头型。同时,我们也发现似乎存在着少数头型介于雌雄之间的中间型。这个情况多数出现在体长400—600毫米范围内,这就在一定程度上增加了鉴别雌雄的困难。

最后,我们认为在研究鱼类不同类群或杂交品种之间是否存在性状显著差异的问题时,“判别函数”是一个比较好的数理统计方法。

小 结

从外形鉴别鳗鲡雌雄性向来被认为是比较困难的。 本研究表明,性分化后不论大小鳗鲡,均可以从眼径、眼间距、吻形等主要特征来鉴别和选择雌雄性,体长600毫米以上或400毫米以下,鉴别雌雄的准确率可达到100%,即使对难以鉴别的体长在400—600毫米范围内的个体,准确率也可达到90%左右。雌雄鳗鲡性状的主要差异如下:

(1) 雌鳗卵巢为皱缩长飘带形, 雄鳗精巢具有“叶状器官”。

(2) 雌鳗个体大, 体长 600 毫米以上全是雌鳗; 雄鳗个体小, 体长 400 毫米以下全是雄鳗。而体长 400—600 毫米范围内雌雄均有出现, 随体长增大雄鳗出现率逐渐减少, 相反雌鳗出现率逐渐增多。

(3) 鳗鲡雌雄全部样品的体长与体重关系符合指数生长形式, 可采用体长与体重曲线方程式 $W = aL^b$ 表示, 经计算其关系式为: $W = 0.0000001285L^{3.015}$, 在曲线的一小段, 即在雌雄鳗均有出现的体长 400—600 毫米范围内, 体重与体长关系可以用直线方程式 $W = a + bL$ 来表示, 经计算雌鳗为 $W = 1.156L - 376.73$; 雄鳗为 $W = 0.887L - 280.20$ 。雌雄鳗回归系数 b 值存在显著差异, 雌鳗 b 值 (1.156) 比雄鳗 b 值 (0.887) 大, 表明雌鳗比雄鳗肥。肥满度系数 K 值雌鳗为 1.42 ± 0.053 , 雄鳗为 1.15 ± 0.052 , 同样表明雌鳗比雄鳗肥。

(4) 经“判别函数”计算结果表明: 雌雄鳗鲡外形特征存在显著差异, 眼径、眼间距、吻形、腹围、肥满度等五项是造成差异的主要特征。人工繁殖中可以利用这些特征结合体色和下唇的颜色等性状来鉴别和选择雌雄亲鳗。

参 考 资 料

- [1] 林浩然, 林鼎, 1975. 鳗鲡人工繁殖研究的进展. 动物学杂志, (1): 45—47.
- [2] 林鼎, 林浩然, 1973. 鳗鲡的种类、分布和繁殖生物学. 中山大学《科技通讯》, (6): 40—41.
- [3] 廖翔华, 1962. 广东团鲤 *Cyprinus carpio rubrofasciatus* (Lacep.) 体型的研究. 动物生态及分类区系专业学术讨论会论文摘要汇编: 134—135, 科学出版社.
- [4] 郭祖超等, 1964. 医用数理统计方法. 人民卫生出版社.
- [5] 中国科学院数学研究所数理统计组编, 1975. 回归分析方法.
- [6] 广东省水产研究所资源室鱼类组、中山大学数力系数学教研室统计组, 1975. 应用判别函数和方差分析对蓝圆鳊分群问题的探讨. 数学学报, 18(3): 185—191.
- [7] 郭河, 1971. 台湾仔鳗的接岸. 养殖. 10(1): 52—56.
- [8] 佐藤英雄·中村中六·日比谷京, 1962. 鳗の生殖腺の成熟に関する研究 1. 性分化および生殖腺の成熟过程. 日水誌. 28(6): 579—584. 27
- [9] 松井 魁, 1936. 鳗の雌雄の形态的相违 (前报). 养殖会誌, 6 (6): 115—117.
- [10] 松井 魁, 1972. 鳗学 [生物学研究篇], 91—114, 恒星社厚生阁版 (东京).
- [11] 石田修、石井俊雄, 1970. ウナギの成熟促进试验, 水产增殖 17: (5—6).
- [12] Bertin, L., 1956. Eels, A biological study. London.
- [13] Bruun, A. F., 1963. The breeding of the north Atlantic freshwater eels. Advances Mar. Biol. Vol. 1.
- [14] D'Ancona, U., 1960. The life cycle of the Atlantic eel. Symp. Zool. Soc. London, No. 1, 61—75.
- [15] Sinha, V. R. P., 1966. On the sex and distribution of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). Journ. Zool., 150 (3): 371—385.

STUDIES ON THE BREEDING BIOLOGY OF THE EEL (*ANGUILLA JAPONICA* TEMMINCK & SCHLEGEL)

I. EXTERNAL CHARACTERISTICS AND SEX DISTINCTION OF MALE AND FEMALE EELS AT SEAWARD MIGRATING PERIODS

LIN DING, LIN HAO-JAN,

HWANG YIH-HUA

(Division of Zoology, Department of Biology,
Sun Yat-Sen University, Canton, China)

CHEN RU

(Shakou Fisheries Station, Export Company
of Foodstuffs of Chung-Shan County)

Abstract

Methods of identifying the sex of eels at the seaward migrating period were studied. External characteristics, by comparing the diameter of eyes, interorbital space, the shape of snout, etc, are sufficiently reliable for the identification of both sexes. These morphological dimensions when calculated with the aid of distinguish function, confirm the differences between the two sexes. Consideration of morphological differences of the 400—600 mm size group, permits separation of the sexes with 90 per cent accuracy. Plotting of size distribution separates naturally one sex from the other. Those above 600 mm are nearly all females, and those below 400 mm are almost all males. The relationship between length and weight of both sexes may be expressed as $W = 0.0000001285L^{3.015}$. The regression coefficient of these two variates of eel between 400—600 mm in body length is different for male and female. The former is 0.887 ($W = 0.887 L - 280.20$), and the latter, 1.150 ($W = 1.150 L - 376.73$). In the case of the condition factor, the male is found to be 1.15 ± 0.052 , the female 1.42 ± 0.053 . Differences of both figures are significant.

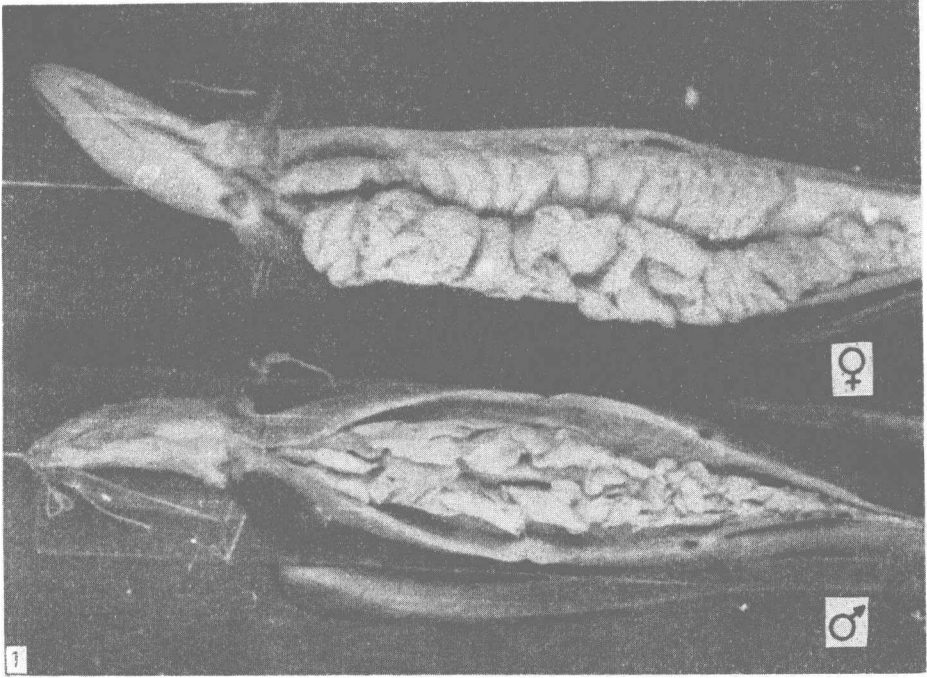


图 1 示雌雄鳗鲡卵巢、精巢（连体）

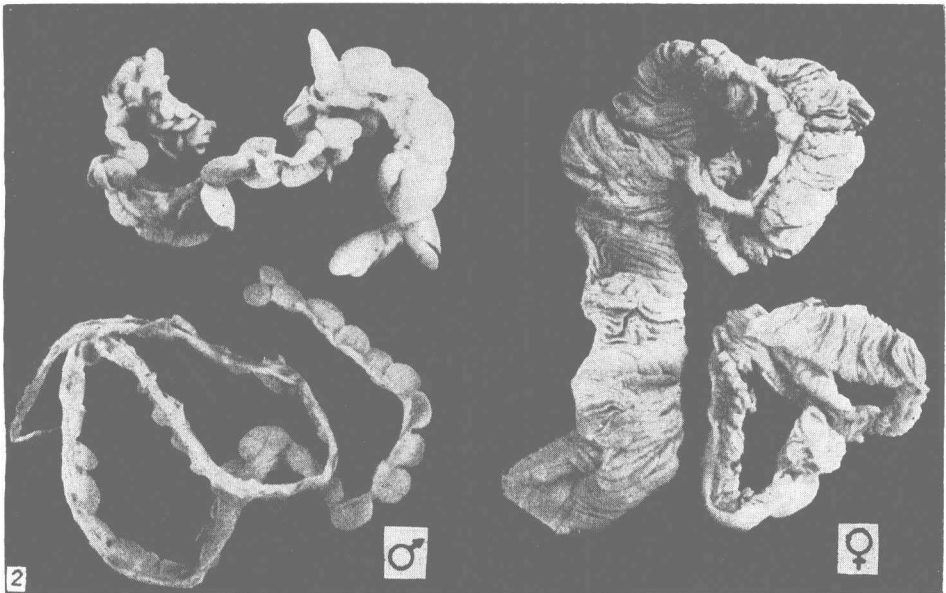


图 2 示雌雄鳗鲡卵巢、精巢（离体）

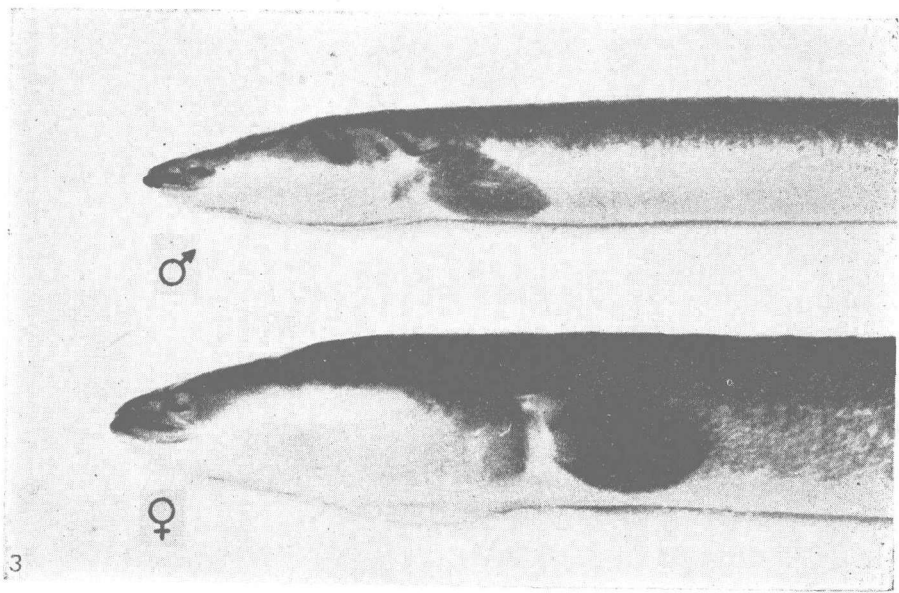


图 3 示雌雄鳗鲡头部侧面和眼大小

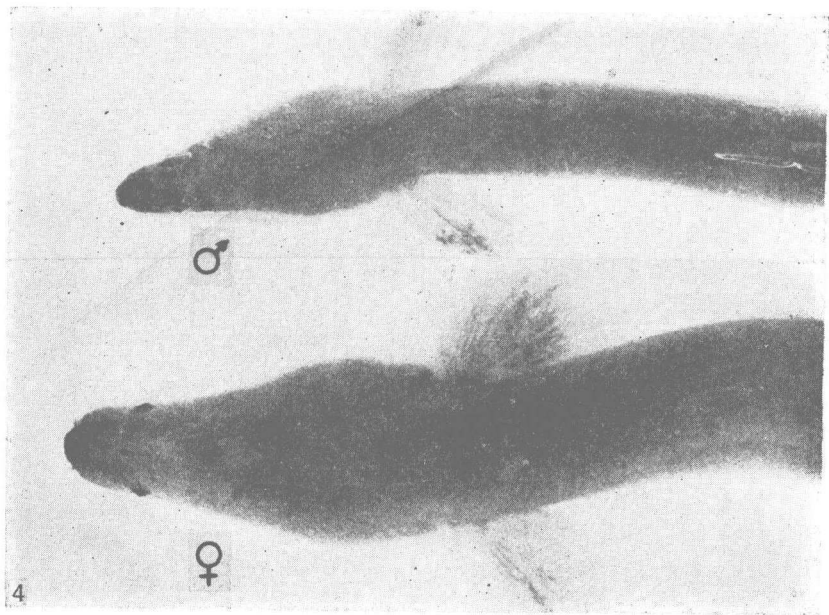


图 4 示雌雄鳗鲡头部背面和吻形差异