

鱮、鯪杂交种的形态学研究*

中国科学院实验生物研究所

林志春 高振义

鱮、鯪是我国主要的淡水养殖鱼类，有关它们的鳃耙（方秉文）^[1]、鳞片、咽骨、咽齿（朱元鼎^[2]；王应大等^[3]）和消化道（倪达书和蒋燮治^[4]；林浩然^[5]）结构的研究，过去曾有一些报道，孟庆闻和苏锦祥^[6]对白鯪作了系统的解剖。1958年秋季，我们在杭州上城河利用♀鱮（*Aristichthys nobilis*）×♂鯪（*Hypophthalmichthys molitrix*）得到鱮、鯪杂交种，杂交子裔大多生长发育良好。为了对鱮、鯪杂交种作进一步的了解，近年来，我们就杂交种和鱮、鯪纯种的外部形态、骨骼、消化道及鳃等进行形态学的比较研究。杂交种在部分养殖场已经试行生产，因此先作这样的基础研究，为进一步开展对这一新品种的研究是有一定意义的。

一、材料和方法

材料采用体长30~70厘米的♀鱮×♂鯪杂交子裔。各种器官的观察，都以体长相同，年龄相近的鱮、鯪作为对照。外部形态测量的标准是依照孟庆闻等的方法^[6]。食性分析根据倪达书等^[4]的工作进行。除了外形、色素、肠管采用新鲜的材料外，其余的器官都用10%福尔马林固定后进行测量。

二、外部形态

（一）体形

从1961年初到1962年底，先后测量过三批材料，今选择1962年春季的一批作为代表列于表1。

从表1可以看出：鱮、鯪杂交种的吻长，头长占体长的百分比、眼间隔、口宽、胸鳍末端伸达腹鳍的部位及腹棱的位置等都是界于鱮、鯪之间的中间类型（图版丁，图1~3）。

（二）色素细胞

杂交种与鱮、鯪一样，具有黑色素、黄色素和反光体三种色素细胞，但是由于细胞形状和分布的不同，形成不同的颜色。杂交种体色银灰，躯干两侧在黑色素均匀分布的基础上，散布着比鱮颜色较浅、形状较小的不规则的黑色斑点。腹部银白，稍带灰黄。舌头前端的黑色素较鱮多，比鯪少。舌头上具有少数黑色素。鱮的舌头上没有黑色素，鯪则较多。

* 本工作是在朱选导师的指导下完成的。本文承朱元鼎教授详阅和指正。实验材料全系浙江省淡水水产研究所赠送；杂交种肠内浮游生物的统计承张赞妹同志协助，相片是徐国江同志摄制的，特此致谢。

表 1 杂交种与鱮、鯪純种外部形态的比较*

	鱮	杂 交 种	鯪
体 重 (克)	2073(1670~2505)	1954(1750~2120)	1789(1680~1950)
体 长 (厘米)	47.2(44~49.5)	48.6(45~51)	46(41.5~47.5)
躯 干 长 (厘米)	17.2(15.8~18.2)	18.6(17.7~19.4)	19.2(18.4~19.8)
头 长 (厘米)	14.8(13.8~16)	13.5(12.5~14)	13.2(11.7~12.9)
头长占体长的百分比	31.5(30.7~32.3)	27.8(27.5~28.3)	28.6(26.5~28)
头 宽 (厘米)	3.1(2.7~3.6)	7.1(6.7~7.7)	6.9(6.6~7.3)
吻 长 (厘米)	4.0(3.5~4.5)	3.35(3.0~3.5)	2.62(2.4~2.8)
眼 径 (厘米)	1.5(1.1~1.6)	1.5(1.4~1.6)	1.47(1.4~1.6)
眼 周 隔 (厘米)	8.7(8.2~9.1)	7.1(6.8~7.6)	6.6(6.2~6.9)
口 宽 (厘米)	6.6(6.0~7.0)	5.7(5.2~6.0)	4.5(4.3~4.6)
口宽为眼径的倍数	4.4(4.1~5.0)	3.9(3.5~4.1)	3.0(2.8~3.3)
胸鳍末端伸达腹鳍的部位	1/3处	1/4处	将近起点或稍过
腹 棱	始自腹鳍之后	始自胸、腹鳍之间	完 全

* 每种鱼10尾左右。

另外，我們曾撕下頂骨的皮肤，除去脂肪，在显微镜下观察比较。在440倍的显微镜下，每个视野黑色素細胞的数目是不同的：鱮是5.3个，杂交种是7.1个，鯪则为9.4个*。杂交种黑色素細胞的形状和大小，有的同鱮近似，有的和鯪相近(图版I，图4~6)。在每4个黑色素細胞之間有10个左右黄色素細胞，因此整个头部呈灰黑色。鱮的黑色素細胞虽然比較少，但由于細胞个体大，4个黑色素細胞之間有8~10个黄色素，整个头部呈深灰黑色。白鯪的黑色素細胞虽然較多，但是由于細胞个体小，4个黑色素細胞之間有11~13个黄色素細胞，整个头部是棕褐色。

三、鱗片和鳍条

杂交种和鱮、鯪的鱗片均属于圓鱗，具有側线鱗96~106个；它們的偶鳍和奇鳍的鳍条数

表 2 杂交种与鱮、鯪純种的鱗片大小和辐射沟数目的比较

体长 (厘米)	鱮				杂 交 种				鯪					
	年 龄	鱗片长 (微米)	鱗片宽 (微米)	辐射沟数目	体长 (厘米)	年 龄	鱗片长 (微米)	鱗片宽 (微米)	辐射沟数目	体长 (厘米)	年 龄	鱗片长 (微米)	鱗片宽 (微米)	辐射沟数目
29.5	2 ⁻	4143	3699	3.6(1~6)	30	2 ⁺	4356	3912	0.7(0~2)	30	2 ⁻	3734	3289	0.1(0~1)
29.7	2 ⁻	4801	3731	3(2~6)	30.5	2 ⁺	4445	4001	0.4(0~1)					
32	2 ⁻	4356	3773	4.4(3~6)	33	2 ⁺	4624	4356	3.6(2~6)	32	2 ⁻	3556	3167	1.7(1~4)
										33	2 ⁻	3912	3167	0.1(0~1)
32	4	73876	6561	21(14~25)	51	4	6836	6730	3(0~1)	52	4	6223	5379	1.3(0~2)
52	4	71920	6179	16.5(12~19)										
57	4	76543	6931	25(17~39)	57	4	8143	7379	6(5~8)	56.5	3 ⁺	6845	5396	0
57	4	76454	6410	14(11~17)						56.5	4	6605	6134	0.3(0~1)
63	4	81877	6783	16(12~20)	62	4	8277	7177	5(1~8)	62	3 ⁺	6614	5539	0

* 每种鱼取自体长63厘米的个体各2尾，每尾鱼每个视野黑色素細胞的数目是10个视野的平均值。

目变异不大。在背鳍第一鳍条前方，侧线上方，各摘取10~15个鳞片，进行测量和观察，今将所得结果列于表2。

从表2我们可以看到，(1)杂交种的鳞片最大，鱒次之(个别鱒比杂交种稍大)，鱧最小。(2)辐射沟的数目一般是随着体长和年龄的增加而增多，体长及年龄相同的个体，鱒的辐射沟数目最多，杂交种次之，鱧最少(有的个体甚至没有)。

(四) 副性征

杂交种的副性征和鱒、鱧一样，主要表现在胸鳍上。半公斤左右二龄的杂交种，胸鳍是光滑的，分辨不出雌雄。鱒也是如此。但是，同样大小和同样年龄的鱧鱼，雌雄区别已十分明显；雄性胸鳍鳍条的后缘上有细小的锯齿状突起，用手摸有粗糙的感觉；雌性则是光滑的。一公斤左右三龄的杂交种，雄鱼胸鳍鳍条的后缘开始具有锯齿状突起，不过比鱧的锯齿状突起短小细密。二公斤左右三龄雄鱼的副性征明显。同样大小的雌鱼胸鳍仍是光滑的。至于鱒鱼，二公斤左右的三龄个体雄性的胸鳍鳍条的后缘有倾斜的锋口，如从短鳍条向长鳍条方向横摸，有割手的感觉，雌鱼还是光滑的。同样大小的鱧鱼雌雄区别更加明显。杂交种的副性征与鱒、鱧一样，在生殖腺未成熟以前便已出现，随着年龄和体长的增加而逐渐明显；并且一经生成，终生不消失(图1)。

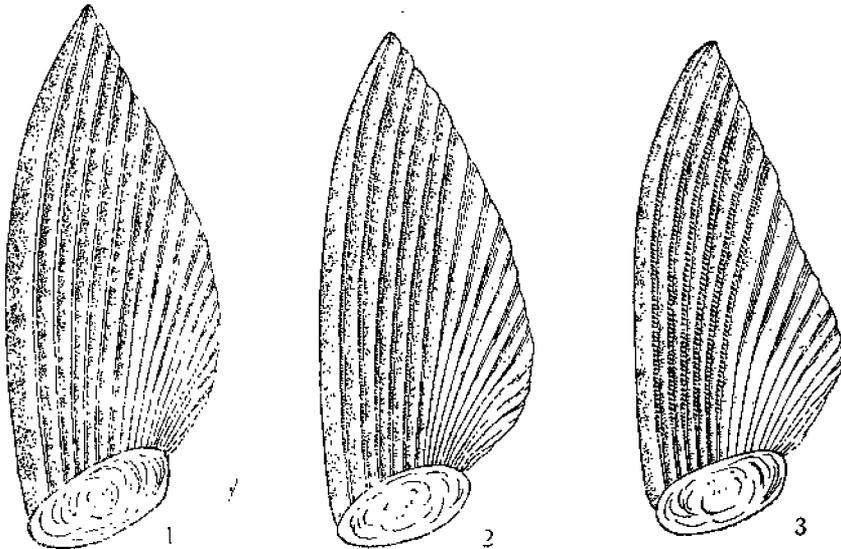


图1 体长50厘米的雄鱼胸鳍，示副性征
1—鱒；2—杂交种；3—鱧。

三、骨 骼

所用各类骨骼材料，皆取自体长57厘米的个体。现将各类骨骼比较如下：

(一) 头骨 杂交种大多数的头骨比鱒稍小，而且比较致密光滑，但与鱧相比，则较大而疏松。

1. 脑颅

(1) 嗅区 杂交种的前筛骨(图版Ⅲ，图16~18)、中筛骨、犁骨等形状与鱒、鱧近似，

大小介于鱮、鯪之間 (图版 II, 图10~15)。

(2) 眼区 眶上骨較薄, 表面多孔, 与鱮近似; 长橢圓形, 比鯪細长。鯪的眶上骨呈指甲形, 骨較厚而光滑。第一眶下骨比鱮小, 較鯪大; 其它眶下骨近似鱮。額骨、副蝶骨等較鱮稍小, 接近鯪; 形状与鱮、鯪近似 (图版 II, 图10~15)。

(3) 耳区 耳区骨骼的形状与鱮、鯪相似, 頂骨等大小属中間类型 (图版 II, 图10~15)。

(4) 枕区 上枕骨較鱮細长, 比鯪寬短。基枕骨較鱮粗大, 比鯪細小, 骨质盘比較小, 接近鱮 (图版 II, 图10~15)。

2. 咽頤

(1) 颌弓 杂交种的中翼骨桃子形, 較疏松, 前后的长度較鱮短, 比鯪长, 背腹的长度与鱮、鯪相近。前颌骨、上颌骨、齿骨等形状与鱮、鯪相似, 大小介于二者之間。

(2) 舌弓 杂交种的舌弓与鱮、鯪没有什么突出的区别, 只是比鯪稍大, 較鱮略小。

(3) 咽骨和咽齿 杂交种的咽骨較小, 单薄多孔, 与鱮近似; 側面观成直角形, 与鯪近似。鱮的咽骨是成鈍角形, 有咽齿 4 枚, 較鯪小, 同鱮差不多 (图版 III, 图 19~24)。齿冠面具有浅而密的不規則細紋, 中央縱沟极不明显。鱮的齿冠面密具細粒状突起; 鯪具有深而疏的羽状細紋, 中央有較深的縱沟 (图版 III, 图22~24)。

(二) 脊柱

杂交种脊柱骨的数目为37~38, 大多数是38; 鱮是36~39, 多数是37; 鯪是38~40, 多数是39。肋骨較鯪稍弯曲、单簿, 与鱮相似。尾椎是从第15~17椎开始, 多数是第17椎开始。鱮的尾椎多数也是第17椎开始, 鯪的尾椎多数是第18椎开始。杂交种的韦氏器和鱮、鯪近似, 三脚骨較鱮致密, 比鯪疏松。

(三) 附肢骨骼

杂交种雄魚胸鳍前几根鳍条的后緣有比鯪較小的鋸齿状突起。鱮的鳍条后緣是呈鋒口状。肩带較鱮小与鯪近似。肩带的烏喙骨較鱮短, 比鯪长; 但是与匙骨相連的一端, 杂交种較鱮寬, 比鯪窄。腰带的无名骨比鯪稍短, 接近鱮。

四、消 化 道

(一) 口咽区

鱮、鯪杂交子裔口咽区的形态与鱮、鯪相似, 口咽区的背壁有 9 行粘膜褶, 每側 4 行, 中央的一个成“人”形, 但是三者粘膜褶的寬度和高度却是不一样的 (表3; 图版 IV, 图25~27)。

表 3 杂交种与鱮、鯪純种粘膜褶的寬度和高度的比較*

	鱮	杂交种	鯪
第1~5粘膜褶的寬度(厘米)	4.5	4.0	3.5
第3粘膜褶的高度(厘米)	0.8	1.0	1.2

* 体长51厘米的个体。

从表 3 可以看出杂交种的粘膜褶較鱮窄, 比鯪寬; 高度則比鱮稍高, 較鯪稍低。

(二) 鰓耙

杂交种与鱮、鯪純种一样, 头部兩側各有 5 个鰓弓, 其中 4 个是全鰓, 具有鰓耙和鰓絲, 还有一个只有鰓耙而沒有鰓絲。另一方面, 同样大小的个体, 鰓弓的长度, 鰓耙与鰓絲长度的比例, 鰓耙和鰓絲的数目等, 杂交种与鱮、

鱧是不同的，为了明显起见，今分别列成表4、5、6 比较如下：

从表4~6可以得出以下几个结论：(1) 杂交种的鳃弓较短，比鱧长。(2) 杂交种从第3 鳃弓起，鳃丝比鳃耙长，并且每个鳃弓的鳃耙与鳃丝长度的比例都是介于鱒、鱧之间。鱒从第2 鳃弓起，鳃丝比鳃耙长；鱧的鳃丝都短于鳃耙。(3) 杂交种鳃耙的密度与鱒相近，比鱧少一半多；而鳃丝的密度比鱒密，接近鱧。

表 4 杂交种鳃弓的长度与鱒、鱧纯种鳃弓长度的比较*(厘米)

	鱒	杂交种	鱧
第 1 鳃弓长	23.5	22.5	20.5
第 2 鳃弓长	22.5	21.5	20
第 3 鳃弓长	21	20.5	19
第 4 鳃弓长	20*	19	17.5

* 体长62厘米的个体。

表 5 杂交种和鱒、鱧纯种鳃耙与鳃丝长度比例的比较*(厘米)

	鱒	杂交种	鱧
第 1 鳃弓	1:0.8 (0.63~0.83)	1:0.7 (0.63~0.82)	1:0.6 (0.52~0.73)
第 2 鳃弓	1:1.03(1.0~1.23)	1:0.99(0.85~1.10)	1:0.66(0.53~0.76)
第 3 鳃弓	1:1.23(1.17~1.38)	1:1.03(0.94~1.10)	1:0.72(0.67~0.80)
第 4 鳃弓	1:1.38(1.27~1.58)	1:1.35(1.27~1.55)	1:0.82(0.77~0.91)

* 体长40~62厘米，7尾平均值。

表 6 杂交种和鱒、鱧纯种鳃耙与鳃丝数目的比较*

	鱒	杂交种	鱧
第 1 鳃弓鳃耙的数目	680~700	700~720**	约1700
第 1 鳃弓中部10毫米长鳃耙的数目	46	44	106
第 1 鳃弓中部 1 毫米长鳃耙背面两侧外缘的突起数目	10	14	21
第 1 鳃弓中部10毫米长鳃丝的数目	14.6	18	19

* 体长62厘米的个体

** 杂交种鳃弓中部的鳃耙稍疏，可是鳃弓两端的鳃耙则较疏略密，因此整个鳃弓的鳃耙总数，杂交种较鳞稍多。

鱒的每个鳃弓上有两层鳃耙，从第1~5鳃弓的鳃耙的长度逐渐减少。每个鳃弓中央部分的鳃耙最长，两头逐渐短些。鳃耙可以分为宽鳃耙和窄鳃耙两种类型。每两个宽鳃耙之间有1~5个窄鳃耙，两个宽鳃耙在一起是很稀有的(图版IV, 图38a)。每个鳃耙是分离的，鳃耙背面两侧的外缘形成波浪式突起，1毫米长的鳃耙有10个突起。

鱧的鳃弓上也有两层鳃耙，鳃耙同样分为宽鳃耙和窄鳃耙两种类型，每两个宽鳃耙之间也有数个窄鳃耙，但两个宽鳃耙并列在一起较为普遍。鳃耙背面两侧的外缘也形成波浪式的突起，但数目比鱒多一倍左右。两个鳃耙之间的间隙较鱒的鳃耙间隙小。鳃耙均联结在一起，有各种形状的孔洞构成比较细密的过滤器。每个鳃弓的内层和外层的鳃耙的外侧是凹凸不平的，内、外层鳃耙的内侧是光滑的(图版IV, 图30a)。

杂交种的鳃耙构造具有鱒、鱧的特点，但接近鱒。鳃耙基本上可以分为宽、窄两种类型，同时还有各种长短不一，形状不定的鳃耙。鳃耙背面两侧外缘的突起数目一般是介于鱒、鱧之间，1毫米长的鳃耙有突起14个，但是有的地方突起较大，接近鱒，有的地方则较小，同鱧相近。鳃耙的排列比较混乱而不规则，有的鳃耙分出各种各样的分叉和分枝，因此鳃耙顶

端长短不一，形成各种各样的缺刻（图版IV，图29a）。多数鳃耙的顶端是分离的，但其下部连接在一起，内、外层鳃耙的外侧面高低也是不平的，有的地方也形成孔洞，这与鲢相似。有时鳃耙排列不规则，与邻近的鳃耙联在一起，形成较大的空隙（图版IV，图29a）。内、外层鳃耙的内侧面同鳃一样也是光滑的。

(三) 食道 杂交种与鳙、鲢一样，食道很短，前接口咽区，后接肠管（无胃）。

(四) 肠管 在不同的季节里，我们测量了杂交种及鳙、鲢各30多尾的肠管长度，结果见表7。

表7 杂交种与鳙、鲢纯种肠管长度为体长倍数的比较

测量日期(月)	体长(厘米)	鳙	杂交种	鲢
2~3	30	4.5(3.9~5.8, 10尾)	5.0(4.7~5.3, 6尾)	6.1(5.4~7.1, 8尾)
5~7	30~45	3.6(2.2~4.6, 13尾)	4.4(2.8~7.5, 15尾)	6.9(6.1~8.4, 8尾)
1~3	45~50	5.3(3.4~6.6, 4尾)	5.3(4.5~5.7, 4尾)	7.8(7.3~8.4, 4尾)
12	45~60	4.7(4.1~5.5, 7尾)	5.4(1.5~6.5, 8尾)	7.6(6.4~9.0, 6尾)
3	50~70	4.0(3.3~4.7, 5尾)	4.7(4.3~5.4, 5尾)	6.6(5.5~7.4, 6尾)
平均		4.4(2.2~6.6, 39尾)	5.0(2.8~7.5, 38尾)	7.0(5.4~9, 37尾)

12~3月解剖的鱼，肠子里浮游生物残余很少，难以进行食性分析。选择5~7月，在菱湖和漕河泾内塘饲养的杂交种作了食性分析，结果见表8。

表8 鳙、鲢杂交种肠内浮游生物含量的统计

编号	调查日期 (年月)	采集地点	体长 (厘米)	肠长 (厘米)	肠长为体 长的倍数	肠内浮游生物含量		
						动物性(个)	植物性(个)	比值
129	1963.5	菱湖	32	201	6.2	11	135	1:9.64
146	1963.7	漕河泾	39	183	4.7	39	130	1:3.33
148	1963.7	漕河泾	39	160	4.1	29	122	1:4.21
149	1963.7	漕河泾	42	198	4.7	33	147	1:4.45
112	1963.7	漕河泾	44	180	4.1	31	162	1:5.23

从表7和表8可以看出：鳙的肠管平均为体长4.4倍（2.2~6.6倍），杂交种是5倍（2.8~7.5倍），鲢是7倍（5.4~9倍），杂交种非常接近鳙。根据食性的分析，动、植物的比值是1:5.37。虽然从个数的比较上，植物性食物较多；但是，每一个浮游动物在大小上相当于10个浮游植物以上。因此，我们认为杂交种是食浮游动物为主的，与鳙相近（倪达书^[5]等，花鲢食浮游动、植物的比例为1:4.5，白鲢为1:2.48）。

五、鳔

鳔分前后两室，前室大，后室小，两室之间有细管相通。杂交种前室长宽之比是1:0.6，比鳙（1:0.66）稍细长，较鲢（1:0.53）宽而短。前室由三层纤维组成，这与鳙、鲢相同。后室的形状和大小，有的接近鲢，有的与鳙相近，并且有各种各样的过渡类型。鳔的容量见表9。

从表9可以看出：体长30~45厘米的杂交种和鳙、鲢鳔的总容量相近。体长57厘米时，

表 9 杂交种与鲮、鲢纯种鳔的容量的比较

鱼的品种 调查项目 体长(厘米)	鲮			杂交种			鲢		
	总容量 (毫升)	前室容量 (毫升)	后室容量 (毫升)	总容量 (毫升)	前室容量 (毫升)	后室容量 (毫升)	总容量 (毫升)	前室容量 (毫升)	后室容量 (毫升)
30	29.5	23.5	1	29.5	27	2.5	29	24.2	4.8
45	122	120	2	120	108	12	124	112	12
57	225	223	2	199	192	7	266	238	28

杂交种鳔的总容量与鲮相近，但较鲢稍小。鳔总容量的不同，可能与其生活习性，尤其与经常所栖居的水层深浅有关（秉志和潘星光^[2]）。

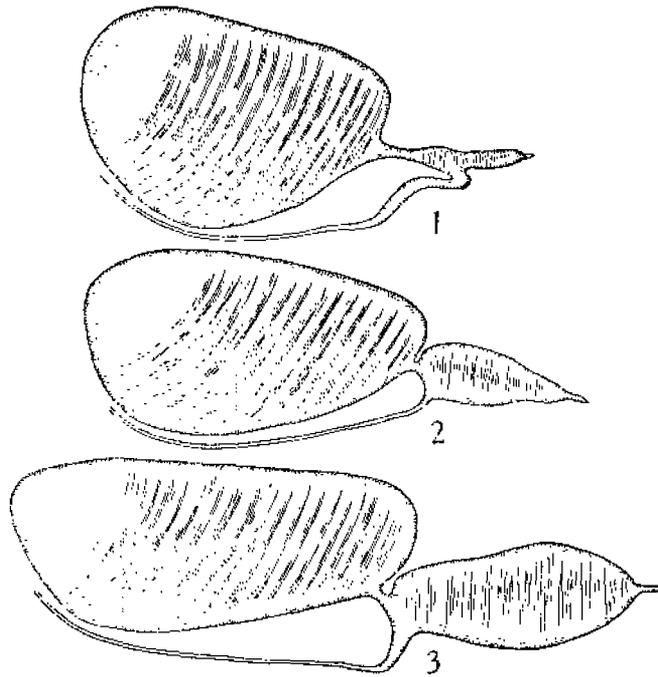


图 2 鳔侧面观 (体长 57 厘米, $\times \frac{1}{2}$)

1—花鲮; 2—杂交种; 3—白鲮。

六、讨 论

(一) 结构与机能的关系

鳔是过滤食物的滤器，对决定食性有密切的关系。倪达书和蔣燮治（1954）对鲮、鲢食料问题进行了分析，认为鲮以浮游动物为主要食料，鲢以浮游植物为主要食料。我们对鲮、鲢杂交种与鲮、鲢的鳔作了比较，杂交种具有鲮、鲢结构的共同特征，但稍偏向于鲮。根据食性的分析，杂交种食浮游动物、植物，但偏重于浮游动物，也与鲮相近。

浮游生物通过鳔过滤到咽腔，要经过咽齿研磨。鲢以浮游植物为主要食料，不易消

化，与此相适应的咽骨粗壮，咽齿较大，齿冠面有细纹和纵沟，同时骨质盘也较大。而鳊以浮游动物为主要食物，容易消化，咽骨较小，单薄多孔，咽齿也较小，齿冠面密具细粒状突起，骨质盘也较小。杂交种的咽骨和咽齿大小等与鳊相近，齿冠面具有浅而密的不规则的细纹，中央纵沟极不明显，骨质盘较鳊稍大，比鳊小。

食物经过咽齿研磨之后进入食道，再到肠管。由于食性不同引起肠管长短不一样。我们在不同的季节里，测量过杂交种及鳊、鳊各30多尾的肠管长度，鳊的肠管平均为体长4.4倍，杂交种为5倍，鳊为7倍，倪达书等（1954）比较了鳊、鳊肠子的长度，得出鳊的肠管为体长4.8倍，鳊的肠管为体长7.85倍。我们的调查与他们的结果是一致的。宋广恭雄（Suyehiro）曾调查了日本150种鱼的消化系统和食性，认为以鱼类为食料的肠子短，以藻类为食料的肠子长^[2]。Khanna研究了印度16种硬骨鱼类的消化道，也得出食草性的肠子最长，杂食性的次之，肉食性的最短^[3]。

（二）鳊、鳊杂交种鳃耙结构的混乱与生长的关系

前几年，我们在漕河泾农场的小河里饲养了一批花鳊，白鳊和杂交鱼，当时河里浮游动物很少，浮游植物较多。由于花鳊的每根鳃耙都是分离的，鳃耙间隙比较大，较小的浮游植物容易从鳃耙间隙滤过，浮游动物又很少，因此得不到饱食，生长得很慢。1963年7月我们解剖了8尾花鳊，其中有7尾肠子里浮游生物的残余不多，还有一尾则极少。相反的，白鳊的鳃耙间隙较小，鳃耙背面两侧外缘的突起数目较花鳊多一倍左右，而且与邻近的鳃耙连接在一起，形成比较细密的过滤网，加强了对食物的过滤作用；因此白鳊吃得饱，长得快。同年7月份解剖时，每尾白鳊肠子里的浮游生物残余都是很多的。同时我们也解剖了10尾鳊鳊杂交种，其中7尾肠内浮游生物残余不多，另外一尾只有肠子前端稍有一点，还有2尾则极少。

另外，据浙江省淡水水产研究所同志反映，鳊鳊杂交种和纯种饲养在同一浮游动物、植物很丰富的池塘里，小鱼时期，三种鱼生长速度相似，待长大之后，鳊、鳊纯种长得很快，但杂交种反而长得慢。杂交种生长速度究竟怎样，还需作进一步系统的比较研究。我们的初步观察与浙江淡水所同志的反映是一致的。杂交种大鱼时生长速度比纯种较差，可能与鳃耙结构有关。鳊、鳊杂交种的鳃耙间隙和鳃耙背面两侧外缘的突起数目接近花鳊，鳃耙顶端稍下与邻近的鳃耙连接在一起，加强了对食物的过滤作用，但是由于每根鳃耙长短不一，疏密不均，整个鳃片形成各种各样的缺刻，在过滤食物时，由鳃耙组成的9只滤袋就形成各种各样的孔洞。在小鱼时期，由鳃耙形成的滤袋孔洞不是那么明显，在过滤食物时，食物的漏失较少，对生长影响不大。大鱼时，这种孔洞愈来愈显著，因而食物更容易漏失，这样就直接影响鳊鳊杂交种生长得比较慢。至于杂交种大鱼时生长不快是否与杂交或其他因素有关，尚有待进一步研究。

七、结 论

1. 正常的杂交种头长占体长1/4强，1/3弱（27.8%）。胸鳍末端伸达腹鳍1/4处。腹棱始自胸、腹之间。体色银灰，躯干两侧散布着比鳊较小的黑色斑点，吻长、口宽、眼间隔等都界于鳊、鳊之间。

2. 副性征与鳊、鳊一样，主要表现在胸鳍上。雄鱼的胸鳍鳍条的后缘上具有细小的锯齿

齿状突起，但較鱮短小細密。在性腺未成熟前副性征已出現，随着年齡和体长的增长而逐漸明显，而且一經生成，永不消失。

3. 杂交种的鱗片属于圓鱗，側线鱗 96~106 个。多数个体的鱗片較鱮稍大，比鱮大很多，輻射沟的数目較鱮少，比鱮多。

4. 大多数的头骨比鱮稍小，而且比較致密光滑，与鱮相比則較大且疏松。但是咽骨較鱮稍小，单薄多孔，咽齿也略小，齿冠面具有浅而密的不規則的細紋，中央的縱沟极不明显。

5. 脊柱骨的数目为 37~38 个。肋骨較鱮稍弯曲，与鱮相近。肩带較鱮小，与鱮差不多。腰带的无名骨比鱮稍短，接近鱮。

6. 粘膜褶的寬度比鱮窄，較鱮寬，但是高度比鱮高，較鱮低。每个鰓弓都較鱮短，比鱮长。第 1~2 鰓弓的鰓耙比鰓絲长，从第 3 鰓弓起鰓耙短于鰓絲。鰓耙的密度，每根鰓耙背面兩側外緣的突起数目，与鱮相近，較鱮少一半左右，而鰓絲的密度同鱮相近，比鱮密。鰓耙排列混乱，形成各种缺刻。大多数鰓耙頂端彼此都是分离的，但其下部与邻近的鰓耙連接在一起，形成較大的空隙。

7. 腸管平均为体长 5 倍 (2.8~7.5 倍)，与鱮相近，比鱮少 2 倍。食浮游动、植物，但偏重于浮游动物。

8. 鰓分前后两室，前室較寬短，比鱮細长。后室較小，其形状和大小有的接近鱮，有的和鱮近似，并且有各种过渡类型。

根据以上的观察，知道鱮、鯪杂交种是鱮、鯪的中間类型。杂交种的鰓耙、咽骨、咽齿、腸管等器官构造既充分反映了结构与机能的統一，也反映出与遗传性的关系。杂交种鰓耙排列混乱，尤其是鰓耙长短不一，疏密不均，食物容易漏失，可能影响生长。以上是♀鱮×♂鯪杂交子裔的情况，♂鱮×♀鯪的杂交子裔究竟怎样还有待研究。

参 考 文 献

- [1] 王应天等, 1969. 白鯪与花鯪年齡的測定, 科学通报, 4:129~131.
- [2] 秉志、潘星光, 1961. 鯪魚 (*Cyprinus carpio*) 的水靜机制, 动物学报, 13 (1~10):33~32.
- [3] 林浩然, 1962. 五种不同食性鲤科魚的消化道. 中山大学学报 (自然科学), 3.
- [4] 孟庆刚、苏錦群, 1960. 白鯪的系統解剖, 科学出版社.
- [5] 倪达序、蒋燮治, 1954. 花鯪和白鯪的食料問題, 动物学报, 6 (1):59~73.
- [6] Chu, Y. T. (朱元鼎), 1935. Comparative studies on the scales and on the pharyngeal and their teeth in China cyprinids, with particular reference to taxonomy and evolution. *Biol. Bull. St. John's Univ.*, (2).
- [7] Fang, P. W. (方秉文), 1928. Notes on the gill-rakers and their related structure of *Hypophthalmichthys nobilis* and *H. molitrix*. *Con. Bio. Lab., Sic. Soc. China*, Vol. IV, No. 5: 1~30.
- [8] Khanna S. S., 1961. Alimentary canal in some teleostean fishes, *J. Zool. Soc. India*, Vol. 13, No. 2, 206~219.
- [9] Suyehiro, Y. (木戸恭雄), 1942. A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Japanese Journal of Zoology*, Vol. 10, No. 1:1~303.

MORPHOLOGICAL STUDIES OF THE HYBRIDS OF
ARISTICHTHYS NOBILIS AND
HYPOPHthalmichthys MOLITRIX

Institute of Experimental Biology, Academia Sinica, Shanghai

LIN ZHI-CHUN AND GAO CHEN-YI

ABSTRACT

Tens of thousands of hybrids of *A. nobilis* (♀) and *H. molitrix* (♂) were obtained by artificial fertilization in the autumn of 1958, and most of them developed normally. A series of studies of external morphology, skeletal system, alimentary tract, air-bladder, etc. of the hybrids (30~70 cm. in length) have been made in comparison with the specimens of their parental strains of the similar length and age. The results are summarized as follows.

1. The hybrids are silver gray in color provided with dark flecks over both sides of the trunk. The ratio of the length of the head to the length of body is about 1:4. The length of snout, the width of mouth, the distance between two eyes, the size of the black and yellow chromatophores, etc. are all of the intermediate types of the parents. The tip of the pectoral fin overlaps the basal portion of the abdominal fin and the anterior end of the abdominal keel lies between the pectoral and the abdominal fins (Figs. 1~6).

2. As in the case of *A. nobilis* and *H. molitrix*, the secondary sexual character of the hybrid (the serrature on the pectoral fins of the male fish) makes its appearance before the maturation of the gonads and will then last throughout the life. However, the serrature in the hybrids is found finer in size and closer in arrangement than that in *H. molitrix* (Text fig. 1).

3. The scales are all of the cycloid type. The number of radial canals of the scale is always less than that of *A. nobilis* and more than that of *H. molitrix* (Figs. 7~9). There are 96~106 scales along the lateral line.

4. The skeleton of the hybrid is smaller and compacter than *A. nobilis*, but larger and looser than *H. molitrix* (Figs. 10~15, 16~24). Some important differences among the skeletal system of the hybrids and their parents are listed in the table.

5. The size of the plait of the mucous membrane (Figs. 25~27) and the length of the gill-raker plate (Figs. 28~30) of the hybrids are all of the intermediate types. The number of rakers on a plate and the number of the processes found on a single raker of the hybrid are approximately equal to those of *A. nobilis*, but attain about half of those of *H. molitrix*. The number of gill-filaments in an arch is observed to be similar to that found in *H. molitrix* (but greater than that in *A. nobilis*). The rakers of *H. molitrix* form a thick sifting

	<i>A. nobilis</i>	Hybrid	<i>H. molitrix</i>
supraoccipital bone	shorter	median	longer
basioccipital bone	smaller	middle	larger
gill arches	larger	middle	smaller
pharyngeal teeth, size	smaller	small	larger
crown	with granular processes	with fine and irre- gular stripes	with feather-like stripes
middle groove	wanting	very inconspicuous	clear
gill-rakers, outer side of the narrow gill-rakers	smooth	with a few processes	with many processes
outer side of the broad gill-rakers	smooth	with a few pores and processes	with many pores and processes
pectoral girdle	larger	small	smaller
number of vertebrae	37(36~39)	38(37~38)	39(38~40)

apparatus and always connect with each other to make a net-like structure; on the contrary, those of *A. nobilis* are not provided with sifting apparatus and always separated from one another. Nevertheless, in the hybrid, the terminal portion of most of the rakers is separated and the basal 4/5 of them is provided with processes to form an incomplete sifting device (Figs. 28a, 29a, 30a).

6. The hybrids live on planktons, especially minute animals. The average length of thier alimentary tract is 5 times thier body length. It is quite similar to that of *A. nobilis*, but shorter than that of *H. molitrix*.

7. The air-bladder is subdivided into two chambers. The anterior chamber is shorter and wider than that of *H. molitrix*, but slenderer than that of *A. nobilis*. The posterior chamber, which is always small, is sometimes of the paternal form, sometimes of the maternal form and still sometimes of various transitional forms (Text fig. 2).

It is evident that the hybrids thus obtained are true hybrids of the intermediate form. The anatomical structure of the gill-rakers, the pharyngeal bone, the pharyngeal teeth and the alimentary tract of the hybrids not only reflect the intimate correlation between function and organization, but also show the close relationship in inheritance.

图版說明

图版 I . 1~9

杂交种与鱮、鯪純种的外部形态、色素細胞及鱗片的比較

图1~3. 外形 ($\times 1/4$); 图1. 花鯪; 图2. 杂交种; 图3. 白鯪

图4~6. 頂骨皮肤的色素細胞 ($\times 150$); 图4. 花鯪; 图5. 杂交种; 图6. 白鯪; 箭头所示处是黄色素細胞。

图7~9. 鱗片 (取自側线上方, 背鱗下方); $\times 6$); 图7. 花鯪; 图8. 杂交种; 图9. 白鯪

图版 II . 10~15

杂交种与鱮、鯪純种头骨背、腹面观的比較 (体长57厘米的个体。为了明显起见, 骨縫在拍照前涂上黑墨, $\times 2/3$)

图10~12. 头骨背面观; 图10. 花鯪; 图11. 杂交种; 图12. 白鯪; 1—犁骨, 2—中篩骨, 3—側篩骨, 4—額骨, 5—頂骨, 6—上枕骨。

图13~15. 头骨腹面观; 图13. 花鯪; 图14. 杂交种; 图15. 白鯪; 1—犁骨, 2—中篩骨, 3—側篩骨, 4—副蝶骨, 5—基枕骨, 6—骨质盘。

图版 III . 16~24

杂交种与鱮、鯪純种的前篩骨、咽骨、咽齿的比較 (体长37厘米)。

图16~18. 前篩骨 ($\times 2$); 16. 花鯪; 17. 杂交种; 18. 白鯪。

图19~21. 咽骨 ($\times 1$); 图19. 花鯪; 图20. 杂交种; 图21. 白鯪。

图22~24. 右側第一个咽齿 ($\times 3.8$); 图22. 花鯪, 齿冠面密具細粒状突起; 图23. 杂交种, 齿冠面具有細密而不規則的細紋, 中央縱沟极不明显; 图24. 白鯪, 齿冠面具有深而疏的羽状細紋, 中央有縱沟。

图版 IV . 25~30

杂交种与鱮、鯪純种口腔水平剖面 (新鮮材料) 及鳃片 (用10%福尔馬林固定) 的比較。

图25~27. 口腔水平剖面背面观 (体长51厘米, $\times 1/4$); 图25. 花鯪; 图26. 杂交种; 图27. 白鯪。

图28. 花鯪, 左側第一鳃片 (体长63厘米, $\times 1/2$)。

图28a. 图28中部一部分的放大 ($\times 1.5$)。

图29. 杂交种, 左側第一鳃片 (体长62厘米, $\times 1/2$)。

图29a. 图29中部一部分的放大 ($\times 1.5$)。

图30. 白鯪, 左側第一鳃片 (体长62厘米, $\times 1/2$)。

图30a. 图30中部一部分的放大 ($\times 1.5$)。

