

五种鱼的鳞被复盖过程及其 同生长的关系*

李思发

(上海水产学院)

提 要

用茜素红染色法观察研究了904尾鲤鱼、429尾草鱼、637尾鲢鱼、70尾鳙鱼及243尾尼罗罗非鱼的仔幼鱼。五种鱼鳞片出现时全长分别为：16—19，17—19，27—32，26—31，10—14mm。完成鳞被复盖时的全长分别为24—30，24—28，47—55，48—58，19—22mm。五种鱼鳞片出现均始于侧线，但出现部位和复盖过程可分为两类：鲤、草鱼、鲢及鳙的鳞片首先出现于躯干前部，为由前向后发展型，至于具体扩展过程，鲤与草鱼相似，鲢与鳙相同；罗非鱼的鳞片首先出现于尾柄，为由后向前发展型。

鳞片出现、复盖过程同全长及年龄的关系的比较观察和回归分析表明，这一过程的始末及速度主要同体长增长有关，同年龄关系不大。

鳞被发育过程不仅反映了不同鱼类的不同生长规律，亦可能有助于认识鱼类间的亲缘关系。

关于鱼类鳞片出现与复盖过程，国外已有一些报道。国内尚未见正式报道。至于这一形态发育与生长的关系，几乎没有研究。这一问题的研究，既有助于阐明鱼类成长的规律性，也可能有益于认识鱼类间的亲缘关系。

材 料 与 方 法

试验主要在上海市南汇养殖场进行。鲤鱼 *Cyprinus carpio* 饲养于四只面积各为28m²的自净式圆形水泥池内，共研究了全长7—35mm的仔幼鲤鱼904尾；草鱼 *Otenopharyngodon idellus* 取自面积为2.8亩的发塘池，共研究了全长14—35mm的幼鱼429尾；鲢鱼 *Hypophthalmichthys molitrix* 绝大部分取自一面积为12m²的小培育土池，少量来自广东肇庆鱼苗场发塘池和上述自净式圆池，共研究了全长20—56mm的幼鱼637尾；鳙鱼 *Aristichthys nobilis* 亦取自上述小土池，观察了全长23—60mm的幼鱼70尾，旨在与鲢鱼比较；鲈形目丽鱼科的尼罗罗非鱼 *Tilapia nilotica* 取自上海市青浦县养殖场、嘉

* 参加工作的先后有上海水产学院淡水渔业专业82届何超刚、杨小林和83届吴嘉敏、张沈同学。承上海南汇养殖场提供试验方便，青浦养殖场龚桂兰同志提供罗非鱼。张敏同志拍摄照片。文稿承孟庆闻教授审阅。特此一并致谢。

定县封滨公社养殖场及江桥公社养殖场,共研究了全长9—25mm的仔幼鱼243尾。此外,还观察了10余尾团头鲂 *Megalobrama amblycephala*。

显示鳞片的方法参考 Franklin 与 Smith (1960) 的茜素红 ($C_{14}H_7O_7SNa \cdot H_2O$) 染色法。所不同的是,本试验用的是茜素红中性饱和水溶液,而非微碱性。

鱼样品保存于10%福尔马林中。这样处理的鱼皮要比新鲜的容易剥制。从头后、躯干前缘至尾柄末端,剥下整个左侧面皮肤,先在10% H_2O_2 溶液中浸洗约10分钟,除去表面污物以利染色,用茜素红溶液染色5—10分钟,然后在pH8—9的KOH水溶液中褪色。掌握KOH的浓度和褪色时间对于保持鳞片的鲜红色,褪去皮肤等所吸附的染料,从而得到清晰的色差颇为重要。最后将皮肤置于载玻片上,在解剖镜下观察、封片及摄影。

为便于数学处理,计算了鳞被复盖率。对于鳞大、行列清楚容易计数的鲤、草鱼及罗非鱼,以出现排数(不论完全与否)为复盖率指标;对于鳞小,行列不清难以计数的鲢、鳊鱼,则以复有鳞片的面积对鱼的整侧面皮肤面积之百分比为复盖率指标。方法是,把皮肤放在透明标准坐标纸上,在镜下分别计数完整皮肤的格数及鳞片复盖部分的格数。

结 果

1. 鳞片出现与复盖过程

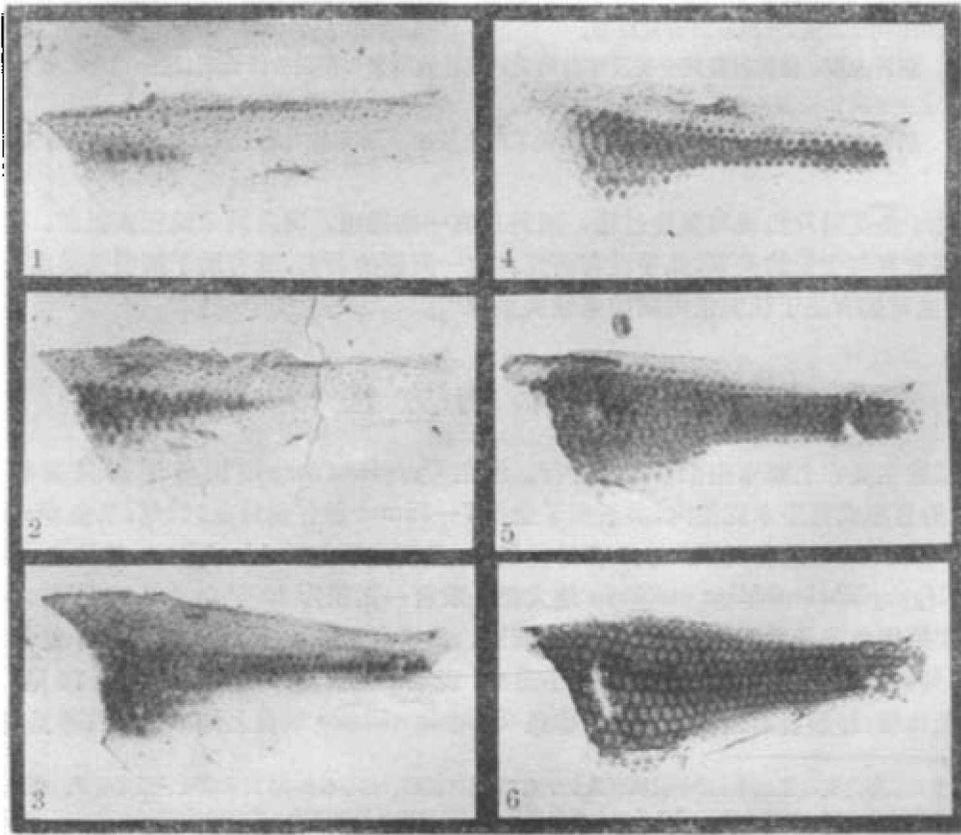


图1 鲤鱼鳞片的出现与复盖

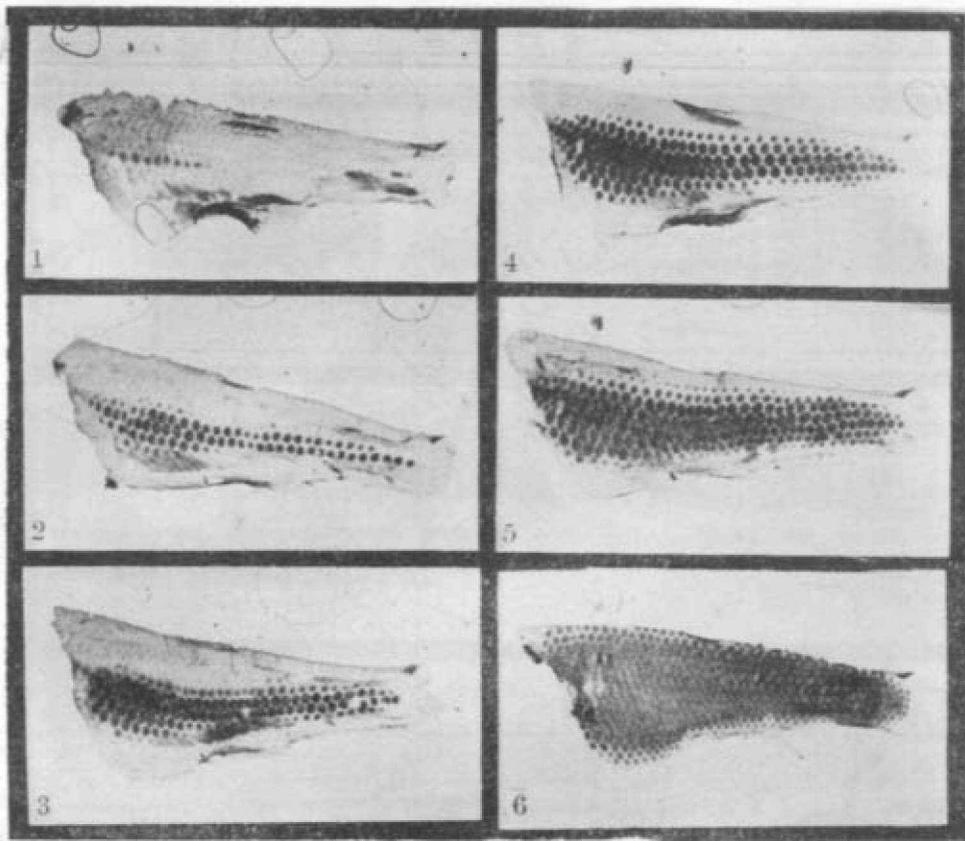


图2 草鱼鳞片的出现与复盖

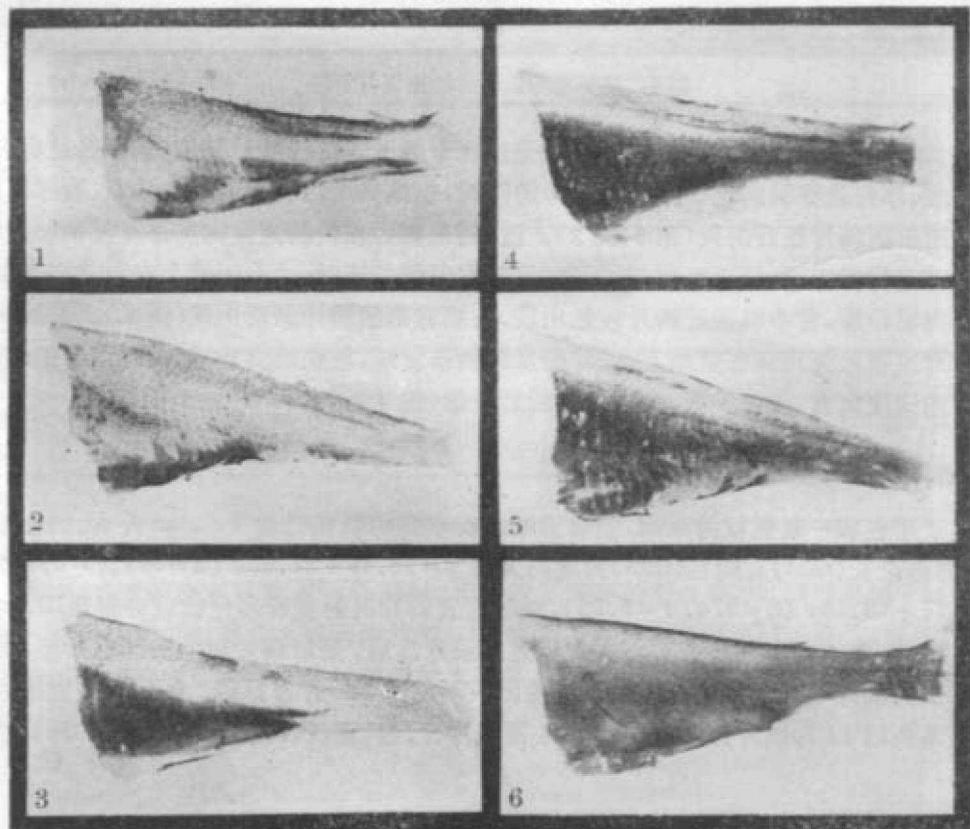


图3 白鲢鳞片的出现与复盖

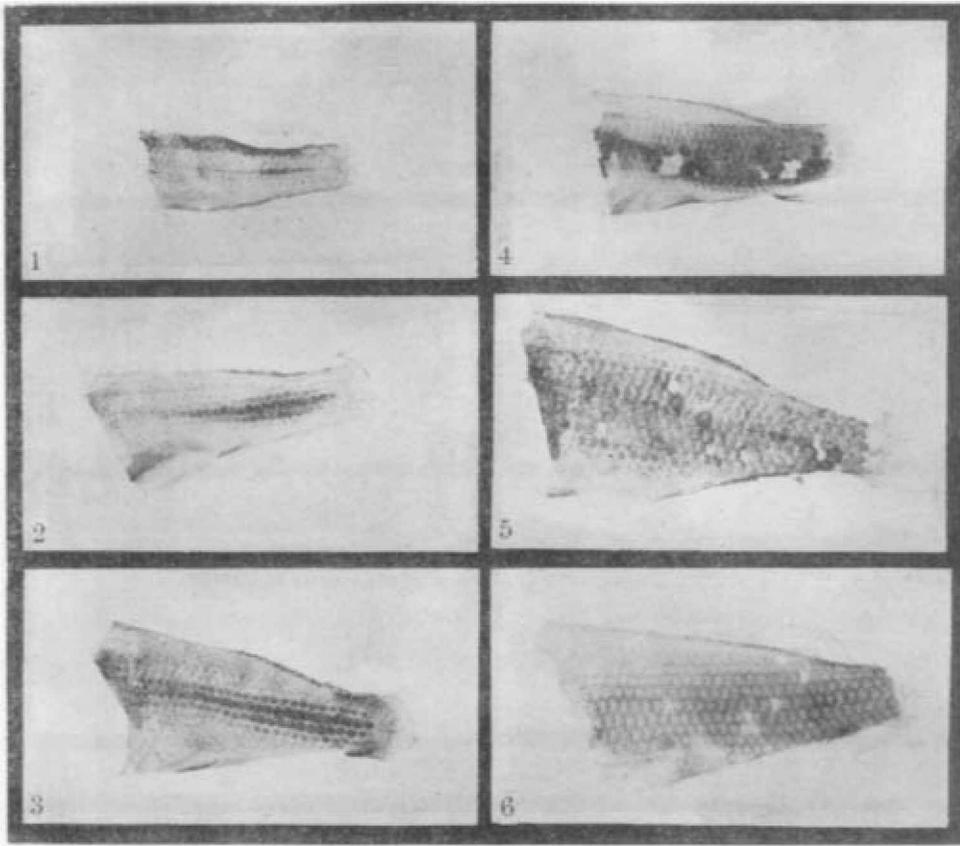


图4 尼罗罗非鱼鳞片的出现与复盖

鲤、草鱼、鲢、鳙及团头鲂的鳞片都最先出现于躯干前部的侧线部位,但复盖过程有所不同。鲤、草鱼是在横向地朝尾柄部延伸的同时,也纵向地以相似的速度向背、腹部扩展,腹中线附近的鳞片最后出现(图1、图2)。鲢、鳙鱼则以较快的速度向腹部及尾柄部扩展,而向背部延伸得很慢,及至腹部与尾柄部已基本复盖完毕时,才由侧线上方向背部和由尾柄上部向前伸展,背中线附近鳞片较迟出现,头后背部的鳞片最后出现(图3)。尼罗罗非鱼的鳞片虽也最先出现在侧线上,但却是从尾柄部前端,较快地向前,较慢地向后延伸,并以相似的速度向背、腹部扩展,头后背部最后复盖(图4)。

2. 鳞片出现与复盖完毕时的全长

由于染色和一般镜检的限制,能够清晰地观察到的鳞径已达0.1mm左右。然而根据草鱼、鲤鱼全长(mm)对鳞径(mm)的回归方程 $y = 13.49 + 21.66x$ ($n = 364, r = 0.99$) 和 $y = 12.77 + 15.56x$ ($n = 574, r = 0.99$),最初出现鳞片时的全长理论值应分别是13.5mm和12.8mm,但那时尚无法分辨。本文所述的鳞片出现,是以鳞片能染上红色且鲤、草鱼及罗非鱼的鳞片不足一排,鲢、鳙鳞片复盖面积不超过1%作为标准。至于复盖完毕的标准,鲤、草鱼以14排鳞片计,罗非鱼以15排鳞片计,鲢、鳙鱼以复盖面积超过95%计。结果如下:

类 别	鳞 片 出 现		复 盖 完 毕	
	范 围(mm)	均值和95%可信限	范 围(mm)	均值和95%可信限
鲤	16—19	16.8±0.4	24—30	26.7±0.3
草 鱼	17—19	17.6±0.9	24—28	26.5±0.3
鲢	27—32	28.5±0.4	47—55	49.7±0.8
鳙	26—31	27.5±0.3	48—58	
尼罗罗非鱼	10—14	11.6±0.6	19—22	21.0±0.5

3. 鳞被复盖过程同生长的关系

用复回归法和试验对此法,就鳞被复盖率 y 对全长 x_1 (mm) 和年龄 x_2 (自鱼苗下塘起天数)二者或只对其一进行了分析:

(1) 鲤鱼

方差分析:

(a) y 对 x_1 及 x_2 回归

$$y = -19.55 + 0.79x_1 + 0.26x_2$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	279.57	2	139.79	3904.75
误 差	0.43	12	0.0358	
总 和	280	14		

(b) y 对 x_1 回归

$$y = -20.45 + 1.28x_1$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	277.95	1	277.95	1762.52
误 差	2.05	13	0.1577	
总 和	280	14		

(c) y 对 x_2 回归

$$y = -17.82 + 0.65x_2$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	274.69	1	274.69	672.44
误 差	5.31	13	0.4085	
总 和	280	14		

表中(a)式的决定系数 $R^2 = 0.9985$, 即鳞被复盖率的变化有 99.85% 决定于体长和年龄的变化。经方差贡献及其显著性检验, $F_{x_1}(136.93) > F_{x_2}(45.43) > F_{(1,2,0.05)}(18.51)$, 即体长对于鳞被复盖的作用要比年龄的大得多, 也就是体长的影响大大超过年龄的影响。

(2) 草鱼

方差分析:

(a) y 对 x_1 及 x_2 回归

$$y = -29.42 + 1.43x_1 + 0.33x_2$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	275.36	2	137.68	356.04
误 差	4.64	12	0.3867	
总 和	280	14		

(b) y 对 x_1 回归

$$y = -30.91 + 1.79x_1$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	274.47	1	274.47	645.20
误 差	5.53	13	0.4254	
总 和	280	14		

(c) y 对 x_2 回归

$$y = -21.75 + 1.55x_2$$

离 差 源	平 方 和	自 由 度	均 方	F 值
回 归	262.97	1	262.97	200.74
误 差	17.03	13	1.3100	
总 和	280	14		

表中(a)式的决定系数 $R^2 = 0.9834$, 即鳞被复盖率的变化有 98.34% 决定于体长与年龄的变化。经方差贡献及其显著性检验, $F_{2,12}(32.03) > F_{(1,2),0.05}(18.51) > F_{2,12}(2.31)$, 即对于鳞片复盖过程, 体长有显著作用, 而年龄无显著影响。

(3) 鲢鱼

对来自不同环境不同生长情况的鲢鱼进行了比较试验观察。结果如下:

组群	年 龄(日)	全 长 (范围 均值 mm)	鳞片出现排数 (范围 均值)	饲养环境	苗 种 来 源
I	13	27—28	刚刚可见	自净式圆池	浙江菱湖
II	20	27—28	刚刚可见	小土池	上海
III	16	$\frac{29-32}{30}$	$\frac{1-6}{3.9}$	发塘池	广东肇庆
IV	24	$\frac{28-32}{30}$	$\frac{1-7}{3.7}$	小土池	上海

第 I、II 组的比较表明, 尽管年龄大不相同, 但鳞片出现的全长相似。第 III、IV 组的比较结果亦相类似。单因子方差分析表明, 两组鱼的鳞被复盖率及全长的均值间无显著差异 ($n = 13$, $t < t_{0.05}$), 尽管第 IV 组的年龄比第 III 组的大 50%。

对鲢鱼的观察结果进一步验证了对鲤、草鱼的观察和分析, 即鳞被发育主要决定于体长, 与年龄关系较少, 并显示了这一现象具有普遍性。故对鲢鱼和尼罗罗非鱼只作了鳞被复盖率与全长关系的简单回归分析:

$$y = -106.75 + 4.16x$$

$$r = 0.9289, n = 405$$

(4) 尼罗罗非鱼

$$y = -11.86 + 1.22x$$

$$r = 0.8762, n = 243$$

讨 论

1. 关于鳞片最先出现的部位 据可查文献报道,大多数鱼均在尾柄部,如白棘盖太阳鱼 *Pomoxis annularis* (Siefert 1965)、大西洋石首鱼 *Micropogon nadulatus* (Bridges 1971)、黑斑亚口鱼 *Mintytrema melanops* (White 1971)、金鲈 *Perca flavescens* (Pycha 与 Smith 1954)、大眼狮鲈 *Stizostedion vitreum* (Priegel 1964)及鳊鱼 *Augnilla* spp. (Jellyman 1979)等。但狗鱼 *Esox lucius* 首先出现于腹、臀鳍之间的侧线下方 (Franklin 与 Smith 1960); 暗斑棘盖太阳鱼 *p. nigromaculatus* 则最先出现于背鳍后、臀鳍后及胸鳍前的几个部位 (Cooper 1971)。McCrimmon 与 Swee (1967)报道,鲤鱼鳞片最先出现于头后体侧的侧线下方。

在我们所研究的几种鱼中,除尼罗罗非鱼的鳞片首先出现于尾柄部侧线上外,鲢、鳊、草鱼及团头鲂均首先出现于躯干前部侧线,和 McCrimmon 与 Swee 所说鲤鱼鳞片最先出现于躯干前部侧线下方有所不同。

2. 关于鳞被复盖过程 与最初出现部位有关,尼罗罗非鱼为由后向前型,而鲢、鳊、草鱼、鲤及团头鲂则是由前向后型,虽不能肯定这种类型是否能代表整个鲤科,但可初步认为代表鲢亚科、雅罗鱼亚科、鲤亚科及鳊亚科的鳞被发育特点。至于在这几种鱼类之间,鲢与鳊的鳞被发育类型相似,可认为是这两种鱼亲缘关系很近的又一证据;而鲤与草鱼的鳞被发育类型相似,亦可作为这两种鱼或鲤亚科与雅罗鱼亚科的关系较近的证据。这里值得提及的是,四川大学生物系与四川农学院牧医系鱼类科研组在用沉淀反应探讨鲤、草鱼及鳊亲缘关系的研究中 (1976)亦发现鲤与草鱼相近,鳊同鲤及草鱼较远。朱兰菲 (1982)报导了十几种鲤科鱼类的乳酸脱氢酶 (LDH) 的比较,鲢与鳊的谱形相似。看来,鳞片出现部位与复盖过程有可能成为探讨鱼类亲缘关系的标志之一。

3. 关于生长规律性 瓦斯涅错夫 (Васнецов, 1955)指出,属于同一个目的鱼类表现相同的成长规律,而别的目则有别的规律。实际上,不仅目是如此,即使科乃至属也是这样。鱼类,特别在其幼鱼阶段,体长与年龄是彼此相关的变量,虽然如此,生长的差异主要并不决定于年龄,而是决定于营养条件,群体密度及水温等。在正常情况下,幼鱼体长随年龄而逐渐增大,但在特殊情况下,年龄纵然与日俱增,体长增长却可能缓慢甚至停滞。在同一环境中,来自同一亲本鱼,绝大多数个体间的体长-年龄关系通常相似;而在不同环境中,不同群体间,即使来自同一亲本,体长-年龄关系也往往大不相同。不过,鳞片出现与复盖过程都表现了这一形态发育与一定体长的牢固关系,前面述及的数理分析和比较观察都已论证了这一点。又如我们观察的鲤鱼来自室内自净式水池,密度高 (105—150尾/平方米),水质差,生长缓慢,出现鳞片的全长是 16—19mm,年龄是 29—42天;McCrim-

mon 与 Swee 研究的鲤鱼来自加拿大湖泊, 出现鳞片的全长是 16—18 mm (年龄不详), 也有助于这一论证。总之, 鳞被发育是体长与年龄这二个自变量的函数, 但主要决定于体长。当鱼达到一定体长时, 鳞片就出现, 就复盖到一定程度, 而年龄则没有这种显著影响, 年龄到了, 若体长没达到, 仍不能出现鳞片或达到一定的复盖率。

瓦斯涅错夫(1955)在其鱼类发育阶段理论中指出, 硬骨鱼类, 主要是鲤科鱼类, 生长阶段的改变与时间无关, 而是与一定的体长相关, 每一阶段的开端与终结都和达到一定体长有关。作者认为, 这对于形态发育是正确的。不同鱼类的鳞片出现与复盖过程具有它们所固有的与体长相关的发育阶段表。

参 考 文 献

- [1] B. B. 瓦斯涅错夫等(何志辉译、费鸿年校), 1955. 鱼类学和渔业问题。科学出版社。
- [2] 四川大学生物系、四川农学院牧医系鱼类教研组, 1976. 应用沉淀反应对鲤、草鱼、鲮亲缘关系的初步探讨。水生生物学集刊, 6(1): 97—104。
- [3] 朱兰菲, 1982. 几种鲤科鱼类及杂种的乳酸脱氢酶同工酶的比较。水生生物学集刊, 7(4): 538—545。
- [4] Bridges, D. W., 1971. The pattern of scale development in juvenile atlantic croaker (*Micropteron undulatus*). *Copeia*, 2: 331—332.
- [5] Chaptoton, R. B., 1967. Scale development in the Gulf menhaden, *Brevoortia patronus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 96(1): 60—62
- [6] Conley, J. M., and A. Witt, Jr., 1966. The origin and development of scales in the flier, *Centrarchus macropterus* (Lacepede). *Trans. Amer. Fish. Soc.* 95(4): 433—434.
- [7] Cooper, J. A., Scale development as related to growth of Juvenile black crappie, *Pomoxis nigromaculatus* Lesueur. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 3: 570—572.
- [8] Elson, P. E., 1939. Order of appearance of scales in speckled trout. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 4(4): 302—308.
- [9] Everhart, W. H., 1949. Body length of the smallmouth bass at scale formation. *Copeia*. (2): 110—115.
- [10] Franklin, D. R. and L. L. Smith, Jr., 1960. Note on development of scale patterns in the northern pike, *Esox lucius* L. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 89(1): 83.
- [11] Jellyman, D. J., 1979. Scale development and determination in new zealand freshwater eels (*Anguilla* spp.). *New Zealand journal of marine & freshwater research*, 13(1): 23—30.
- [12] McCrimmon, H. R. and U. B. Swee., 1967. Scale formation as related to growth and development of young carp, *Cyprinus carpio* L. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 24(1): 47—51.
- [13] Priegel, G. R., 1964. Early scale development in the walleye. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 93: 199—200.
- [14] Pycha, R. L. and L. L. Smith, Jr., 1954. Early life history of the yellow perch, *perca flavescens* (Mitchill), in the red lakes, minnesota. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 84: 249—260.
- [15] Ward, H. C. and E. M. Leonard., 1954. Order of appearance of scales in the black crappie, *Pomoxis nigromaculatus*. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 33: 133—140.
- [16] White, D. S., 1977. Early development and parttern of scale formation in the spotter sucker, *minytrema melanops* (Catostomidae). *Copeia*, 2: 400—403.
- [17] Siefert, R. F., 1965. Early scale development in the white Crappie. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 94: 182.

THE SCALE FORMATION PROCESS AND ITS RELATION TO THE GROWTH OF FIVE SPECIES OF FISH

Li Sifa

(*Shanghai Fisheries College*)

Abstract

The scale formation of common carp, grass carp, silver carp, bighead carp and tilapia were studied by using the alizarin red method. The first appearance of scales at a total length of 16-19 mm, 17-19 mm, 27-32 mm, 26-31 mm and 10-13 mm respectively for the 5 species of fish and the formation completed at 24-30 mm, 24-28 mm, 47-55 mm, 48-55 mm and 19-21 mm total length respectively.

Scales first appeared along the lateral line in all species which could be separated into categories according to the region of first scale appearance and the pattern of scale development. In common carp, grass carp, silver carp and bighead carp, scales first appeared behind the operculum, and development took place from anterior to posterior. In tilapia, scales first appeared on the caudal peduncle and developed anteriorly. The carps could be further subdivided, based on the detailed pattern of scale development, common and grass carp in one group, and silver and bighead carp in another.

Regression of scale formation parameters upon fish length and age showed that the initiation and termination of scale formation as well as certain developmental patterns were closely related to body length, but insignificantly to age.

The pattern of scale development not only reflects that growth law which is applicable to each species, but also reflects the evolutionary relationships among fish species.