维普资讯 http://www.cqvip.com

第9卷 第2期
1997年6月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 9, No. 2
Jun., 1997

175—182

滆湖水生植物生物量、演替规律及合理利用*

周 刚
(江苏省淡水水产研究所,南京 210017)

Q178.513
S964.4

提要 用五种不同的方法估算了滆湖水生植物的生物量,比较分析了全湖断面生物量和群丛生物量.分三个方面对滆湖水生植物的演替规律进行了讨论,对草型湖泊水生植物的合理利用进行了探讨.初步提出了草型湖泊估算渔产潜力的公式.在分析引起水生植物生物量变化的原因的基础上,提出了若干合理利用植物资源的建议.

关键词 滆湖,水生植物,生物量,演替规律,合理利用,养殖

水生植物在淡水浅水草型湖泊生态系统中占有相当重要的地位.作为湖泊的初级生产者,其种群的演替和生物量的多寡都会直接给湖泊渔业带来较大影响,尤其对草食性鱼类及在草丛中栖息的鱼、虾、蟹类和草上产卵的鱼类影响更大.

滆湖是长江中下游冲积平原上的一个有代表性的中型草型湖泊[1],面积16 400hm²,跨江苏省常州、武进、无锡和宜兴.水生植物资源丰富,现已初步查明水生植物有19种,分别隶属于13科16属.

滆湖是国家"七五"重点攻关的湖泊之一.湖泊单产水平已由攻关前的10kg提高到30kg,现已从捕捞为主转向养殖为主.1990年全湖鱼产量为738×10⁴kg.1989年全湖共有网围1 900hm²,现又有较大幅度的增加.因此,研究滆湖水生植物的种类组成、分布、生物量和演替规律,对于合理开发,充分利用大水面水生植物资源,指导渔业生产有着积极的意义.

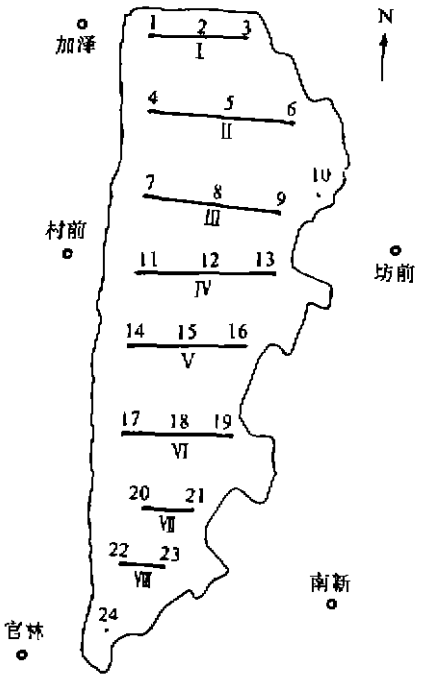

图1 滆湖采样点及断面示意图
Fig. 1 Sampling sites and transects of Gehu Lake

1 研究方法

水生植物生物量计算,采用样方法.全湖共设

---

* "七五"科技攻关课题部分内容(75—06—04—01).
收稿日期:1995—10—10;收到修改稿日期:1996—04—10.
作者简介:周刚,男,1962生,助理研究员,1984毕业于上海水产学院渔业资源专业.现从事于大水面渔业资源及增养殖技术研究,已发表论文多篇.

维普资讯 http://www.cqvip.com

24 个采样点，每个测点采样两次，自北向南共设 8 个断面（图 1），其中 6 个断面各设 3 个采样点，2 个断面由于湖面狭窄并建有网围各设 2 个采样点，另有 2 个采样点设在网围内（10#、24#）. 定量采样用自制面积为 0.3m² 的带网铁圈进行. 生物量的测定每季度一次，分别在每年的 3、6、9、12 月进行. 测定工作共延续了 5 年（1986—1990 年）.

2 水生植物的生物量

2.1 全湖生物量

根据 1986 年的调查资料分析，滇湖水生植物生物量的高峰期变化较大. 为了使计算结果更接近实际情况，对五年调查的生物量资料取 6、9 两月的平均值，采用五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，但除断面计算法个别年份数值偏高外，其余数值都较接近（表 1）. 特别是全湖面积加权法与这五种计算法所得的平均值最为接近. 现以面积加权法为代表，求算全湖水生植物的能量. 取 8.85%的干湿比或 7.68%的烘湿比，每克烘干的水草含能量 16.4KJ[2,3]（表 2）.

表 1 滇湖水生植物的单位生物量和总生物量（湿重）

Tab. 1 Areal and total biomass of aquatic plants in Gehu Lake (Wet weigth)

计算方法	计算面积(hm²)					生物量(g/m²)					总生物量(×10⁴t/a)				
	1986	1987	1988	1989	1990	1986	1987	1988	1989	1990	1986	1987	1988	1989	1990
全湖样方	16400	16400	16400	16400	16400	1453	1486	1599	3960	4962	23.8	24.4	26.2	64.9	81.4
全湖断面	16400	16400	16400	16400	16400	1567	1630	1739	3821	6172	25.7	26.7	28.5	62.7	101.2
全湖面积加权	16400	16400	16400	16400	16400	1448	1486	1641	4069	5417	23.4	24.4	26.9	66.7	88.9
植被区群丛	14333	11933	14200	14267	15600	1614	1596	1883	4318	5536	23.2	19.1	26.8	61.5	86.3
植被区样方	14333	11933	14200	14267	15600	1660	1981	1843	4595	4962	23.8	23.7	26.2	65.4	71.3

表 2 滇湖水生植物的能量

Tab. 2 The energy contained in aquatic plants in Gehu Lake

年份	生物量(g/m²)				总生物量(×10⁴t/a)	
	湿重(g)	风干重(g)	烘干重(g)	能量(KJ)	湿重(×10⁴t)	能量(kJ)
1986	1448	128	111	1824	23.6	2.99×10^{14}
1987	1486	132	114	1872	24.4	3.07×10^{14}
1988	1641	145	126	2067	26.9	3.39×10^{14}
1989	4069	360	312	5125	66.7	8.41×10^{14}
1990	5417	479	416	6823	88.9	11.20×10^{14}
平均	2812	249	216	3542	46.1	5.81×10^{14}

在一般情况下，表 2 数值基本能反映滇湖水生植物生产力，但这些数值实际上只能代表湖泊当年水生植物的最大现存量，滇湖水生植物生产力的实际水平应比这些数值大得多. 下面以 1988、1989 两年为例分别求算水生植物的 P/B_{max} 系数.

$$P/B_{max}=\frac{A+C+D+E}{B_{max}} \quad (1)$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

其中，A 为总生物量；C 为草食性鱼类耗草量；D 为捞草量；E 为网围用草量；B_{max} 为总生物量. 将数值代入(1)式得，$P/B_{max}(1988)=2.08$，$P/B_{max}(1989)=1.53$. 即水生植物的 P/B_{max} 系数应在 1.5—2.0 左右.

2.2 断面生物量

从表 3 可以看出，湖区北部(Ⅰ、Ⅱ断面)的断面生物量均低于中部及南部湖区，但北部湖区的草质较好，以轮叶黑藻 *Hydrilla verticillata* 和苦草 *Vallisneria spiralis* 为主. 南部湖区断面生

表 3　滇湖各年份断面生物量　　单位：g/m²

Tab. 3　Transect biomass in each year of the Gehu Lake (wet weight)

断　面		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	平均	占总生物量
样点数		3	3	3	3	3	3	2	2		(%)
黄丝草	1986	124	119	123	359	278	125	7.98			
	1987				244	1601	2806	1502	956	889	54.54
	1988		18	39	458	1658	1750	2813	1817	1069	61.47
	1989	9	828	1175	6050	5933	5500	6325	598	3302	86.42
	1990	33	2433	2200	2867	7900	10600	15000	5850	5860	94.96
轮藻	1986			155	2065	975	159	404	675	554	35.35
	1987		147	315	1970	256	1440	206	77	551	33.80
	1988		286	33	381	222	3	350		159	9.14
	1989	5	101	315	115				3	67	1.76
	1990	3	67	725	167					120	1.95
聚草	1986	14	196	382	161	361	599	273	396	298	19.02
	1987	64	102	111	1	11	72	63	35	57	3.50
	1988	3	156	163	72	806	92	142	275	214	12.31
	1989	2	302	160	162	112	30	353	120	155	4.06
	1990	63		25	67					19	0.31
轮叶黑藻	1986	370	207	239	4	149	43	33	68	139	8.87
	1987	158	59	19	1	24		4	2	33	2.02
	1988	648	376	33	17		8			135	7.76
	1989	119	444	230	63		4		10	109	2.85
	1990	83	7	25	7					15	0.25
马来眼子菜	1986	208	201	190	486	225	96	248	259	239	15.25
	1987	13	70	68		11	50	8	44	33	2.02
	1988	1	125		3	56	25			26	1.50
	1989		126	182	2	15	14	15		43	1.11
	1990	201		25						3	0.05
苦草	1986	364	208	151	110	81	56	45	22	117	7.47
	1987	13	100	63						22	1.35
	1988	145	76	136	348	1	58		188	119	6.84
	1989	226	57	152	30	40	22		363	113	2.96
	1990	483		400	7			20		114	1.84
金鱼藻	1986	1		94	7	277	126	15	94	77	4.91
	1987	6	58	14	114	86		3	24	38	2.33
	1988	33	58	32	1					16	0.92
	1989	16	65	118	37	8				31	0.80
	1990	183	133							40	0.64

维普资讯 http://www.cqvip.com

物量较大，但均以黄丝草 *Potamogeton maackianns*、聚草 *Myriophyllum spicatum* 和轮藻为主，其中尤以黄丝草的植株密度最大. 近年来黄丝草有向湖区北部扩展的趋势. 各个断面的生物量也发生了较大的变化. Ⅰ、Ⅱ断面生物量有不同程度的降低，但随着黄丝草的北移. 这两个断面的生物量有上升的趋势，其它断面的生物量均有不同程度的提高，尤以南部湖断面生物量增加为甚.

2.3 群丛生物量

滆湖的水生植被可分为四大生活型[4]，即挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物，其中以沉水植物为主. 挺水植物主要是芦苇群丛，分布面积约 100hm²，生物量约 6 000t，且有下降的趋势. 浮叶植物和漂浮植物基本没有成片分布. 这里主要讨论沉水植物.

由表 4 可以看出 1986 年以马来眼子菜＋聚草－轮藻群丛最大，占全湖植被区面积的 27.25%，生物量达 8.27×10^4t，占全湖总生物量的 42.45%. 1988 年群丛生物量以黄丝草群丛最大为 8.58×10^4，占全湖总生物量的 39.35%，分布面积以马来眼子菜＋聚草－黄丝草－轮藻群丛最大，达 3 260hm²，占全湖植被区面积的 27.29%. 不难发现黄丝草已单独发展成一个群丛，面积为 2 713.3hm²，且有增加的趋势.

表 4 滆湖群丛生物量[1)]

Tab. 4 Associatus biomass of the Gehu Lake(Wet weight)

群丛	1986年 面积(hm²)	1986年 生物量(g/m²)	1986年 群丛生物量(t)	群丛	1988年 面积(hm²)	1988年 生物量(g/m²)	1988年 群丛生物量(t)
马来眼子菜－黑藻＋苦草	2193.3	1054	23128	金鱼藻＋黑藻＋苦草	2713.3	1782	48386
马来眼子菜＋聚草－黑藻＋苦草	1646.7	766	12624	马来眼子菜＋聚草－黑藻＋苦草－黄丝草－轮藻	1086.7	495	538
马来眼子菜＋聚草－轮藻	3286.7	2514	82660				
马来眼子藻＋聚草－黄丝草	1646.7	1194	19669	马来眼子菜＋聚草－黑藻＋苦草	2173.3	882	19171
马来眼子藻＋聚草－黑藻＋苦草－轮藻	1093.3	1944	21262	马来眼子菜＋聚草－黄丝草－轮藻	3260.0	2097	68391
马来眼子藻＋聚草－黑藻＋苦草－黄丝草－轮藻	2193.3	1613	36290	黄丝草	2713.3	3261	88539
合计	12060.0	1614	194733	合计	11946.6	1883	225025

1) 植被区单位面积生物量＝$\frac{\text{群丛生物量}}{\text{植被面积}}$.

3 水生植物的演替规律

3.1 种类的变化

滆湖水生植物种类的变化比较明显(图 2). 在几种优势水生植物中，黄丝草在总生物量中所占的比例由 1986 年的 6.78%上升到 1990 年的 92.68%. 其它几种水生植物则有不同程度的减少，以轮藻的降幅最大，由 1986 年的 34.96%下降到 1990 年的 2.18%.

3.2 季节变化

滆湖水生植物的生物量没有很明显的季节变化(图 3). 总的趋势是生物量逐月增加，而且上升的速度比较快. 1987 年洪水时致使当年 12 月及次年 3 月的生物量受到一定程度的影响，但很快得到恢复. 滆湖与长江中游的大多数湖泊不一样，这些湖泊水生植物的生物量每年均

维普资讯 http://www.cqvip.com

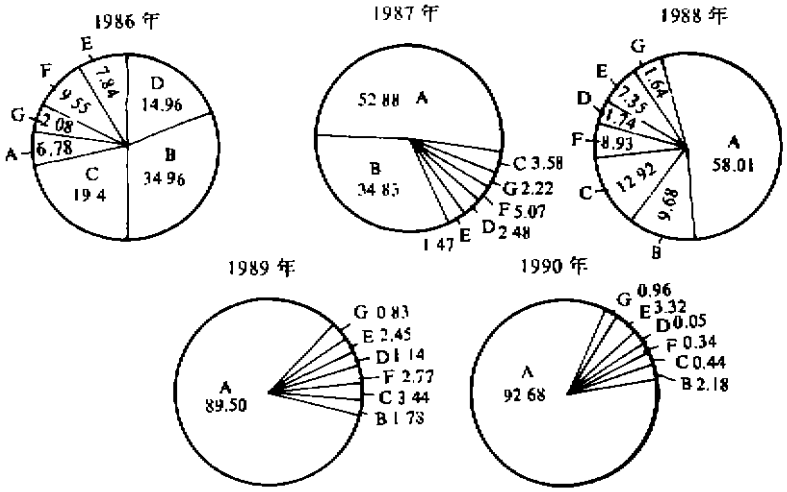

图 2　滆湖各年份水生植物所占的重量百分比(%)

A：黄丝草，B：轮藻，C：聚草，D：马来眼子菜，E：苦草，F：轮叶黑藻，G：金鱼藻

Fig. 2　Proportions of different aquatic plants in each year in Gehu Lake

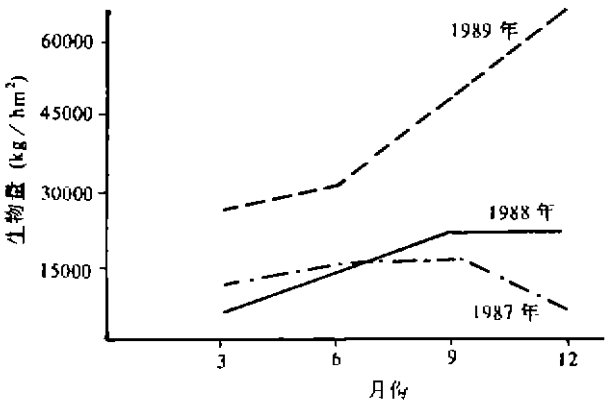

图 3　滆湖各年份生物量的季节变化

Fig. 3　Seasonal changes in biomass of aquatic plants in Gehu Lake

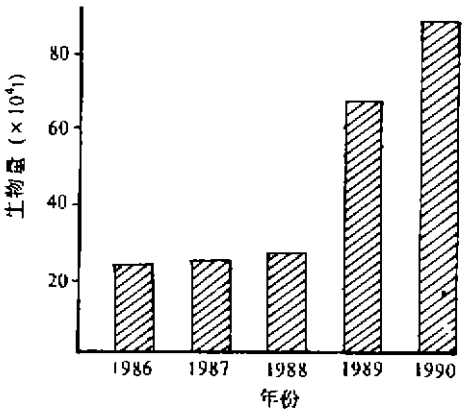

图 4　滆湖水生植物生物量的年变化

Fig. 4　Annual changes in biomass of aquatic plants in Gehu Lake

有一个高峰期，大致在 8－9 月份.

3.3　年变化

由图 4 可以看出，滆湖水生植物生物量的年变化明显分两个阶段，从 1986—1988 年生物量每年略有增长，1989 年生物量开始加速增长. 1990 年生物量比 1986 年净增长 2.7 倍，这主要是由于黄丝草生物量上升较快，它在总生物量中所占的比例由 1986 年的 6.78%上升至 1990 年的 92.68%，另一方面由于沿湖农民对黄丝草未有足够的认识，致使黄丝草的利用率偏低造成的.

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 水生植物的合理利用

4.1 水生植物渔产潜力的估算

滇湖已从天然捕捞湖泊转变为以养为主的湖泊，属已开发到一定规模的草型湖泊. 因此，滇湖水生植物的渔产潜力的计算方法与常规方法有所不同. 本文根据滇湖的特点在陈洪达计算方法的基础上提出滇湖水生植物渔产潜力计算公式为：

$$F = \frac{B \cdot P \cdot T}{K \cdot S} + \frac{A - B}{K \cdot S}$$

式中，B 为水生植物现存量；P 为持续利用率，以 50%计；T 为草食性鱼可食草比例；K 为饵料系数，以 100 计；S 为全湖面积(16 400hm²)；F 为水生植物渔乡潜力. 将拟定的数据代入公式即可求出滇湖水生植物的渔产潜力(表 5).

表 5 滇湖水生植物的渔产潜力

Tab. 5 Potentials of aquatic plants for fishery production in Gehu Lake

年份	水生植物现存量(×10⁴kg)	草食性鱼可食草比例(%)	水生植物生产力(×10⁴kg)	渔产潜力(kg/hm²)
1986	23750	39.13	48890	181.65
1987	24370	58.65	50700	204.15
1988	26910	76.03	56020	239.85
1989	66740	95.87	102000	410.10
1990	88850	96.39	125150	482.40
平均	46124	73.21	76552	288.45

由表 5 看出，湖水生植物的渔产潜力在 180－480kg/hm² 左右. 而滇湖近几年的天然捞产量维持在 220×10⁴kg 左右，平均单产 135kg/hm². 因此滇湖水生植物的渔产潜力还有相当的余地，说明现今滇湖水生植物资源利用明显不足.

4.2 水生植物的年度 P/B 系数

水生植物主要是作为初级生产者，为鱼类提供天然饵料，并能净化水质维持湖泊生态平衡. 由前面的计算，滇湖水生植物的 P/B_{max} 系数为 1.5－2.0 左右. 而根据国内外资料记载湖泊水生植物的 P/B 系数通常在 1.25 左右，这说明草型湖泊水生植物的 P/B 系数较藻型湖泊的 P/B 系数要大. 在滇湖及实验室的观察也充分说明这个问题. 根据试验，苦草的 P/B 系数可以达 4－6，远大于本文的求算结果. 而各种不同水生植物的 P/B 系数也不尽相同，另外水生植物总的 P/B 系数还存在着各种水生植物加权的问题. 这方面还有许多工作要做，因此，草型湖泊水生植物的 P/B 系数不能简单地沿用常规方法.

4.3 水生植物与网围养鱼的关系

近年来滇湖的网围养鱼发展迅速，已从 1985 年的 967hm² 发展到 1990 年的 2 067hm². 预计今后数年内还会有一定程度的发展. 目前滇湖的围养面积已占全湖总面积的 12.6%.

网围养鱼的发展对于提高水生植物的利用起着推动作用. 据初步统计，1989 年全湖 1 900hm² 网围全年共投放水草 15×10⁴t，精料 800×10⁴kg. 但随着精料价格的不断上涨，精料的投喂量肯定会相应减少，且精料的大量投喂还会增加水体的负担，加速水体富营养化和沼泽化进程. 因此，要适当调整网围养鱼的食料组成，建议在网围内多投水草饲养草鱼和团头鲂，尤

维普资讯 http://www.cqvip.com

其应利用黄丝草资源. 如能充分利用黄丝草，既可抑制黄丝草的迅速漫延，缩小其生存空间，也如其它水生植物特别是苦草、轮叶黑藻和马来眼子菜等创造一定的生存竞争条件.

5 讨论

5.1 水生植物生物量变化的原因

滆湖水生植物有一个明显的演替过程，其代表型从 1986 年的轮藻转变为现今的黄丝草. 在大力发展网围的今天能有如此的变化应该说是与网围养鱼有较为密切关系. 网围面积的扩展，养鱼产量的提高给湖体增加了丰富的营养源，投喂的精料有相当一部分流失到水体中[2]，而同期滆湖浮游动植物资源没有发生较明显的变化，底栖动物资源甚至略有下降，只有水草资源有较大增加. 因此，可以认为流失到湖体中的精料分解后被水生植物吸收，促进了水生植物的萌发、扩展. 另外，围养的发展促进了渔民捞草的积极性，不断对水草的捞割加速了水草的新陈代谢，也就促进了水草资源的大幅度增加.

5.2 水生植物的利用现状

滆湖的水生植物资源（主要指沉水植物）非常丰富. 在草鱼食团中发现的 9 种水生植物黄丝草、金鱼藻、马来眼子菜、轮叶黑藻、茨藻、菹草、苦草、小茨藻和聚草[6]除大茨藻和小茨藻外其余均是滆湖水生植物的优势种类. 因此，滆湖发展草食性鱼类有着得天独厚的优势. 但滆湖水生植物资源的利用现状却不甚理想. 以 1989 年为例，1 900hm^2 的网围每年用草 15×10^4t，沿湖 1 667hm^2 池塘养殖每年从湖区捞草 18×10^4t，总计 33×10^4t，占当年全湖水草现存量的 49%. 应当指出的是用去的水草主要是苦草、轮叶黑藻和马来眼子菜. 黄丝草只利用了一小部份，大量的黄丝草被浪费. 据观察黄丝草一年四季都有新芽冒出，而苦草等的过度利用为黄丝草的大量萌发创造了条件，增强了黄丝草的生存竞争能力.

5.3 水生植物的合理利用

七十至八十年代初，滆湖水生植物资源利用非常低，基本上任其自生自灭. 目前滆湖已成为我国 14 000hm^2 以上大中型湖泊中以养为主、增养结合的湖泊. 但现今滆湖水生植物资源的利用不甚合理. 首先是种类组成，以黄丝草、聚草和轮藻为主，它们占总生物量的 90%左右，而这几种水草被草食性鱼类利用率较低；其次是沿湖农民和网围区渔民进入湖区大量捞取苦草和轮叶黑藻，致使苦草和轮叶黑藻分布面积下降. 为此建议大量开发利用黄丝草，适当保护苦草和轮叶黑藻，可以考虑在湖区北部另辟一块水草保护区，此区有一定的水流，利于苦草和轮叶黑藻的生长. 要使滆湖的水草资源充分合理利用，必须兼顾三个方面的因素：湖区网围的用草量；沿湖池塘的耗草量；湖区水草的持续供饵能力. 在维护湖泊良性循环的基础上达到动态平衡. 使水草这个初级生产者既为渔业服务又可维持现有的生态平衡.

参 考 文 献

1 颜素珠. 中国水生高等植物图谱. 北京：科学出版社，1983

2 中国科学院水生生物研究所. 淡水渔业增产新技术. 南昌：江西科学技术出版社，1983

3 陈洪达. 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. 水生生物学集刊，1975，5(3)：410－419

4 官少飞等. 鄱阳湖水生维管束植物生物量及其合理开发利用的初步意见. 水生生物学报，1987，11(3)：219－226

维普资讯 http://www.cqvip.com

5 联合国粮农组织. 网箱和栅栏养鱼. 北京:中国农业出版社,1984
6 中国科学院南京地理与湖泊研究所. 中国湖泊概论. 北京:科学出版社,1989

THE BIOMASS, SUCCESSION DYNAMICS AND RATIONAL UTILIZATION OF AQUATIC PLANTS IN GEHU LAKE

Zhou Gang
(*Freshwater Fisheries Research Institude of Jiangsu Province, NanJing*, 210017)

Abstract

The present study was carried out from 1986 to 1990. Five different methods were chosen to calculate the biomass of aquatic plants in Gehu Lake. The transect association in whole lake is compared and analysed. The changing pattern of aquatic plants in the lake is discussed in three aspects, also a discussion about their rational utilization is given. An equation for estimating potential fishery production in a densely macrophyte-covered lake is preliminarily proposed. In the last part of the paper, the reasons for the biomass variation of aquatic plants in Gehu Lake are discussed, some suggestions are preliminarily made of the rational utilization of aquatic plants in Gehu Lake.

Key Words Gehu Lake, aquatic plant, biomass, variation pattern