

# 南方鲇的繁殖生物学研究: 繁殖时间、 产卵条件和产卵行为\*

谢小军      何学福      龙天澄

(西南师范大学生物系, 重庆 630715)

## 提 要

南方鲇的雌鱼 3—4 龄性达成熟, 雄鱼 2—3 龄性达成熟; 在此期间, 同龄组中已成熟个体的体长、体重、肥满度和成熟系数的平均值均大于未成熟个体。繁殖期为 3 月中旬至 5 月中旬, 其间, 嘉陵江平均水温为 15—24℃。雌鱼的性腺在 6—8 月由 VI 期退化至 II 期, 9 至 11 月经 III 期发育至 VI 期, 12 月至来年 2 月以 IV 期性腺状况越冬。雌、雄鱼成熟系数周年曲线均为单峰型, 该种鱼为单批产卵类型。产卵场为流水卵石浅滩, 水深 0.4—1.5m, 流速每秒 0.7m 左右。产卵前雌雄亲鱼有相互激烈追逐、咬斗的发情行为。

**关键词** 鱼类繁殖, 性成熟, 繁殖周期, 产卵条件, 产卵行为, 南方鲇

南方鲇 (*Silurus meridionalis* Chen) 是我国特有的重要经济鱼类, 它个体大, 生长快, 肉味鲜美, 具有很高的市场价值。近年来有关该种鱼的人工养殖研究正在兴起, 急需其生物学基础资料。作者曾报道了该种鱼的生长、胚胎和幼鱼发育以及生物能量学系列研究的结果<sup>[1-9]</sup>, 但有关其繁殖生物学方面的研究, 唯施白南曾进行过生产力的报道<sup>[10]</sup>。本文是对其繁殖群体的性腺变化、产卵条件及产卵行为等繁殖习性的研究资料的整理和报道。

## 1 材料和方法

1983 年 1 月至 1985 年 2 月和 1990 年 1 月至 1992 年 6 月, 由嘉陵江合川至重庆江段采集标本。成鱼标本主要用滚钩捕得, 幼鱼标本主要由小钩网和捞网捕得。共取得 350 尾标本用于本研究。

采得标本后立即进行常规生物学测定, 然后解剖取得性腺等研究材料。年龄鉴定根据脊椎骨上的年轮标志。体长值取自下颌端(上位口型)至尾鳍基。性腺发育分期按 Meinn 的划分标准<sup>[11]</sup>。成熟系数定义为:  $1000 \times \text{性腺重} / \text{净体重}$ , 肥满度定义为:  $1000 \times$

\* 国家自然科学基金资助项目 (编号: 39070143)。

熊良惠同志协助整理数据, 谨此致谢。

1993 年 4 月 30 日收到; 1994 年 5 月定稿。

净体重 / 体长, 其中净体重 = 总重 - 内脏重。

## 2 结果

### 2.1 副性征

雄性个体的胸鳍棘较雌性的粗短。1 龄以上的雄性个体的胸鳍棘后缘有 3—5 枚锯齿状突起, 随着性成熟的进程, 齿突由细小变得发达, 数目增多, 到性成熟时多为 10 枚左右, 有的可达 20 枚以上, 排列若梳齿状。胸鳍棘后缘齿突较长大的雄性个体, 其性腺的发育状况一般也较好, 成熟系数较高, 具有一定程度的相关性。雌性个体的胸鳍棘较为细长, 其后缘无锯齿突。少数个体的胸鳍棘先端的后缘有细小的刺突, 但很容易与雄性的锯齿突相区别。雌、雄个体在其他外形特征上未发现明显的区别。

### 2.2 性成熟

南方鲇的性腺发育状态可划分为 6 个时期。有关该鱼各期性腺的外形及组织学特征, 另文报道<sup>[12]</sup>。将性腺发育在 III 期以上的个体作为性成熟个体。观察了该种鱼繁殖期(3—5 月)的性腺发育状况, 结果表明: 雌鱼 5 龄及 5 龄以上, 雄鱼 4 龄及 4 龄以上的个体全部达性成熟; 雌鱼 2 龄及 2 龄以下, 雄鱼 1 龄及 1 龄以下全部未成熟。3 龄和 4 龄的成熟雌鱼个体占各自龄组渔获物的比例分别为 40.0% 和 87.5%; 2 龄和 3 龄的成熟雄鱼个体占各自龄组渔获物的比例分别为 33.3% 和 82.4%。在同龄组中, 已成熟个体的体长、体重、肥满度和成熟系数的平均值均大于未成熟个体(表 1), 统计检验表明, 雌鱼的这种差异在体长、体重和成熟系数已达到或接近显著性(因雄鱼的样本数少, 未能进行统计检验)。因此, 可以认为雌鱼的成熟年龄为 3—4 龄, 雄鱼的成熟年龄为 2—3 龄; 生长状况良好的个体性成熟相对较早。

雌鱼最小性成熟个体(编号: 840475)的体长为 66.5cm, 体重为 2610g, 性腺重 83.0g (IV 期), 怀卵量 30049 粒, 4 龄; 雄鱼最小性成熟个体(编号: 840442)的体长为 52.5cm, 体重 1250g, 性腺重 7.8g (IV 期), 3 龄。

### 2.3 性腺发育的周年变化及繁殖期

南方鲇雄鱼性成熟后其精巢发育状态的周年变化不明显, 从外形上难以区别发育期, 只是在春、夏两季性腺更为饱满, 成熟系数较高。组织学观察也表现其成熟精巢全年均能产生精子。

成熟雌鱼卵巢发育的周年变化十分明显。分季度统计了 3 龄以上雌鱼各期性腺所占的百分比(表 2), 可以看出, 春季到夏初(3—5 月)所捕获的成熟雌鱼中以 IV 期卵巢为主(66.67%), 并有相当部分的 V 期(11.97%)和 VI 期(12.32%)卵巢出现; II 期(3.42%)和 III 期(5.13%)卵巢只在渔获物中占很小比例。夏季(6—8 月)渔获物中未发现有 III、IV、V 期卵巢, 只存在 II 期(53.33%)和 VI 期(46.67%)卵巢, 二者所占的比例大致相当。秋季至初冬(9—11 月)的渔获物中 VI 期卵巢已全部消失, II 期卵巢(21.05%)向 III 期(47.37%)转化, 并有相当大比例的卵巢已达 IV 期(31.58%)。冬季到初春(12—次年 2 月)的渔获物中以 IV 期卵巢为主(71.43%)。

统计了全年渔获物中雌、雄群体各期性腺的重量变幅及成熟系数的平均值(表 3)。对 3 龄以上的雌鱼和 2 龄以上的雄鱼的成熟系数进行逐月统计, 由月平均值作图(图 1),

表 1 南方鲇同龄组中性成熟个体和未成熟个体生长状况的比较

Tab.1 Comparison of the growth between adult and juvenile *Silurus meridionalis* of the same age

性别 Sex	年龄 Age	项 目 Item	性腺发育期		T	P
			Developmental stage of gonad			
			III—VI	II		
雌  Female	3	渔获物 Catch	4(40.0%)	6(60%)		
		体长(cm) Body length	75.1 ± 2.93	61.8 ± 6.88	3.60	< 0.01
		体重(g) Body weight	3956 ± 499.3	2370 ± 870.4	3.26	0.10—0.05
		肥满度(‰)①	8.62 ± 0.742	8.42 ± 0.880	0.37	> 0.50
		成熟系数(‰)②	16.47 ± 13.20	2.59 ± 0.614	2.66	0.01—0.05
	4	渔获物 Catch	27(87.1%)	4(12.9%)		
		体长(cm) Body length	78.4 ± 6.17	72.8 ± 7.96	1.64	0.10—0.20
		体重(g) Body weight	4826 ± 1210.9	3500 ± 1269.4	2.03	0.05—0.10
		肥满度(‰)①	8.57 ± 0.654	8.18 ± 0.754	1.09	0.20—0.30
		成熟系数(‰)②	37.70 ± 25.31	3.07 ± 0.518	2.70	0.01—0.05
雄  Male	2	渔获物 Catch	2(33.3%)	4(66.7%)		
		体长(cm) Body length	58.0	48.6 ± 4.11		
		体重(g) Body weight	1688	996 ± 248.2		
		肥满度(‰)①	8.12	7.34 ± 0.669		
		成熟系数(‰)②	3.46	1.31 ± 0.876		
	3	渔获物 Catch	14(82.4%)	3(17.6%)		
		体长(cm) Body length	65.2 ± 7.81	60.3		
		体重(g) Body weight	2644 ± 997.0	2173		
		肥满度(‰)①	8.45 ± 0.717	7.28		
		成熟系数(‰)②	4.68 ± 1.080	2.91		

注: 表中渔获物表示为: 标本尾数 (占渔获物百分比), 其余各项表示为: 平均值 ± 标准差, In the table the catch is expressed as: number of fish (percentage in the catch), and others are expressed as: mean ± SD. ①Condition factor ②Maturation coefficient

表 2 嘉陵江南方鲇渔获物中不同发育期雌鱼的时间分布

Tab.2 The temporal distribution of gonads at different developmental stages in females of *Silurus meridionalis* in the Jialing River

月 份 Month	渔获物 Catch	性腺发育期 Developmental stage of gonad				
		II	III	IV	V	VI
3—5	117	4(3.42%)*	6(5.13%)	78(66.67%)	14(11.97%)	15(12.82%)
6—8	15	8(53.33%)	—	—	—	7(46.67%)
9—11	19	4(21.05%)	19(47.37%)	6(31.58%)	—	—
12—2	14	1(7.14%)	3(21.43%)	10(71.43%)	—	—

\*: 表中数字表示为: 标本尾数 (占渔获物百分比), The figures in the table are expressed as: number of fish (percentage in the catch)

从图 1 可以看出,雌、雄鱼月平均值的高峰均出现在 3 月,分别为  $63.82 \pm 28.00(\text{SD})$  和  $6.23 \pm 2.49(\text{SD})$ ,雌鱼的最低值在 8 月,雄鱼的最低值在 9 月,分别为  $3.69 \pm 1.10(\text{SD})$  和  $3.15 \pm 0.24(\text{SD})$ 。雌、雄群体的成熟系数的年变动周期基本吻合。

表 3 南方鲇各发育期性腺的重量和成熟系数

Tab.3 The weight and maturation coefficient of the gonads at different developmental stages in

*Silurus meridionalis*

性腺发育期 Developmental Stage of gonad	雌 性 Female			雄 性 Male		
	标本数	性腺重(g)	成熟系数(‰)	标本数	性腺重(g)	成熟系数(‰)
	Sample	Weight of	Maturation	Sample	Weight of	Maturation
	size	gonad	coefficient index	size	gonad	coefficient index
II	62	0.2—26.3	$2.074 \pm 0.105$	13	0.3—6.0	$1.156 \pm 0.237$
III	21	8.0—234.5	$11.30 \pm 2.800$	23	1.1—13.8	$3.288 \pm 0.301$
IV	88	55.7—1665.0	$51.57 \pm 3.098$	42	4.6—84.5	$4.909 \pm 0.313$
V	13	98.1—1525.0	$69.46 \pm 9.671$	40	6.7—101.2	$6.216 \pm 0.348$
VI	15	11.1—420.0	$23.44 \pm 2.897$	8	6.9—56.5	$4.611 \pm 0.491$

注:成熟系数表示为:平均值 $\pm$ 标准差,The maturation coefficient is expressed as: mean $\pm$ SD

## 2.4 产卵条件及产卵行为

由 1983—1985 年和 1991—1992 年对嘉陵江北碚丫头碛产卵场的逐月资料调查表明,每年首次捕获到流卵雌鱼的时间都是在 3 月中旬或下旬,具体时间随江水温度回升状况而稍有前后,当水温达到  $15^{\circ}\text{C}$  以上,便可观察到产卵现象。捕获到流卵雌鱼的最晚时间是 5 月中旬,其时,水温已达  $24^{\circ}\text{C}$  左右。这些现象表明:3—5 月为南方鲇的繁殖季节,产卵的必要条件之一是水温在  $15^{\circ}\text{C}$  以上, $15\text{—}24^{\circ}\text{C}$  是繁殖的适宜温度。

南方鲇的产卵场为水面较宽阔的江段,并具有一定流速的卵石滩。每年的 3 月中旬至 4 月中旬北碚丫头碛即为南方鲇产卵最活跃的产卵场之一。丫头碛为长约 300m,宽约 150m 的卵石滩(图 2)。繁殖期的江水漫过滩顶,但江水干流(南北流向)被分割为东西两支,西边为主流,东边为次流。产卵活动发生在次流。此处水深为 0.4—1.5m,流速为  $0.7\text{m/s}$  左右。水底无泥沙,有卵石松散堆积。卵石的直径多在 15—30cm 之间。据当地渔民调查的资料得知,南方鲇的雌、雄亲鱼在傍晚前到达滩尾的主、次流汇合处等待上滩产卵时机,此处水较深而流速较缓。产卵亲鱼一般在午夜前后进入次流。产卵前雌、雄亲鱼相互激烈追逐、咬斗。从捕获到的进行产卵活动的雌、雄个体的躯体表面,都发现有明显的擦伤,大多数亲鱼的躯干两侧还有呈圆弧形的咬伤痕,形状与该种鱼的口形相似。产卵活动在凌晨 4—5 时结束。

南方鲇产粘性卵,比重稍大于水,橙黄色。产出的卵顺水飘流于水势较缓处,沉于水底。受精卵粘着在卵石或沙底上发育。有关该种鱼胚胎发育的资料作者曾有过报道<sup>[1]</sup>。

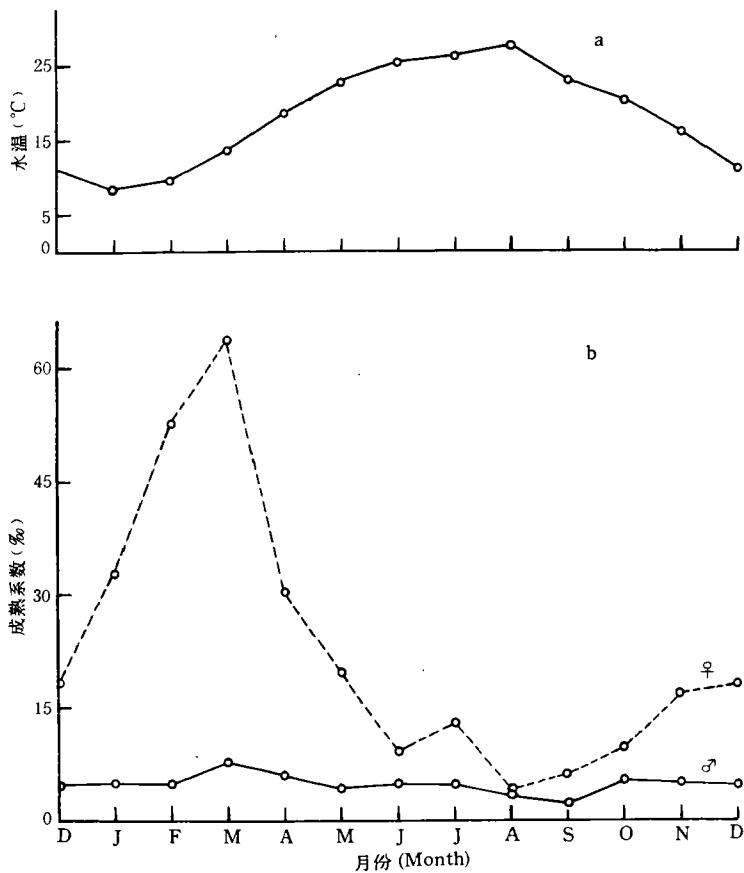


图 1 a)嘉陵江中的月平均水温(1976—1985)  
b)嘉陵江南方鲇雌(---)、雄(—)鱼成熟系数的周年变化

Fig.1 a)The monthly average temperature in the Jialing River (1976—1985)  
b)The annual cycles of the gonadosomatic index in the male (—) and female (---) *Silurus meridionalis* in the Jialing River

3 讨论

3.1 南方鲇的生长状况与性成熟的关系

南方鲇的雌鱼 3 龄以前、雄鱼 2 龄以前全部未成熟,而雌鱼 4 龄以后、雄鱼 3 龄以后全部达性成熟的现象,反映了该物种所固有的遗传特性。Stearn & Crandall 指出,鱼类性成熟的年龄和成熟时躯体的大小并非固定,而是具有一定的可塑性<sup>[13]</sup>。南方鲇也存在这样的现象:生长状况良好的雌雄个体均有可能提前 1—2 年性成熟。在同一种群中鱼类性成熟年龄的变异有可能来自遗传的差异<sup>[14]</sup>,也可能来自环境的影响<sup>[15]</sup>。Wootton 指出,当环境的变化使生长率增高时,所产生的效应通常是使性成熟年龄提前<sup>[16]</sup>。南方鲇的情况与这一规律相符。

3.2 南方鲇的繁殖期

分析和比较表 2 和图 1 的结果,可以看出,3—5 月是嘉陵江南方鲇种群的繁殖季

节。夏初(6月)繁殖活动停止,成熟雌鱼的卵巢由产后的 VI 期向 II 期退化;到 8 月性腺的成熟系数已降至最低水平;到 9 月份,VI 期卵巢已全部消失。II 期卵巢在秋冬两季发育为 III 期并向 IV 期转化,主要以 IV 期的形态越冬。来年初春开始,卵粒中卵黄的积累速度加快,因此 2 月份卵巢的成熟系数的平均值上升明显,到开始繁殖活动的 3 月份,雌、雄性腺的成熟系数都达到了最高水平。

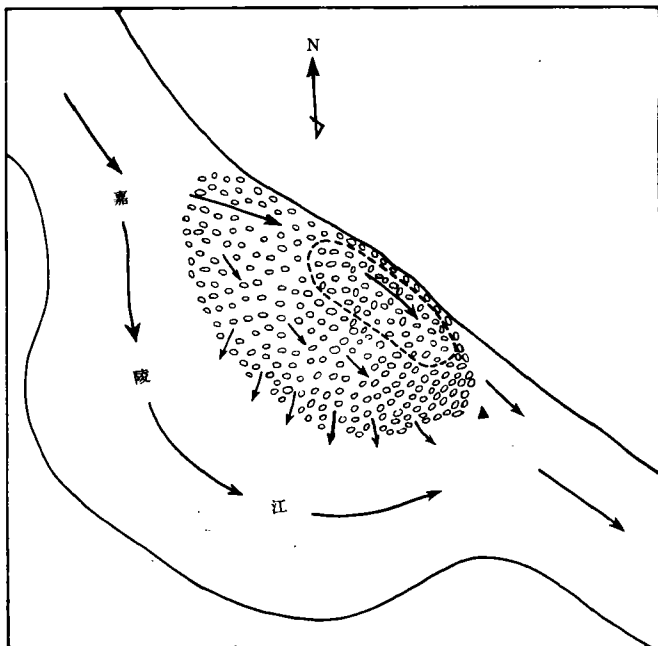


图 2 嘉陵江北碛丫头碛的南方鲇产卵场的示意图

0000 卵石底浅滩 → 江水流向 ○ 产卵区域 ▲ 亲鱼产卵前逗留区域

Fig.2 A sketch map showing the spawning ground of *Silurus meridionalis* in the Jialing River at Yiatou Moraine near Beibei Town

将图 1 与表 3 对照,还可看出,雌雄鱼的高峰值(3月)都分别与其 V 期性腺的平均值相近。但雌鱼的低谷值(8月)与其 II 期性腺的平均值相近,而雄鱼的低谷值(9月)却与其 III 期性腺的平均值相近。这提示成熟雌鱼的性腺在年周期中以 II 期状态延续的时间较长,而雄鱼性腺的 II 期状态延续的时间很短。

### 3.3 南方鲇的产卵类型

所获得的产后雌鱼的 VI 期卵巢中只存在极少数的 III 时相卵子,残存的少部分未排出的 IV、V 时相卵子都已呈退化状态(色泽变为深黄或褐色,卵黄浑浊呈稀糊状),因此不可能发展为有生命力的卵子再次排出。由表 2 还可以看出,VI 期卵巢存在的时间短,在 6—8 月直接退化到 II 期,其间的渔获物中未发现有 III 期卵巢出现。图 1 也表明,南方鲇成熟系数的年周期曲线呈单峰型,提示该种鱼每年只产生一次成熟性产物。王剑伟探讨了有关产卵类型的划分问题,提出将鱼类的产卵类型划分为三类<sup>[17]</sup>。南方鲇的上述特征符合单批产卵型。作者关于性腺发育的组织形态学研究的结果也支持这一结论。

## 参 考 文 献

- [1] 谢小军. 南方大口鲇的胚胎发育. 西南师范大学学报(自然科学版), 1986, (3): 72—78.
- [2] 谢小军. 嘉陵江南方大口鲇的年龄和生长的初步研究. 生态学报, 1987, 7(4): 359—367.
- [3] 谢小军. 南方大口鲇幼鱼发育的初步研究. 水生生物学报, 1989, 13(2): 124—133.
- [4] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇幼鱼鱼体的含能量及化学组成. 北京师范大学学报(自然科学版), 1990, 12(3): 225—231.
- [5] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的最大摄食率及其与体重与温度的关系. 生态学报, 1992, 12(3): 225—231.
- [6] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的日总代谢和特殊动力作用的能量消耗. 水生生物学报, 1992, 16(3): 200—207.
- [7] Xie X J. Sun R. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): resting metabolic rate as a function of body weight and temperature. *Physiol. Zool.* 1990, 63: 1181—1195.
- [8] Xie X J. Sun R. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level, body weight and temperature. *J. Fish Biol.* 1992, 40: 719—730.
- [9] Xie X J. Sun R. Pattern of energy allocation in the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen) *J. Fish Biol.* 1993, 42: 197—207.
- [10] 施白南. 嘉陵江南方大口鲇的生物学研究. 西南师范学院学报(自然科学版), 1980, (3): 45—52.
- [11] Мейен В А. К вопросу о годовом никде измеппий яичников костисты рвб. изв. АНСССР. Сер. бпон., 1939, (3): 389—420.
- [12] 张耀光, 谢小军. 南方鲇的繁殖生物学研究: 性腺发育及周年变化. 水生生物学报, 1996, 20(1)
- [13] Stearn S C. Cradall R E. Plasticity for age and size at sexual maturity: a life—history response to unavoidable stress. In *Fish Reproduction: Strategies and Tactics* (G. W. Potts and R. J. Wootton, eds). London: Academic Press. 1984, 99: 13—33.
- [14] Alm G. Connection between maturity, size and age in fishes. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Dordtningholm.* 1959, 40: 5—45.
- [15] Pitt T K. Changes in abundance and certain biological characters of Grand Bank American plaice, *Hippoglossoides plasseoides*. *J. Fish. Res. Bd Can.* 1975, 32: 1383—1389.
- [16] Wootton R J. Reproduction. in *Ecology of Teleost Fishes* (R. J. Wootton. ed). London Chapman and Hall Ltd, London. 1993, 99: 159—195.
- [17] 王剑伟. 稀有鮡鲫的繁殖生物学. 水生生物学报, 1992, 16(2): 165—174.

## REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *SILURUS MERIDIONALIS*: TIME, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND BEHAVIOUR OF SPAWNING

Xie Xiaojun, He Xuefu and Long Tiancheng

(Department of Biology, Southwest China Teachers University, Chongqing 630715)

### Abstract

Three or four years in female and 2 or 3 years old in male *Silurus meridionalis* reached their first sexual maturity. At such ages the average body length, weight, condition factor and maturation coefficient of adults are higher than those of the un-mature juvenile of same age for both sexes. The breeding season in the Jialing River lasts from middle March to middle May, when the water temperature ranges from 15°C to 24°C. From June to August the gonad of stage VI in the spawned female degenerates into stage II. From September to November the gonad develops into stage III, and gradually into stage IV. The gonad remains at stage IV during winter (from December to February). Only one peak value occurs in the annual cycle of the maturation coefficient in both sexes, suggesting that this fish spawns only once a year. The spawning sites are located in pebble shoals with a water depth of 0.4—1.5m and a current velocity of about 0.7m/s. During courtship the parental fish display vigorous chasing and snapping behaviours.

**Key words** Reproduction of fish, sexual maturity, reproductive cycle, environmental conditions for spawning, spawning behaviour, *Silurus meridionalis*



