

鲢、鳙在天然条件下的摄食强度(II)武 汉东湖鲢、鳙周年摄食强度的研究*

陈少莲 华元渝 朱志荣 田玲

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

武汉东湖的鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)鳙(*Aristichthys nobilis*)在天然条件下摄食强度具季节性变化。摄食强度高峰处于夏季, 低谷处于冬季。

在实验条件下, 按周年采样期间水温变化范围, 测定鱼的肠管排空率。食物通过鱼肠管时间($Y_p - h$)与水温($X_t - {}^\circ\text{C}$)的关系为:

$$\text{鲢 } \hat{Y}_p = 270.63 X_t^{0.6408}$$

$$\text{鳙 } \hat{Y}_p = 280.46 X_t^{0.6642}$$

根据修正后 Bajkov 公式 ($D = C \frac{24 \cdot A}{n}$), 估算鱼的日粮。鱼日粮(Y_D)与水温(X_t)关系为:

$$\text{鲢 } \hat{Y}_D = 0.2683 e^{0.1503 X_t}$$

$$\text{鳙 } \hat{Y}_D = 0.0075 X_t^{2.2715}$$

计算鱼在天然条件下周年月粮及年粮。鲢、鳙对天然饵料年消耗量分别为 18.924 公斤及 17.39 公斤, 饵料系数分别为 18.02 及 13.38。

关键词 鲢, 鳙, 周年摄食强度, 年粮

武汉东湖是长江中游的浅水养殖湖泊, 鲢、鳙是湖中鱼类组成的主要部分。1973 年以来, 两种鱼投放量逐年增加, 年产量也逐年提高, 占总产量 80% 以上^[2]。王骥等曾从东湖浮游植物初级生产力评价东湖对鲢、鳙的供饵能力^[1], 但关于鲢、鳙对天然饵料的需求量的资料则仍缺乏。本研究估算了鲢、鳙对天然饵料的消耗量, 并提出了根据水体供饵能力, 确定鲢、鳙年投放量的理论方法, 可供为提高武汉东湖的鱼产量及保持水体生态平衡作参数。

材 料 和 方 法

(一) 工作方法

要采得鱼周年摄食的完整材料, 必须准确地掌握鱼上网的时间, 及时起网, 取出鱼肠

* 本所郑英同志为插图复墨, 在此致谢。
1987年2月27日收到。

管样品进行定量分析才能客观地反映鱼周年摄食强度规律。

根据这两种鱼在天然条件下周日肠管饱满度指数的变化规律(每天10—13时的肠管饱满度指数值可以代表周日的平均值)^[5],每月1—2次不定期地定点(多点——东湖水果湖区沿岸带及中心区)、定时用刺网捕获材料鱼。重点收集10—13时的鱼肠管样品,每次上午7—8时开始下网持续至下午17—18时收网,其间每隔2—3小时收网取样一次。在收集材料鱼时,根据鱼的体长及体重判断,选择同一批放湖(1977年1—2月),并在网上停留时间较短的幼鱼作为分析材料。同时收集鱼鳞片(胸鳍后方),测定水温及水中溶氧量。

关于肠管样品的处理,肠管食物团重量,肠管饱满度指数及鱼摄食量的推算,鱼消化食物的速度的测定等均沿用常规方法^[5]。

(二) 材料鱼来源

用作测定肠管饱满度指数的周年变化的材料,于1977年4月至1978年3月,采于东湖水果湖区,其中除1978年1—2月未能捕获到材料鱼外,其余10个月共收集220尾鲢及245尾鳙的肠管样品。因此在1及2月份取本所试验场养殖的鲢、鳙各20尾作为补充材料,测定鱼的肠管饱满度指数。此外取池养鲢、鳙各55尾在实验室条件下测定11种水温(表1)时鱼的消化速度。

结果与讨论

(一) 鲢、鳙肠管食物团重量及肠管饱满度指数的测定

本实验采用间接法求出鱼肠管食物团重量^[5]。测定了鲢25尾(体长17.0—41.6厘米,体重120.0—1300.0克),鳙23尾(体长15.5—41.0厘米,体重116.3—1550.0克)的肠管重与鱼体空壳重,从实测值分别求出两种鱼的肠管重(Y)与鱼体空壳重(X)的关系式如下:

$$\text{鲢 } \hat{Y}_{Hy} = 0.0221X - 0.0583 \quad (n = 11, R = 0.9978) \dots \dots \quad (1)$$

$$\text{鳙 } \hat{Y}_{Ar} = 0.1271 + 0.0201X \quad (n = 11, R = 0.9938) \dots \dots \quad (2)$$

本实验采用间接法^[5]求出鱼肠管食物团重量并计算出肠管饱满度指数(表1,图1)。

(二) 鲢、鳙消化食物速度与水温关系的测定。

鲢、鳙是典型的滤食性鱼类,消化道无胃,在天然条件下测定它们的消化食物速度与水温周年变化关系是相当困难的,因此我们在实验室条件下,按定期采样期间11种水温(表1)分别测定了每种水温鲢、鳙(各5尾)在停食情况下消化食物的速度(表2)。将实测值经数理统计,表明食物通过鱼肠管时间与水温之间具有明显的线性关系。求得两种鱼的消化食物的速度(Y_p)与水温(X_t)的关系回归方程式如下:

$$\text{鲢: } \hat{Y}_p = 270.63 X_t^{-0.6403} \quad (n = 11, R = 0.9924) \dots \dots \quad (3)$$

$$\text{鳙: } \hat{Y}_p = 280.46 X_t^{-0.6642} \quad (n = 11, R = 0.9213) \dots \dots \quad (4)$$

表1 武汉东湖鲤、鳙食强度的周年变化

Tab. 1 Annual variation of feeding intensity of silver carp and bighead in Donghu Lake

采样时间 Date of sampling	水温 Water temp. (°C)	溶解氧 Diss. oxygen (mg/l)	鱼尾数 Speci- mens	鲤 silver carp			鳙 bighead		
				体 长 B. L. (cm)	体 重 B. W. (g)	肠管饱满度指数 Index of fullness (%)	体 长 B. L. (cm)	体 重 B. W. (g)	肠管饱满度指数 Index of fullness (%)
年	月								
4	22.0	14.5	10	17.65±0.40	124.81±10.63	419.10±23.39	17.91±0.86	154.70±14.06	346.51±30.81
5	23.7	10.5	10	20.58±0.94	179.90±25.70	563.43±11.55	19.85±1.74	200.00±49.55	479.18±90.67
6	27.5	10.2	10	21.03±1.96	183.70±52.75	719.52±92.23	20.53±2.00	216.00±65.69	515.40±63.94
7	31.8	12.3	10	27.67±2.06	457.50±126.96	873.87±30.20	28.04±1.57	471.40±80.74	566.50±48.86
1977	8	30.3	11.7	10	31.15±1.25	530.50±61.48	875.29±15.78	31.71±1.46	595.00±97.75
	9	23.7	14.5	10	34.91±3.64	752.50±164.76	554.40±7.86	33.27±0.97	697.50±38.10
	10	21.0	11.3	10	35.20±2.18	780.00±141.32	317.57±35.47	34.90±2.02	817.50±143.88
	11	15.6	12.0	10	24.80±3.07	827.50±220.94	217.33±25.39	36.80±2.51	1015.00±211.87
	12	12.0	13.5	10	36.45±1.54	850.00±95.01	151.09±19.69	36.70±2.42	1100.00±192.03
1978	3	13.4	14.8	10	39.50±2.42	1167.50±233.94	164.72±21.02	37.45±2.98	1210.00±302.25
	1	8.0	14.0	10	15.50±0.32	60.26±6.74	93.20±28.92	14.51±0.50	62.02±1.94
1982	2	5.0	14.0	10	16.34±0.64	74.34±7.48	48.93±42.90	15.56±0.46	71.37±4.28
平均	Mean±SD				19.5±8.67	12.78±1.64			28.26±22.51

(三) 鲢、鳙食粮的估算

1. 鲢、鳙日粮与水温的关系模式

应用修正后的巴伊科夫 (Bajkov 1935) 公式: $D = C \frac{24 \cdot A}{n}$, 计算了鲢、鳙在不同水温条件下日摄食量。

式中:

D = 鱼的日粮。

A = 在试验期间鱼肠管饱满度指数平均值 (表 1)

n = 食物通过鱼肠管时间(表 2)

C = 修正系数: 鲢 3.05^[5], 鳙 3.15^[5]

将求得的鲢、鳙日粮数据及水温变化的实测值(表 2), 通过数理统计, 求出鱼的日粮(\hat{Y}_D ——占体重 %)与水温(X_t ——℃)关系式如下:

$$\text{鲢 } \hat{Y}_D = 0.2683 e^{0.1503 X_t} \quad (n = 11, R = 0.9929) \quad (5a)$$

$$\hat{Y}_D = 0.0083 X_t^{2.2502} \quad (n = 11, R = 0.8811) \quad (5b)$$

$$\text{鳙 } \hat{Y}_D = 0.3034 e^{0.142 X_t} \quad (n = 11, R = 0.9421) \quad (6a)$$

$$\hat{Y}_D = 0.0075 X_t^{2.2715} \quad (n = 11, R = 0.9961) \quad (6b)$$

我们根据上列方程式计算的鲢、鳙日粮理论值列于表 3 并示于图 2 及图 3。从上列方程式的相关系数可以看出, 虽然它们的 $P < 0.001$, 而公式(5a)及(6b)的相关系数值分别高于式(5b)及(6a), 推导出已知水温条件下鱼的日粮值更接近于实测值, 因此在估算鱼日粮时采用式 5(a)及(b)。

2. 鲢、鳙月粮及年粮的估算

为了查明鱼摄食强度的周年变化, 根据刘伙泉等(1982 年)^[2]的关于武汉东湖鲢、鳙月生长速度的资料, 按鱼各月平均体重分别乘以本实验求得的鱼日粮(占体重百分率)及各月的天数, 求出各月的月粮。最后将 12 个月月粮数值总和便为鱼的年粮(表 2)。

从表 2 可以看出, 鲢、鳙鱼种放湖时(1976 年 1—2 月)体重分别为 100 克及 50 克, 经一年(1976 年 1—12 月)的生长, 体重分别达到 1 150 克及 1 350 克, 平均增重分别为 1 050 克及 1 300 克。全年消耗天然饵料分别为 18.924 公斤及 17.39 公斤。饵料系数分别为 18.02 及 13.38。

我们用本实验收集的材料鱼(1977 年 1—2 月放湖鱼种)的年绝对增重(鲢 1 043 克, 鳙 1 055 克)与刘伙泉等资料中材料鱼(1973 年 1—2 月放湖)的年绝对增重作比较, 两者相当接近, 但如果从鱼每月的绝对增重值作比较, 则各有差异, 而且本实验由于 1 及 2 月

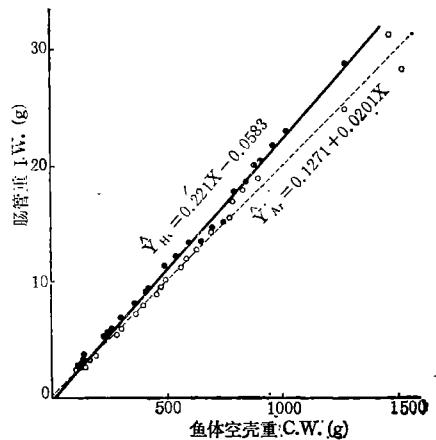


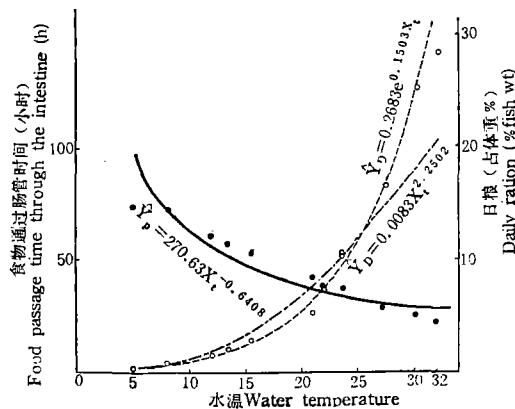
图 1 鲢、鳙肠管重与鱼体空壳重关系
Fig. 1 Relationships between intestine weight (C.W.) and carcass weight (I. W.) in the silver carp and bighead
●——鲢 Silver carp
○---- 鳙 Bighead

表2 武汉东湖、编撒食率及年耗的估算
Tab. 2 Feeding coefficients and annual rations of silver carp and bighead in Donghu Lake

表3 在不同水温情况下鲢、鳙日粮的实测值与理论值的比较

Tab. 3 A comparison between theoretical and measured values of daily ration of silver carp and bighead at different water temperatures in Donghu Lake

水温 (°C) Water temp. (°C)	鲢 Silver carp			鳙 Bighead		
	日粮占体重% Daily ration (% fish wt)			日粮占体重% Daily ration (% fish wt)		
	实测值 Measured value	理论值 Theoretical value		实测值 Measured value	理论值 Theoretical value	
5.0	0.48	$\hat{Y} = 0.2683e^{0.1503x_1}$	$\hat{Y} = 0.0083X_1^{2.2502}$	0.28	$\hat{Y} = 0.3034e^{0.142x_1}$	$\hat{Y} = 0.0075X_1^{2.2718}$
8.0	0.94	0.99	0.89	0.63	0.94	0.84
12.0	1.80	1.63	2.23	2.62	1.67	2.12
13.4	2.06	2.01	2.85	3.32	2.03	2.73
15.6	2.93	2.88	4.02	5.25	2.78	3.85
21.0	5.35	6.31	7.84	7.80	5.98	7.57
22.0	7.32	7.33	8.71	6.33	6.90	8.41
23.7	10.81	9.46	10.30	9.86	8.78	9.96
23.7	10.64	9.46	10.30	9.49	8.78	9.96
27.5	16.66	16.75	14.39	12.98	15.06	13.96
30.3	25.18	25.52	17.90	17.00	22.41	17.40
31.8	28.48	31.98	19.95	19.89	27.43	19.42

图2 食物通过鲢肠管时间及日粮与水温的关系
Fig. 2 Food passage time through the intestine and daily ration of the silver carp in relation to water temperature

●—水温 Water temperature

○{---} 日粮 Daily ration

未能收集到湖中样品,这两个月是用池养鲢、鳙作补充材料的。刘伙泉等收集的标本,目的在于查明鲢、鳙鱼种放湖后的月生长速度,因此,我们认为采用刘等收集鱼体重数据推算鱼的月粮,所求得的年粮值是可信的。

(四) 鲢、鳙摄食强度与水温及水中溶解氧的关系

从表1,2可以看出,东湖水果湖区水温变化幅度(5.0—31.8°C)比水中溶氧变化幅度

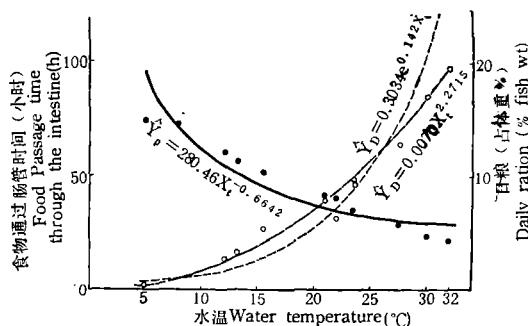


图 3 食物通过鳞肠管时间及日粮与水温的关系

(图中 $\hat{Y}_D = 0.0070x_t^{2.2715}$ 应为 $\hat{Y}_D = 0.0075x_t^{2.2715}$)

Fig. 3 Food passage time and daily ration of the bighead in relation to water temperature

●——水温 Water temperature ○{———} 日粮 Daily ration

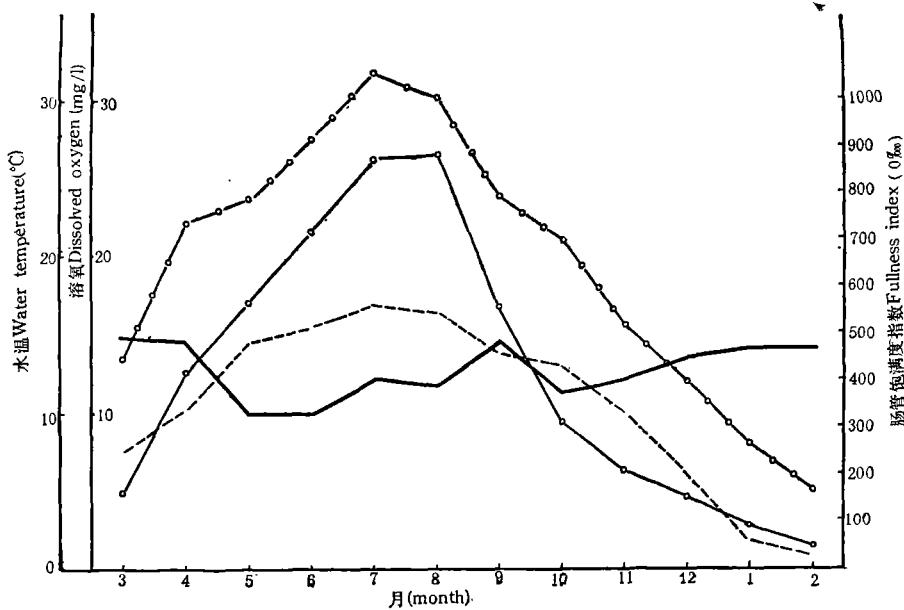


图 4 鲢、鳙肠管饱满度指数与水温及溶氧周年变化的关系

Fig. 4 Annual variation in the fullness index of silver carp and bighead in relation to water temperature and dissolved oxygen

———溶氧 DO —○—○—水温 Water temp ○——○——○—— 鲢 Silver carp
—————— 鳙 Bighead

(10.2—14.8 毫克/升)大。 鲢、鳙肠管饱满度指数变幅也很明显，鲢为 $48.93 \pm 42.90 - 875.29 \pm 15.78\%$ ，鳙为 $28.26 \pm 22.51 \pm 566.50 \pm 48.86$ 。 从图 4 所示水温、溶氧及肠管饱满度指数的周年变化，可以看出鱼肠管饱满度指数与水温相关密切，与溶氧变化关系不明显。图 2 及图 3 中所示鲢、鳙消化食物速度及日粮与水温的变化关系描述了食物通过鲢、鳙肠管时间随水温的下降而延长，反之则缩短；其日摄食量(占体重%)随着水温的下降而减弱，反之则加强。反映了摄食强度与环境水温的关系。

鲢、鳙摄食强度存在着季节性变化主要是与周年中相应季节性水温变化密切相关。在夏季随着水温升高鲢、鳙摄食强度加剧,水温在31.8℃状况下,日摄食量分别占其体重28.48%及19.89%;在春、秋季随着水温下降,鲢、鳙的摄食强度逐渐减缓,水温在23.7℃状况下,它们的日摄食量分别为其体重10.81%、10.64%及9.86%、9.49%;在冬季随着水温急剧下降,鲢、鳙摄食强度显著减弱,水温在5℃的状况下,鱼的日摄食量分别占其体重0.48%及0.28%。可见,鲢、鳙在一定的温幅条件下摄食强度随着水温的升高而加强,随水温下降而减弱。摄食高峰处于夏季,低谷处于冬季。

(五) 略论鲢、鳙的日粮与水温变化关系式的应用价值

关于测定鱼类摄食量的方法有多种,如直接法、氮平衡法、呼吸法等,这些方法只能在实验条件下进行,而且由于试验装置的限制,实验对象只能局限于小型鱼或小规格的鱼种的测定。而鲢、鳙属于生长速度快的大型鱼类,要测定它们不同生长阶段,不同季节的摄食量是相当困难的,甚至是不可能的。即使在实验条件下测定其鱼种阶段的摄食量也不能反映它们在天然条件下的摄食量。

本文在研究鲢、鳙在天然条件下摄食强度周日及周年变化基础上将实验取得的实测值经数据处理及通过数理统计;最终求出鲢、鳙日粮与水温变化的关系式:

$$\text{鲢 } \hat{Y}_D = 0.2683e^{0.1503x_t} (n = 11, R = 0.9929) \dots \dots \quad (5a)$$

$$\text{鳙 } \hat{Y}_D = 0.0075X_t^{2.2502} (n = 11, R = 0.9961) \dots \dots \quad (6b)$$

式中: Y_D ——日粮(占体重%), X_t ——水温(℃), $e = 2.7183$ 。这两式反映了鱼日粮与水温周年变化的规律,应用这两个公式估算天然水域中鲢、鳙的周年摄食量时,只要将已知水温代入上述公式中,便可求出该温度下鱼的日粮(占体重百分值)。再根据相应体重求出日粮的实际重量,并推算出月量及年粮(表2)。

此外,再根据鱼前肠内含物各类食物的百分组成的年平均值,更可进一步求出鱼消耗其生活水体中各类食物的重量。

例如:我们将本文求得的鲢、鳙年粮乘上同期间收集的鲢、鳙肠管内含物各类食物的百分率^[3],计算结果列于表4。从表中可以看出鲢、鳙鱼种放湖后经一年的生长对腐屑、细菌、浮游植物及浮游动物的消耗量。

在表5中列出有关鲢、鳙的日粮资料及用相应水温代入本文摄食量公式计算的理论值。在表中1—5项试验材料均取自天然水体(湖泊)、测定日粮也是同一方法^[4,5]。两值均比较接近。而表中第六项试验是在实验室条件下进行的。鱼饲养在水族箱中摄食人工投喂的活的透明藻,用呼吸法(能量平衡法)测定鱼的日粮^[4]。这一项的理论值与原值相差较大。因为鱼对食物的摄食量和消化率与食物质量有关,一般情况下容易被鱼消化的食物营养价值越高,鱼对其消化率就越高,摄食量也相应减少。鲢、鳙对透明藻的消化率(鲢88.48%,鳙88.05%)比天然水体中多种类组成的天然饵料(浮游生物、腐屑、细菌等)的消化率(鲢55.07%,鳙69.38%)¹⁾高1.6(鲢)及1.2(鳙)倍,而此项中理论值是反映多种类组成天然饵料的摄食量,理论值高于原值,正是客观的反映。

1) 陈少莲等手稿。

表4 鲢、鳙对天然饵料的年消耗量估算

Tab. 4 Annual consumption of natural food by the silver carp and bighead in Donghu Lake

鱼别 Fish	鲢 Silver carp		鳙 Bighead	
	前肠食物百分含量(%) (年平均值) Food of fore intestine (mean in %)	年消耗量 Annual consumption (kg)	前肠食物百分含量(%) (年平均值) Food of fore intestine (mean in %)	年消耗量 Annual consumption (kg)
腐屑 Detritus	38.32	7.2517	25.45	4.4265
细菌 Bacteria	26.59	5.0319	18.28	3.1794
浮游植物 Phytoplankton	23.67	4.4793	16.40	2.8525
浮游动物 Zooplankton	11.42	2.1611	39.87	6.9346

表5 日粮理论值(本文)与实测值(其它资料)的比较

Tab. 5 A comparison between theoretical (this paper) and measured values (other papers) of the daily ration of the silver carp and bighead

编号 No.	采样地点 Sampl- ing site	方法 Method	水温 Water temp. (°C)	鲢 Silver carp		鳙 Bighead		作者 Authors	
				日粮占体重 Daily ration in % fish weight					
				理论值 Theoretical value (this paper)	实测值 Measured value (other data)	理论值 Theoretical value (this paper)	实测值 Measured value (other data)		
1	P. 湖 Paprot- eckie	修正巴伊科夫 公式 Modified Bajkows formula	9.5	1.12	1.84			Bialokoz (1981)	
2	Lake		19.6	5.12	6.03				
3	22.6		8.01	11.71					
4	东湖 九女墩 Cove of Donghu Lake		26.5	14.40	18.05	12.82	14.21	陈 (1986)	
5			28.8	20.35	26.06	15.49	14.63		
6		Energy balance	30.0	24.22	12.24	17.00	11.37	陈 (1985)	

综上所述,笔者认为本研究所取得的日粮与水温变化的关系式进一步结合天然水域中生物量(鱼摄食量与生物量水平有关),便可广泛地应用于估算天然水体中的鲢、鳙摄食量。评价天然水体渔业增产潜力,估算这两种鱼的放养量。对于调整和控制以鲢、鳙为主体的养殖湖泊或水库的饵料基础和鱼类数量具有应用价值。

参 考 文 献

- [1] 王骥、沈国华, 1981。武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系。水生生物学集刊 7(3): 295—311。
- [2] 刘伙泉、谢洪高、黄尚务、黄根田、邓宝玲, 1982。略论武昌东湖鲢、鳙鱼种的年轮形成及湖泊放养的规格问题。水产学报; 6(2): 129—138。
- [3] 陈少莲, 1982。东湖放养鲢、鳙鱼种的食性分析。水库渔业, (3): 21—26。
- [4] 陈少莲、胡传林、田玲、孙晓雯, 1985。鲢、鳙鱼种对透明藻消化利用的研究。鱼类学论文集,(第四辑): 163—

169。

- [5] 陈少莲、胡传林、张水元, 1986。鲢、鳙在天然条件下的摄食强度(I)鲢、鳙鱼种在夏季的摄食强度。水生生物学报, **10**(3): 277—285。
- [6] Bialokoz, W. and Krzywosz, T., 1981. Feeding intensity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) from the Paproteckie lake in the annual cycle. *Ekologia Polska*, **29** (1): 53—61.

FEEDING INTENSITY OF SILVER CARP AND BIGHEAD UNDER NATURAL CONDITION. (II) ANNUAL FEEDING INTENSITY OF SILVER CARP AND BIGHEAD IN DONGHU LAKE, WUHAN

Chen Shaolian, Hua Yuanyu,

Zhu Zhirong and Tian Ling

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan)

ABSTRACT

The feeding intensity of silver carp and bighead varied with season under natural condition in Donghu Lake. With the increase in temperature, the fullness index of both fishes increases, and *vice versa*. The maximum feeding intensity appears in summer, and the minimum in winter.

The evacuation rate of both fishes was determined under experimental condition. The relationships between the period of food passing through the fish intestine (Y_p , hour) and water temperature (X_t , °C) are:

$$\text{Silver carp: } \hat{Y}_p = 270.63 X_t^{0.6408}$$

$$\text{Bighead: } \hat{Y}_p = 280.46 X_t^{0.6642}$$

According to the modified Bajkov's formula $(D = C \frac{24 \cdot A}{n})$, the estimates of the daily ration of the two fishes were obtained. The relationships between the daily ration of the fish (Y_D , % wet weight of fish) and water temperature (X_t , °C) are:

$$\text{Silver carp: } \hat{Y}_D = 0.2683 e^{0.1503 X_t}$$

$$\text{Bighead: } \hat{Y}_D = 0.0075 X_t^{2.2715}$$

The monthly and annual rations of both fishes were calculated. The annual consumption of natural food by silver carp and bighead was 18.924 kg and 17.39 kg, respectively. The food quotients are 18.02 for silver carp and 13.38 for bighead.

Key words Silver carp, Bighead, Annual feeding intensity, Annual