

综 述

## 再论白鲢的食物问题

### FURTHER DISCUSSION ON THE FOOD OF SILVER CARP (*HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX*)

何志辉

(大连水产学院养殖系)

He Zhihui

(Dalian Fisheries college)

关于白鲢营养,笔者<sup>[6]</sup>曾就食谱、食物的选择性和消化性等问题作过论述。鉴于有些问题前文尚未涉及,有些工作当时未能引用,此外十余年来国内外又有了许多新的进展,特别是近年动物营养学的研究逐渐同生物能量学结合起来,在白鲢方面也出现一些很有意义的工作。因此对白鲢的食物问题再次作一全面的总结,仍是十分必要的。

#### 一、细菌和腐屑的意义

细菌细胞极微小,过去以为仅在附着于腐屑上面时才能被白鲢滤食。近年 Кузнецов<sup>[20]</sup>的工作表明:水中浮游细菌通常有半数以上聚结成絮状、块状或膜状聚合体,可为白鲢直接滤食。菌膜常浮于水面,被风吹刮落入水中后甚至白鲢仔鱼也能摄食。白鲢对细菌的摄食量与浮游藻类的丰度有关。当藻类贫乏时每克体重的白鲢每天约食0.15~0.18克干重细菌,藻类丰富时食0.09~0.23克干重细菌。白鲢通常可滤食50%以上的细菌产量,有时甚至利用64—97%。细菌的吸收率都在40%以上。放养白鲢的鱼池,细菌数量长期稳定在1800—2500万/毫升之间。因此混养白鲢可以改善水质,使水中物质循环良好和氧气条件较为稳定。

近年一些作者的工作日益证明腐屑在白鲢营养中的作用。据 Панов 等<sup>[22]</sup>的试验,白鲢对小球藻腐屑的同化率(34%)甚至远高于活细胞(4%)。Opuszynski<sup>[21]</sup>甚至提出腐屑质量是决定鱼池中鲢放养密度的限制因子。但是最近林婉莲等<sup>[11]</sup>的试验表明,单喂以腐屑时白鲢仅可获得一定能量而不能增重。这点可能与食物中缺少某些氨基酸、维生素和其他营养物质有关。腐屑的营养成分变化很大,但在天然水体中鱼类在混食多种食物的情形下,腐屑的作用是肯定的。

#### 二、食物的适口性和选择性

关于白鲢滤食时的适口食粒大小,Кузнецов<sup>[20]</sup>根据滤器构造提出为21—60微米,Schroeder<sup>[22]</sup>定为35微米以上。其他作者<sup>[8,20]</sup>则认为白鲢适口食粒下限应在10—20微米之间。然而,实际上白鲢食物中都有或多或少的诸如小球藻(*Chlorella*),蓝球藻(*Chroococcus*)蓝纤维藻(*Dactylococcopsis*)之类远小于上述界限的食粒,有时这些食粒甚至成为主要食物。因此,Веригин 曾提出的白鲢鳃上器分泌粘液使微小质粒粘后加以滤食的假说,是值得注意的。然而这种沉食机制未必是经常的,白鲢究竟以滤食为

主,食得最多的还是10—20到60微米之间的食粒。

白鲢是比较高级的有机体,对食粒的气、味应有感觉,因此除了被动选食不同大小的食物外,能否主动选食呢?Lin<sup>[18]</sup>、Manandhar<sup>[19]</sup>、Michael<sup>[20]</sup>等以为白鲢对食物没有选择性,然而另一些作者认为白鲢有一定程度的选食能力。李元善等<sup>[1]</sup>用电镜扫描观察白鲢滤食器官后指出,白鲢口腔、腮褶的复层上皮中有相当数量的味蕾,应当和其他鱼类相似地对食物的选择性有关。Opaszynski<sup>[21]</sup>认为这种鱼有明显的选食能力,其摄食动作不应和浮游生物网的机械过滤相比。Савина<sup>[22]</sup>以为白鲢喜食绿藻、硅藻和裸藻而摒食大多数蓝藻,Chiang<sup>[12]</sup>则认为白鲢选食蓝藻和绿藻。最近 Константинов<sup>[23]</sup>等指出,白鲢对藻类食物的选择指数与系统分类无关而与形体大小显著相关,各门藻类的选择指数均有随本身的容积而增高的趋势。藻类容积300立方微米以下指数大多为负值,300—495立方微米以上时指数均转为正值。此外,同一种藻类的选择指数随其在浮游植物中相对量的增高而减小。该作者认为这种现象是鱼类对营养条件的一种适应,因为任何一种单一食物在生化组成上很难满足营养上的全面需要。随着某种优势种在浮游生物中比重的增加,白鲢转到其他种类较丰富的水区或水层滤食,可以保证食物的多样性和营养的全面性。

结合笔者的亲身体会,应该说白鲢是有一定程度的主动选食能力的,当然这种能力也是比较有限的。至少可以选择其喜食食物集中的水区或水层停在那里主动滤食。此外,鱼类可能通过某种机制来控制不适食粒的进入,或者如李元善所提到的,当口腔、腮褶和进入水流中的物质充分接触时,由于味蕾的感觉作用,当水中物质是其喜食食物时就大量分泌粘液与食物粘结成食物团,反之则抑制粘液的分泌而阻止或减少不适食粒的进入。

### 三、摄食强度

对于鱼类的摄食强度,通常用肠饱满指数或每天所食饵料重量和鱼类本身体重的百分比来表示。后一数值称日粮或日食率。白鲢的日粮,据不同作者对不同规格鱼类的测定,多在10~20%之间(表1)。

鱼类的摄食强度按食物的质和量、鱼本身的年龄、体重和生理状态以及环境理化因子而有变化。白鲢幼鱼从食浮游动物转到食浮游植物后,肠饱满指数急剧增大,成鱼食浮游植物时的饱满指数也高于食腐屑时<sup>[24]</sup>。Савина<sup>[22]</sup>曾指出,当水中蓝藻占绝对优势时白鲢停食或很少素食的情况,但 Константинов等<sup>[23]</sup>的工作则表明,白鲢的摄食强度与浮游生物中蓝藻多少完全无关。据 Веригин等<sup>[25]</sup>的资料,当水中悬浮有机物总量达到20—70毫克干重/升时,白鲢摄食最盛,超过120毫克干重/升时摄食强度下降。如果悬浮有机物含水率按85%计,浮游生物量按悬浮物量的1/4,浮游植物又占浮游生物量的3/4<sup>[1]</sup>,那么上述数值约相当于26—92和158毫克/升浮游植物量,和无锡河埭口高产塘肥水<sup>[7]</sup>以及我们<sup>[9]</sup>提出的鱼池肥水和老水的生物量指标非常接近。白鲢一般在8—10°C以上开始摄食,但有报导说<sup>[24]</sup>越冬期冰下0.2—0.5°C低温下白鲢还摄食和增重。摄食强度随水温的升高而加强,16—18°C以上时日粮急增,生长也加快,夏季水温26—32°C间摄食最盛。白鲢的滤食器官又是呼吸器官,在呼吸过程中又不免带进食物。因此,当水中浮游植物密度很高,而溶氧不足时,鱼类为了强化呼吸必然滤进大量食物,这时就要出现过量摄食现象,日粮可能远超过正常值<sup>[9]</sup>。

白鲢的摄食也有昼夜节律。Борудвий<sup>[24]</sup>曾指出,黑龙江白鲢夏季以夜间摄食最盛,清晨和傍晚较弱。但以后 Омаров<sup>[11]</sup>和李思发等<sup>[10]</sup>都发现白鲢白天摄食强盛,夜间减弱。Омаров指出白鲢白天的摄食量占日粮的74.9%,夜间仅占25.1%,4~8点间摄食最盛(23.3%),20~24点最弱(8.1%);李思发指出白鲢摄食的高峰在12~20点,4点最低,16点最高。

据 Веригин等<sup>[25]</sup>的材料,在放养密度3000尾/公顷的情况下,不同季节白鲢鱼种的日粮相当于鱼

(1) 全国池塘高产理论学术讨论会论文报告汇编, 191—192页。

表1 白鲢的日粮  
Table 1 Food ration of silver carp.

鱼重(克) Weight (g)	食物 Food.	日粮% Ration%		作者 Author
		平均 Average	变幅 Range	
1.4	浮游植物 Phytoplankton	17		Мухамедов, 1967*
5.8	浮游植物 Phytoplankton	12		"
23—294	浮游植物 Phytoplankton	10.2	7.5—12.8	王杏明, 1980**
4—208	浮游植物 Phytoplankton	11.4	5.6—16.2	李思发等, 1980 <sup>[10]</sup>
320—370	浮游植物 Phytoplankton	17		Омаров, 1970 <sup>[21]</sup>
大鱼 Big fish	浮游植物 Phytoplankton	19—20		Вовк, 1976 <sup>[22]</sup>
大鱼 Big fish	浮游植物 Phytoplankton	20		Кажак, 1979 <sup>[17]</sup>

\* 从 Омаров 资料中见到。

\*\* 无锡水产资料, 第二期。

池初级产量的5—64%。我国高产塘, 据我们的估算<sup>[11]</sup>, 在生长盛期浮游生物只能提供鲢鳙日粮的50—90%。一般估计, 在养鱼池中白鲢可利用初级产量的20—50%。近年 Ito 等<sup>[12]</sup>根据氮平衡计算得出, 当本身密度不超过36公斤/亩(水深4.3米)的情况下, 白鲢可利用鱼池中浮游生物总氮量的23.8%。在我国密养鱼池利用率应当高得多。

#### 四、食物的消化性

白鲢对食物的消化性是国内讨论最多的问题之一。长期以来, 注意的中心是各门藻类的可否消化问题。过去认为<sup>[13]</sup>鲢鳙只能消化金藻、甲藻、硅藻和部分黄藻, 而绿藻、裸藻和蓝藻均为不可消化种类。70年代我们<sup>[6]</sup>总结国内外资料后指出, 各门藻类中都有较易消化和较难消化的种类, 并且同一种类的消化性也因本身生理状态和其它条件而有变化, 但总的说来大多数蓝藻较难消化。最近朱惠等<sup>[8]</sup>的工作肯定了白鲢可消化吸收栅藻(*Scenedesmus*)、裸藻(*Euglena*)和微囊藻(*Microcystis*), 并指出裸藻和微囊藻的吸收率分别为17—36%和35—48%。

国外在蓝藻消化性上也有两种看法。Савина<sup>[14]</sup>、Малыревская 等<sup>[23]</sup>根据消化道的观察和白鲢的生长情况, 认为白鲢不易消化吸收蓝藻。Малыревская 等<sup>[23]</sup>还指出, 长期食蓝藻时鱼类易得维生素缺乏症, 从而破坏酶系统。另一些作者则根据本身试验指出, 白鲢可消化吸收蓝藻, 在生长上和其它类食物没有明显的差异。例如, Константинов 等<sup>[22]</sup>的工作得出下列结论:

1. 与消化率密切联系着的食物通过白鲢肠道的时间, 不会因食物中蓝藻数量多少而改变。
2. 比较池水和白鲢后肠食物团中各种藻类被破解的细胞(群体)数和完整个体数的百分比, 表明蓝藻和其他藻类并无明显区别。

3. 无论当年鱼、二年鱼和三年鱼,其食物的消化率均与蓝藻所占比重大小无关。

在表明蓝藻与其他藻类在消化性上无差别的同时,该作者还提出一个十分有趣的结论,即混杂在悬浮物中的砂质能促进浮游植物的消化。例如3个鱼池中鱼肠前段食物团中灰分的含量分别为25%、33%和45%,被破解的藻类细胞百分比分别为27%,28.2%和45%。在极少砂质悬浮物的水族箱中试验,破解的藻类细胞百分率只有鱼池中一半。该作者认为砂粒呈不规则的多角形,通过在食物团中的摩擦易于弄破藻类的细胞壁、胶被等,从而有助于消化液的进入细胞和促进消化。

关于白鲢对食物的消化性,还应指出以下几点:

1. 食物的消化率随白鲢的年龄而增大<sup>[17]</sup>。
2. 消化率与摄食量有关。当肠饱满指数在800—1000%以内时,消化率仅随前者的增大而略有降低,超过这一界限时,则消化率急降<sup>[27]</sup>。
3. 水温从16.5°C升到22°C时,消化率从46%升到68%<sup>[27]</sup>。
4. 藻类达到平衡期时细胞极易老化,这种老化细胞白鲢很难消化<sup>[6]</sup>。
5. 在缺氧而导致过量摄食的情况下,食物通过肠道的时间大为缩短,大部分藻类活着随粪便排出,消化率极低<sup>[6]</sup>。

据 Панов 等<sup>[12]</sup>的实验观察,鲢幼鱼对各种藻类的同化率约在21—32%之间,并且同一种类变化很大,对浮游动物的同化率为50%—74%,对细菌的同化率为40—58%。据 Константинов 等<sup>[27]</sup>的材料,二年鲢对浮游植物的同化率为43.2(36.6—62.07)%,三年鲢为62.1(60.9—63.4)%(表2)。总的看来,白鲢对藻类的同化率多在30—60%之间,与细菌相近。通常鱼类的同化率约较消化率低5—10%,因此,对藻类的消化率幼鱼约在20—40%之间,三年以上大鱼可达到60%以上。

## 五、能量利用效率

鱼类的能量平衡可用下式表示:

$$\begin{aligned} C &= P + R + F + \mu = D + F \\ A &= P + R = C - (F + \mu) = D - \mu \\ D &= P + R + \mu = C - F = A + \mu \end{aligned}$$

式中  $C$ —进入的能量,也就是摄食量;

$P$ —用于增长的能量,包括生长能和生殖能两方面;

$R$ —维持生活的能量,也就是消耗于呼吸的能量;

$F$ —未消化吸收并以粪的形式排出的能量;

$\mu$ —尿和其他代谢产物的能量;

$A$ —同化的能量。

为了表示鱼类对食物中能量的利用效率,常用同化率和  $K_1$ 、 $K_2$  两个系数(表2)。

同化率——同化能量/食物能量  $\times 100\%$  ( $D/C$ );

$K_1$ (生态生长效率)——生长能量/食物总能量  $\times 100\%$  ( $R/C$ );

$K_2$ (组织生长效率)——生长能量/同化能量  $\times 100\%$  ( $P/A$ )。

鱼类对食物中能量的利用率不仅与食物的消化性或同化率有关,在更大程度上取决于食物的适口性或可得性。据 Панов 等<sup>[12]</sup>试验观察,体长7.3毫米的白鲢水花对象鼻溞(*Bosmina*),细菌和轮虫的同化率都在60%以下,但只有适口饵料——轮虫能增重,其他饵料均因食粒太大或太小仔鱼不易获得,能量完全消耗于摄食活动,仔鱼不能生长反而减重。体长22毫米已转入浮游植物食性的白鲢夏花食变异鱼腥藻,菱形藻和网纹溞时都能增重,食变异鱼腥藻时能量效率且和仔鱼食轮虫时接近。虽然蚤状溞(*Daphnia pulex*)的同化率高达74.3%,但因形体太大鱼类不易获得,所得能量也不足维持生活。

从表2可以看出,同化率随鱼的年龄而增大,但能量利用效率则随年龄的增大而明显降低。这是因

表2 白鲢对食物的同化率和能量利用效率

Table 2 Food assimilatory efficiencies and energy utilization efficiencies of silver carp

鱼的大小 Size of fish	食物 Food	同化率 Assimilatory efficiencies	$K_1$	$K_2$	作者 Author
鱼苗 (7.2毫米) Fry (7.2 mm)	轮虫 Rotifera	67.8	39.0	57.5	Панов 等 1969 <sup>[21]</sup>
鱼苗 (8.2毫米) Fry (8.2 mm)	变异鱼腥藻 <i>Anabaena variabilis</i>	56.4	32.7	57.9	”
”	菱形藻 Nitzschia	56.4	13.4	23.8	”
”	网纹溇 Ceriodaphnia	50.3	17.8	35.4	”
幼鱼 Young fish	束丝藻 Aphanizomenon	52.7	38.4	72.8	”
二年鱼 Two-year fish	浮游植物(蓝藻90%) Phytoplankton (Cyanophyta 90%)	40.1	17.0	42.4	Константинов等 1981 <sup>[27]</sup>
”	浮游植物(蓝藻42%) Phytoplankton (Cyanophyta 42%)	62.0	19.0	30.7	”
”	浮游植物(蓝藻20%) Phytoplankton (Cyanophyta 20%)	36.6	18.3	50.0	”
”	浮游植物(蓝藻16%) Phytoplankton (Cyanophyta 16%)	33.9	18.4	54.2	”
三年鱼 Three-year fish	浮游植物(蓝藻70%) Phytoplankton (Cyanophyta 70%)	62.1	6.1	9.9	”
”	浮游植物(蓝藻66%) Phytoplankton (Cyanophyta 66%)	63.4	7.6	12.0	”
”	浮游植物(蓝藻51%) Phytoplankton (Cyanophyta 51%)	60.9	5.8	9.5	”

为随着鱼体的增大,代谢性质也起了变化,用于生长的能量逐渐降低。

据 Константинов 等<sup>[27]</sup>的试验,白鲢对藻类的同化率和能量利用率均与食物中蓝藻的相对量大小无关。然而 Малыревская 等<sup>[28]</sup>对白鲢氮平衡的研究得出不同结果。该作者指出,以蓝藻为主的两个鱼池白鲢每天从食物得到的氮量仅及以原球藻为主的两个鱼池的 1/4—1/2,  $K_2$  值也小得多。Малыревская 等试验数据不多,工作本身的说服力是有限的,但池塘养鱼的实践大多数支持 Малыревская 等的观点(见后述)。

能量的利用效率还与食物的密度有关。滤食性动物只有在水中食物密度达到一定界限(最低密度)才可以保证能量的平衡和增重,达到最适密度时则可以保证最高的能量利用率和最快的生长。据 Панов 等<sup>[22]</sup>的材料,白鲢幼鱼滤食束丝藻时的最低密度为 4.4 毫克/升,最适密度为 17 毫克/升。据 Беригян 等<sup>[26]</sup>的材料,保证白鲢良好生长的鱼池浮游植物量,初期应不低于 5 毫克干重/升,后期应达到 30—40 毫克干重/升,这两个数值约相当于鲜重 35 毫克/升和 210—280 毫克/升。我国养鱼池传统肥水的浮

游植物量多在40—50毫克/升之间<sup>[7]</sup>,其低限约为20毫克/升,高限约在100—200毫克/升之间<sup>[9]</sup>。考虑到采用不同的定量方法和不同条件下浮游植物量的变化,应当认为,上述指标基本上是一致的。

## 六、池塘养鱼的经验和试验

笔者<sup>[9]</sup>根据江浙和两广渔民的“看水养鱼”经验的分析表明:鞭毛藻类占优势的水最适于鲢鳙生长,也就是说隐藻、甲藻、金藻、裸藻和团藻类都是白鲢较好的食物;蓝藻则是“老水”的主要成分,应为较差的食物。大多数生产单位的经验都认为多蓝藻的水对鲢鳙不利。

1971,1978和1980年,我们<sup>[8]</sup>在22个鱼池比较浮游生物和白鲢生长的关系也发现:鱼池浮游生物中以隐藻(*Cryptomonas*)、血红裸藻(*Euglena sanguinea*)、衣藻(*Chlamydomonas*)和各种硅藻占优势时,白鲢生长和发育良好;蓝藻中的微囊藻、蓝球藻、蓝纤维藻、平裂藻(*Merismopedia*)之类极小型种类占优势时,白鲢生长不好,颤藻、尖头藻(*Raphidiopsis*)占优势时生长也不太好。并且在优势种相近的水中,微型蓝藻所占比重越大,鱼的生长越差,但是拟鱼腥藻(*Anabaenopsis* sp.)占优势时白鲢生长特佳,与陕西渭南工作站所述的鱼腥藻塘<sup>[1,2]</sup>情况相近。

国外Савина<sup>[20]</sup>指出,蓝藻占优势时白鲢生长不好。Нивольскии等<sup>[20]</sup>也认为,当蓝藻水华时白鲢可用以为食,但生长速度远逊于以硅藻和绿藻为食时。Вовк<sup>[20]</sup>在乌克兰池塘试验,也发现池水中以硅藻,原球藻和裸藻占优势时,白鲢生长良好,饵料系数在30—40之间;以蓝藻占优势时通常生长较差;饵料系数达到40—50,但蓝藻中某些颤藻和鱼腥藻的饵料价值较好。

在池塘养鱼试验中完全肯定蓝藻作用的还是Константинов等<sup>[27]</sup>的工作。作者指出池塘中二年鲢和三年鲢的生长速度与蓝藻多少无关。支持这一观点的其他报导几乎都是水库方面的材料。

## 七、结论和讨论

通过近十余年国内外作者的大量工作,我们对白鲢营养方面的认识又不断地扩大和深入,某些有争论的问题越来越清楚了,某些知识已从定性转到定量。至少下述四点可以作为这一阶段工作进展的总结。

1. 白鲢对食物的气、味有感觉,也有一定程度的主动选食能力,但食物组成主要还是取决于可得性,即食粒的大小。白鲢的基本食物是10—60微米大小的藻类、菌团和腐屑。由于在食粒大小上的分化,白鲢对浮游动物同花鲢在食物上只有局部竞争。相反地,通过大量滤食较大形的浮游植物使小型浮游植物易于占优势,从而间接有利于浮游动物的发展。

2. 白鲢的正常日粮在体重的10—20%之间,低于此值表明营养不足,高于此值时可能与水中溶氧不足所导致的过量摄食有关。当温度26—32°C,水中浮游植物量20—100毫克/升或悬浮有机物总量20—70毫克干重/升时,白鲢摄食最盛。在中等放养密度下,白鲢约可利用浮游植物产量的20—30%。

3. 白鲢幼鱼对食物的消化率约20—40%,大鱼可达60—70%;食浮游动物、细菌时,消化率较稳定,食藻类时变化较大,特别容易受到藻类细胞老化程度的影响;水温和其他非生物因子的变化都可改变食物的消化率。水中含砂量对食物消化性的影响,是一个必须深入研究的问题。

4. 白鲢从食物中消化吸收的能量,用于生长的效率主要决定于本身的年龄和食物的适口性和可得性。能量的组织生长效率( $K_1$ )随年龄的增长而降低,幼鱼约30—70%,二年鱼约30—55%,三年鱼则急降到10%左右,食粒过大和过小均难以保证能量的平衡。食物密度达到4—5毫克/升以上时才能保证鱼的正常生长,17—20毫克/升以上达到最高的能量利用率。

能量的生态生长效率( $K_2$ ),一、二年的鲢约15—20%,三年以上大鱼约5—10%。按此计算,在良好生活条件下一、二年鱼的饵料系数不超过10,三年鱼为10—20,即使考虑到鱼类和浮游植物在含水率上的差异,饵料系数也应在20—30以内。

据Hepher等<sup>[14]</sup>材料,500克重白鲢每天可增重10克以上,如日粮按20%计,则饵料系数也为10;在

无锡地区高产鱼池夏季鲢鳙鱼一个月内可以从110公斤/亩增长到175公斤/亩,日粮按20%计,则饵料系数约为13—14。几种计算方法所得结果都很接近。

5. 蓝藻在白鲢食物中的意义,迄今仍有很大分歧。根据我们在生产实践中的体会和国内池塘养鱼的经验,在蓝藻长期占优势的水中(鱼腥藻和拟鱼腥藻等除外)白鲢生长是不好的,这种情况国内一向归诿于“蓝藻难消化”。但是关于蓝藻难消化的依据,除了生产经验的体会以外,几乎都是镜视食物团和粪便中蓝藻状态或加以培养而判断的,相反地用示踪原子对鱼腥藻和微囊藻消化性的专门研究,都表明这两种蓝藻的消化吸收率并不低。可能在蓝藻中难消化种类相对比重较大,但是我们<sup>[6]</sup>也确实见到诸如尖头藻之类消化很好而鱼生长较差的情况,可见除了消化性以外,吸收的能量在生长上的利用效率最少是同样重要的。Малыревская 等<sup>[19]</sup>提出的在多蓝藻的水中鱼类加强能力代谢而减弱可塑代谢的情况是值得重视的。众所周知,很多蓝藻具有毒性,鱼类在适应和克服这种毒性的摄食和消化过程中可能付出额外的能量。此外蓝藻的分泌物和代谢产物在化学性质上是极为多样多式的,其中包括肽类,多糖、粘液、乙醚油,挥发性酸、醛类、萜和类似多酚的化合物等等,这些物质也可能抑制鱼类的生长。当然,所有上述影响都是和蓝藻的密度和相对量分不开的,某些关于水库或湖泊中蓝藻食物意义较高的报导,可能与此有关。

### 参 考 文 献

- [1] 石志中等, 1975. 白鲢等鱼种对螺旋鱼腥藻消化吸收的示踪实验报告. 水生生物集刊, 5(4):497—502.
- [2] ———, 1976. 白鲢鱼种对螺旋鱼腥藻摄食量和利用率的研究. 水生生物学集刊, 6(1):89—96.
- [3] 刘焕亮, 1981. 鲢鳙的滤食器官. 大连水产学院学报, 1:13—33.
- [4] 朱蕙, 1982. 鱼类对藻类消化吸收的研究, (1)白鲢对斜生栅藻的消化与吸收. 水生生物学集刊, 7(1):547—550.
- [5] 朱蕙等, 1983. 鱼类对藻类消化吸收的研究, (11)鲢鳙对微囊藻和裸藻的消化吸收. 鱼类学论文集, (3):77—91.
- [6] 何志辉、李永函, 1975. 论白鲢的食物问题. 水生生物学集刊, 5(4):541—548.
- [7] ———, 1983a. 无锡河埭口高产鱼池水质的研究II, 浮游生物. 水产学报, 7(4):287—300.
- [8] ———, 1983b. 金州鱼种场浮游生物和水肥度控制的研究. 大连水产学院学报, 1:1—11.
- [9] 何志辉, 1985. 从“看水”经验论养鱼水质的生物指标. 水生生物学报, 9(1):89—98.
- [10] 李思发等, 1980. 鲢鳙草鱼摄食节律和摄食率的初步研究. 水产学报, 4(8):275—283.
- [11] 林婉莲等, 1983. 微囊藻及藻类碎屑在鲢鳙的营养中所起作用的探讨. 鱼类学论文集, (3):13—19.
- [12] 倪达书等, 1964. 花鲢和白鲢的食料问题. 动物学报, 6(1):59—71.
- [13] Chiang, W., 1971. Studies on feeding and protein digestibility of silver carp. *Hypophthalmichthys molitrix* (C&V). Chin. Am. Jt. Comm. Rural. Reconstr. Fish. Serv. NO 11: 96—114.
- [14] Hopher, B. and Pruginin, Y. 1981., Commercial Fish Farming. John. Wiley & Sons New York.
- [15] Hickling, C. F., 1966. On the feeding process in the white amur, *Ctenopharyngodon idella*. Proc. Zool. Soc. London 148: 408—419.
- [16] Ito, T. et al., 1973. Productivity of Communities in fish culturing ponds. JIBP-PF Report of the studies on the biotic productivity in fish culturing ponds. NO 6: 247—286.
- [17] Kajak, Z., 1979. The possible use of fish, especially silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.)-to overcome water blooms in temperate water bodies. Hymam impacts on life in fresh waters: 77—86. Budapest. Hungary.
- [18] Lin, S. Y., 1969. The feeding habits of silver carp, bighead and mud carp. Jt Comm. Rural. Reconstr. Taipei, Taiwan, China, Fish, Ser, 8: 49—66.
- [19] Manandhar, H. N., 1977. Digestibility of phytoplankton by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and three tilapias (*S. motheirodon* 8pp.) in polyculture with channel catfish (*Ictalurus punctatus*) M. S. Thesis, Auburn Univ Ala: 49.
- [20] Michael C. Cremer and R. O. Smitherman, 1980. Food habits and growth of Silver and Bighead

- carp in cages and ponds. *Aquaculture*, 20: 57—64.
- [21] Gruszkynski, K. 1981. Comparison of the usefulness of the silver carp and the bighead carp as additional fish in carp ponds. *Aquaculture*, 25: 223—233.
- [22] Schroeder, G. L., 1978. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensively-manured fish pond, and related fish yields. *Aquaculture*, 14: 309—325.
- [23] Spataru, P. 1977. Gut contents of silver carp—*Hypophthalmichthys molitrix* (Val.)—and some trophic relations to other fish species in a polyculture system. *Aquaculture*, 11: 173—145.
- [24] Борудкин, Е. В., 1950. Материалы о питании Амурского толстолобика. Тр. амурской иктнел. экпн. 1945—1949гг 1: 287—302.
- [25] Веригин Б., В.; Макеева, А. П., 1981. Разработка биологических основ рыбохозяйственного и мелиоративного использования дальневосточных растительноядных рыб, В кн: Современные проблемы иктнологии. с. 225—248 Изд-ство "Наука".
- [26] Вовк, П. С., 1976. Биология Дальне-восточных растительно-ядных рыб и их хозяйственное использование в водоемах Украины.
- [27] Канстантинев, А. С.; Вечканов В., С., 1981. Возможности использования сестофагии рыб для борьбы с цветением водоемов. В кн: Современные проблемы Иктнологии с. 225—248 Изд-ство "Наука" М.
- [28] Кузнецов, Е. А., 1977. Потребление бактерий белой толстолобиком *Hypophthalmichthys molitrix* val. Вопрос иктнел. Том 17. вып 3(104): 455—461.
- [29] Мажневская А.Я., Виргер Т.И., Арсан О. М., Соломатина В. Д., 1973. Изменение биохимического состава годовиков толстолобика *Hypophthalmichthys Molitrix* (val) при потреблении ими различных кормов. Пищевые потребности и баланс энергии у рыб: 169—177 Из-во «Наукова Думка».
- [30] Никельский, Г. В. и Б. В. Веригин, 1966. Основные биологические особенности белого амура и толстолобиков и их акклиматизация в водоемах страны. Растительноядных рыбы: 34—40, Изд-во Пищевая промышленность. Москва.
- [31] Самаров, М.О., 1970, Суточный рацион белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) Вопрос иктнел. Вып. 3: 580.
- [32] Панов, Д. А., Сорокин, Ю. И. и Мотенова, А. Г., 1969. Экспериментальное изучение питания молоди Толстолобиков. Вопросы иктнологии Том 9, вып 1(154): 138—152.
- [33] Савина, Р. А., 1965 Питание и рост белого толстолобика в прудах. Тр. всероссийского научно-исследовательского институт прудового хозяйства ТХ 111: 47—54.
- [34] Строганов, Н. С., 1963. Физиологическая экология рыб. Т. I; Изд-во МГУ Москва.
- [35] Суховерхов, Ф. М., 1966. Биологические основы и эффективность поликультуры в прудовом рыболовстве. Изд. Пищевая промышленность. Москва.