武汉东湖大茨藻群落的研究*

陈 洪 达
（中国科学院水生生物研究所）

提 要

本文总结了 1962—1964 年和 1972—1982 年对东湖大茨藻群落的研究工作。研究的主要内容有：群落面积和生物量的逐年变化，物候相和种子发芽率，植物的光合作用和呼吸作用，以及植物群落对太阳能量的利用效率。最后提出了对大茨藻群落的改造问题。

湖泊水生植被是湖泊生态系统结构中的重要成分之一。组成湖泊水生植被的各个植物群落，它们的生境、面积、产量和群落结构等均有所不同，对水生态系统功能的影响也就有差异。茨藻属植物是沉水植物，全世界约有 50 种[7]，其中大茨藻（*Najas major*）和小茨藻（*N. minor*）是主要种类，在我国湖泊、池塘、河沟和水稻田中常见，往往形成大面积群落，在水生植被中占有一定的地位，是我国水生植物群落之一[1]。根据 Cook(1974) 报道，茨藻属的许多种类可作为罗非鱼（*Tilapia melanopleura*）的饵料，但就该属植物来说，它的经济意义不大，甚至在灌溉沟渠中是障碍物，影响水流。武汉东湖是一个浅水湖泊，面积为 28.5 平方公里，湖中有大茨藻、小茨藻、草茨藻（*N. graminca*）和多孔茨藻（*N. foveolata*）[2]，其中大茨藻是主要的种类，是草鱼的饵料植物之一[3]，有时也作为猪的补充饲料，但其枝叶上具粗刺，给东湖水上运动事业的发展带来不利的影响[4]。从评价该植物群落在湖泊生态系统中的地位和对植物资源的利用与群落的改造方面出发，对大茨藻进行深入的研究是必要的。

材 料 和 方 法

植物生物量的测定，是用面积为 0.25 平方米（50×50 厘米）的带网铁铗进行的，每个测点采样两次，除去根和枯枝烂叶，称其鲜重，然后换算成干重。在实验室内测定植物的湿重与干重的比例，取其平均值计算，100 克湿重=74.58 克鲜重，100 克鲜重=5.25 克风干重=4.3 克烘干重，因此烘干物质重 = 湿重×0.7458×0.043 = 湿重 × 0.032。在 1962—1963 年对全湖 21 个断面 224 个测点进行各种植物生物量测定时，对大茨藻的生物量和分布面积都分别作了计算[4,5]。为了考察大茨藻生物量的逐年变化，从 1972 年起至 1982 年，对第 VI 断面（汤林湖）上的 10 个测点进行了 11 年的测定。测定时间均在每

* 王安定同志参加了 1973—1980 年的野外测定工作，张晓燕同志参加了 1981 年的室内工作。
编辑部收到日期：1982 年 12 月 30 日。

年 8 月，此时大茨藻的生物量最高。

大茨藻植株上种子数量的计算，是随机称其 100 克湿重植株，计其种子数。湖泥中大茨藻种子数量的计算，则是采用面积为 1/14 平方米的彼得生式采泥器采集的。植物光合作用和呼吸作用的测定，于 1981 和 1982 年在实验室内进行。试验瓶为夹层磨口玻璃瓶，容积约为 260 毫升，培养液用东湖自来水或东湖自来水加 $NaHCO_3$（按 3.8% 比例加进 1.35% 的 $NaHCO_3$ 溶液；根据我所四室化学组提供的资料，东湖湖水的总无机氮含量为 0.1465—0.7423 毫克/升，正磷酸盐为 0.007—0.019 毫克/升）。试验用植物采自东湖，将植物洗净，取其顶枝，每试验瓶放鲜重植物 0.5 克。供试验用的光源为 1000W 的卤钨灯，灯外套有循环冷却水用的玻璃罩，光强度的测定是用西德产的 Gossen 牌照度计，光照时间为 1—2 小时，水中溶氧的测定用碘量法。光合作用产量的计算单位为毫克氧/每克植物(鲜重)/小时 (mg $O_2 \cdot g^{-1}$ fresh wt. $\cdot h^{-1}$)，光合率的计算单位为 1 小时内干物质增重的百分比。大茨藻营养成分的分析，于 1963 年由当时的化学分析组承担。

结 果 和 讨 论

(一) 茨藻群落的面积和生物量

1.群落的面积及其变化

根据 1962—1963 年的测定，在采样面积为 0.5 平方米的 224 个测点中，大茨藻的频度为 44.64%，仅次于黑藻 (51.34%) 和黄丝草 (50.45%) 占第三位。小茨藻的频度 (19.64%)，占第六位。当时在水深 1—3 米的浅水区，大茨藻仅散生于其他群落之中，但在郭郑湖 3—4.2m 深的地区，则形成比较单纯的大茨藻群落，其面积为 2.98 平方公里，占全湖面积的 10.46%。除大茨藻群落外，另有大茨藻 + 小茨藻群落，它主要分布于后湖 3—3.8 米深的地区，其面积为 1.89 平方公里，占全湖面积的 6.63%。合计起来，茨藻群落的面积为 4.87 平方公里，占全湖面积的 17.09%，或占全湖水生植被面积 (23.78 平方公里) 的 20.48%。

1964 年 6—7 月间，由于洪水泛滥，严重地影响了沉水植物的生长，处在湖中深水处的大茨藻群落和大茨藻+小茨藻群落受到了很大的破坏，8 月份调查，全湖的茨藻群落已消失，仅在岸边浅水处找到少量的植株。在 1965—1971 年间，定期的调查中断了，但通过不定期的目测，大茨藻和小茨藻的植株仍很少。从 1972 年起，配合东湖渔业增产试验和生物生产力研究，作者再次对大茨藻群落的面积和生物量进行定期的测定 (表 1)。从表 1 可以看出，在 1972 年大茨藻群落仍没有侵入到汤林湖，但在 1973 年则出现了，1976 年形成大面积群落，面积约 5 平方公里。1977 年汤林湖大茨藻群落突然消失，但在郭郑湖水深 3.5 米内的浅水区出现了面积约 1.76 平方公里的大茨藻群落，由于植株生长得很好，密度很大，严重地防碍了人们在夏季游泳和船只航行。汤林湖大茨藻群落的面积于 1978—1979 年又恢复为 5 平方公里，约占汤林湖面积的 94%，或全湖面积的 17.51%，与 1962—1963 年全湖茨藻群落面积相比稍大些。在 1980—1982 年，汤林湖大茨藻群落的面积又明显减少了，而在郭郑湖湖心亭附近又有小面积群落的恢复。造成东湖大茨

表 1　武汉东湖第 VI 断面(汤林湖区)上大茨藻生物量的逐年变化(单位：湿重·克/平方米)

Tab. 1 Change of standing crop of *Najas major* along transect VI in Lake Donghu (Wet wt. g · m^{-2})

年　份	断面上各植物总生物量	大茨藻的生物量	大茨藻生物量占总生物量(%)
1962	1448.3	0	0
1963	1779.8	0	0
1972	845.3	0	0
1973	472.6	2.2	0.47
1974	99.5	89.2	89.65
1975	5.8	4.0	68.97
1976	2074.2	1996.8	96.27
1977	48.2	0	0
1978	2995.8	2877.4	96.05
1979	1005.6	871.4	86.65
1980	195.6	4.0	2.04
1981	0	0	0
1982	158.3	121.9	77.01

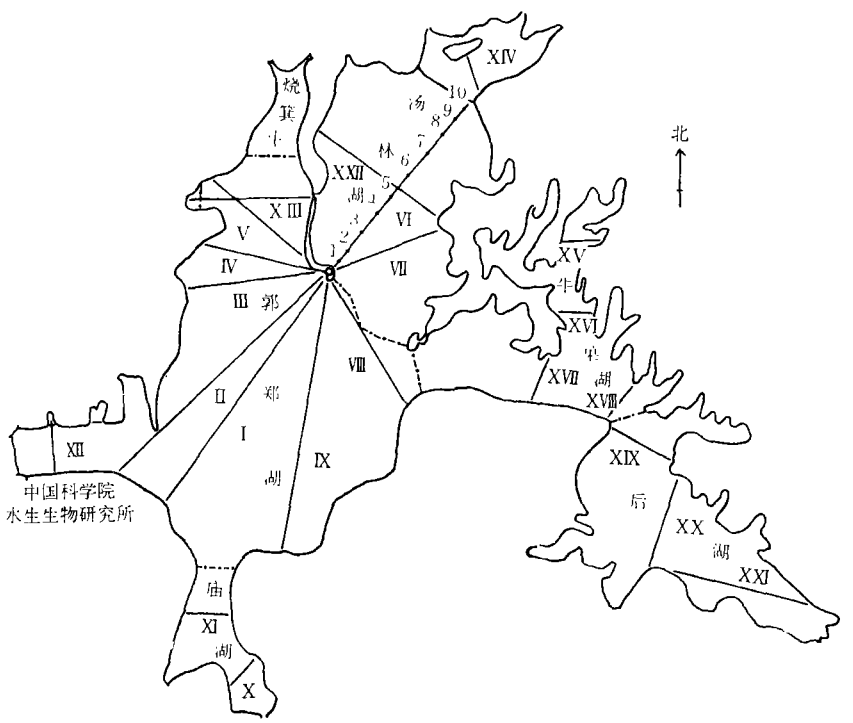


图 1　武汉东湖水生植物生物量的测定断面位置图

Fig. 1　Map of Lake Donghu showing the sampling transects for standing crop determination of aquatic macrophytes

—·—·—·— 采集断面和采集点　Sampling transects and Sampling Positions

—·—·— 新修公路　New roads

藻群落时起时伏的原因，主要是草鱼的放养数量和水位的变化[4]。

2. 生物量及其变化

根据 1962—1963 年全湖 21 个断面生物量的资料(图 1—2)，大茨藻生物量平均为湿

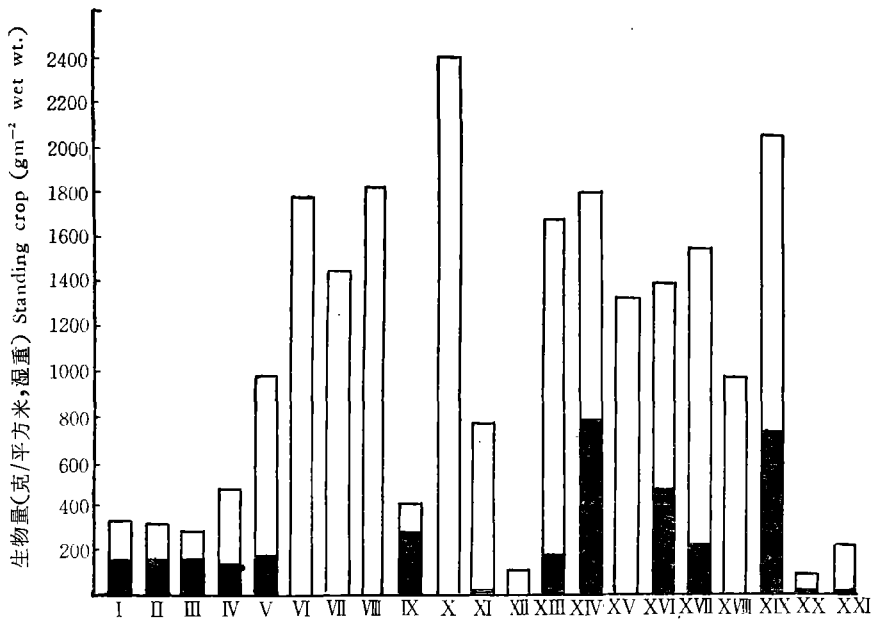


图 2 武汉东湖各断面上的大茨藻生物量 (1962—1963)

Fig. 2 Standing crop of *Najas major* at various transects in Lake Donghu (1962—1963)

□ 断面总生物量 The total standing crop of macrophytes

■ 大茨藻的生物量 Standing crop of *Najas major*

重 166 克/平方米或烘干重 5.31 克/平方米，以全湖面积 28.5 平方公里计，则全湖大茨藻生物量为湿重 4,731 吨或烘干重 151.34 吨，占全湖植物总生物量湿重 (30,440 吨) 的 15.54%，或烘干重(2,337 吨)的 6.48%。大茨藻生物量最大的断面为 XIV 和 XIX 两个断面，湿重分别为 776.5 克/平方米和 720.8 克/平方米。根据 21 个断面资料，全湖小茨藻生物量平均为湿重 64.5 克/平方米或烘干重 1.87 克/平方米，全湖小茨藻生物量为湿重 1,838.25 吨或烘干重 53.3 吨，占全湖植物总生物量湿重的 6.04% 或烘干重的 2.28%。小茨藻生物量最大的断面为 XIX 断面，湿重 547.2 克/平方米。将大茨藻和小茨藻生物量合计起来，1962—1963 年全湖茨藻生物量为湿重 6,569.25 吨或烘干重 204.64 吨。在此期间。从汤林湖第 VI 断面上 10 个点的逐年测定资料(表 1)可以看出，汤林湖内大茨藻的出现是在 1973 年，当时生物量仅 2.2 克/平方米，占植物总生物量的 0.06%；其后数年，大茨藻生物量有所上升，至 1976 年达湿重 1996.3 克/平方米，占植物总生物量的 96.27%；在 1977 年则突然下降为零；1978 年恢复到最高峰，为 2,877.4 克/平方米，占植物总生物量的 96.05%，按群落面积 5 平方公里计算，汤林湖大茨藻的最高生物量为湿重 14,387

吨，或烘干重 460.38 吨，与 1962—1963 年全东湖大茨藻和小茨藻的合计生物量相比，则增加 1.2 倍。但在 1980—1982 年，其生物量分别下降为湿重 4 克/平方米，0 克/平方米和 121.9 克/平方米。

3. 大茨藻群落中各植物生物量的比例

根据 1962—1963、1976、1978 和 1979 年的测定，大茨藻群落的总生物量湿重为 548—3,152 克/平方米，其中大茨藻生物量占总生物量的 87—98%（图 3），其他种类，如聚草、苦草、金鱼藻、黑藻、黄丝草和小茨藻的生物量，合计为 2—13%，可见大茨藻群落容易形成单优势的群落。

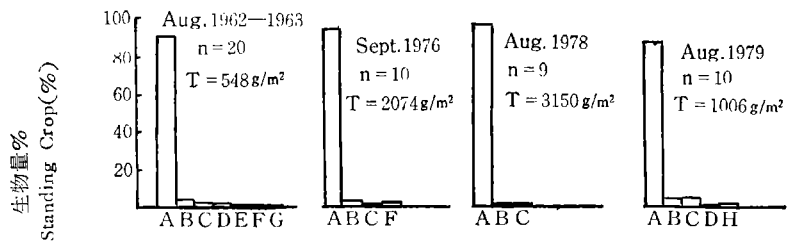


图 3　武汉东湖大茨藻群落中各植物生物量的百分比
n 为采集点数，植物总生物量为湿重克/平方米
A 大茨藻　B 聚草　C 苦草　D 金鱼藻　E 黑藻　F 小茨藻　G 黄丝草 H 莲

Fig. 3　Percentage of standing crop of various species in *Najas major* community of Lake Donghu
n—Number of Sampling positions T—Total standing crop (g wet wt. m^{-2})
A—*Najas major*　B—*Myriophyllum spicatum*　C—*Vallisneria spiralis*
D—*Ceratophyllum demersum*　E—*Hydrilla verticillata*　F—*Najas major*
G—*Potamogeton Maackianus*　H—*Nelumbo nucifera*

（二）大茨藻群落的物候相和种子发芽率

大茨藻群落的物候相是以单优势种大茨藻的物候相为特征。大茨藻是一年生沉水植物，靠种子繁殖。种子通常在 3—4 月份发芽，淡绿色的幼苗处在湖水透明度层以下的湖底，看不到水下群落的春季相。7—8 月开花结实，花小不明显，单性，叶腋生，在水中受精。植株长 1—1.5 米，分枝多，淡绿色枝叶扩展在湖水透明度层以上近水面，可见貌似水下森林的景观。

大茨藻种子的结实率和发芽率较高，根据 1962、1973、1976 和 1977 年的调查测定，每 100 克湿重植株上有种子 91—380 粒，平均为 224 粒，种子于 8—9 月成熟后落入湖底，待次年春季发芽生长。1980 年 4 月 16 日，我们对汤林湖两个断面 19 个点的种子数及种子发芽情况进行了测定（表 2），第 XXII 断面的种子数为每平方米 238—5,110 粒，平均 910 粒；第 VI 断面有 98—1,134 粒，平均 383 粒，两个断面平均值为 647 粒。两个断面上已发芽的种子数分别为 64 粒和 176 粒，占种子数的 19.34% 和 16.70%，平均为 18.35%。测点上的最高发芽率为 70%，是处在 1.4 米的浅水处。当时植物幼苗平均长度为 3.75 厘米，

表 2 武汉东湖汤林湖区底泥中的大茨藻种子数量和种子发芽率(1980. 4. 16)

Tab. 2 The seeds number and germination percentage of *Najas major* seeds in the sediment of Lake Donghu (16 April 1980)

采集断面编号	VI		XXII	
	范围	平均值	范围	平均值
种子数量(个·米$^{-2}$)	98—1134	383	238—5110	910
已发芽的种子数(个·米$^{-2}$)	0—168	64	14—1022	176
种子发芽率(%)	0—50.00	16.70	5.88—70.00	19.34
水深(厘米)	150—300	272	140—320	255
透明度(厘米)	80—110	92	70—130	92

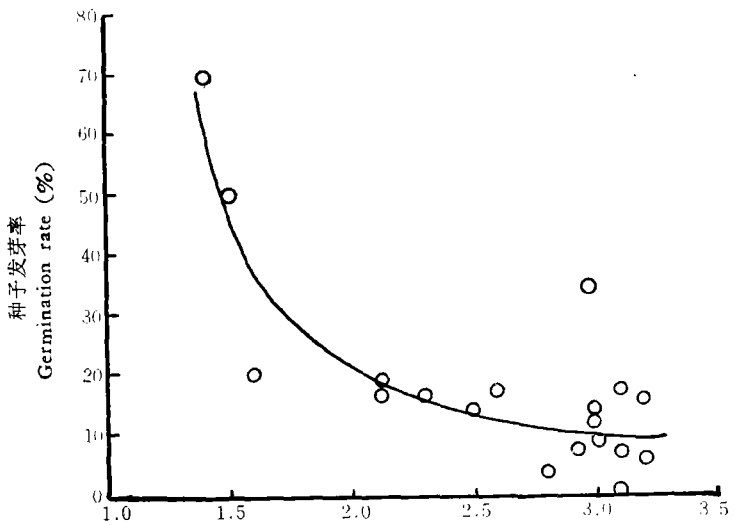


图 4 武汉东湖汤林湖区不同水深处的大茨藻种子发芽率(1980. 4. 16.)

Fig. 4 The germination percentage of *Najas major* seeds at different water depths in Lake Donghu (16 April 1980)

表 3 大茨藻的光合作用和呼吸作用(培养液: 东湖自来水加 $NaHCO_3$)

Tab. 3 The photosynthesis and respiration of *Najas major* in tap water from Lake Donghu, with added $NaHCO_3$, under 8,000 lx and 26—28℃ conditions

测定日期	光合作用		呼吸作用	
	净产量	光合率(%)	暗呼吸量	呼吸率(%)
1981.6.9	0.34	1.20	0.30	1.06
6.12	0.16	0.54	0.28	0.94
6.16	0.30	1.06	0.24	0.86
6.19	0.12	0.42	0.12	0.42
6.26	0.16	0.56	0.16	0.56
6.30	0.26	0.92	0.20	0.72
7.3	0.06	0.22	0.22	0.78
平均 X±SD	0.20±0.10	0.70±0.36	0.22±0.06	0.76±0.22

最长的为 6 厘米，一些种子正在萌芽。根据调查资料分析，在不同水深处的种子其发芽率有所不同(图 4)，在同一时间内，浅水处的种子发芽率比深水处的要高，这可能与水温的差异有关。根据 Forsberg (1965) 和 Van Vierssen (1982) 的试验，大茨藻的种子在水温 12℃时能发芽，随着温度的增高，其发芽率也提高，在 20—25℃ 和黑暗条件下的发芽率最高，达 65—80%[8,11]

(三) 大茨藻的光合作用和呼吸作用

为了测定大茨藻的光合作用和呼吸作用，于 1981—1982 年在室内进行了 14 次试验。1981 年的 7 次试验，结果表明(表 3)，净产量为 0.20±0.10mg $O_2 \cdot g^{-1}$(fresh wt)h^{-1}，1 小时的光合率为 0.70±0.36%；呼吸量为 0.22±0.06mg$O_2 \cdot g^{-1}h^{-1}$，1 小时的呼吸率为 0.76±0.22%；P (净产量):R (呼吸量)=0.91。1982 年的 7 次试验(表 4)，测得净产量为 0.08±0.04mg $O_2 \cdot g^{-1}h^{-1}$，1 小时光合率为 0.27±0.12%；呼吸量为 0.13±0.06mg$O_2 \cdot g^{-1}h^{-1}$，1 小时呼吸率为 0.45±0.22%；P:R = 0.62。上述两组试验结果表明，在培养液中加进 $NaHCO_3$，增加 CO_2 含量，有利于植物的光合作用。

表 4　大茨藻的光合作用和呼吸作用(培养液：东湖自来水)

Tab. 4　The photosynthesis and respiration or *Najas major* in tap water from Lake Donghu, under 8,000 lx and 26℃ conditions

测定日期	光合作用		呼吸作用	
	净产量	光合率(%)	暗呼吸量	呼吸率(%)
1982.5.24	0.10	0.36	0.10	0.36
5.24	0.13	0.46	0.14	0.50
5.28	0.08	0.28	0.08	0.28
5.29	0.07	0.24	0.21	0.74
6.10	0.05	0.18	0.16	0.56
6.12	0.02	0.08	0.17	0.60
6.14	0.09	0.32	0.02	0.08
平均　X±SD	0.08±0.04	0.27±0.12	0.13±0.06	0.45±0.22

(四) 东湖大茨藻群落的光能利用效率

根据 Boyd (1978)、Wetzel (1975) 和 Little (1979) 的资料，沉水植物所含蛋白质量比挺水植物为高，甚至比浮叶植物也要高些，但现存量则较低。根据 1963 年我所化学分析组对东湖 8 种主要沉水植物(黄丝草、黑藻、聚草、金鱼藻、马来眼子菜、苦草、菹草和大茨藻)的分析，其粗蛋白质含量平均占干物质的 19.61%，粗脂肪占 5.05%，每克干物质含能量 3,673 卡。大茨藻的粗蛋白质和粗脂肪的含量分别占干物质的 13.53% 和 3.38%，在沉水植物中是最低的，其能量为 2,985 卡，也是较低的，但灰分含量却较高，占干物质的 24.99%。

为了计算1976年东湖汤林湖区大茨藻群落的光能利用效率，采用了如下的计算式：

$$\text{光能利用效率}(\%) = \frac{\text{每平方米的有机物质总能量} \times 100}{\text{每平方米的太阳辐射能}}$$

有机物质总能量(GPP)应为净产量(NPP)和呼吸量 (R) 之和。净产量则包括最高生物量(B_1)和被草鱼消耗的植物量(B_2)，以及被农民割去作为猪饲料和肥料用的植物量(B_3)。

B_1：1976 年 8 月 22 日测得汤林湖大茨藻群落的最高生物量为湿重 2,074.2 克/平方米；

B_2：1976 年草鱼亩产 1.5 斤，以饵料系数 120 计算[4]，则被草鱼消耗的植物量为湿重 135 克/平方米；

B_3：根据调查，利用大茨藻等植物作为猪饲料和农田肥料的单位有东湖渔场畜牧队和湖滨农业生产队，其用量不大，估计全年总用量约 50 吨，即 9.4 克/平方米。

将上述 B_1，B_2 和 B_3 加起来即得植物净产量 2218.6 克/平方米 (即 $NPP = B_1 + B_2 + B_3 = 2074.2 + 135 + 9.4 = 2218.6$)，其中大茨藻占 96%，其他种类占 4%。大茨藻的干物质重占湿重的 3.2%，其他种类则以 5.9% 计算。大茨藻干物质的能量为 2,985 卡，其他种类以 3,777 卡计算。根据以上所列的数值，就可算出植物群落净产量的能量值为 223.22Kcal 米$^{-2}$。

大茨藻呼吸量的计算是根据室内测定的资料。1981—1982 年，我们对东湖中 9 种沉水植物的 P/R 系数进行了测定，其中大茨藻的 P/R 系数最小，在东湖水的培养条件下为 0.62，加进 $NaHCO_3$ 的条件下为 0.91。现以 P/R 系数为 0.62 (即呼吸量为净产量的 1.6 倍)计算，推算出东湖大茨藻群落的呼吸量的能量值为 357.15 千卡/平方米。将上述所得的净产量和呼吸量的能量值加起来，就是群落有机物质的总能量值，为 580.37 千卡/平方米。

根据武汉市东西湖气象站提供的资料，1976 年全年东湖辐射量为 1,030,000 千卡/平方米，从而可计算出 1976 年汤林湖大茨藻群落的光能利用效率(η)：

$$\eta(\%) = \frac{580.37 \text{ 千卡/平方米} \times 100}{1{,}030{,}000 \text{ 千卡/平方米}} = 0.056$$

这个数值与 Haniffa & Pandian (1978) 报道的热带池塘水生植物群落的光能利用效率 1.30% 相比，要低 28 倍。该池塘的主要种类是轮藻、金鱼藻和黑藻，其有机物质总能量为 24,682 千卡/平方米，为东湖大茨藻群落的 42 倍。

综合以上所得的研究结果可以看出，20 年来，大茨藻群落是东湖的主要群落之一，特别是近 10 年内它已成为绝对优势的群落，但由于其生长季节短，干物质产量不高，光能利用效率很低，经济价值不大，加上其茎叶上均具粗齿，成为夏季游泳者最讨厌的水生杂草。东湖是武汉市唯一的风景湖泊，是良好的天然水上运动场所，为了保护东湖的水质，限制和消灭有害的植物群落，保护和发展有益的植物群落是必要的，为此有必要对大茨藻群落进行改造，限制它的发展，而代之以对东湖生态系统的结构和功能更为有利的植物群落，这也是我们正在研究的课题。

参　考　文　献

[1] 中国植被编委会，1980。中国植被。666—697 页。科学出版社。
[2] 周凌云等，1963。武昌东湖水生维管束植物区系的初步调查。武汉大学学报(自然科学版)，(2)：122—132。
[3] 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。科学出版社。
[4] 陈洪达，1980。武汉东湖水生维管束植物群落的结构和动态。海洋与湖沼，**11**(3)：275—284。
[5] 陈洪达、何楚华，1975。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，**5**(3)：410—420。
[6] Boyd, C. E., 1978. Chemical composition of wetland plants. In: Ralph E. Good, 1978. Freshwater Wetlands. 155—167. Academic Press.
[7] Cook, C. D. K., 1974. Water plants of the world. The Hague.
[8] Forsbery, G., 1965. Sterile germination of oospores of *Chara* and seeds of *Najas marina*. *Physiol. Plant,* **18**: 128—137.
[9] Haniffa, M. A. and T. J. Pandian, 1978. Morphometry, primary productivity and energy flow in a tropical pond. *Hydrobiologia,* **59**(1): 23—48.
[10] Little, E. C. S., 1979. FAO Fish. Tech. Pap., (187): 176p. Handbook of utilization of aquatic plants. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
[11] Van Vierssen, W., 1982. Some notes on the germination of seeds of *Najas marina* L. *Aquat. Bot.,* **12**: 201—203.
[12] Wetzel, R. G., 1975. Limnology, 357—388. London, etc. Saunders.

STUDY ON *NAJAS MAJOR* ALL. COMMUNITY OF LAKE DONGHU, WUHAN

Chen Hongda

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Najas major community and *Najas major* +*Najas minor* community in Lake Donghu were studied during 1962—1964 and 1972—1982.

In 1962 and 1963, lake area covered by *N. major* community was 2.98 km^2, while that by *N. major*+*N. minor* community was 1.89 km^2. For both communities the total area was 4.87 km^2, comprising 20.48% of the aquatic vegetation in the lake or 17.09% of the lake area. *N. minor* has gradually diminished since 1972, while *N. major* kept on developing during 1976, 1978 and 1979, up to an area of 5 km^2 and equivalent to 90% of the total aquatic vegetation area at that period.

In 1978 the maximum standing crop of *N. major* community was 85.75 gm^{-2} (dry wt.) or 428.73 metric tons (dry wt.) in whole lake, about 2.2 times as that *N. major* and *N. minor* summed together during 1962—1963.

Life history of *N. major* has been observed. Every 100 g fresh plants produced 91—380 seeds, which germinated in April, with rather high germinative rate.

The photosynthesis and dark respiration of *N. major* has also been estimated. Under laboratory conditions of light intensity of 8,000 lx, water temperature of 28±1°C and lake water, net production and dark respiration were 0.08±0.03 and 0.12±0.06 mg O_2 g^{-1} (fresh wt.) h^{-1}, respectively. The P/R ratio was 0.67. The photosynthetic effieiency of *N. major* in the lake was measured as 0.06% during 1976.

According to this study, *N. major* is a species of low productivity and little economic value. The coarse, spine-tipped teeth on its leaf and stem are also troublesome to swimmers. Therefore, this paper emphasizes the importance of the transformation of this community.