

汉江水生植物群落的结构与数量特征

吴中华 于 丹* 王 东 夏盛林

(武汉大学生命科学院生态研究所 ,武汉 430072)

摘 要 汉江是长江的第一大支流 ,是我国实施南水北调工程的重要对象。目前 ,有关汉江水生植物群落方面的研究尚未见报道。因此 ,在 1998~2000 年 ,运用植物群落学研究的理论和方法 ,对汉江沿途 6 个江段水生植物群落的结构与数量特征进行了定位研究。在汉江上游与下游各江段 ,群落水平分布格局为斑块状 ,不象湖泊或池塘系统那样表现出明显的均匀分布或带状分布特征 ,而在中游局部江段中表现为小范围的带状分布。群落垂直分布格局 ,在上游江段 ,以沉水层为主 ,浮叶层和挺水层不发达或缺乏 ,在中游各江段 ,群落表现出完整的垂直结构层次 :挺水层、漂浮层、浮叶层和沉水层 ,在下游江段群落结构常为两层或一层结构 ,以浮叶层和挺水层为主 ,而沉水层在下游江段发育不充分且生物量很小。另外 ,对汉江上、中、下游的典型植物群落数量特征进行了分析。研究表明 ,在汉江的不同江段 ,群落的组成、结构和数量特征等都不同 ,而水位、流速、基质状况、人为干扰是影响汉江水生植物群落生长和分布格局的主要因子。

关键词 汉江 水生植物 群落结构 数量特征

STRUCTURE AND QUANTITATIVE FEATURES OF AQUATIC PLANT COMMUNITIES IN THE HANJIANG RIVER

WU Zhong-Hua YU Dan* WANG Dong and XIA Sheng-Lin

(Institute of Ecology , College of Life Sciences , Wuhan University , Wuhan 430072 , China)

Abstract The Hanjiang River is not only the largest tributary of the Yangtze River , but also the most important objective enforced by the project of transferring water from South-China to North-China. Research about aquatic plant communities has not yet been reported. During the period of 1998-2000 , theories and methods about plant community researches were adopted and field studies on the structure and quantitative features of aquatic plant communities were carried out in six cities along the Hanjiang River. The results indicated that the horizontal structure of communities in the upper and lower reaches of the Hanjiang River showed a patchy distribution which differed from the apparent uniform or strip distribution in lake or pond systems. The vertical structure of the biomass of communities in the upper reach was mainly focused in the submerged layer , while the floating layer and emergent layer were often undeveloped or lacking. However , in the middle reach the communities usually showed a complete and developed vertical structure. In the lower reach there were only one or two layers , and the biomass of communities was mainly concentrated in the floating layer or emergent layer. The submerged layer was comparatively undeveloped and contributed little to the communities ' biomass. In addition , the quantitative features of communities were analyzed. The study showed that the composition , structural developments and quantitative features of the community were significantly different with each spots. Water level , water flow , the characteristics of substrates , and human interference were regarded as the main factors that resulted in the difference of distribution patterns and growth form of the communities.

Key words Hanjiang River , Aquatic plant , Community structure , Quantitative features

河流作为一种较为开放性的流动水体 ,以丰富的水资源哺育着人类 ,以广阔的水域养育了千万种水生生物。水生高等植物是河流生态系统重要的初级生产者 ,是河流生态系统营养级的初始链节。河流生态系统中水生植物群落的多样性与不均匀性造成众多的小生境相互交错 ,使众多的无脊椎动物、附

生植物能在其中生存、繁衍 ,同时大量的生物和碎屑为鱼类提供了丰富的食物 ,其复杂的群落结构为鱼类避敌和捕食提供场所。

目前 ,河流生态学研究主要分成两个方向 :一是以美国、加拿大等为代表 ,对纯自然或受人为活动影响较小的河流的研究 ,着重研究与河流有关的各种

自然生态过程的运行机制,主要以河流中的各种鱼类、河岸植被、昆虫、野生动物等为对象(Cummins , 1974 ; Naiman , 1986 ; 1987 ; Lowrance *et al.* , 1995 ; 1997),目的在于保护生物多样性,保持生态系统稳定,基本上属于理论上的研究。二是以中国、丹麦、瑞典、西班牙、俄罗斯等欧亚国家为代表,对受人为干扰影响较大的河流进行研究。侧重于研究土地利用变化、人类活动方式和强度对河流自然属性的影响,目的在于协调人、水、地之间关系,恢复原有的自然和谐关系,属于应用型研究(Tricart , 1993 ; Macfarlane , 1995 ; Wharton , 1996 ; 官少飞, 1992 ; 于丹, 1996)。

汉江是长江的第一大支流,也是目前我国纬度较高的水资源丰富的河流之一,是我国实施南水北调工程的重要对象。1992 年和 1998 年,汉江曾经 3 次出现“水华”现象,为我国正确认识和利用汉江的水资源敲了警钟。目前,有关汉江水生植物群落方面的研究尚未见报道,而水生植物具有评价水体生态健康之功能。因此,开展了对汉江典型水生植物群落的定期定位研究,以期能为正确评价汉江水生生态系统的健康状况和生态功能,为河流生态系统中水生植物的生态研究和即将进行的南水北调中线工程对汉江生态环境可能产生的影响提供理论依据。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点

汉江(106°12' ~ 114°14' E, 30°08' ~ 34°11' N)是长江的第一大支流,起源于秦岭的沮水,流经陕西省汉中和安康,湖北省郧西、郧县、丹江口、老河口、襄樊、钟祥、潜江、仙桃、蔡甸等市、县,最后于武汉市区汇入长江,全长 1 577 km,流域面积 15.9 万 km²。根据汉江干流的河谷形态、水文特征及地貌类型,将其分为 3 个典型河段,丹江口水库大坝以上为上游,丹江口水库大坝以下至钟祥河段为中游,钟祥以下至汉江河口为下游。在汉江干流中选择具有代表性的 6 个江段,上游包括汉中、城固;中游包括丹江口坝下、老河口;下游包括潜江、蔡甸。

1.2 固定样地

在 6 个江段各选取 3 个平行样点,各样点间隔 5 km,对各江段的典型水生植物群落进行确定划分,并用 GPS 定位。

1.3 指标测定

在固定的样地上,采用平行多次重复随机小样

方的取样方法,浅水区及湿地采用收割法采样。深水区用 50 cm × 50 cm 的采草器采样。截取 2 m × 2 m 样方面积,将样方内的全部植物连根夹起,及时冲洗干净并进行分类,称量其湿重,以湿重代表生物量,记录样地内的物种组成、数目、用目测法估算其盖度。

1.4 数据处理

1.4.1 优势度分析

由于沉水植物的个体数难以精确计算,因此忽略其密度特征和盖度特征,根据某种植物的频度和生物量确定其在某一特定群落中的优势度(陈洪达, 1980)。

优势度(*DV*)=

$$\frac{\text{相对频度}(RF) + \text{相对生物量}(RB)}{2} \times 100\%$$

相对频度 = 该种的频度 / 所有物种频度之和

相对生物量 = 该种的生物量 / 群落中所有种生物量之和

1.4.2 群落生长型谱分析

定性生长型谱:某生长型的比例 =

$$\frac{\text{群落中该生长型的种类}}{\text{群落中全部种数}} \times 100\%$$

定量生长型谱(以优势度值作为定量指标):

某一生长型的比例 =

$$\frac{\text{群落中生长型的优势度值之和}}{100(\text{群落总优势度})} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 水生植物群落的数量特征

汉中江段 汉中江段主要为竹叶眼子菜(*Potamogeton malaianus*)+ 轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)+ 金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)群落,该群落由 6 种沉水植物组成,占汉江沉水植物总数的 33.33%。对于一个沉水植物群落而言,该群落的区系组成是相当丰富的,竹叶眼子菜、轮叶黑藻、金鱼藻的优势度值分别为 34.66%、29.05%、14.14%,占群落总优势度值的 77.85%,其群落生物量全部集中于沉水层,缺乏挺水层和浮叶层(表 1)。在该群落中共分辨出 5 种生长型谱。从定量生长型谱来看,大眼子菜型在群落各生长型中所占比例最大,从群落的定性生长型谱可以看出大眼子菜型是主要的生长型,其余各生长型分布比较均匀(图 1)。

城固江段 由表 1 可知,城固江段主要群落类型为轮叶黑藻 + 篦齿眼子菜(*Potamogeton pectinatus*)+ 线叶眼子菜(*P. pusillus*)群落,群落由 5 种沉水植物组成,其中轮叶黑藻、篦齿眼子菜、线叶眼子

表 1 汉江各江段典型群落数量特征
Table 1 The quantitative features of typical community in Hanjiang River

种类 Species	生长型 Growth-form	相对频度(%) Relative frequency	相对生物量(%) Relative biomass	优势度(%) Dominance value
汉中江段 Hanzhong spot				
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻型 Ceratophyllids	25.00	3.29	14.14
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	狐尾藻型 Myriophyllids	20.83	1.75	11.29
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	16.67	52.64	34.66
菹草 <i>P. crispus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	12.50	3.29	7.90
篳齿眼子菜 <i>P. pectinatus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	4.17	1.75	2.96
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	伊乐藻型 Elodeids	20.83	37.28	28.05
城固江段 Chenggu spot				
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻型 Ceratophyllids	25.00	1.63	13.32
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	12.50	1.48	6.99
篳齿眼子菜 <i>P. pectinatus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	12.50	42.48	27.49
线叶眼子菜 <i>P. pusillus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	18.75	20.42	19.58
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	伊乐藻型 Elodeids	31.25	33.99	32.62
丹江口江段 Danjiangkou spot				
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻型 Ceratophyllids	8.89	0.33	4.61
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	狐尾藻型 Myriophyllids	13.33	59.05	36.19
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	11.11	5.71	8.41
菹草 <i>P. crispus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	6.67	0.43	3.55
穿叶眼子菜 <i>P. perfoliatus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	17.78	10.95	14.36
微齿眼子菜 <i>P. maackianus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	11.11	16.67	13.89
扁茎眼子菜 <i>P. complessus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	6.67	0.14	3.41
轮藻 <i>Chara vulgaris</i>	轮藻型 Charids	8.89	1.90	5.40
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	伊乐藻型 Elodeids	11.11	0.81	5.96
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	湿生型 Helophyte	2.22	1.91	2.06
荆三棱 <i>Scirpus yagara</i>	湿生型 Helophyte	2.22	2.10	2.16
老河口江段 Laohekou spot				
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻型 Ceratophyllids	9.09	0.48	4.79
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	狐尾藻型 Myriophyllids	13.64	1.22	7.43
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	11.36	15.95	13.66
菹草 <i>P. crispus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	4.55	2.77	3.66
穿叶眼子菜 <i>P. perfoliatus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	18.18	9.97	14.07
篳齿眼子菜 <i>P. pectinatus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	6.82	59.45	33.13
扁茎眼子菜 <i>P. complessus</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	6.82	0.52	3.67
大茨藻 <i>Najas marina</i>	小眼子菜型 Parvopotamids	4.55	0.96	2.75
轮藻 <i>Chara vulgaris</i>	轮藻型 Charids	11.36	7.57	9.46
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	伊乐藻型 Elodeids	13.64	1.11	7.38
潜江江段 Qianjiang spot				
竹叶眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i>	大眼子菜型 Magnopotamids	42.85	1.93	23.89
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	狐尾藻型 Myriophyllids	42.85	17.26	30.05
香蒲 <i>Typha orientalis</i>	湿生型 Helophyte	14.30	77.81	46.06
蔡甸江段 Caidian spot				
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻型 Ceratophyllids	28.57	80.64	54.61
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	狐尾藻型 Myriophyllids	14.29	11.83	13.06
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	湿生型 Helophyte	57.14	7.53	32.33

菜的优势度值分别为 32.62% ,27.49% ,19.58% ,占群落总优势度值的 79.69% ,群落生物量集中分布于沉水层 ,缺乏挺水层及浮叶层。群落中存在有 4 种生长型谱 ,从定量生长型谱看出 ,大眼子菜型所占比例最大 ;从定性生长型谱可知 ,小眼子菜型是主要的生长型 ,其余生长型分布均匀(图 2)。

丹江口江段 在丹江口江段 ,群落的垂直结构较完整 ,群落主要由沉水植物构成 ,也有挺水植物和浮叶植物生长。在 1999 年 8 月的定位观测中 ,丹江口江段主要群落为穿叶眼子菜(*Potamogeton perfoliatus*) + 微齿眼子菜(*P. maackianus*) + 狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)群落 ,群落由 9 种沉水植物

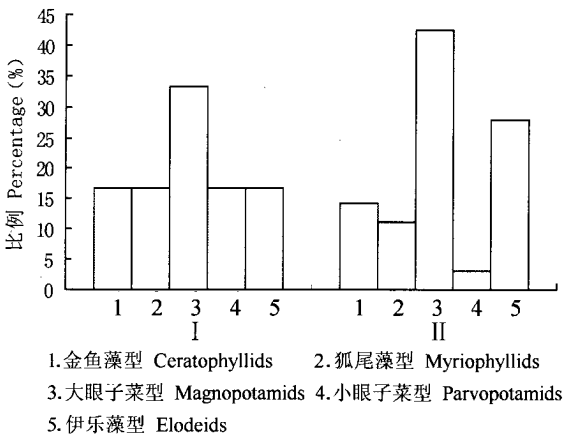


图 1 汉中江段群落生长型谱

Fig. 1 Growth-form spectrum of plant community in Hanzhong spot
I 定性生长型谱 Qualitative growth form spectrum
II 定量生长型谱 Quantitative growth form spectrum

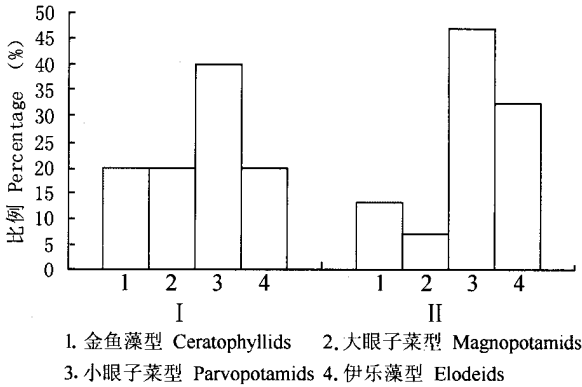


图 2 城固江段群落生长型谱

Fig. 2 Growth-form spectrum of plant community in Chenggu spot
I、II：同图 1 See Fig. 1

和 2 种湿生植物组成。群落中穿叶眼子菜和狐尾藻的相对生物量最大,分别达到 10.95% 和 59.95%; 而穿叶眼子菜是丹江口至襄樊江段的普生性种类,其相对频度最大,为 17.78%,高于群落中其它物种。穿叶眼子菜、微齿眼子菜、狐尾藻的优势度值分别为 14.46%、13.89% 和 36.19%,占总优势度值的 64.44%。群落生物量分配主要集中于沉水层,相对生物量达到 95.99%,而挺水层及浮叶层分别为 1.91% 和 2.10% (表 1)。群落中共有 7 种生长型,在定量生长型谱上,狐尾藻型在群落中所占比例最大为 36.19%,其次为大眼子菜型占 26.32%;在定性生长型谱上,大眼子菜型则是群落中的主要生长型 (图 3)。

老河口江段 在老河口江段主要水生植物群落为篳齿眼子菜 + 穿叶眼子菜 + 竹叶眼子菜群落,群落由 10 种植物组成,在群落中以篳齿眼子菜与竹叶眼子菜的生物量最大,分别为 59.45% 和 15.95%,

占总生物量的 75.40%。而穿叶眼子菜的相对频度为 18.18%,超过群落中其它物种,篳齿眼子菜、穿叶眼子菜、竹叶眼子菜的优势度值分别为 33.13%、14.07%、13.66%,总和为 60.86%,而其它物种的优势度则比较平均。群落生物量分配集中在沉水植物层,缺乏挺水层和浮叶层结构 (表 1)。在生长型谱图中,群落中共存在 6 种生长型。在定量生长型谱上,可看到小眼子菜型在群落中所占比例最大,为 39.55%;在定性生长型谱中,小眼子菜型与大眼子菜型为该群落的主要生长型,而金鱼藻型、轮藻型、伊乐藻型、狐尾藻型均为群落伴生种类 (图 4)。

潜江江段 在下游潜江江段,群落结构主要由挺水层和沉水层组成,群落的物种组成也较上、中游的群落简单,物种数目减少。潜江江段主要水生植物群落为香蒲 (*Typha orientalis*) 单优群落,群落中除香蒲为优势种外,还有竹叶眼子菜和狐尾藻这两个伴生种。群落中香蒲的相对生物量占绝对优势,为 77.81%,其优势度值为 46.06%,群落中狐尾藻和竹叶眼子菜的相对频度均为 42.85%,超过香蒲的相对频度。群落中生物量分配情况为挺水层占 77.81%,沉水层占 22.19% (表 1)。群落中共有 3 种生长型,在定量生长型谱上看到湿生型在群落中所占比例最大为 46.06%;在定性生长型谱上看到湿生型、狐尾藻型、大眼子菜型 3 种生长型呈均匀分布 (图 5)。

蔡甸江段 在蔡甸江段,主要水生植物群落为金鱼藻 + 喜旱莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 群落,其伴生种类还有狐尾藻。群落的垂直结构分别为 54.61% 和 32.33%,二者之和为 86.94%,群落中金鱼藻生物量达到 80.64%,生物量在群落中占绝对优势,群落生物量分配为浮叶层 7.35%,沉水层为 92.47% (表 1)。群落具有 3 种生长型,在定量谱上,金鱼藻型为 54.61%;在定性谱上,可看到金鱼藻型、湿生型、狐尾藻型呈均匀分布状况 (图 6)。

2.2 群落的空间结构

水平结构 植物的水平分布格局指群落在空间的水平分布或镶嵌现象,产生的原因主要是群落内部环境因素的异质性,其中动物活动和人类的影响以及植物本身的生态学和生物特性,尤其是植物的繁殖与散布特性、竞争能力等也都具有重要作用。由于汉江水的流动性特征及环境因素如水位波动等的影响,汉江的水生植物群落没有象湖泊或池塘系统那样表现出均匀分布特征。而是在局部江段中表现为小范围的似带状植被系列分布,如在丹江大坝

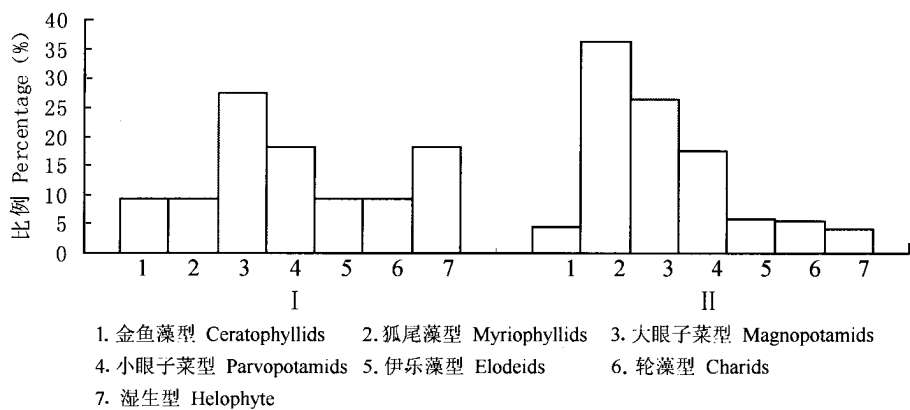


图 3 丹江口江段群落生长型谱
Fig.3 Growth-form spectrum of plant community in Danjiangkou spot
I、II：同图 1 See Fig.1

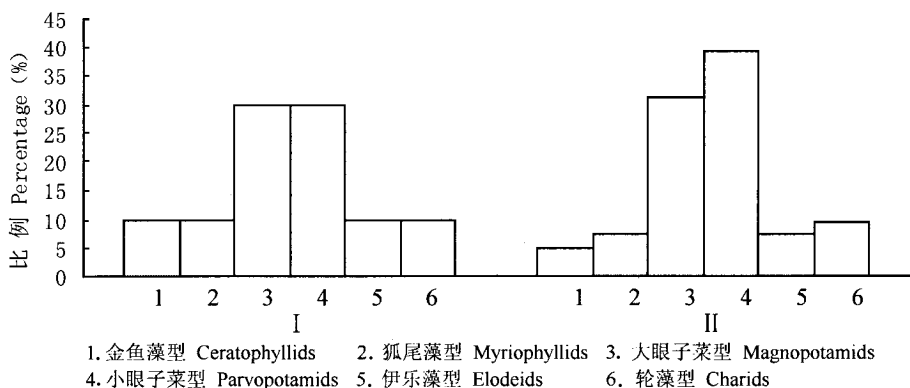


图 4 老河口江段群落生长型谱
Fig.4 Growth-form spectrum of plant community in Laohekou spot
I、II：同图 1 See Fig.1

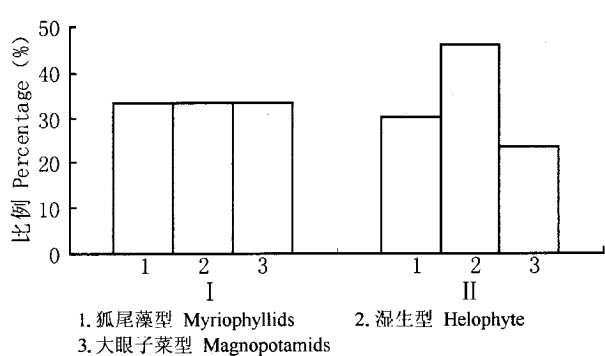


图 5 潜江江段群落生长型谱
Fig.5 Growth-form spectrum of plant community in Qianjiang spot
I、II：同图 1 See Fig.1

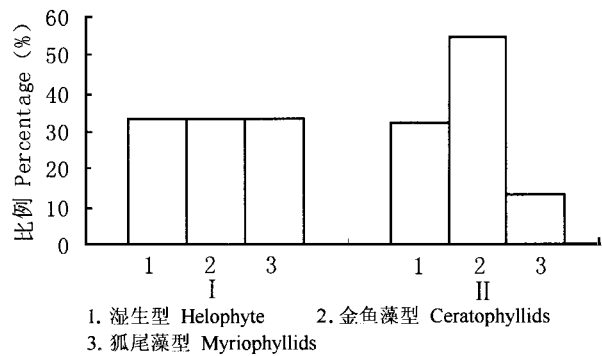


图 6 蔡甸江段群落生长型谱
Fig.6 Growth-form spectrum of plant community in Caidian spot
I、II：同图 1 See Fig.1

下至老河口江段,从岸边向江心依次分布有菖蒲(*Acorus calamus*)、香蒲、牛毛毡(*Eleocharis acicularis*)和水蓼(*Polygonum hydropiper*)、穿叶眼子菜、轮叶黑藻、微齿眼子菜、竹叶眼子菜群落;而在老河口江段则从沿岸带-亚沿岸带-敞水区以芦苇(*Phragmites communis*)和蘆草(*Scirpus triqueter*)、香蒲为主依次分布有水芹(*Oenanthe japonica*)、菱(*Trapa bispinosa*)、轮

叶黑藻、茳草(*Potamogeton crispus*)、狐尾藻和金鱼藻、微齿眼子菜、穿叶眼子菜及竹叶眼子菜群落。在汉江上游及下游各江段,群落水平分布格局表现为斑块状分布,没有明显的带状分布特征。

垂直结构 垂直结构是指植物在竖直方向上的配置,主要是群落在空间中的垂直分化或成层现象,而成层现象是指两个或更多的植被层占据同一水柱

的情形。汉江的水生植被群落在垂直方向上分为挺水、浮叶和沉水 3 层,但由于江水的理化环境和其它因素影响,在不同的江段,水生植物群落表现出不同的垂直结构。在上游江段,群落的生物量主要集中在沉水层,而浮叶层和挺水层不发达或缺乏;在中游各江段,群落表现出完整的垂直结构层次,挺水层多数由香蒲、芦苇、菖蒲、菰(*Zizania latifolia*)等组成;水面层由菱、荇菜(*Nymphoides peltatum*)、水鳖(*Hydrocharis dubia*)、满江红(*Azolla imbricata*)、浮萍(*Lemna minor*)、紫萍(*Spirodela polyrrhiza*)等物种组成;沉水层由穿叶眼子菜、轮叶黑藻、轮藻(*Chara vulgaris*)、竹叶眼子菜、篳齿眼子菜、金鱼藻、狐尾藻等组成。在中游局部区域,也存在着两层结构或只有沉水层一层结构的情形;在下游江段群落结构常为两层或一层结构,群落生物量主要集中在水面层或挺水层,而沉水层在下游江段发育不充分,生物量很小。挺水层常由芦苇、碱草(*Aneurolepidium desystachys*)、香蒲等组成,浮叶层主要为满江红、水鳖、沿沟草(*Catabrosa aquatica*)、凤眼莲(*Eichhornia carssipes*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)等。沉水层有狐尾藻、竹叶眼子菜等,但数量很少,很稀疏,对群落的贡献小。

3 讨 论

一个群落以其物种组成及由此衍生的生活型和生长型谱(Life-form and growth-form spectrum)多样性指数等为特征,可以被看作一个与无机和有机环境发生联系的结构框架单位。Den Hartog(1978;1979;1982),Den Hartog 和 van der Velde(1988)认为群落结构主要取决于有机体在空间和时间上的配置及群落中有机体间的关系以及有机体与周围生物和非生物环境之间的关系。

汉江水生植物群落因受水流、水深变化、底质等环境因子的限制,其分布面积不如湖泊那样大,群落的种类组成较单一,结构较简单。由于汉江中水深、流速等随季节不同和降雨情况而发生较大变化,使对流水和水深变化适应能力较差的挺水、漂浮和浮叶植物较难形成大面积的植物群落,一般只零星分布在水流较缓慢的河湾水潭边缘或河滩低洼处或遗留水塘等;而对流水和水深变化适应能力较强的部分沉水植物种类则能克服上述不良环境条件形成各类植物群落。因此,在汉江水生植被中,难以看见象湖泊那样的环带状植被系列分布。

汉江地处亚热带季风气候区内,夏季降水多而

经常处于丰水期,冬季进入枯水期。由于独特的气候条件而使得江汉干流水位波动较大,再加上汉江各江段大大小小的水库和发电站的存在,使得水的输入和输出具有极大的人为性。水位波动引起环境因子的变化如使水体浑浊、光照和透明度降低,使许多有机碎屑和营养物质随水流失,过量的洪水冲毁水生植物的附着基底,将底泥连同植株一同冲走,而造成水生植物死亡。在汉江上游汉中、城固等江段,由于基底多为砾石和沙质基底,且受石泉水库及丹江口水库蓄水排水的影响,在上游江段水位波动较大,水流较急,加之部分江段大中型挖沙船的过度作业,使得江水很浑,泥沙含量大,光照度很小,因此在上游江段主要形成了以微齿眼子菜、竹叶眼子菜、狐尾藻等对水深、水流和水质状况等都具有较高的耐受范围(Rejmakova, 1992;戴全裕,1984;Lake Biwa Research Institute, 1989;Hamabata, 1991;Moyle, 1945;Seddon, 1972;Sheldon, 1977;Dale, 1981;Hellelquist, 1972;Reed, 1977)的沉水植物为主的各种群落类型,而浮叶植物和挺水植物常常由于洪水的冲刷或水位上涨和下降过快等原因而缺乏或仅分布于河流洄水湾及河汊等处。在中游丹江口、老河口等江段,由于石泉水库和丹江大坝的拦截作用,对江水澄清和流速缓冲起到积极作用,在这部分江段水流平缓,水质清晰,光照度好,水体透明度大,基底为砂石及软泥沙,故在中游江段中以竹叶眼子菜、穿叶眼子菜、微齿眼子菜、篳齿眼子菜等为优势种的沉水植物群落发育较完全,浮叶层如菱、荇菜、水鳖、满江红、浮萍、紫萍等,挺水层如香蒲、芦苇、菖蒲、菰等组成,因此群落结构完整、复杂,但在中游局部区域,也存在着两层结构或只有沉水层一层结构的情形。在潜江、蔡甸等下游江段,因为地势陡然下降,集水区较大且离丹江大坝远,拦洪效应弱,大部分江段由于河道疏浚及挖沙船过度挖沙和大量过往船只等人为干扰破坏,并且由于下游江段城市密布,人口密集,开发强度大,各种工厂废水和家庭生活污水排入江中造成水质污染较严重,不利于水生植物的定植和生长,故形成了以挺水层如芦苇、香蒲、碱草等,浮叶层如喜旱莲子草、凤眼莲、浮萍等为主的两层或一层群落结构类型,而沉水层在下游江段发育不充分,对群落的贡献小。

参 考 文 献

- Chen, H. D. (陈洪达). 1980. Structure and dynamics of aquatic vascular plant community in the Donghu Lake, Wuhan City. Marine and Limnology (海洋与湖沼), 11: 275 ~ 284. (in Chi-

- nese with English abstract)
- Cummins, K. W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, **24**: 631 ~ 641.
- Dai, Q. Y. (戴全裕). 1984. Aquatic plants in Ehai Lake. *Marine and Limnology Bulletin (海洋湖沼通报)*, **4**: 31 ~ 40. (in Chinese with English abstract)
- Dale, H. M. 1981. Hydrostatic pressure as a controlling factor in the depth distribution of Eurasian watermilfoil, *Myriophyllum spicatum* L. *Hydrobiologia*, **79**: 239 ~ 244.
- Den Hartog, C. & G. van der Velde. 1988. Structural aspects of aquatic plant communities. In: Symoens, J. J. Handbook of vegetation science. Vol. 15. Vegetation of inland water. Brussels: Royal Botany Society. 113 ~ 115.
- Den Hartog, C. 1982. Architecture of macrophyte dominated aquatic communities. In: Symaens, J. J. ed. Studies on aquatic vascular plants. Brussels: Royal Botany Society. 222 ~ 234.
- Den Hartog, C. 1979. Seagrasses and seagrass ecosystems, an appraisal of the research approach. *Aquatic Botany*, **7**: 105 ~ 117.
- Den Hartog, C. 1978. Structural and functional aspect of macrophyte dominated aquatic system Prons. EWRS 5th Symposium on Aquatic Weeds (Amsterdam). 35 ~ 41.
- Guan, S. F. (官少飞). 1992. Aquatic plants of river in Jiangxi province. *Acta Hydrobiologica Sinica (水生生物学报)*, **16** (10): 47 ~ 56. (in Chinese with English abstract)
- Hamabata, E. 1991. Studies of submerged macrophyte communities in Lake Biwa. (1). Species composition and distribution results of a diving survey. *Japanese Journal of Ecology*, **41**: 125 ~ 139.
- Hellquist, C. B. 1972. Range extension of vascular plants in New England. *Rhodora*, **74**: 131 ~ 141.
- Lake Biwa Research Institute. 1989. Submerged plants in Lake Biwa. Thesis No. 88-Ao4. 26.
- Lowrance, R., L. Altier & J. D. Newbold. 1997. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay watersheds. *Environmental Management*, **21**: 687 ~ 712.
- Lowrance, R., R. Todd & J. Jr. Fail. 1995. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. *BioScience*, **34**: 374 ~ 377.
- MacFarlane, R. 1995. Environmental 'actors' and land-use modeling. In: Griffiths, G. H. Landscape ecology: theory and application. Garstang: Colin Cross Printers Ltd. 3 ~ 13.
- Moyle, J. B. 1945. Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. *American Middle Nature*, **34**: 402 ~ 421.
- Naiman, R. J., J. M. Melillo & J. E. Hobbie. 1986. Ecosystem alteration of boreal forest streams by beaver (*Castor canadensis*). *Ecology*, **67**: 1254 ~ 1269.
- Naiman, R. J., J. M. Melillo & M. A. Lock. 1987. Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a sub-arctic river continuum. *Ecology*, **68**: 1139 ~ 1156.
- Reed, C. F. 1977. History and distribution of Eurasian watermilfoil in United States and Canada. *Phytology*, **36**: 416 ~ 436.
- Rejmakova, E. 1992. Ecology of creeping macrophytes with special reference to *Ludwigiaeploides* (H. B. K. Raven). *Aquatic Botany*, **43**: 283 ~ 299.
- Seddon, B. 1972. Aquatic macrophytes and limnological indicators. *Freshwater Biology*, **2**: 107 ~ 130.
- Sheldon, R. B. & C. W. Boylen. 1977. Maximum depth inhabited by aquatic vascular plants. *American Middle Nature*, **99**: 248 ~ 254.
- Tricart, J. & J. P. Bravard (translated by Yue, H. (跃辉)). 1993. Environmental problems and treatments on the rivers near the Alpies Mountains. *Translation Journal of Geography (地理译报)*, (1): 44 ~ 50. (in Chinese)
- Wharton, G. (translated by Zheng, L. J. (郑辽吉)). 1996. Environmental management on river: ways of advocacy. *Translation Journal of Geography (地理译报)*, (4): 57 ~ 59. (in Chinese)
- Yu, D. (于丹). 1996. Studies on the ecology of aquatic macrophyte communities in current streams. *Acta Hydrobiologica Sinica (水生生物学报)*, **19**: 58 ~ 67. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 马克平 责任编辑: 周玉荣