

鲢、鳙、草鱼摄食节律和日摄食率的初步研究*

李思发 杨和荃 陆伟民

(上海水产学院)

提 要

本文报道了鲢、鳙和草鱼的昼夜摄食节律和日摄食率,并对影响摄食节律和摄食强度的环境因子进行了初步探讨。

试验的结果表明,这三种鱼都有明显的摄食节律。鲢、鳙鱼的饱满指数在每天4时最低,天亮前后开始升高,8时起明显升高,12时至20时是一天中的最高阶段,20时以后逐渐下降,午夜24时后,大约有6小时停食。草鱼的饱满指数也是以每天4时最低,12时和20时分别出现两个摄食高峰,两个高峰之间,即16时左右摄食强度有一个低落的阶段。

试验也揭示了这三种鱼的日摄食率,即每天按单位体重的进食量。按日平均饱满指数法测计,鲢鱼日摄食率的最低值为5.6%,最高值为16.8%,平均为11.4%;鳙鱼的日摄食率最低值为2.5%,最高值为16.4%,平均值为6.7%;草鱼的日摄食率的最低值为26.3%,最高值为49.9%,平均值为38.6%。在全年中三种鱼的日摄食率都以在7、8月份为最高,这就是鲢、鳙、草鱼一年中摄食的最旺盛期。

前 言

鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)的摄食习性,过去已有过许多研究,但大多着重于食性方面(如食谱)的研究,在鱼的食量方面的研究还不多。已见的报导有:黄炳椿等(1964)、张本(1966)、H. H. Шар-нтонова等(1977)^[1,2,4]他们分别研究了一龄鱼种摄食强度和投饵的关系,以及摄食强度的昼夜变化等。

为了不仅从质的方面而且从量的方面弄清养殖鱼类的摄食强度及其变化的规律性,为今后正确估价水体生产力和拟定合理的放养、投饵、施肥指标和措施,我们于1978年4月至10月,进行了鲢、鳙、草鱼的摄食节律和日摄食率研究。先后通过了8批试验,从而对它们的摄食节律、日摄食率以及影响摄食强度的环境因子,有了进一步的了解。

* 厦门水产学院淡水渔业专业75级学生谢祖松、周文良、杨文元、曹桂新等参加了试验工作。本文承陆桂、易伯鲁教授审阅,在此一并致以深切的谢意。

材 料 和 方 法

试验在厦门水产学院淡水养殖试验场进行。

1. 试验鱼及其驯养

8批试验共解剖测定鲢、鳙、草鱼 1,596 尾,其中鲢 513 尾(体长 6.3—22.9 厘米,体重 4.6—203 克);鳙 531 尾(体长 5.1—34.6 厘米,体重 3.6—725 克);草鱼 552 尾(体长 5.4—31.8 厘米,体重 4.9—650 克)。试验中前 5 批 848 尾为二龄的鲢、鳙、草鱼,后 3 批因二龄鱼不足,改用一龄鱼。二龄鱼取自一口水质肥沃,平时不人工投饵的鱼池;一龄鱼取自三个苗种池,平时每日投饵二次。试验用鱼除第 2、3 批鲢、鳙鱼有锚头鳅寄生外,其他均体质良好。

为了解鱼的昼夜摄食节律,需在一天中每隔 4 个小时检测一次鱼的饱满指数。为使定时检测时,能方便地取得种类和数量符合要求的被检测鱼,而又不惊扰其它鱼,我们预先将需检测的鱼提前捕起,分别在 7 只网箱中驯养。每次实验检测时,从上午 8 时检测第 1 只网箱驯养的鱼,此后每隔 4 小时检测一只网箱的鱼,至第二天上午 8 时检测至第 7 只网箱的鱼,做到每次实验都能定时取得全天完整的资料。

据我们多次观察,经过 4 天驯养,鱼的摄食活动就能恢复常态,我们实际驯养的时间则在一个星期以上。

每只网箱里,鲢、鳙、草鱼各放 10—12 尾,三种鱼在网箱内的密度为 9—11 尾/立方米。

驯养被检测鱼的网箱,是放置在同一只鱼池内的,其生态条件一致。该池面积为 6 亩,水深 1.7 米,水质肥沃,浮游生物丰富。经鉴定计数,浮游植物量在 0.9—3.1 亿个/升之间,占优势的主要是蓝藻〔如颤藻(*Oscillatoria*)、节旋藻(*Arthrospira*)、尖头藻(*Raphidopsis*)等〕、绿藻〔如栅连藻(*Scenedesmus*)、十字藻(*Crucigenia*)等〕。浮游动物的数量为 1.62—5.30 万个/升,占优势的有原生动物〔如喇叭虫(*Stentor*)等〕、轮虫〔如多肢轮虫(*Polyarthra*)、三肢轮虫(*Filinia*)、异尾轮虫(*Trichocerca*)、臂尾轮虫(*Brachionus*)、裂足轮虫(*Schizocerca*)等〕。

驯养中,对鲢、鳙鱼不再人工投饵,任其摄食天然饵料。对草鱼则投喂青饲料,4—7 月投喂浮萍,8 月以后喂切碎的青菜叶,驯养初每天喂 2—3 次,实验前 2—3 天至检测完毕,每天喂 7 次,保证有足量而新鲜的食料。

2. 摄食节律和日摄食率的计算和表示方式

通过对鱼的饱满指数的定时测定,由饱满指数的变动了解一昼夜中鱼的摄食节律;由同一天中测得的各次饱满指数推算出日平均饱满指数或时平均饱满指数,并由此再求得日摄食率。

求饱满指数 K 的计算式如下:

$$K = \frac{W_t}{W_0} \times 10000$$

式中: W_f ——食物团重(克)

W_b ——鱼体重(克)

日摄食率的计算式参考了 Н. Н. Харитоновна 介绍的方法^[4]。同时用二种计算式计算, 并进行比较。

第一种计算式, 我们称之为“日平均饱满指数法”, 其计算式如下:

$$K_d = \bar{K} \cdot \frac{24}{T}$$

式中: K_d ——日摄食率, 即单位体重鱼的日摄食量。折算为百分比表示。

\bar{K} ——日平均饱满指数, 即同一天测得各次饱满指数的平均值。

T ——食物通过消化道所需时间。

第二种计算式, 我们称为“时平均饱满指数法”, 其计算式如下:

$$K_d = \frac{(K_{12} - K_8) + (K_{20} - K_{24})}{8} \times 24$$

式中: K_{12} 、 K_8 、 K_{20} 、 K_{24} ——同一天内 12 时、8 时、20 时、24 时测得的饱满指数。

3. 饱满指数的测定

按规定时间, 将被测定鱼自网箱捕起, 逐尾测定体长、体重。剖腹取肠道, 仔细剥离肠系膜和脂肪, 将肠道平铺在吸水纸上至无水迹时称重。

我们采用减量法求得食物团重量。为此, 预先将 580 尾不同大小的鲢、鳙、草鱼置于缺食条件的流水池中, 使其自然排尽食物, 测出其体长和空肠重量, 绘制成体长与空肠重的相关曲线图。以后在实际检测时, 按被测鱼的体长从图中查出相应的空肠重, 将被测鱼的实肠重减去空肠重, 即可求得被测鱼的食物团重。

逐尾计算被测鱼的饱满指数后, 再求算同一批鱼的平均饱满指数, 作为某种鱼在一天中某一时刻的摄食强度的指标。

4. 食物通过消化道所需时间的测定方法

这种方法是將一批饱食的鱼放入清水中饲养, 每隔 2 小时, 随机取出 2 尾, 解剖观察肠内容物移动情况, 直至肠内排空, 求得食物通过消化道的时间。

5. 环境因子的测定

溶氧量用 Winkler 氏法测定, 水样取自水面以下 50 厘米和池底以上 50 厘米处, 求取平均值。在采取水样时同时测定水温。光照度系用照度计在水下各层测试。浮游生物的定性定量测定工作, 是在同一天的 8 时、16 时、24 时采样三次, 常规鉴定。

试验结果

1. 摄食节律

试验结果证明, 鲢、鳙、草鱼在 4 月至 10 月期间, 其摄食强度在一昼夜中具有明显的

节律。表 1 是鲢、鳙、草鱼饱满指数的昼夜变化情况。

表 1 鲢、鳙、草鱼饱满指数的昼夜变化

鱼 别	测 定 日 期	饱 满 指 数 昼 夜 变 化						
		8 时	12 时	16 时	20 时	24 时	4 时	8 时
鲢	4月27—28日	551.7	453.6	559.7	617.7	411.8	422.3	
	5月18—19日	168.8	439.3	623.9	604.1	300.5	187.7	107.8
	6月3—4日	66.5	423.8	436.6	227.9	154.9	94.6	75.0
	6月23—24日	150.7	406.0	560.6	625.4	380.4	220.2	341.8
	7月3—4日	389.7	548.8	541.7	615.1	427.2	118.5	312.1
	7月29—30日	218.0	571.5	925.0	494.0	434.5	90.3	307.0
	8月23—24日	336.9	611.7	854.2	678.8	802.9	398.9	723.9
	10月1—2日	484.6	682.4	669.2	626.7	308.2	292.9	443.0
鳙	4月27—28日	116.8	234.6	206.1	395.5	70.1	76.4	82.3
	5月18—19日	0.0	77.9	209.4	217.6	55.2	27.6	0.0
	6月3—4日	9.5	148.3	258.7	72.9	162.8	30.1	0.0
	6月23—24日	27.3	233.9	271.6	108.5	37.3	22.2	34.9
	7月29—30日	283.1	285.1	219.4	296.5	295.2	162.7	294.9
	8月23—24日	240.2	517.1	750.5	626.1	721.5	374.2	592.9
	10月1—2日	344.9	437.6	603.2	446.5	137.4	154.4	48.9
	草 鱼	4月27—28日	473.2	775.3	645.3	1251.7	577.9	349.0
5月18—19日		397.0	579.9	815.3	767.7	382.6	132.1	305.1
6月3—4日		308.8	940.1	577.6	1160.4	161.5	374.6	648.0
6月23—24日		38.0	817.8	283.6	915.3	732.4	0.0	279.8
7月3—4日				849.8	1159.2	700.0	379.7	
7月29—30日		681.0	799.0	730.5	1212.0	986.0	710.8	707.4
8月23—24日		630.2	958.2	823.6	1088.5	822.9	480.5	751.1
10月1—2日		531.8	845.8	552.2	940.5	790.1	633.2	251.5

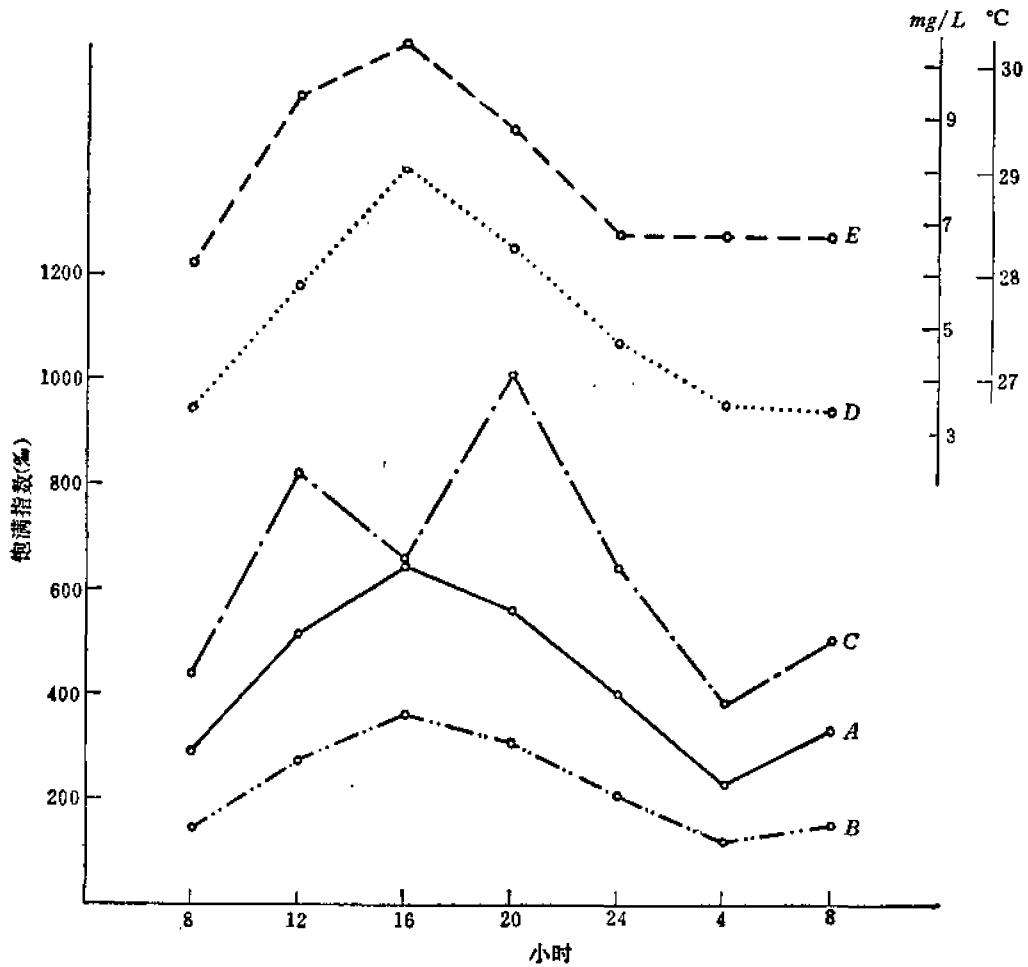
将表 1 中 8 次检测所得之鲢、鳙、草鱼的饱满指数平均值,按鱼的种类绘制成附图,即可看出,这三种鱼摄食强度在一昼夜中表现出来的节律性变化。

由下页附图可以看出,鲢、鳙的摄食节律是一个类型,而草鱼是另一个类型。

鲢、鳙的饱满指数,在天亮前 4 时最低,以后逐渐上升,8 时左右开始急骤上升,16 时达到最高峰,20 时以后逐渐下降,至次日 4 时又到最低点。在测定过程中还可以看到饱满指数达最高峰的时间是可能前后移动的,历次测试的结果,有 50% 的鱼是在每天 16 时达到饱满指数的最高峰,有 37.5% 的鱼推迟到 20 时才出现最高峰,而另外 12.5% 的鱼则提前到 12 时就达到了最高峰。

草鱼的饱满指数也是以每天的 4 时最低,但和鲢、鳙不同的是草鱼饱满指数高峰在一昼夜中不是一个而是二个,即在 12 时左右出现一个较小的高峰,随即在 16 时左右出现明显的低落,到 20 时左右又出现一个全天饱满指数的最高峰。

据对鲢、鳙、草鱼的饱满指数测定结果分析,这三种鱼在午夜至黎明都有一个停食的阶段。有相当多的鱼在 4 时测得的饱满指数为 0,即出现全部空肠现象;有更多的鱼虽然并非全部空肠,但在消化道的前段或中段多半没有食物或只有很少食物,即有部分空肠,



附图：摄食强度和水温、溶氧量昼夜变化

A——鲢鱼； B——鳙鱼； C——草鱼； D——溶氧量(mg/l)； E——水温(°C)

仅在消化道的后段有少量食物残存。这三种鱼停食时间的长短，可以根据对食物通过消化道所需的时间和出现空肠或部分空肠的情况推定。据我们在水族箱中试验，水温在 23.5°C — 25.6°C 时，鲢鱼的饱满指数由590下降到0约需经过9个小时，鳙鱼由401下降到0约需8个小时；草鱼从饱食到消化道排空，或从空肠到饱食，只需4个小时。由此推断，草鱼每天停食的时间约为4小时，鲢、鳙每天停食的时间约为6小时。

2. 日摄食率

日摄食率是单位体重鱼每天的摄食量。由日摄食率可以推测出一定体重的鱼在一天的饲料需要量。

表2是按前述“日平均饱满指数法”和“时平均饱满指数法”求得的日摄食率。

由表2可知，两种计算方法所得结果不尽一致，多数数值相近，但亦有不少相差较大。以日平均指数法所得结果看，这三种鱼的最高日摄食率都在7、8两个月，也就是说这两个

月是鲢、鳙、草鱼摄食的最旺盛期。

表 2 鲢、鳙、草鱼日摄食率(用占体重的百分比表示)

测定日期	鲢		鳙		草 鱼	
	日平均指数法	时平均指数法	日平均指数法	时平均指数法	日平均指数法	时平均指数法
4月27—28日	13.4	9.1	5.1	13.3	40.1	29.3
5月18—19日	9.3	17.2	2.5	7.2	29.0	17.0
6月 3—4 日	5.6	12.9	2.9	7.0	35.7	48.9
6月23—24日	10.2	15.0	3.2	8.3	26.3	28.9
7月 3—4 日	11.3	10.4			41.5	25.3
7月29—30日	11.6	12.4	7.9	7.9	49.9	10.3
8月23—24日	16.3	12.0	16.4	11.2	47.6	17.3
10月 1—2 日	13.4	15.5	9.3	12.1	39.0	13.9
平 均	11.4	13.1	6.7	9.6	38.6	23.9

讨 论

1. 鲢、鳙、草鱼摄食强度的昼夜节律性

关于鲢、鳙、草鱼摄食强度昼夜变化,过去已为广大渔民和科技工作者所注意。我们的试验又进一步了解了这三种鱼摄食强度昼夜变化的规律。附图-A、B,表明鲢、鳙从12时至20时出现的一个摄食旺盛阶段,20时以后摄食强度虽然下降,但仍在继续,24时后摄食活动才渐趋停止,此后是近6小时的停食阶段。附图-C,表明草鱼的摄食强度在一昼夜中出现两次高峰的事实,第一次高峰在12时前后,第二次一个更大的高峰在20时前后出现;两个高峰之间摄食强度显出一个明显的低落阶段,但这低落阶段中,草鱼并未停食而是摄食较少。我们在16时前后对草鱼进行多次解剖检测,从来没有在此时发现空肠或部分空肠的情况。同鲢、鳙相似,草鱼在午夜也有一个停食阶段,其延续时间大约是4个小时,在天亮前又开始摄食。

关于草鱼出现两个摄食高峰和两高峰间有一度低落的特点,我们以为是由草鱼摄食的习性决定的。草鱼摄食很猛,从它摄食开始,4小时后就可达达到饱食状态,此时肠道膨胀,如果继续猛烈进食,消化道将不胜负担,为此,须有一个弛缓阶段,降低摄食强度,使消化道的工作效能得以恢复正常。再者,草鱼消化过程同样是迅速的,饱食的草鱼大约也只需4小时,就可使消化道排空。因此,表现为草鱼第一次饱食至第二次饱食期间,有一个摄食强度较低阶段。

目前养鱼生产单位,对鲢、鳙鱼一般采用上午9时和下午15时两次投饵,有些“工厂化”养鱼单位采取上午5—6时至下午17时多次投饵,这些做法和鲢、鳙的摄食节律是大体符合的。但是根据我们的试验,似乎只要在水中溶氧量得到保证的情况下,对鲢、鳙的投饵时间还可延长;对于草鱼的投饵时间似乎也应当适当调整,如改成早晨5或6时和傍晚17或18时大量投饵,而在中午增加一次适量的投饵。

2. 影响摄食强度昼夜变化的环境因子

(1) 光照 在水体中, 由于水本身和水中悬浮物质(包括有生命和无生命的悬浮物质)对光都有反射、吸收、散射作用, 所以当夏天日中陆上的光照度强达 150,000Lux 时, 在我们试验水池水面下 0.4—0.6 米深处的光照度只有 500Lux, 在 9 时以前和 15 时以后水下光照度一般都在 500Lux 以下。所以, 和陆地生物比较, 鱼类是在低照度下生活的动物。

从我们的试验中可以看出, 每天光照最强的时候(12 时), 并不是鱼类摄食强度最高的时候, 实际上在天全黑的时候(20 时), 鲢、鳙鱼还继续大量摄食; 而草鱼甚至在这个时候出现全天摄食的最高峰。因此, 光照度与鱼的摄食强度之间并无规律性的相关关系。但光照度的变化及其昼夜节律现象, 则可能是一种信号刺激, 影响鱼的摄食活动。如果将晴天和阴天鱼的摄食情况加以比较, 可以发现, 阴天的日摄食率比晴天的小, 但是摄食节律不变。我们认为阴天摄食强度相对下降, 并不只是光照减弱引起的结果, 可能还因为光照减弱引起溶氧减少、水温下降等原因而间接影响鱼的摄食强度。

(2) 溶氧量 正如有人曾经指出的, 在一定范围内, 鱼类摄食量随溶氧量上升而增加, 随溶氧量下降而减少。附图-D 曲线是一条溶氧量昼夜变化曲线, 这条曲线的图形和峰、谷的分布, 大体上和鱼的摄食节律一致的, 即溶氧高时, 鱼的摄食强度也高。在我们的试验中看到, 溶氧饱和度在 100% 以上时(每天 12—20 时)鱼类摄食最旺盛, 饱满指数大大超过日平均饱满指数; 与溶氧饱和度在 85% 以下时, 其饱满指数就低于日平均饱满指数。然而事实上溶氧量对摄食强度的制约也并非那样严格, 在一定限度内常有例外, 如每天清晨, 尽管溶氧量还处在较低的水平(3 毫克/升), 但鱼已开始摄食, 从附图-D 可看出溶氧量在早晨 4 时至 6 时, 依然还是下降趋势, 但 4 时以后鱼的摄食强度已显著增强。所以, 在早晨的条件下, 光照度的逐渐增强, 对处于饥饿状态鱼提高食欲的刺激作用似乎超过了低溶氧量条件对摄食所起的限制作用。不过可以肯定, 只有在较高的溶氧饱和度条件下, 鱼才会大量摄食。

(3) 水温 附图-E 是水温的昼夜变化曲线。由此可见鲢、鳙的摄食节律曲线和水温昼夜变化曲线基本一致, 而草鱼由于有两个摄食高峰, 显得稍有例外。可是, 在我们试验期间, 16 时的水温和日平均水温之差, 只有 0.3° — 2.1°C , 在这样的温差范围内对鱼摄食强度可能产生多大影响, 还不清楚。

为了讨论方便起见, 我们在这里将光照、溶氧量和水温三个因子对鱼摄食强度的影响作了分别讨论, 但实际上这些因子是互相关连的, 它们对鱼摄食起着综合的作用。

3. 日摄食率

(1) 关于测算的方法 我们参考了 Н. П. Харитонова 的介绍采用了“日平均饱满指数法”和“时平均饱满指数法”, 两种方法的测算结果已如表 2。在我们实际测算中发现这两种方法求得的数据不甚一致。Н. П. Харитонова 自己运用这两种方法时也有类似情况。进一步分析可以看到, 当饱满指数昼夜变化的幅度大时, “时平均指数法”求得的日摄食率值较大, 但这时候, 鱼的日平均饱满指数值不一定高, 那么两种方法所得结果就相差较大, 相反, 当饱满指数昼夜变化的幅度小时, “时平均指数法”求得的日摄食率也小, 当饱满指数

变幅虽小,但日平均饱满指数较高时,则应用这二种方法测算又会得到差别较大的结果。初步看来,由日平均饱满指数法测算的日摄食率比较接近实际。

(2) 日摄食率与食性的关系 不同鱼类摄食不同营养价值食物,会影响到它的日摄食率的大小。肉食性鱼类的日摄食率,一般较杂食性鱼类,尤其较草食性鱼类为低。在我们试验的三种鱼中,草鱼的日摄食率最高,鲢鱼次之,鳙鱼最低。

蒋一珪等(1966)^[1]曾报道,夏花草鱼吃芜萍(*Wolffia arrniza*)其饵料效能系数为11.3,吃裸腹溞(*Moina spp.*)其饵料效能系数为6.49,两者之比为1.74; E. B. Боруцкий(1950, 1952)比较了草鱼和白鲢肠道前端食物团的含氮量,发现这两种鱼的食物含氮量相差悬殊,在每克干食物中,白鲢食物的含氮量为30.5毫克,草鱼食物的含氮量为14.3毫克,两者之比为2.13。在我们的试验中测得草鱼的平均日摄食率为36.2(25.2),鲢鱼的平均日摄食率为11.4(13.6),两者之比为3.18(1.85)。由上述数字可以认为是从不同的侧面反映了同一事实,即草鱼因其饵料粗糙,营养价值低,于是需要摄食加倍的饵料量作为补偿。同样,另外如果将鲢和鳙的日摄食率作一比较,也一样看到由于鳙摄食浮游动物为主,其营养价值比鲢摄食浮游植物为主的高,所以鲢鱼的日摄食率要比鳙高些,这也就是一种必然现象了。

参 考 文 献

- [1] 黄炳椿等,1964。鲢鳙鱼种昼夜摄食强度和投饵关系。动物学杂志,6(4):165—169。
 [2] 张本,1966。鲢、鳙鱼种摄食强度变化的一些规律。水产学报,3(1):41—51。
 [3] 蒋一珪等,1966。草鱼的营养及其饵料的研究。太平洋西部渔业研究委员会第七次全体会议论文集。88—94。
 [4] Харитонова. Н. Н., Мона Абу-вахъ вафа, 1977. О суточном ритме и суточном рационе питания двух хлещков карпа и нестрогаго голотолюбика. Рыбное хозяйство, вып 24:14—19。

PRELIMINARY RESEARCH ON DIURNAL FEEDING RHYTHM AND THE DAILY RATION FOR SILVER CARP, BIGHEAD CARP AND GRASS CARP

Li Sifa Yang Hequen and Lu Weimin
(Shanghai Fisheries College)

Abstract

The work was conducted during the growing season of fishes (from April to October) in 1978, in Xiamen. The total number of fish studied was 1,596.

The preliminary study indicated that the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), the big head carp (*Aristichthys nobilis*) and the grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) all show the diurnal rhythm of feeding. The peak of feeding lies at 12:00—20:00. The grass carp usually retreats for a certain extent at 16:00. Seasonally these three fishes take food vigorously in July and August comparatively greater than in other months.

By the method of daily average fullness index, the daily ration (the relation of the total weight of food taken in a day to the weight of the fish) is 36.2% for grass carp, 11.4% for silver carp and 6.6% for big head carp, and the duration of feeding within a day is about 20 hours for the grass carp, and 18 hours for silver carp and big head carp.

The rhythm of feeding seems to be influenced by the following factors: the intensity of illumination, the amount of dissolved oxygen, and the temperature of the water. Illumination plays a very important rôle, both directly and indirectly, since it affects water temperature and the amount of dissolved oxygen.