

武昌东湖水生维管束植物的生物量 及其在渔业上的合理利用问题

陈洪达 何楚华

(湖北省水生生物研究所)

提 要

本文是根据1962—1964年部分调查研究资料整理而成的。文中列出了83种水生维管束植物(以下简称水生植物)的名录,比较了全湖21个采集断面、3个植物带和17个植物群丛以及长江中下游6个浅水湖泊水生植物的生物量,分析了东湖两个断面(XII和XIII)的生物量的周年变化和湖中不同水深区的生物量变化情况。

全湖面积为28.5平方公里。8月是生物量的高峰期,平均每平方米的生物量为1,068.1克(湿重)或94.8克(风干重)或82克(烘干重)或322千卡(能量)。其中,以黄丝草所占的比例为最大,其次为大茨藻、聚草、黑藻和金鱼藻。

全湖水生植物的年生产量为30,440吨(湿重)或2,337吨(烘干重)或 9×10^9 千卡(能量),连同浮游植物(16×10^9 千卡)一起,则东湖全年的原初生产量为 25×10^9 千卡,其中水生植物约占总原初生产量的36%。

本文最后讨论了水生植物在湖泊渔业上的合理利用问题,提出了草食性鱼种放养量的计算公式和合理利用水生植物资源的建议。

一、前 言

长江中下游大中型浅水湖泊渔产量的高低,在一定程度上与湖中水生维管束植物(以下简称水生植物)的合理利用效率有关。目前,尚有不少湖泊的水生植物资源还没有适当加以利用,以致生长过密;但也有一些湖泊,由于过分利用,结果,使水生植物近于绝灭,从而对一些与水生植物密切相关的经济鱼类和水生动物的发展带来不良的后果。

怎样合理利用湖中水生植物资源,这是在制定湖泊渔业生产措施之前必须正确解决的基本问题。因此,应该解决一系列的问题:了解湖中水生植物的生物量;估计能提供生产多少鱼肉的需要;需要放养多少鱼种;以及预测在放养草食性鱼类后植物资源的变化趋势和如何采取保护资源的有效措施等。为此,作者从1962年起,选定湖北省武汉市武昌的东湖对水生植物的生物量及其与渔业生产的关系和水生植物群落的演替进行调查研究。

武昌东湖是一个富营养型的浅水湖泊,面积按海拔高程20.5米计算为28.5平方公里(合42,750亩),它的出水道与长江相通,但水位受青山港闸的控制,平均水深常年保持

在2.5—3.5米之间。湖底淤泥较厚，有机物质较多，这些都是水生植物生长发育的有利条件。根据调查资料，在1964年5月以前，东湖各湖区的水生植物资源都相当丰富；但1965年以后，由于对个别湖区的水生植物资源的过度利用，破坏了水生植物资源，因而不但导致某些经济鱼类和某些水生生物资源的减产，同时也减弱了水体的自净作用，增加了湖水的混浊度，影响了滨湖居民的生活用水和沿湖游泳池的水质。

为了今后合理地利用水生植物资源，恢复某些湖区的水生植物的再生，以利于发展草食性的草鱼、团头鲂、长春鳊和以植物作为产卵条件的鲤、鲫等鱼类的生产，同时又借水生植物的净化作用以改善水质，减轻湖水的污染程度，现将1962年5月到1964年4月调查所得的有关生物量的资料和对水生植物资源在渔业上的合理利用问题，写成初步报告，供有关部门参考。关于水生植物群落及其演替的工作还在进行中。

在野外工作过程中，曾得到姚乃国和何家菀等同志的热情协助。初稿写成后，又得到饶钦止教授的审阅。

二、水生植物的种类

经初步鉴定，武昌东湖的水生植物计有83种，分别隶属于53属29科（表1）。

表1 武昌东湖水生维管束植物名录

I. 蕨类植物 Pteridophyta	
1. 水蕨科 Parkericeae	8. 毛茛科 Ranunculaceae
(1) 水蕨 <i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.	(18) 石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i> L.
2. 荚囊蕨科 Marsileaceae	9. 豆科 Leguminosae
(2) 荚囊蕨 <i>Marsilea quadrifolia</i> L.	(19) 合萌 <i>Alschynomene indica</i> L.
3. 槐叶萍科 Salviniaceae	10. 水马齿科 Callitrichaceae
(3) 满江红 <i>Azolla imbricata</i> (Roxb.) Nakai	(20) 水马齿 <i>Callitricha stagnalis</i> Scop.
(4) 槐叶萍 <i>Salvinia natans</i> (L.) All.	11. 莼科 Hydrocharaceae
II. 双子叶植物 Dicotyledoneae	(21) 莼 <i>Trapa natans</i> L.
4. 蓼科 Polygonaceae	12. 柳叶菜科 Onagraceae
(5) 两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i> L.	(22) 草龙 <i>Jussiaea linifolia</i> Vahl.
(6) 水蓼 <i>P. hydropiper</i> L.	(23) 丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i> Roxb.
(7) 旱苗蓼 <i>P. lapathifolium</i> L.	13. 小二仙草科 Halorragaceae
(8) 莠草 <i>P. orientale</i> L.	(24) 聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.
(9) 羊蹄 <i>Rumex japonicum</i> Meisn.	14. 龙胆科 Gentianaceae
(10) 连明子 <i>R. maritimus</i> L.	(25) 金银莲花 <i>Limnanthemum indicum</i> Griseb.
5. 莠科 Amaranthaceae	(26) 菩菜 <i>L. nymphoides</i> (L.) Hoffm. et Link.
(11)*喜旱莲子草(水花生) <i>Alternanthera philoxeroides</i> Griseb.	15. 玄参科 Scrophulariaceae
(12) 莲子草 <i>A. sessilis</i> (L.) R. Br.	(27) 石龙尾 <i>Limnophila sessiliflora</i> Blume
6. 睡莲科 Nymphaeaceae	(28) 石龙尾的一种 <i>Limnophila</i> sp.
(13) 荇实 <i>Euryale ferox</i> Salisb.	(29) 水苦荬 <i>Veronica anagallis</i> L.
(14) 莲 <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.	16. 胡麻科 Pedaliaceae
(15) 白睡莲 <i>Nymphaea alba</i> L.	(30) 茶菱 <i>Trapella sinensis</i> Oliv.
(16) 睡莲 <i>N. tetragona</i> Georgi	17. 狸藻科 Lentibulariaceae
7. 金鱼藻科 Ceratophyllaceae	(31) 细丝狸藻 <i>Utricularia exoleta</i> R. Br.
(17) 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	(32) 小狸藻 <i>U. minor</i> L.

* 1967年由外地引种在湖边小水体。

- (33) 黄花狸藻 *U. aurea* Lour.
- III. 单子叶植物 Monocotyledoneae**
18. 香蒲科 Typhaceae
 (34) 蒲草 *Typha angustifolia* L.
19. 眼子菜科 Potamogetonaceae
 (35) 菹草 *Potamogeton crispus* L.
 (36) 水竹叶眼子菜 *P. cristatus* Reg. et Maack.
 (37) 佛郎眼子菜 *P. Franchetii* Benn. et Baag.
 (38) 黄丝草 *P. maackianus* Benn.
 (39) 马来眼子菜 *P. malaianus* Miq.
 (40) 篦齿眼子菜 *P. pectinatus* L.
 (41) 蓼叶眼子菜 *P. polygonifolius* Pour.
20. 茨藻科 Najadaceae
 (42) 草茨藻 *Najas graminea* Del.
 (43) 大茨藻 *N. major* All.
 (44) 小茨藻 *N. minor* All.
21. 泽泻科 Alismataceae
 (45) 矮慈姑 *Sagittaria pygmaea* Miq.
 (46) 野慈姑 *S. sagittifolia* L.
 (47) 长瓣慈姑 *S. sagittifolia* L. var. *longiloba* Turcz.
22. 水鳖科 Hydrocharitaceae
 (48) 水鳖 *Hydrocharis asiatica* Miq.
 (49) 黑藻 *Hydrilla verticillata* Royle
 (50) 水车前 *Otella alismoides* Pers
 (51) 密刺苦草 *Vallisneria denseserrulata* Makino
 (52) 苦草 *V. spiralis* L.
23. 禾本科 Graminiae
 (53) 大花看麦娘 *Alopeculus japonicus* Steud.
 (54) 薹草 *Beckmannia erucaeformis* (Steud.) Fernald
 (55) 稗 *Echinochloa crusgallia* (L.) Beauv.
 (56) 李氏禾 *Leersia japonica* Mak.
 (57) 芦苇 *Phragmites communis* Trin.
- (58) 茑 *Zizania latifolia* Turcz.
24. 莎草科 Cyperaceae
 (59) 棕苔 *Carex brunnea* Thunb.
 (60) 垂穗苔 *C. cernua* Boot.
 (61) 异型莎草 *Cyperus difformis* L.
 (62) 水莎草 *C. serotinus* Rottb.
 (63) 飘佛草 *Fimbristylis diphylla* Vahl.
 (64) 日照飘佛草 *F. miliacea* (Thunb.) Vahl.
 (65) 牛毛毡 *Heleocharis acicularis* (L.) R. Br.
 (66) 沼针蔺 *H. palustris* R. Br.
 (67) 野荸荠 *H. kuroguwai* Ohwi
 (68) 水蜈蚣 *Kyllinga brevifolia* Rottb.
 (69) 砖子苗 *Mariscus sibirianus* Nees
 (70) 水葱 *Scirpus lacustris* L. var. *tabernaemontani* Trauv.
- (71) 荆三稊 *S. maritimus* L.
 (72) 水毛花 *S. mucronatus* L.
 (73) 薹草 *S. triquetus* L.
25. 天南星科 Araceae
 (74) 白菖蒲 *Acorus calamus* L.
 (75) 水浮莲 *Pistia stratiotes* L.
26. 浮萍科 Lemnaceae
 (76) 小浮萍 *Lemna minor* L.
 (77) 紫背浮萍 *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.
 (78) 芫萍 *Wolffia arrhiza* Wimm.
27. 鸭跖草科 Commelinaceae
 (79) 水竹叶 *Aneilema keisak* Hassk.
28. 雨久花科 Pontederiaceae
 (80) 凤眼莲 *Eichhornia crassipes* Solms.
 (81) 雨久花 *Monochoria Korsakowii* Regel et Maack.
 (82) 鸭舌草 *M. vaginalis* (Burm. f.) Presl.
29. 灯心草科 Juncaceae
 (83) 灯心草 *Juncus effusus* L.

三、水生植物生物量的计算

水生植物生物量的计算，是采用样方的方法，用自制的采样面积为 0.25 平方米的带网铁铗进行测定的。测定生物量的断面和采样点的选择，是尽可能使这些面和点均匀地和广泛地分布在全湖(图 1)。全湖共设 21 个断面计 224 个采样点。测定的季节是在 1962 年和 1963 年的 8 月份，但其中两个断面(XII 和 XIII)则每月进行一次测定。测定时，在每一采样点上采集两次，将样方内的植物连根带泥夹起，冲洗去淤泥，除去铁铗外的植物体，将网内植物洗净，装入纱布袋内，带回实验室进行处理。首先，分别种类，除去植物的根和枯死的枝叶及其他杂质，洗净后，手提植物体，使多余的水分滴尽后即称其湿重。其次，又选取 100 克湿重植物，平铺在 2—3 层纱布或吸水纸上，卷成圆柱状，这样处理 2—3 次，待植物体表面上的水分吸干后即称其鲜重。再其次，将 100 克鲜重植物平铺在瓷盘内，放在

表2 武昌东湖全湖水生植物最高生物量计算表

项 目 计算方法	全 湖 21个断面	全 湖 224个采样点	植被区 190个采样点	植被区 14个群丛	平均值
计算面积(平方公里)	28.50	28.50	23.78	23.78	
单位生物量(湿重,克/平方米)	1,068.1	969.7	1,143.2	1,400.0	
总生物量(湿重,吨)	30,440	27,636	27,185	33,291	29,638

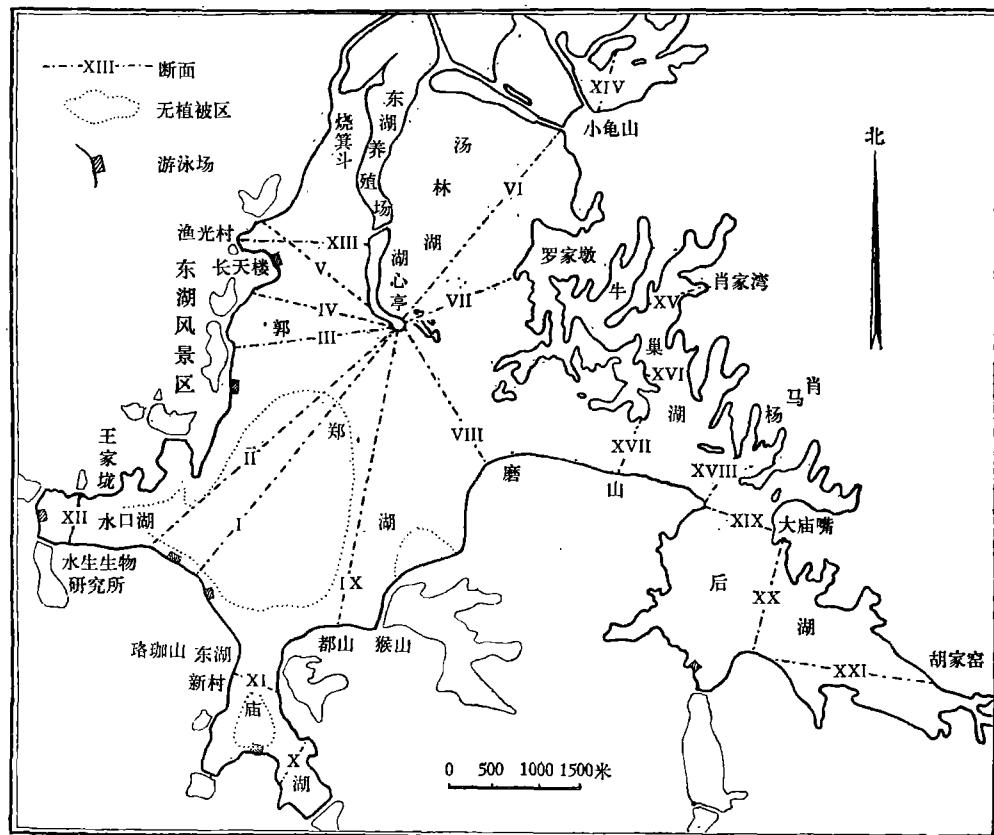


图1 武昌东湖水生维管束植物生物量定量断面布置图

干燥通风的走廊内阴干，待植物体可用手揉碎为止，称其风干重。最后，将风干植物放在105℃的烘箱内烘干，称其烘干重。

(一) 全湖总生物量的计算

在全湖21个断面224个采样点中，有85%（190个）的采样点是分布在占全湖面积85%的植被区内，有15%（34个）的采样点是分布在占全湖面积15%的无植被的空白水域内。根据1962—1963年调查资料的分析，秋季（8月）是全湖水生植物生物量的高峰期。对收集到的生物量资料，曾用四种计算方法进行比较，所得的单位面积生物量和总生物量虽有差异，但除群丛计算法所得数值较高外，其他三种方法所得数值是比较接近的（表2）。特别是断面计算法与这四种方法所得的平均值最为接近。现以断面计算法为代表，全湖每平方米面积的生物量为1,068.1克（湿重）或94.8克（风干重）或82克（烘干重），换算成

表3 武昌东湖各断面水生植物

种类	采样点数	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI
		20	19	10	10	12	10	11	10	11	7	11
黄丝草	66	81.8	79	102.2	138.8	1,649.4	1,418.4	1,756	130.9	515.2	506.9	
大茨藻	172.6	168.3	168.5	143.4	180.7			0.2	272		0.9	
黑藻	15	10.2	13.1	41.2	159.3	0.6	1.5	1	0.7		43.6	
聚草	70.9	42	12.3	52.8	44.3	27.6	28.2	37	12.4	1,482.8	127.8	
金鱼藻	5.4	8.4	22.4	144	475.2	55.2		1.2	10.7	213.2	7.4	
小茨藻			0.4	0.2								
苦草	0.4	25.8	0.2			47	0.2		34		53.6	
马来眼子菜			0.5		0.2							
菹草												
挺水植物和浮叶植物	25									198	27.2	
合 计	355.3	337	295.9	483.8	998.5	1,779.8	1,448.3	1,829.4	426.7	2,409.2	767.4	

能量为 322 千卡。全湖总生物量约为 30,440 吨(湿重)或 2,693 吨(风干重)或 2,337 吨(烘干重),换算成能量为 9×10^9 千卡。又根据章宗涉等 1963 年调查的资料^[11],东湖全湖浮游植物的年生产力为 16×10^9 千卡。因此全湖原初生产量合计为 25×10^9 千卡,其中,水生维管束植物约占总量的 36%。

在正常情况下,是可以用这样测定的生物量数值来衡量水生植物生产力的^[13]。但生产力(P)都比生物量(B)为高,有的水体其水生植物的 P/B 系数为 1.1^[12],或为 1.25^[14]。如

表4 武昌东湖与其他湖泊的沉水植物群落生物量比较表(湿重,克/平方米)

湖泊名称 湖泊面积 (平方公里) 水生植物种类	湖 北 省					江 苏 省 太 湖 (东太湖区)
	武昌东湖	洪 湖	望 天 湖	花 家 湖	石 头 湖	
	28.50	600	13.89	14.03	8.73	
黄丝草	407.7	748.0	0	153.3	122.0	0
大茨藻	166.0	0	78.8			0
小茨藻	64.5	0	897.2	109.3	10.0	0
黑藻	134.0	640.0	584.6	66.0	23.0	29.0
聚草	122.3	60.0	19.8	17.7	13.0	0
金鱼藻	103.3	28.0	10.9	66.0	118.0	0
苦草	33.0	520.0	320.4	403.3	700.0	62.2
马来眼子菜	11.9	700.0	0	9.7	44.0	179.4
菹草	0.1	0	0	0	0	0
篦齿眼子菜	0	64.0	0	0	0	0
轮藻	0	0	33.9	0	0	109.0
挺水植物和浮叶植物	25.3	60.0	104.1	0	0	0
合 计	1,068.1	2,760.0	2,049.7	825.3	1,030.0	496.6
测 定 时 间	1962年8月 1963年8月	1959年10月	1965年9月	1959年8月 1959年8月	1960年7月	

注: 表中各湖植物生物量均为陈洪达采用同样方法实测所得的数据。

生物量比较表 (单位: 克/平方米)

XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	平均值	各占总生物量的百分比(%)
8	12	4	7	11	10	9	10	12	10	湿重	风干重
294.4	82	298	67.2	436	768.2	90.6	74.4	5.8	407.7	49.78	38.17
178	776.5	13	460.4	219.4		720.8	1	9.4	166	7.74	15.54
0.5	94	180	859	306	454.8	134.4	433.8	18.4	47.4	134	8.44
0.5	184.2	5	56.5	89.4	224	19.3	48.2	0.5	2	122.3	11.41
25.8	693	404	74.5		28	23.6	0.4	2.8	20.4	103.3	8.62
	253	0.15	303.2	174.2	0.4	547.2	0.3	1	64.5	2.24	6.03
101.8	2	71.5		48.8	11.8	33.5	214	2	132.8	33	1.32
	10	30	0.15	86.2	0.4		21.2	14	0.1	11.9	1.50
2				38.4	16.6					0.1	0.006
0.5	225.2									25.3	3.78
131.1	1,680.8	1,802	1,330.3	1,399.6	1,565.2	979.4	2,076.2	113.4	218.9	1,068.1	94.836
											100%
											100%

按 P/B 系数 1.25 计算, 则全湖水生植物生产力为 2,921 吨(烘干重)。但由于湖中放养了草食性鱼类, 加之沿湖农民经常打捞水生植物作为农田绿肥或牲猪饲料, 因此, 东湖水生植物生产力的实际数值要比这个数值大得多。

在总生物量中, 以黄丝草所占比例为最大, 达 38.17% (湿重) 或 52.49% (风干重), 其次为大茨藻、聚草、黑藻和金鱼藻(表 3); 而苦草和马来眼子菜所占的比例都很低, 这与长江中下游许多湖泊有所不同^[3,4,5](表 4)。

(二) 各断面生物量的比较

从表 3 可以看出, 全湖 21 个断面中, 生物量(湿重)在 1,000 克/平方米以上的有 10 个

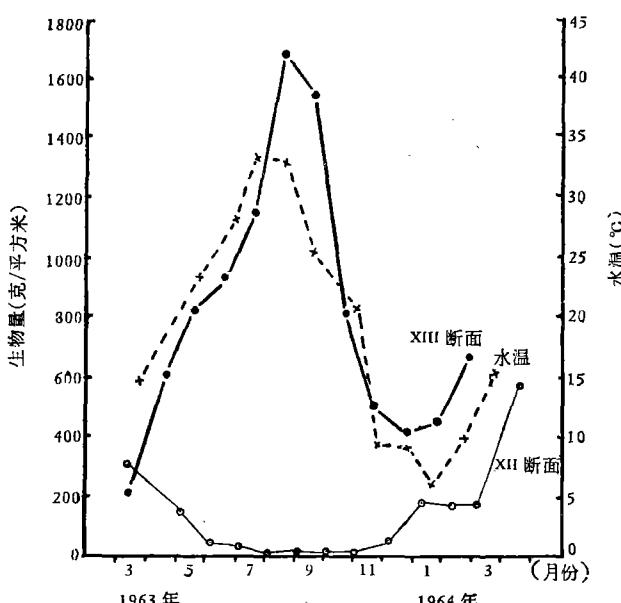


图 2 武昌东湖 XII 和 XIII 两个断面的生物量逐月变化比较

断面,它们主要分布在水较浅,底质较软的湖区或湖湾,如汤林湖区、牛巢湖区和庙湖区。其中生物量最大的是庙湖区湖湾内的第X断面,达2,409.2克/平方米,主要是聚草、黄丝草和金鱼藻。生物量最低的是XII和XX断面。XII断面夏季生物量低的原因,是该断面上的优势种类与其他断面完全不同,因而其生物量季节变化也不同(图2)。

(三) 各群丛生物量的比较

从表5可以看出,在群落带中,沉水植物群落带是东湖最主要的群落带,它的面积和生物量分别约占全湖面积和生物量的80%和77%。

表5 武昌东湖水生植物群落的面积和生物量

(1962年和1963年的8月份测定值,湿重)

群落带	群 丛	面 积 (平方公里)	单位面积生物量 (克/平方米)	群丛生物量 (吨)	占全湖群丛总 面积的百分比 (%)	占全湖群丛 总生物量的 百分比(%)
挺 水 植 物	芦苇、蒲草、苔草	0.11	1,308	144	0.46	0.43
	菰-金鱼藻	0.51	1,800	918	2.14	2.76
	莲-黄丝草+金鱼藻	3.10	1,633	5,062	13.04	15.21
	莲-菱-菹草	0.38	1,611	612	1.60	1.84
	小 计	4.10	1,643*	6,736	17.24	20.24
浮植物	菱-金鱼藻和 金银莲花+香菜	0.70	1,079	755	2.94	2.27
沉 水 植 物	聚草-黄丝草	2.83	1,836	5,196	11.90	15.61
	黄丝草	5.02	1,735	8,710	21.11	26.16
	黄丝草+黑藻	4.03	1,065	4,292	16.95	12.89
	金鱼藻	1.21	1,560	1,888	5.09	5.67
	菹草	0.23	131	30	0.97	0.09
	大茨藻+小茨藻+黑藻	1.89	1,651	3,120	7.95	9.37
	大茨藻	2.98	548	1,633	12.53	4.91
	马来眼子菜	0.77	1,168	899	3.24	2.70
	苦草	0.02	1,607	32	0.08	0.10
小 计		18.98	1,359*	25,800	79.82	77.40
合 计		23.78	1,400	33,291	100%	100%

* 表示群落带单位面积生物量,即 $\frac{\text{群落带总生物量}}{\text{群落带总面积}}$ 。

在群丛中,黄丝草群丛是最主要的群丛,它的面积和生物量分别约占全湖的21%和26%,其次为聚草-黄丝草群丛,黄丝草+黑藻群丛和莲-黄丝草+金鱼藻群丛。苦草群丛的面积和生物量都很小,它仅是一个过渡性群丛。

(四) XII 和 XIII 两个断面生物量的逐月变化

XIII断面的主要种类为黄丝草、金鱼藻、大茨藻、聚草和黑藻,这与其他断面的主要种类基本相似。因此,从XIII断面生物量的逐月变化趋势也可以作为衡量其他断面生物量变化趋势的依据。从图2可以看出,8月份是XIII断面生物量的高峰期,达1,681克/平方米。根据生物量的变化,可计算此时水生植物生产力也最大,平均为15克(湿重)/平方米/天,但从9月起,水生植物开始枯萎或死亡,其下降的速度也很快,在10月间,其死亡

速度平均达 19 克(湿重)/平方米/天。

XII 断面是全湖 21 个断面中特殊的一个断面，它处在有大量生活污水流入的水口湖湖湾内，主要种类为菹草。菹草的生长季节与其他种类不同。因此，XII 断面的生物量变化也与其他断面不同。从图 2 中可以看出，4 月是生物量的高峰期，达 507 克/平方米，此时平均生产力为 11 克(湿重)/平方米/天。5 月以后，随着温度的升高，植株开始死亡，到 9 月份，生物量降到最低点。10 月以后，菹草生殖芽体又发芽生长。

(五) 不同水深区的植物生物量

影响东湖水生植物生物量的环境因素是多种多样的，其中与太阳光透射有关的湖水深度是主要因素之一。从总的来看，生物量是随着水深的增加而减少的。但在同一水深区中，由于水生植物种间相互关系等原因而又出现各类植物生物量的不同(图 3)。在水深 1 米内，挺水植物和浮叶植物的种类较多，生物量也较高；在水深 1—3 米内，则以沉水植物黄丝草占优势；在 3—4 米内，又以沉水植物大茨藻占优势；在水深超过 4.5 米处，就没有水生植物了。

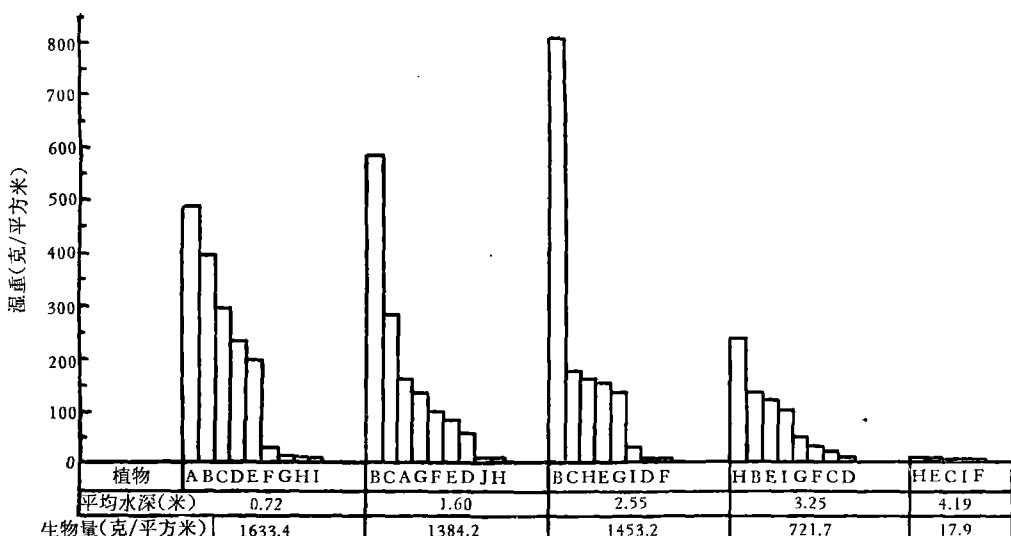


图 3 武昌东湖各水深区的植物生物量比较

A. 挺水植物和浮叶植物；B. 黄丝草；C. 聚草；D. 马来眼子菜；E. 黑藻；
F. 苦草；G. 金鱼藻；H. 大茨藻；I. 小茨藻；J. 蔷草。

四、水生植物在渔业上的合理利用问题

水生植物在湖泊水体生物生产力中占有一定的地位。它是草食性鱼类的主要食料。根据东湖草鱼食性分析资料^[6]，可以看出出现在草鱼食物团中的 9 种水生植物(黄丝草、马来眼子菜、黑藻、大茨藻、菹草、苦草、金鱼藻、小茨藻和聚草)，都是湖中的主要水生植物，它们的生物量都较高。据本所化学分析组等对东湖水生植物的分析资料，也可以看出它们具有一定的营养价值：其粗蛋白质含量占干物质的 13.53—26.72%；粗脂肪量占 2.21—10.80%；灰分占 10.9—24.99%；粗纤维占 15.60—34.34%；无氮浸出物占 24.82—48.18%。能量为 2,984—4,076 卡/克。根据全湖各种水生植物干物质量及其营养成分含

量计算，则全湖有植物性粗蛋白质 431 吨、粗脂肪 120 吨，能量为 9×10^9 千卡。其中，黄丝草的蛋白质、脂肪和卡值所占的比重最大，分别为总量的 41.79%、33.61% 和 49.35%，其次为聚草和金鱼藻。

究竟怎样才能够做到合理利用东湖水生植物资源？该放养多少草食性鱼种才能获得较高的渔产量？作者根据饶钦止提出的湖泊草鱼放养标准^[7]，进一步提出草食性鱼类放养量的计算公式： $X = \frac{B \cdot P}{K \cdot W \cdot S}$ 和湖中水生植物可供生产鱼肉的计算公式：

$$F = \frac{B \cdot P}{K \times 100}.$$

X——欲增加的草食性鱼种放养量(尾/亩)；

F——湖中水生植物可供生产鱼肉的能力(斤/亩)；

B——8—10 月间湖中可被草食性鱼类利用的水生植物最高生物量(斤/亩)；

P——计划利用的食料植物生物量占最高生物量的百分比(%)；

K——草食性鱼类在放养期间的平均食料系数；

W——平均每尾鱼在一年内的增肉量(斤)；

S——草食性鱼类的成活率(%)。

现以放养草鱼为例，拟定公式中各符号所代表的数值并求出应增加的草鱼放养量：

B：东湖 8 月份水生植物的最高总生物量为每亩 1,424 斤，其中除少量莲和苔菜不能作为草鱼的食料外，约有 1,400 斤水生植物可作为草鱼食料。

P：为了今后能生产一定数量的草鱼和保护鲤、鲫等鱼类的产卵场所，以及利用水生植物改善水质，因此应该保留一定数量的植物不被草鱼吃光。根据东湖目前现状，拟保留每亩约 500 斤，故要加以利用的食料植物为 900 斤左右，约占总食料生物量的 60%。

K：根据试验资料^[1,2,8,9]每生产一斤草鱼就需要消耗 50—180 斤（湿重）水生食料植物。现以放养 4 寸规格鱼种，其食料系数以 120 计算。

W：4 寸规格的草鱼种，在一年内可增肉 2 斤以上。

S：目前，湖中草鱼的成活率是很低的。假定在采取必要的措施以后，其成活率能达到 20%。

根据上述拟定的数值代入公式，即可求出东湖应增加的草鱼放养量为：

$$X = \frac{B \cdot P}{K \cdot W \cdot S} = \frac{1,400 \times 60}{120 \times 2 \times 20} = 17.5 \text{ 尾/亩}$$

$$\text{供应能力为: } F = \frac{B \cdot P}{K \times 100} = \frac{1,400 \times 60}{120 \times 100} = 7 \text{ 斤/亩}$$

从公式第一个中可以看出，提高放养鱼类成活率是节约放湖鱼种数量、降低开支的重要措施。再从 $F = \frac{B \cdot P}{K \times 100}$ 公式中又可以看出，选放食料系数较低的鱼类是增加鱼

肉生产量的重要途径。为此，建议在湖泊放养中要尽可能地放养成活率较高，水生植物食料系数较低，鱼肉味道更鲜美的鱼类（如团头鲂），从而改变单纯放养草鱼以利用水生植物资源的习惯，以便更合理地利用这项资源，提高湖泊渔产量。团头鲂是一种优良的鱼类，

它的抗病力强，成活率比草鱼高得多，其食料系数为 97^[10]。

水生植物除作为草食性鱼类的食料外，还提供了鲤、鲫等鱼类的天然产卵场所，并为幼鱼逃避敌害创造了条件。同时，水生植物也是许多底栖动物栖息和繁殖的场所。就以与水生植物密切相关的螺类（主要是长角沼螺和纹沼螺）来看，1962 年 8 月对 36 个采样点进行了定量采集，在每平方米的水生植物上就栖息有螺类 133 个，重 28.8 克。特别是在以黄丝草为主的第 XI 断面的 6 个采样点上，平均每平方米就有螺类 340 个，重 50 克，其中尤以第 2 采样点最高，达 680 个/平方米，重 138 克。但是，在没有水生植物分布的区域，长角沼螺和纹沼螺就很少或没有。可见，某些底栖动物的生存是与水生植物密切相关的。螺类是鲤鱼和青鱼的主要食料。因此，在大、中型湖泊中保留一定数量的水生植物，即使单从发展湖泊渔业来看也是必要的。

参 考 文 献

- [1] 刘建康，1955。养鱼池单位面积产量试验。水生生物学集刊，(1): 25—43。
- [2] 刘文郁等，1963。草鱼鱼种对几种植物性饲料的消化与利用。水生生物学集刊，(3): 112—120。
- [3] 陈洪达，1963。洪湖水生植被。水生生物学集刊，(3): 69—81。
- [4] 陈洪达，1964。湖北省花马湖水生高等植物的生态分布和生物量。中国海洋湖沼学会 1963 年学术年会论文摘要汇编，143—144。
- [5] 陈洪达，1965。太湖水生维管束植物。中国科学院南京地理研究所，太湖综合调查报告，51—57。
- [6] 贺锡勤、谢洪高，1966。武昌东湖草鱼的食性。太平洋西部渔业研究委员会第九次全体会议论文集，6—13。
- [7] 饶钦止等，1956。湖泊调查基本知识，244—247。科学出版社。
- [8] 上海水产学院池塘养鱼教研组等，1964。无锡市河埒公社河埒大队渔业生产一队食用鱼养殖经验初步总结。
- [9] 江西赤湖水产养殖场，1964。赤湖饵料基础的调查报告(油印本)。
- [10] 柯鸿文，1975。一种优良淡水鱼——团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*) 的繁殖和饲养。本刊，本期。
- [11] 章宗涉等，1965。武昌东湖浮游植物的原初生产的研究(手稿)。
- [12] Gak, D. Z. et al., 1972. Productivity of aquatic organism communities of different trophic levels in Kiev Reservoir (In "productivity problems of freshwaters." Ed. Z. Kajak. A. Hillbrecht-Ilkowska)-Kraków, 447—455.
- [13] Westlake, D. F., 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38:385—425.
- [14] Winberg, G. G., 1970. Energy flow in aquatic ecological system. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 17: 11—19.

STANDING CROP OF THE MACROPHYTES OF LAKE TUNG-HU, WUCHANG, WITH REFERENCE TO THE PROBLEM OF ITS RATIONAL PISCICULTURAL UTILIZATION

CHEN HUNG-TA AND HO TSU-HWA

(Institute of Hydrobiology, Hupel)

ABSTRACT

The paper presents the results of investigations on the macrophytes of Lake Tung-Hu, Wuchang, carried out in the year 1962—1964. 83 species, which constituted the aquatic vegetation, are listed. Data on biomass, based on sampling along 21 transects (involving 3 zones, 17 plant-associations, and 224 sampling positions), are presented, and a comparison is made for the macrophytic biomass of 6 shallow lakes of the Middle and the Lower Yangtze Basin. The monthly changes in biomass of 2 transects (XII & XIII) have been followed up through the year. The biomass conditions for zones of different depth-ranges are analyzed.

Lake Tung-Hu, 28.5 km² in area, had a peak average biomass of 1068.1 g (wet weight) or 94.8 g (air-day weight) or 82 g (oven-dry weight) or 322 kcal per square meter in August. Annual production of aquatic vegetation in the whole lake amounted to 30,440 metric tons in wet weight, or 2,337 t in oven-dry weight, or 9×10^9 kcal in terms of calorific value. *Potamogeton maackianus* ranked first in the production, being 38.2% of the total wet weight or 52.5% of the total air-dry weight, and it was followed by *Najas major*, *Myriophyllum spicatum*, *Hydrilla verticillata* and *Ceratophyllum demersum* in turn.

In the lake, the annual primary production from aquatic macrophytes and phytoplankton put together amounted to 25×10^9 kcal, of which the aquatic macrophytes contributed 36%.

In passing, the authors discuss the problem of the rational utilization of this resource in special regard to pisciculture, and a formula is proposed for calculating the stocking density of the phytophagous fish, for instance, *Ctenopharyngodon*:

$$X = \frac{B \cdot P}{K \cdot W \cdot S}, \text{ in which}$$

X — the number of fingerlings of the phytophagous fish to be stocked per *mou* (1 *mou* = 1/15 hectare)

B — maximum average biomass (attained during August—October) of the macrophytes suitable for fish consumption (in catties per *mou*) (1 *catty* = 500 g)

P — percentage of the macrophytic biomass intended to be consumed by the fish

K — gross feed-coefficient of the phytophagous fish during the entire growing season (in *catties*)

W — expected average increase in weight per fish (in *catties*)

S — percentage of the number of survivors (to the end of the growing season) to the number of fingerlings stocked