

丹江口水库凶猛鱼集团生长特性组型的聚类分析

张家波

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要 选择体重-体长关系 $W = aL^b$ 中的回归系数 a 和回归指数 b ; 阶段生长参数的年增长、相对增长率、体长生长比速、生长常数、生长指标和体重的年增重、相对增重率、体重生长比速、年增积量; 一般生长型的渐近体长、渐近体重、生长系数、起点年龄、拐点年龄、拐点体重、拐点瞬时增重率等 18 个反映鱼类生长特性的指标, 运用系统聚类方法, 将丹江口水库 5 种主要凶猛鱼组成的集团, 从生长特性的差异上划分为大、中、小 3 个组型, 并对划分结果的具体应用和鱼类集团划分的依据等问题进行了讨论。

关键词 凶猛鱼类, 集团, 生长特性, 丹江口水库

丹江口水库是我国一个大型的河道与湖泊综合型水库。库内的 67 种鱼类中, 肉食性鱼类达 20 种之多^①, 其中鳊(*Elopichthys bambusa*)、蒙古鲌(*Culter mongolicus*)^[1]、翘嘴鲌(*C. alburnus*)、鲇(*Silurus asotus*)和鳊(*Siniperca chuatsi*)是我国习见的典型凶猛鱼类, 占全库渔获物重量的 30% 左右。

关于凶猛鱼类的研究, 国内外已有诸多报道, 主要集中在个体生物学和种群生态学, 以及增殖等方面。有关捕捞与控制措施除朱志荣等^[2]和陈敬存等^[3]将几种凶猛鱼类作为对象进行研究外, 少见有此方面的研究报道。张家波^[4,5]、邢东耀^[6]等对丹江口水库凶猛鱼类的体型系数、控制利用、食性作了研究, 本文将丹江口水库 5 种主要凶猛鱼类作为一个生态集团(Guild), 应用聚类分析方法研究其生长特性的差异与类型, 为进一步研究丹江口水库凶猛鱼类的控制与利用提供资料。

1 材料与方法

1.1 标本采集 1986 年 10 月至 1987 年 11 月, 每月上旬在丹江库区的香花、马蹬, 汉江库区的郧县城关、肖川和大坝附近, 以及水库内各捕捞场、点采集标本。共获得鳊 249 尾, 蒙古鲌 351 尾, 翘嘴鲌 246 尾, 鲇 127 尾和鳊 219 尾。对所有标本逐尾进行常规生物学测量, 长度精确到 mm, 重量精确到 g。

1.2 年龄鉴定材料与年轮特征 鳊、蒙古鲌和翘嘴鲌以鳞片为主要的年龄鉴定材料, 鲇以胸鳍棘为主, 鳊以鳃盖骨为主, 并均以脊椎骨为年龄鉴定辅助材料。

鳞片的年轮特征为环纹的疏密排列及后侧区的切割现象, 蒙古鲌尚有碎裂、溶蚀和双

收稿日期 1999-11-02; 修订日期 1999-12-04

作者简介 张家波(1963-)男, 湖北省荆州人, 副教授, 硕士, 主要从事渔业资源和环境生态研究。

① 杨干荣等. 丹江口水库渔业资源调查(专辑). 华中农业大学水产系, 1988.

切割现象. 鳃盖骨、胸鳍棘、脊椎骨上的年轮是由宽层和狭层组成的生长年带中贯穿整个骨片(鳃盖骨)或形成封闭环状纹圈(胸鳍棘)的狭层的外缘.

1.3 聚类分析原理及指标的计算模式 系统聚类法(Hierarchical Clustering Methods, HCM)是应用较广泛的一种聚类分析法. 其基本原理是: 先将 n 个样品各自看成一类, 然后规定样品之间的相似系数和类之间的相似系数(彼此越近的样品, 相似系数越接近于 1 或 -1; 彼此无关的样品, 相似系数为 0). 选择相似系数最大的一对并成一个新类, 计算新类与其他旧类之间的相似系数, 再将相似系数最大的两类合并. 如此反复, 每次减少一类直至所有样品都成一类为止.

本文选择能反映种或种群生长特征的参数作为凶猛鱼集团生长特性组型聚类分析的指标, 分别是体重-体长回归方程的回归系数、回归指数; 阶段生长参数中体长生长的年增长量、相对增长率、体长生长比速、生长常数、生长指标, 体重增长的年增重、相对增重率、体重生长比速, 年增积量(均以几何均数为指标); 一般生长型的渐近体长、渐近体重、理论生长起点年龄、生长系数, 体重生长的拐点年龄、拐点体重和拐点瞬时增重率等共 18 个指标. 各指标的计算模式依文献[7].

由于各指标的量纲不一致, 选用指数相似系数定义样品间的相似系数^[8]:

$$C_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m e^{-\frac{3}{4} \frac{(X_{ik} - X_{jk})^2}{S_k^2}} \quad (1)$$

式中, C_{ij} 表示第 i 个样品和第 j 个样品之间的相似系数; m 为指标个数; k 为第 k 个指标; X_{ik} 、 X_{jk} 分别为第 i 个样品和第 j 个样品的第 k 个指标; S_k 表示第 k 个指标的标准差. 因此, 类之间的相似系数定义为:

$$D_{Rk} = \max\{D_{pk}, D_{qk}\} \quad (2)$$

式中, D_{Rk} 为新类 G_R 与其他旧类 G_k (G_k 为不含相似系数最大的 G_p 、 G_q 这两类的所有其他旧类) 的相似系数; G_{pk} 、 G_{qk} 为合并成 G_R 的 G_p 、 G_q 与 G_k 间原来的相似系数.

2 结果

2.1 生长特性指标

2.1.1 体长-体重关系的回归系数 a 和回归指数 b 用 $W = aL^b$ 拟合 5 种凶猛鱼体重与体长相关曲线, 结果如下:

$$\text{鲢: } W = 4.7948 \times 10^{-6} L^{3.1108}$$

$$\text{蒙古鲈: } W = 8.1715 \times 10^{-6} L^{3.0696}$$

$$\text{翘嘴鲈: } W = 8.3727 \times 10^{-6} L^{3.0281}$$

$$\text{鳊: } W = 2.6884 \times 10^{-5} L^{2.9509}$$

$$\text{鲇: } W = 1.9621 \times 10^{-5} L^{2.8454}$$

式中, W 为体重, L 为体长. 由此得到这 5 个种类体长-体重关系的回归系数 a 和回归指数 b .

2.1.2 阶段生长参数和一般生长规律的理论估计 根据年龄鉴定结果, 通过统计分析年龄鉴定材料和鱼类体长之间的关系, 引进校正系数 K (即各个标本的实测体长和理论体长的比值)^[9], 分别推算出 5 种凶猛鱼类各龄的平均体长(表 1).

表 1 5 种凶猛鱼各龄的平均退算体长

Tab. 1 Back calculated body-length at each age of five predatory fish species

种类 Species	体长 Body length (mm)								
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉
鳊(YC)*	283.5	544.1	772.6	980.4	1120.1	1242.7	1371.4	1458.6	
蒙古鲌(MC)	86.7	201.7	293.5	376.2	424.7	469.8	510.6		
翘嘴鲌(TC)	232.9	369.0	485.7	556.3	622.7	683.4	734.1	784.5	832.3
鳊(MF)	139.2	236.8	318.9	383.4					
鲇(OS)	203.2	410.5	489.2	539.0	575.7	605.3			

* YC indicating yellowcheek carp, MC indicating mongolian carp, TC indicating topmouth carp, MF indicating mandarin fish, and OS indicating oriental sheatfish.

根据各龄平均体长的值,依体长-体重关系计算得到各龄的平均体重,然后计算出各阶段的一些生长参数(表 2).由于各龄组间生长参数的值是不一样的,而用作聚类分析的指标只能是各生长参数的一个代表性数值,故选择各龄组间生长参数的几何均数作为聚类分析的指示值.

此外,根据各龄体长和体重的值,用 von Bertalanffy 生长方程对 5 种凶猛鱼的生长规律进行拟合,得到其生长规律的一些参数的理论估计,一并列于表 2.

表 2 凶猛鱼集团生长特性聚类分析数据矩阵

Tab. 2 Data matrix of clustering on the characteristics of growth of predatory fish guild

种类 species	鳊 Yellowcheek carp	翘嘴鲌 Topmouth carp	蒙古鲌 Mongolian carp	鲇 Oriental sheatfish	鳊 Mandarinfish	平均 Average	标准差 SD
回归系数 ¹⁾	0.4795	0.8373	0.8172	1.9621	2.6884	1.3569	0.9314
回归指数	3.1108	3.0281	3.0696	2.8454	2.9509	3.0010	0.1051
年增长	157.3	69.6	65.4	61.5	80.3	86.8	40.02
相对增长率	19.49	13.29	24.23	14.74	36.64	21.68	9.403
体长生长比速	0.1726	0.1227	0.2076	0.1316	0.3077	0.1884	0.0748
生长常数	0.6872	0.5369	0.7438	0.4184	0.7259	0.6224	0.1402
生长指标	139.35	64.28	56.01	54.93	67.40	76.39	35.59
年增重	4241.8	689.2	252.1	297.1	340.1	1164.1	1729.2
相对增重率	80.16	47.95	106.37	52.93	156.83	88.85	44.63
体重生长比速	0.5372	0.3708	0.6372	0.3745	0.9080	0.5655	0.2223
年增积量 ²⁾	66.764	4.798	1.648	1.828	2.730	15.554	28.655
渐近体长	1946.2	1003.8	652.6	608.3	675.5	977.3	563.9
渐近体重	81804.1	10284.2	3565.9	1639.3	6017.8	20662.3	34331.6
生长系数	0.1754	0.1807	0.2289	0.8708	0.2030	0.3318	0.3021
起点年龄	0.1039	0.4760	0.3681	0.9025	0.1350	0.1527	0.5218
拐点年龄	6.574	5.655	5.268	2.103	5.196	4.959	1.688
拐点体重	24484.0	3055.4	1063.4	478.2	1774.6	6171.1	10282.2
拐点瞬时增重率	0.2585	0.2698	0.3395	1.3427	0.3071	0.5035	0.4702

1) 放大值($\times 10^5$). The value is ascending 10^5 ; 2) 缩小值($\times 10^{-4}$). The value is descending 10^{-4} .

2.2 生长特性的聚类分析

2.2.1 分析过程 先分别计算出 5 种凶猛鱼各相应指标的算术平均数和标准差(表 2),再由式(1)计算得两两样品之间的相似系数 $D_{(0)}$ (表 3).按系统聚类分析原理,每个样品先自成一类,以 G 表示类, G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 、 G_5 依次代表鳢、翘嘴鲌、蒙古鲌、鲇和鳊(表 5).由式(2)计算得第一次聚类后的相似系数 $D_{(1)}$ (表 4).经进一步计算、并类,得出丹江口水库凶猛鱼集团生长特性聚类图(图 1).

表 3 相似系数 $D_{(0)}$
Tab.3 The similarity coefficient $D_{(0)}$

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
G_1	1.0000				
G_2	0.4583	1.0000			
G_3	0.5301	0.7277	1.0000		
G_4	0.2002	0.6411	0.5315	1.0000	
G_5	0.2896	0.6301	0.7204	0.4500	1.0000

表 4 相似系数 $D_{(1)}$
Tab.4 The similarity coefficient $D_{(1)}$

	G_1	G_4	G_5	G_6
G_1	1.0000			
G_4	0.2002	1.0000		
G_5	0.2896	0.4500	1.0000	
G_6	0.5301	0.6411	0.7204	1.0000

表 5 相似系数 $D_{(2)}$ 和 $D_{(3)}$
Tab.5 The similarity coefficient $D_{(2)}$ and $D_{(3)}$

D ₍₂₎				D ₍₃₎		
	G ₁	G ₄	G ₇		G ₁	G ₈
G ₁	1.0000					
G ₄	0.2002	1.0000		G ₁	1.0000	
G ₇	0.5301	0.6411	1.0000	G ₈	0.5301	1.0000

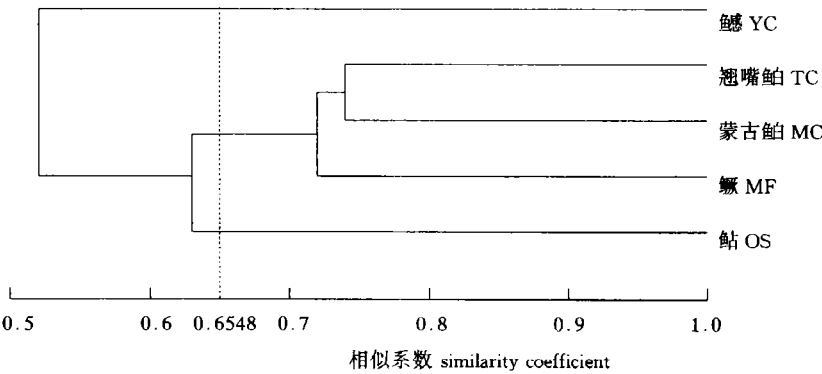


图 1 5 种凶猛鱼生长特性聚类图

Fig.1 The clustering of growth characteristics of five predatory fish species

由图 1 不仅可以大致看出在集团内各种类之间生长特性的相似程度,而且可以看到聚合水平越高的种类,它们的生长特性越相似。

2.2.2 凶猛鱼集团生长特性组型 组型的划分线,目前尚无统一标准。本文以各聚合结点相似系数的平均值(M)作为划分凶猛鱼集团内生长特性组型的标准。在 $M=0.6548$ 的相似水平上,可将丹江口水库 5 种凶猛鱼组成的集团,从生长特性方面划分为 3 个组型:

大型组-鳊型 体重-体长的回归指数 b 偏离等速生长($b=3$)较大,相差达 0.11,即该组型生长的不均匀性较大。绝对生长参数(体长年增长、年增重、年增积量)最高,生长指标也最大;相对生长参数仅低于蒙古鲌,而高于其它种类。一般生长型方面,渐近体长、渐近体重均远离其他组型,而且体重生长的生长系数最小,拐点年龄最高。这意味着该组型鱼类体重的加速增长持续的时间长,进入衰老阶段的年龄大。该组型是长生命周期、增长量颇大的经济鱼类。

小型组-鲢型 体重-体长回归指数偏离 $b=3$ 最远,达 0.15,生长的不均匀性最大。在阶段生长方面,各生长参数都比其他组型小(只年增重、年增积量比蒙古鲌大)。一般生长型方面,其渐近体长、渐近体重均最小,而体重生长曲线的生长系数最大,拐点年龄最低。表明该组型体重加速增长持续的时间短,进入衰老阶段的年龄低。该组型是生命周期较短、增长量较小的经济鱼类。

中型组-鲈型 包括蒙古鲌、翘嘴鲌、鳊。各种类体重-体长回归指数偏离 $b=3$ 的值均小于 0.07,生长的不均匀性较小。各阶段生长参数(除蒙古鲌的年增重、年增积量比鲢的相应参数小,各相对生长参数比鳊大外)都介于大型组和小型组之间。一般生长型方面同样如此。该组型是生命周期较长、增长量较大的经济鱼类。

3 讨论

3.1 关于集团的概念及其应用

Root(1976)^[10]指出,一个集团可以被认为是群落下的一个子集合。在这个子集合内,所有的个体以相似的方式利用相似的资源。Lincoln(1982)也认为“集团是具有相似生态资源需求和觅食对策(Foraging strategies)而在群落中功能作用相近的种的组合”^[11]。因此,一个群落可以看成是由若干集团组成的复杂的组合,每一个集团含有一个或多个种^[12]。集团在群落内彼此相互作用,分割了生境的空间和资源。作为划分集团的主要依据是资源位(Resource state)的利用情况。通常,资源是多维的。对于鱼类来说,食物、繁殖场所、肥育场所、栖息场所等,都可视为资源。在实际应用上,同时要了解许多维是很困难的。因此,只能考虑其中主要的一维或二维。在水体中,食物资源对于鱼类的生存和繁衍最为重要,所以,首先考虑食物资源这一维,即营养生态位(Trophic niche)。从营养类型可将水体生态系统中的鱼类划分为:植食性鱼集团、杂食性鱼集团、碎屑食性鱼集团和肉食性鱼集团等。从以往的研究结果来看,从属于不同集团的种类,其种间仍存在生态差异。因而研究种类之间的相互作用应着重考虑集团内部,考虑它们在一个集团内对资源和空间的再分割,这是作者对丹江口水库凶猛鱼类集团的组型进行分析研究的目的所在。

3.2 关于凶猛鱼集团生长特性的组型分析及其应用

本文所选择的用于丹江口水库凶猛鱼集团生长特性的组型聚类分析的 18 个指标,都

是通常被用来反映鱼类生长特性的理论参数, 据此得到的不同组型是以生长特性为基础的, 但其与陈敬存等从生活习性等方面划分的结果基本一致^[3]. 值得注意的是, 这 18 个指标中有些指标是依据其它指标计算得来的, 这对聚类分析的结果有何影响, 或者说这些指标中哪些指标对聚类分析结果的影响更大, 有待更深入的研究. 为便于比较, 作者对不同种类的各阶段的生长指标进行了几何平均处理, 而丘古诺娃等则是以第二生长阶段平均生长指标来比较不同种鱼类生长状况^[13]. 此外, 由于没有采集到高龄组的鳊, 使得其各项生长参数的估计都偏高, 而一般生长型的渐近体长和渐近体重偏小, 生长曲线的生长系数偏大, 因而代表性不太理想, 可能使聚类分析结果产生一定的误差. 本文对丹江口水库凶猛鱼集团生长特性组型的分析结果, 可作为制订渔业利用对策的依据. 在不损害凶猛鱼集团的生态功能的前提下, 选择保留生命周期较长、增长量大的种类, 可以获得较高的经济价值. 对于丹江口水库而言, 考虑到凶猛鱼类对放养和天然经济鱼类种群结构的影响, 应控制鳊和翘嘴鲌等大型个体, 重点利用蒙古鲈和鳊.

参 考 文 献

- [1] 罗云林. 鲌属和红鲌属模式种的订正. 水生生物学报, 1994, 18(1): 45-49
- [2] 朱志荣, 林永泰, 方榕乐. 武昌东湖蒙古红鲌和翘嘴红鲌的食性及其种群控制问题的研究. 水生生物学集刊, 1976, 6(1): 36-52
- [3] 陈敬存, 林永泰, 伍焯田. 长江中下游水库凶猛鱼类的演替规律及种群控制途径的探讨. 海洋与湖沼, 1978, 9(1): 49-58
- [4] 张家波. 丹江口水库三种凶猛鱼体型系数的初步研究. 水利渔业, 1989, 3: 27-29
- [5] 张家波, 黄学才. 因地制宜 变“害”为益-丹江口水库凶猛鱼类集团控制利用刍议. 水利渔业, 1990, 1: 27-32
- [6] 邢东耀, 杨干荣. 丹江口水库六种凶猛鱼的食性. 水利渔业, 1992, 3: 10-14
- [7] 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [8] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社, 1982, 393-457
- [9] 邓中舜等. 汉江主要经济鱼类的年龄和生长. 鱼类学论文集(第一辑). 北京: 科学出版社, 1981, 97-116
- [10] Root R B. The niche exploitation pattern of blue-grey gnatcatches. *Ecol. Monog.*, 1967, 53: 183-208
- [11] Lincoln R J., *et al.* A dictionary of ecology, evolution and systematics. *Cambridge University Press.*, 1982, 105
- [12] Krebs C J. Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row Publishers. New York. 1978
- [13] 丘古诺娃 H N(刘建康、陈佩薰译). 鱼类年龄和生长的研究方法. 北京: 科学出版社, 1956

ANALYSIS OF CLUSTERING ON GROWTH OF PREDATORY FISH GUILD IN THE DANJIANGKOU RESERVOIR

Zhang Jiabo

(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract From October 1986 to November 1987, in Danjiangkou Reservoir of Hanjiang Valley, 1192 specimen of five predator fish, *Elopichthys bambusa*, *Culter mongolicus*, *C. alburnus*, *Silurus asotus*, and *Siniperca chuatsi* were collected for the present study. Eighteen indices were selected in the calculation of exponential similarity coefficient of Hierarchical Clustering Methods. Thus, the five species were regarded as a guild of predators, and sub-divided into three growth groups, including large-sized group of *E. bambusa*, middle-sized group of *Culters*, and *S. chuatsi*. and small-sized group of *S. asotus*.

Key words Predatory fish, Guild, Growth characteristics, Danjiangkou Reservoir