

黄淮海平原封丘试区水生植被

倪乐意 蔡庆华 黎道丰 刘瑞秋 伍焯田 梁彦龄

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要 对封丘试区水生植被的研究表明,挺水植物的种类少,但其分布和生物量在该地区占有绝对优势。在本地区的两大代表水体中其生物量(鲜重)可达 $2.9 \times 10^6 \text{kg}$ 和 $0.13 \times 10^6 \text{kg}$ 。沉水植物的分布面积在其中一个主要水体(曹岗湖)分布较广,但其生物量仅为 $3.2 \times 10^3 \text{kg}$ (鲜重),其生长的制约因素是水体中过多的草食性鱼类和水体过低的透明度。对植被中的主要经济种类芦苇的生长研究得出了其生物量与时间、密度和均长之间关系的函数。

关键词 水生植被 挺水植物 沉水植物 芦苇 生物量 曹岗湖 黄淮海平原

水生植被是一种非常重要的自然资源,具有科学和经济方面的双重价值。水生植被的结构,反映着本地区环境的一些特点。通过研究植被的优势种动态,可以了解环境因子的变动允许幅(最低、最适和最高三基点);通过估算生物量,可评价植被的经济价值。

我国北方地区生长季短和普遍缺水,从而造成了水生植物资源的相对匮乏。但在所有水生植物的生活型(life form)中,挺水植物往往可成为植被优势种,形成较大的面积和提供较高的生物量,其原因是挺水植物的生产力高于陆生植物,它们的营养繁殖力亦很强,能在有限和非永久性水体中生长,因而在北方的低洼地中能很快繁殖起来,成为地区植被中很重要的组成部分。

本文研究黄淮海平原封丘试区水生植被的种类组成和该地区两大代表性水体中植被的生物量分布,以及优势种植物的季节生长等,为试区水体资源的综合开发利用提供信息。

1 试区概况及工作方法

封丘试区属北温带半湿润季风气候,光热资源丰富,气候温和。其全年日照时为 2300~2500h,日照率为 55%左右,太阳年辐射量为 $460 \sim 500 \text{kJ/cm}^2$;年平均气温约 14°C ,大于 0°C 积温在 5100°C 以上,无霜期 220d 左右;降水量年际变动较大,平均为 550~650mm;蒸发量约为降水量的 3 倍,年平均为 1860mm。由于受季风气候影响,降水集中,干湿季分明^[1]。

试区内坑塘、洼地众多,渠道、河沟交错,地下水源丰富,水域总面积较大。最具有代表性的两个大水体为曹岗湖和潘店芦苇荡^[2](图 1)。

• 中国科学院封丘农业生态试验站基金项目(编号:A890201)。

来稿日期:1994年6月10日;接受日期:1994年11月1日。

作者简介:倪乐意,女,1963年生,助理研究员。1988年中国科学院水生生物研究所硕士毕业,现为在职博士生。主要从事大型水生植物生态学及生理生态学研究,已发表有关学术论文多篇。

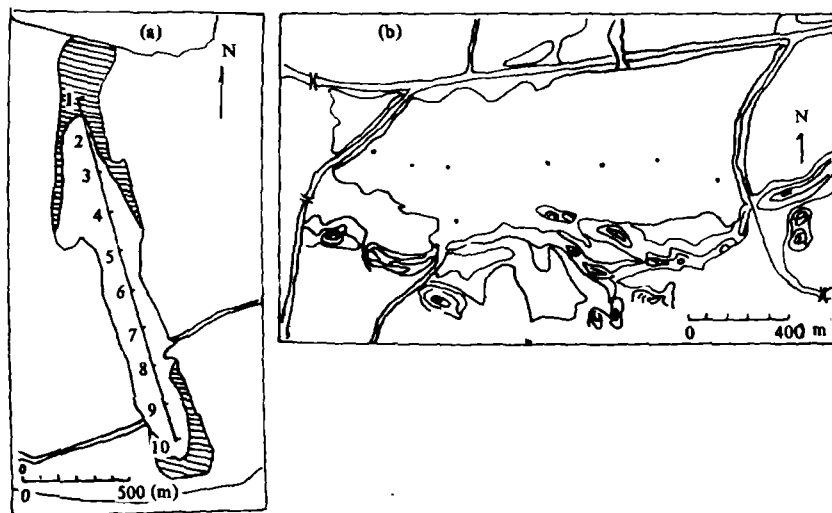


图1 封丘试区两个主要水体中的样点分布(a.曹岗湖;b.潘店芦苇荡)

Fig. 1 Distribution of samples in two major water bodies of the area

曹岗湖(35°N, 114°39'E)地处封丘县东南部,由黄河决口冲刷而成。湖呈南北向狭长形,长约2.4km,宽仅0.35km,水面积约86.71hm²,可分为中心敞水区(浮游植物占优势,深约1.8m)和北部挺水植物区(面积约40.02hm²,芦苇、蒲草和大茨藻群丛分布其中,深约0.5m)两大部分。近年来该湖渔业生产已初具规模。

潘店芦苇荡(35°02'N, 114°33'E)位于封丘县东部,呈东西向狭长形,长7~8km,宽0.6~1.2km,总面积约667hm²,跨潘店、留光和油坊三个乡,由天然渠、天然七支(以下简称七支)、天然八支(以下简称八支)将其分为4个部分。七支、八支间为主要水体(即通常年称之潘店芦苇荡),面积约200hm²,芦苇和蒲草生长茂盛。

植物的种类研究采取野外定性采样、标本压制和标本鉴定,生物量的测定采用随机样点法,样点面积为挺水植物0.5×0.5m²,沉水植物1/6m²,每个水体取8~10个样点(图1)。季节生长研究采取1×1m²样方,每次测定2个样点,采样间隔约1个月。

数据处理用自编及通用统计软件在Copam-PC486B/25微型计算机上进行。

2 结果与讨论

2.1 种类组成与分布

封丘试区水生植物种类较少,仅17科30种(表1)。从植物组成上看,湿生植物和挺水植物种类较少,但湿生植物多于挺水植物,而挺水植物在所有生活型中占有优势。湿生植物以耐干旱和耐盐碱种为主,优势种为田菁;飘浮植物和浮叶植物种类较少,仅见到槐叶苹和莲;沉水植物以广布种为主,优势种为马来眼子菜和大茨藻;挺水植物优势种为芦苇和香蒲。植物的分布特点为:湿生植物的分布有限,除水莎草有时和沉水植物相邻或混生外,主要分布在挺水植物分布区边缘的浅水中。挺水植物大片分布在芦苇荡、湖泊沿岸带和坑塘中,浮

表 1 封丘试区水生植物名录

Tab. 1 List of aquatic plants in Fengqiu area

生活型	科 名	种 名
湿生植物	木贼科 Equisetaceae	纤细木贼 <i>Equisetum debile</i>
	蓼科 Polygonaceae	水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>
	禾本科 Gramineae	瘦瘠伪针茅 <i>Pseudoraphis spinescens</i>
		李氏禾 <i>Leersia japonica</i>
	灯芯草科 Juncaceae	雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i>
	莎草科 Cyperaceae	灯芯草 <i>Juncus effusus</i>
		水莎草 <i>Juncellus acrotinus</i>
		东陵苔草 <i>Carex lasiocarpa</i>
		飘拂草 <i>Fimbristylis stanstonii</i>
		萤蔺 <i>Scirpus juncoides</i>
	豆科 Leguminosae	田菁 <i>Sebania cochinchinensis</i>
	泽泻科 Alismataceae	泽泻 <i>Alisma orientale</i>
		矮慈菇 <i>Sagittaria pygmaea</i>
挺水植物	禾本科 Gramineae	芦苇 <i>Phragmites communis</i>
	香蒲科 Typhaceae	水烛 <i>Typha angustifolia</i>
		小香蒲 <i>T. minima</i>
飘浮植物	槐叶萍科 Salviniaceae	槐叶萍 <i>Salvinia natans</i>
浮叶植物	睡莲科 Nymphaeaceae	莲 <i>Nelumbo nucifera</i>
沉水植物	狸藻科 Lentibulariaceae	狸藻 <i>Utricularia</i> sp.
	眼子菜科 Potamogetonaceae	菹草 <i>Potamogeton crispus</i>
	茨藻科 Najadaceae	马来眼子菜 <i>P. malayanus</i>
		德齿眼子菜 <i>P. pectinatus</i>
	水鳖科 Hydrocharitaceae	大茨藻 <i>Najas major</i>
	小二仙草科 Haloragaceae	小茨藻 <i>N. minor</i>
		苦草 <i>Vallisneria spiralis</i>
		轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>
	金鱼藻科 Ceratophyllaceae	聚草 <i>Myriophyllum spicatum</i>
	轮藻科 Characeae	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>
	蓼科 Polygonaceae	轮藻 <i>Chara</i> sp.
		两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i>

叶植物为偶然(或点状)分布。沉水植物主要在曹岗湖敞水区和芦苇荡的较开敞处。各植物群丛(association)的分布如下(表 2)。

表 2 植物群丛分布表

Tab. 2 Location and habitats of aquatic plant association

群 丛	曹岗湖	潘店芦苇荡	坑塘	沟渠	洼地	堤埂
芦苇	西北部和东部	西部	+	+		
芦苇-香蒲	东北部	中部				
香蒲	西南部	东部	+	+		
水莎草		周边				
槐叶萍		+				
莲	西南部					
聚草	+		+			
马来眼子菜		+		+		
大茨藻	北部					
苦草		+	+	+		
田菁					+	+

(1) 芦苇群丛 主要分布于曹岗湖北、东部沿岸,潘店芦苇荡西部和坑塘中,一般为单种优势,伴生植物为槐叶苹和香蒲,水深范围 0~1.5m。本群丛 3 月萌发,7~9 月开花,8 月达最大生物量,平均 5000g/m²。

(2) 芦苇-香蒲群丛 主要分布于潘店芦苇荡中部和曹岗湖东北沿岸。本群丛具有不稳定趋向,逐渐向香蒲优势发展;水深范围 0~1.5m,伴生种有水蓼、槐叶苹和菹齿眼子菜等。本群丛 3 月萌发,8 月达最大生物量,平均 4000g/m²。

(3) 香蒲群丛 主要分布于潘店芦苇荡东部和曹岗湖的西南部沿岸,亦常见于沟渠、坑塘中。在潘店芦苇荡中,它与芦苇群丛的分布区重叠,并有进一步扩张的趋势。深度分布范围为 0~1.8m。本群丛在 3 月萌发,6 月为花期。伴生种有狸藻、轮叶黑藻和苦草。平均生物量 5000~6000g/m²。

(4) 田菁群丛 主要分布于田埂及沟渠边芦苇群丛之外。为单种优势群丛,生长期在 4~10 月,花果期为 5~6 月,伴生种有两栖蓼和李氏禾等。

(5) 水莎草群丛 主要分布于潘店芦苇荡周围。在夏季丰水期具有一定分布面积,花期为 7~8 月,伴生种有木贼等。

(6) 槐叶苹群丛 主要分布于潘店芦苇荡中挺水植物空隙间,在夏季达到最大分布。

(7) 莲群丛 主要分布于曹岗湖西南沿岸和一些坑塘中。夏季分布面积最大,花期为 7~8 月,为单优势群丛,周围有少量沉水植物伴生。

(8) 聚草群丛 原为曹岗湖沉水植物优势种。生长季从 3 月开始,4 月达到一定分布面积,现仅见于曹岗湖西北部沿岸带,夏季开花。

(9) 马来眼子菜群丛 主要分布于潘店芦苇荡较开敞区,亦见于沟渠中,生长期为 5~10 月。夏季平均生物量有 1320g/m²(鲜重)。

(10) 大茨藻群丛 主要分布于曹岗湖北部,8 月为花期,夏季达到最大生物量,平均为 2240g/m²(鲜重)。本群丛是曹岗湖近年来夏季的主要沉水植物群丛。

(11) 苦草群丛 主要分布于潘店芦苇荡的敞水区和一些沟渠、坑塘中,常与马来眼子菜和大茨藻群丛交错分布。本群丛生长期 5~10 月,花期 8~9 月。

2.2 主要水体中水生植物最大生物量测定

挺水植物是封丘试区水生植被的优势类型,其资源最丰富。在封丘的两大代表水体中,其分布面积分别达到 100%(潘店芦荡)和 15%(曹岗湖)。根据 1990 年 8 月的测定结果(图 2),其平均样点生物量可达 43kg(鲜重)/m²,由此估算出潘店芦苇荡挺水植物最大生物量为 2.9×10⁸kg,曹岗湖为 0.13×10⁸kg。

沉水植被曾经是曹岗湖的优势植被,在湖泊人工放养鱼类以前,其在湖中的分布面积要超过挺水植被。随着“七五”黄淮海渔业发展和渔业生态研究的开展,湖泊放养密度增加,这对沉水植被的破坏很大。进入 90 年代后沉水植被的种类、分布面积和生物量都非常有限:1990 年测得沉水植物的最大样点生物量仅为 3.8g(鲜重)/m²(图 3)。由此估算出曹岗湖沉水植物最大生物量为 3230kg(鲜重)。

沉水植物作为草食性鱼类的天然饵料在渔业开发中具有重要价值。然而放养鱼种时如不考虑植物的负载能力,就会造成植物资源的减少甚至枯竭。按照饵料系数 120^[3]计算,目前资源条件下年最大出产为 53.8kg 草鱼,在保护植被的前提下,实际允许的产出只有

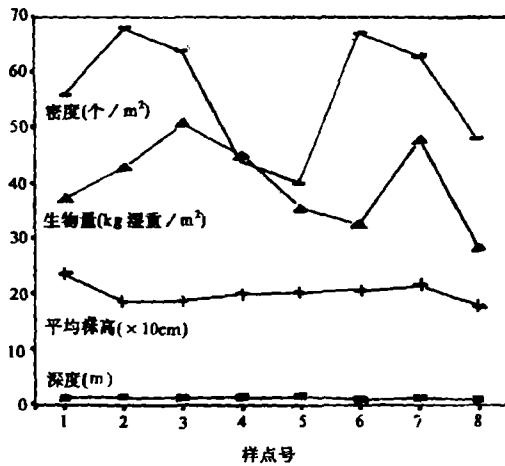


图 2 潘店芦苇荡各样点挺水植物的生物量、平均株高和密度分布

Fig. 2 Distribution of biomass, length and density of emerged plants along samples in Pandian marshes

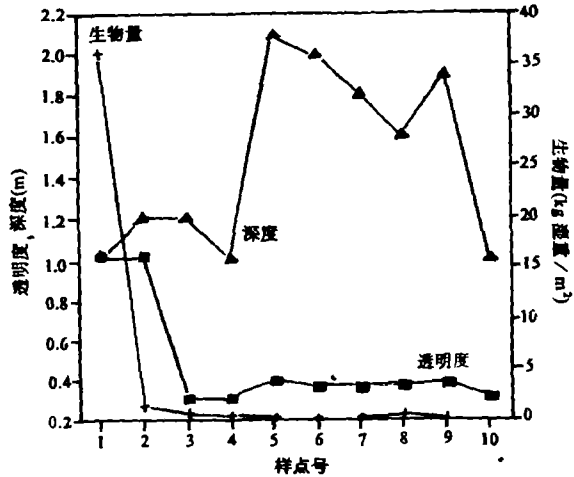


图 3 曹岗湖沉水植物生物量、湖水深度和透明度的断面分布

Fig. 3 Transectional distribution of biomass, depth and transparency in submerged macrophyte bed of Caogang Lake

21. 5kg 草鱼 (40% 的允许利用率), 渔业价值很低。经计算 1990 年沉水植被分布频率为 40% (根据图 3 计算), 恢复沉水植被的原有分布面积和提高单位面积的生物量是发展渔业之根本, 而这一目标的实现有赖于环境条件的改善, 包括减轻摄食压力和改善光照条件。因此, 停止放养草食性鱼类, 在目前是非常必要的。

2.3 水生植物的生长状况分析

封丘地区有较好的自然条件, 由于具备适合挺水植物生长的气候 (丰富的光热资源和分明的季节) 及小生境 (洼地、河滩、坑塘), 挺水植物在本地区具有广大的分布面积和较高的植被生物量。

据研究, 挺水植物是地球上产量最高的植物类群, 这是其生活型特性所决定的。影响挺水植物产量的因素有年平均辐射量、温度、水深、生长季长度、土壤特性和营养条件等^[4]。本研究结果表明: 水深对挺水植物生长的影响较小 (图 2), 样点间生物量的差异可解释为植物受土壤结构或营养条件影响的结果。但据研究, 各样点水体的营养指数都很高^[2,5], 不存在营养不良的可能, 这样, 土壤结构——土壤中的有机物含量和氧化还原电位可能成为挺水植物生长的限制因素。这一推论与他人的研究结果是一致的^[6]。

从长远看, 封丘水体中过高的营养物质浓度不利于植被的繁殖和抗逆性的锻炼。据报道, 过高的氮、磷含量会刺激枝叶等营养器官的过度生长, 并减少碳水化合物向储存器官的转移量, 从而使植物的抗淹、抗寒力和次年的生长力下降^[7]。因此, 有必要控制向潘店芦苇荡自由排放的工业污水量。工业污水中还含有大量的有机质, 是造成植物根部氧化还原电位过低的主要因素。

图 3 表明, 在植物平均高度相似的情况下, 密度和生物量变化趋势相似。因此, 样点间的生物量差异是单位面积植株萌发度不同所造成的, 影响新株萌发的主要因素为氧化还原电

位,根系附近的磷含量等^[8]。

封丘水体中有 12 种沉水植物(表 1),各种的生长季长度相似,时间上有重叠,可以保证达到一定的群落多样性;又由于曹岗湖水较浅(1.8m),理论上沉水植物也可达到较大分布面积,因此沉水植被面积小,生物量低的现状是可改变的。

曹岗湖中的放养鱼类不仅破坏了植被,而且由此引起了水环境的变化,具体表现为水体营养物质浓度的升高、藻类生长的加速和水体透明度的降低。据报道,沉水植物生存的光照下限等于透明度的 2 倍左右;当水深超过了这一下限,沉水植物就不可能存在^[9]。图 2 显示目前湖中大部分区域的透明度很低。除个别样点外,透明度都明显低于深度的一半,因此,沉水植物的限制因素是草鱼密度太高和透明度太低这两方面。

2.4 主要经济作物——芦苇的生长研究

封丘试区大型水生植物中的主要经济种类是芦苇,对其进行现存量的测定和生活周期研究发现,芦苇主要在每年的 3~5 月持续萌发,6 月亦有少量新株长出,7 月后则停止萌发开始进入花期,8~9 月开花率由 23.81% 增至 63.93%,至 9 月测得密度达 488 株/m²,平均长度(即地面株高)214.61cm,鲜重达 8.24kg/m²,平均株重 16.89g;干湿重比由 5 月初之 25.19% 增至 67.96%。芦苇的现存量在 8 月前都维持指数增长,同时,其干物质的积累速度在 9 月前都维持指数-对数增长(干重/鲜重)。挺水植物的增高到 6 月就基本停止,其干重增长在花期到来后停止(图 3)。可以认为 8 月是生物量的高峰期,8 月以后植被进入繁殖期:包括有性繁殖和营养繁殖。在营养繁殖过程中,碳水化合物和一些可移动的营养元素(N、P、K、Mg、Zn 等)由地上部分运到储存器官,这对于次年的生长是十分重要的^[4,10]。调查表明,封丘地区农民在 11 月以后收割挺水植物,这在时间上是合理的。同时,去除地上部分对次年的新芽萌发是有利的。对其生长曲线的研究表明,在 1990 年 5 月至 9 月间,其主要生长指标(长度、重量、干湿比等)与时间均存在相当显著的 S 型曲线关系(表 3,图 4)。

表 3 芦苇生长指标间的相关关系

Tab. 3 Regression between major growth indices of *P. communis*

自变量(x)	因变量(y)	方 程	r	P
时 间 (月)	平均长度(cm)	$y=1/(0.0044+1.5926e^{-x})$	0.9971	511.45
	最大长度(cm)	$y=1/(0.0031+0.6625e^{-x})$	0.9996	4159.61
	平均鲜重(g)	$y=1/(0.054+15.6722e^{-x})$	0.9261	18.09
	平均干重(g)	$y=1/(0.0656+84.704e^{-x})$	0.9733	53.85
	干湿比(%)	$y=1/(0.0154+4.3034e^{-x})$	0.9899	146.05
均 长 (cm)	最大长度(cm)	$y=61.0898+1.210x$	0.9958	359.09
	平均鲜重(g)	$y=0.097+0.088x$	0.9448	24.96
	平均干重(g)	$y=-4.5721+0.076x$	0.9754	58.84
	干湿比(%)	$y=3.522+0.284x$	0.9951	304.54

芦苇瞬时生物量(干重,下同) $TW(t)$ 应为密度 $D(t)$ 和平均株重 $W(t)$ 的函数,即:

$$TW(t) = D(t) \times W(t) \quad (1)$$

考虑到利用长度(即株高)的测量值代替重量值在现场取样时不需要破坏样方(收割法),因而简便准确,可将此公式转化为平均 $L(t)$ 和密度的函数,按表 3 所示之方程有:

$$W(t) = 0.08L(t) - 4.57 \quad (2)$$

$$TW(t) = D(t) \times [0.08L(t) - 4.57] \quad (3)$$

由此公式可在测出样方密度和平均长度的条件下估算样方生物量,从而可推算出芦苇的单产量。若将表 3 中均长与时间的函数关系:

$$L(t) = 1/(0.0044 + 1.5926e^{-t})$$

$$\text{即} \quad TW(t) = D(t) \times [0.08/(0.0044 + 1.5926e^{-t}) - 4.57] \quad (4)$$

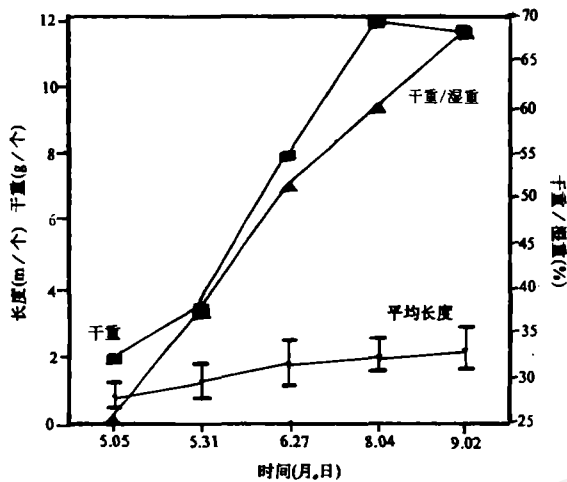


图 4 封丘地区挺水植物的季节生长

Fig. 4 Seasonal growth of emerged macrophytes

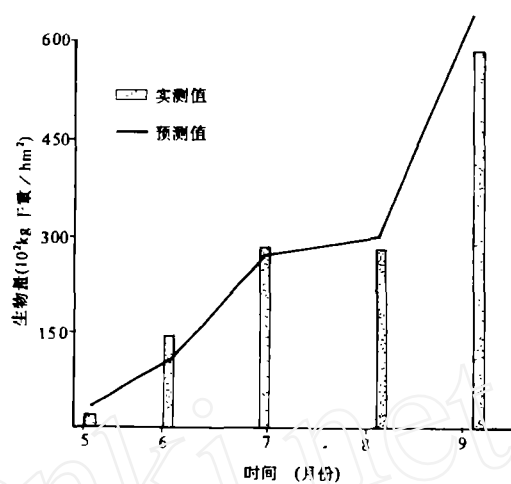


图 5 芦苇生物量的实测值和预测值

Fig. 5 The predicted and observed biomass value

由此可得出在芦苇生长季(5~10月)中任一天的样方生物量。图 5 即是由此方程计算出的预测值与实测生物量的对比,结果拟合甚好。据此公式可估算出芦苇的年收获量为每公顷近 60000kg,按收购价 0.4 元/kg 计算,每公顷收入可达 24000 元。

参 考 文 献

- 1 蒋一圭主编. 豫北平原渔业发展与渔业生态研究. 北京: 科学出版社, 1992
- 2 蔡庆华等. 黄淮海平原封丘试区水体营养状态的综合评价. 湖泊科学, 1992, 4(2): 46~51
- 3 陈洪达. 放养草鱼对东湖生态系统的影响. 见: 刘建康主编. 东湖生态学研究. 北京: 科学出版社, 1990
- 4 Ralph E *et al.* Freshwater wetlands. New York: Academic Press, 1978
- 5 黎道丰等. 黄淮海平原封丘试区水体理化性状的多元分析. 水生生物学报, 1992, 16(3): 251~259
- 6 Barko, J W *et al.* Sediment interaction with submersed macrophyte growth and community dynamics. *Aquat Bot.* 1991, 41: 41~46
- 7 Bowes G, Lilly B A. Amphibious plants: Photosynthesis in two environmental extremes. In: International Symposium on Physiological Ecology of Aquatic Plants. University of Aarhus, 1988
- 8 Liang Y L *et al.* Hydrobiology of a flooding ecosystem, Lake Chenhu in Hanyang, Hubei, with preliminary estimation of its potential fishery production capacity. *Chin J Oceanol Limnol.* 1988, 6: 1~14
- 9 Kirk J T O. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. London: Cambridge University Press, 1983
- 10 Carpenter S R and Adams M S. The macrophyte tissue nutrient pool of a hard water eutrophic lake: Implications for

macrophyte harvesting. *Aquat Bot*, 1977, 3:239~255

11 Legendre L & Legendre P. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier, 1983

12 Wetzel R G. Limnology. 2nd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing Co, 1983

AQUATIC VEGETATION IN THE FENGQIU EXPERIMENTAL AREA OF THE HUANGHUAHAI PLAIN

Ni Leyi Cai Qinghua Li Daofeng Liu Ruiqiu Wu Zhuotian Liang Yanling

(*Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*)

Abstract

Studies on the aquatic vegetation in Fengqiu Experimental Area show that emergent plants belonged to a dominant vegetation type although the number of their species was rather low and their total biomass was considerably high, with a maximum biomass of 2.9×10^8 kg (FW) and 1.3×10^7 kg (FW) respectively in two major water bodies of the area. The distribution area of emerged plants was also the largest among all vegetation types in almost all kinds of water bodies except in Caogang Lake, in which submerged plants occupied more open water area of the lake but the peak biomass of submerged plants was reaching up to mere 3.2×10^5 kg (FW).

Major types of association are described in the paper. Growth analysis shows that emerged plants grew well in the area. Effects of water depth on their growth was considered to be unimportant. Nutrient content was also unlikely to limit the growth. Sediment organic content and redox potential were the possible limiting factors.

Fishery capacity of submerged plants in Caogang Lake was calculated to be 53.8 kg grass carp per year. It is concluded that grazing pressure and low water transparency were the limiting factors to the growth of submerged plants.

Growth analysis also shows that *Phragmites communis* mainly germinated from March to May and flowered from July to August. Its peak biomass was reached in August, then entered its reproduction period.

Relationship between biomass and other growth indices of *P. communis* was analysed. The equation shows that instantaneous biomass was positively linear related to its density. The relationship between major growth indices and time indicates S-shaped curve.

Key Words Aquatic vegetation, emergent plant, *Phragmites*, biomass, Caogang Lake, Huanghuaihai Plain