

太湖不同污染区域苕菜叶的比较解剖研究

陈小峰¹, 陈开宁², 张守栋¹, 王庆亚^{1,①}

(1. 南京农业大学生命科学学院, 江苏 南京 210095; 2. 中国科学院南京地理湖泊研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 观察了太湖 3 个不同污染区域内苕菜 [*Nymphoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze] 叶的形态和结构。结果表明: 污染重的贡湖地区苕菜叶片的栅栏组织和海绵组织基本不分化, 薄壁细胞发达, 细胞间隙小; 苏州东太湖和西太湖 2 个污染较轻的采集点, 苕菜叶片的叶肉栅栏组织和海绵组织明显分化, 细胞间隙组织发达; 3 个地点叶片的维管组织逐渐退化。测量数据的统计分析表明: 贡湖地区苕菜叶的叶片厚度、栅栏组织厚度和海绵组织厚度等解剖参数与其他 2 个样点差异显著。而苏州东太湖与西太湖两个区域叶片解剖参数之间, 除海绵组织厚度和下表皮厚度有差异外, 其他参数无明显差异。

关键词: 水生环境; 苕菜; 形态结构; 叶片

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2005)02-0038-04

Comparison on anatomy of *Nymphoides peltatum* leaf from different polluted areas in Taihu Lake
CHEN Xiao-feng¹, CHEN Kai-ning², ZHANG Shou-dong¹, WANG Qing-ya^{1,①} (1. Life Science College of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Nanjing Institute of Geography & Limnology, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2005, 14(2): 38-41

Abstract: *Nymphoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze gathered from three different polluted areas in Taihu Lake of China were studied to observe morphology and structure of leaf. The results showed that there were no differentiation in palisade and spongy tissues of leaf which have developed parenchyma cell and smaller cell gap in Gonghu Lake where the pollution was serious, While leaf under another two lighter polluted areas—East and West Taihu Lake in Suzhou, obvious differentiation appears in palisade and spongy tissues of mesophyll, with developed cell interval tissue. In addition, all the leaf vascular tissue in three places gradually degenerated. Analysis of variance showed that there were significant difference in anatomy parameters, such as thickness of leaf, palisade and spongy tissues etc. between Gonghu Lake and the other two places. While in another two areas, in addition to thickness of spongy tissue and lower epidermis, the other parameters of leaf were no significant difference.

Key words: hydrophily environment; *Nymphoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze; morphology and structure; leaf

苕菜 [*Nymphoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze] 又名莲叶苕菜, 为龙胆科 (Gentianaceae) 苕菜属 (*Nymphoides* Seguiet) 植物, 多年生水生草本, 是 1 种大型的水生浮叶植物。广泛分布中国南北各地, 日本和朝鲜等地也有分布, 通常生长在池塘和湖泊、静水体中^[1]。

太湖是中国第三大淡水湖, 是典型的浅水型湖泊。在正常的水位条件下湖泊面积为 2 340 km², 水深 1.5~2.5 m 的面积近 1 700 km², 自 20 世纪 60 年代以来, 太湖水水质污染明显加重, 表现为每 10 年左右下降 1 个级别^[2], 河流的水质达不到国家规定的三类水标准, 全湖水水质达到富营养化、局部重富营

养化水平, 导致流域的水资源危机, 直接影响到流域内社会经济的可持续发展, 引起社会各界的广泛关注和重视^[3]。许多学者报道了水生植物在水污染治理中的应用, 也取得了一定的进展。但同时遇到很多难题, 主要表现在对水生植物在水中如何生活, 什么样的环境条件水生植物才能自然生长及繁衍等

收稿日期: 2004-11-03

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关“863”太湖项目(2002AA601) 资助

作者简介: 陈小峰(1979-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 主要从事植物资源综合利用研究。

① 通讯作者 E-mail: wangqy@njau.edu.cn

问题认识不够深入。在进行水生植物栽种及利用水生植物治理水体污染时往往具有极大的盲目性。

环境条件对植物的形态结构有较大的影响,植物形态结构的变化常常反映植物在一定条件下的生长状况,不利的环境条件会对植物外部形态结构和内部组织产生一定的影响,往往会导致植物不同器官结构受损、功能丧失。因此,比较不同环境下植物形态结构是认识植物生存策略的重要手段,对利用植物进行生态系统修复也具有一定的现实意义。本实验对3个不同环境条件下苻菜叶的形态结构进行比较研究,以期为进一步探讨水生植物在水生态保护中的作用提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料来源

苻菜采自3个不同地点:苏州东山镇东太湖(E 120°42'57", N 31°12'58")和西太湖(E 120°41'18", N 31°09'44")以及无锡贡湖(E 120°21'13", N 31°42'14"),经刘思生副研究员鉴定。

1.2 方法

1.2.1 水质检测 2004年3月在3个采样点,用清洁的塑料瓶收集水样用于各项理化指标分析。在现场主要对水温、水体透明度、水深、pH值、水电导率以及底泥电导率、植被类型、伴生种、底泥性质做现场分析。另外用GPS定位采集点坐标。

1.2.2 取样与处理 由于取样时,每个采样点苻菜只长出2~3片叶子,所以在每个样点都选取生长良好,叶面大小相对一致的苻菜叶片,取叶片的中间部分,经50% FAA液固定,石蜡包埋,常规石蜡切片,切片厚度8~10 μm,番红-固绿染色,Olympus-BH显微镜观察及摄影。在每个采集点同时选取3个不同植株上的苻菜叶,做3次重复。

1.2.3 观察与参数测量 在Olympus光学显微镜下以10×10倍观察切片,叶厚和栅栏组织厚度、海绵组织厚度、上下表皮厚度均用测微尺测量,每一重复随机选取5个视野进行测量,重复3次取平均值。栅栏组织细胞层数则直接读取。栅栏组织和海绵组织的排列通过相对比较而得。

1.2.4 数据处理 用SPSS10.0软件对所测得的数据进行单因素方差分析,比较各参数之间的差异,并用Excel 2000软件进行计算制成表格。

2 结果和分析

2.1 水质检测结果

2004年3月底对3个采样地点水质的一些性质做了调查,调查结果如表1。从表中可以看出,3个采样点总体来说TN、TP含量都比较高,其中贡湖的水样中总氮(TN)、总磷(TP)含量分别达到8.59和0.107 mg·L⁻¹,显著超过国家湖泊富营养化标准。贡湖水样中化学需氧量(COD)最高,反映出贡湖采集点水中有机物质多。从表中可以间接反映出3个采集点的污染状况,其中贡湖采集点较其他2个采集点污染更重。

2.2 苻菜叶横切面解剖结构比较

在显微镜下观察苻菜叶横切面的解剖结构可以发现,在不同水质条件下,叶片解剖结构之间表现出明显的差异(图1)。

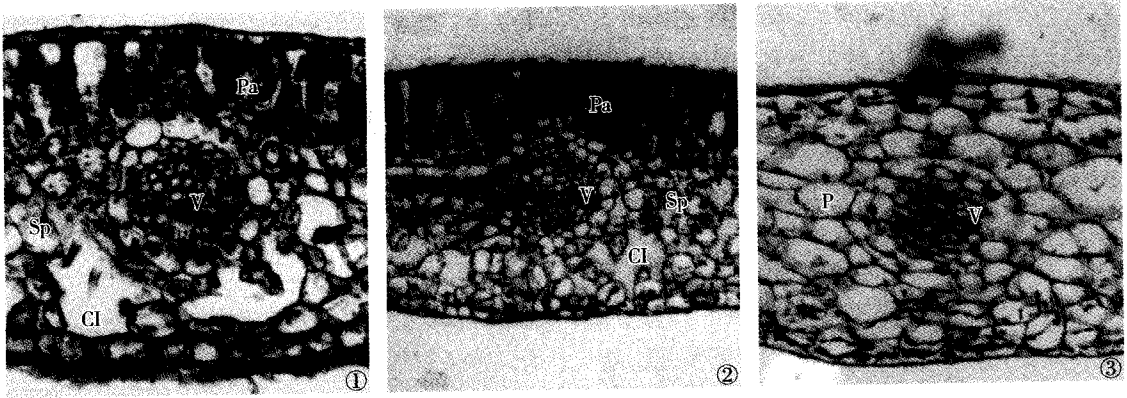
采自苏州东太湖的苻菜叶片横切面解剖结构中(图1-1),叶片的栅栏组织和海绵组织分化明显,栅栏细胞之间出现明显的细胞间隙。细胞分层排列,内含大量叶绿体,有利于进行光合作用。海绵组织细胞排列不规则,栅栏组织和海绵组织中出现大的细胞间隙。叶片维管组织不发达。

表1 采集点水质调查数据

Table 1 The experimental data of water quality in three different places

地点 ¹⁾ Site ¹⁾	水温/℃ Water temperature	透明 度/cm Transparency	水深/m Water depth	pH	电导率/mS·m ⁻² Conductance rate		化学需氧 量/mg·L ⁻¹ COD	叶绿素 a 含 量/μg·L ⁻¹ Chla	总 氮/mg·L ⁻¹ TN	总 磷/mg·L ⁻¹ TP
					水体 Water	底泥 Bottom mud				
					1	8.0				
2	7.9	75	0.75	7.3	272	412	6.03	4.79	3.17	0.040
3	9.0	48	1.26	7.2	427	346	9.76	14.53	8.29	0.107

¹⁾ 1. 苏州东太湖 East Taihu Lake in Suzhou; 2. 苏州西太湖 West Taihu Lake in Suzhou; 3. 贡湖 Gonghu Lake.



Pa: 栅栏组织 Palisade tissue; Sp: 海绵组织 Spongy tissue; V: 维管组织 Vascular tissue; P: 薄壁组织 Parenchyma; CI: 细胞间隙 Cell interval
 1. 苏州东太湖 East Taihu Lake in Suzhou; 2. 苏州西太湖 West Taihu Lake in Suzhou; 3. 贡湖 Gonghu Lake

图 1 太湖 3 个不同污染区苕菜叶片横切面解剖结构
 Fig. 1 The anatomy structure of transection of leaves from *Nymphaoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze in three different polluted areas of Taihu Lake in China

采自苏州西太湖的苕菜叶片解剖结构(图 1-2)特点表现为栅栏组织细胞排列紧密,分层排列。叶绿体含量极其丰富。海绵组织已经逐渐退化,海绵组织之间形成较发达的细胞间隙,维管组织不发达。

在污染较重的贡湖,苕菜叶片解剖结构(图 1-3)差异更加明显。上下表皮细胞形状不规则,大小各异。叶肉薄壁细胞发达,细胞间隙不明显。无栅栏组织和海绵组织分化。叶片维管组织退化,只有几个很小的导管。

比较 3 个区域苕菜叶片的结构特点可以看出,它们的维管组织差异很大,在污染较轻的苏州东太湖和西太湖,苕菜叶片已经形成了较发达的维管组织;而在受污染严重的贡湖,苕菜叶片维管组织不发达。另外,东太湖苕菜叶片的维管束鞘很明显,而西太湖和贡湖的苕菜叶片还没有形成明显的维管束鞘,而维管束鞘在光合作用和营养物质的运输当中具有很重要的作用。

2.3 在不同水生环境中苕菜叶结构特征差异变化

对 3 个采集点苕菜叶片解剖结构测量参数进行统计分析(表 2),结果表明在不同水生环境中苕菜叶片解剖结构表现出一定的差异。

东太湖和西太湖的苕菜叶片结构之间的差异只表现在海绵组织厚度和下表皮厚度上,其他组织之间没有差异。从统计数据可以看出,贡湖的苕菜叶片与另外两地叶片各种组织之间都存在差异,而且表现出显著差异性。

3 讨论

水生高等植物在典型的草型湖泊中的分布通常呈现 3 个同心环湖的带,由沿岸向湖心依次为挺水植物带、浮水植物带和沉水植物带。三类植物分别处在不同的水环境中,迫使它们的组织向不同的方向进化,以适应各自的环境。沉水植物叶片的叶肉

表 2 太湖不同污染区苕菜叶片解剖特征比较¹⁾

Table 2 Anatomy characteristics of leaves from *Nymphaoides peltatum* (Gmel.) O. Kuntze in different polluted areas of Taihu Lake in China¹⁾

采集点 Site	叶片 Leaf	厚度/ μm Thickness ($\bar{X} \pm SD$)				TPT/ TST
		栅栏组织 Palisade tissue	海绵组织 Spongy tissue	上表皮 Upper epidermis	下表皮 Lower epidermis	
1	0.307aA \pm 0.036 6	0.102aA \pm 0.004 0	0.200aA \pm 0.010 6	0.008bB \pm 0.001 4	0.015aB \pm 0.001 3	0.486
2	0.289aA \pm 0.001 5	0.098aA \pm 0.005 6	0.184bA \pm 0.017 4	0.008bB \pm 0.000 3	0.008bB \pm 0.000 2	0.533
3	0.180bB \pm 0.009 5	0.000 bB \pm 0.000 0	0.000 cB \pm 0.000 0	0.013aA \pm 0.002 0	0.012cA \pm 0.000 2	0.000

¹⁾ 1: 苏州东太湖 East Taihu Lake in Suzhou; 2: 苏州西太湖 West Taihu Lake in Suzhou; 3: 贡湖 Gonghu Lake 相同的大写和小写字母分别表示 $\alpha = 0.01$ 和 $\alpha = 0.05$ 水平差异不显著 (Duncan 检验) The same capital and small letters indicate no significant difference at $\alpha = 0.01$ and $\alpha = 0.05$ levels respectively (Duncan test); TPT/TST: 栅栏组织和海绵组织厚度的比值 The thickness ratio of palisade tissue with spongy tissue.

组织无海绵和栅栏组织的分化,通气组织发达;浮水植物漂浮在水面,叶片一般成针形或丝状^[4]。一些高等水生植物为了适应特殊的生存环境,形态结构发生变化以适应环境,眼子菜(*Potamogeton distinctus* A. Benn.)和鸭舌草[*Monochoria vaginalis* (Burm. f.) Presl]具有长长的叶柄;眼子菜和水马齿(*Callitriche stagnalis* Scop.)有异型叶等均被认为是适应水中生活的形态特征^[5,6]。潘文斌等人对5种植物叶的空间格局进行了定量化描述,为更好地理解水生植物对水环境的适应机理,进一步对更大尺度下的水生植物空间格局研究提供了基础信息^[7]。

在长期适应水生环境的过程中,水生植物体内形成了特殊的结构,其叶片结构的变化尤为显著,叶片通常较薄,叶肉细胞层数较少,一般没有栅栏组织和海绵组织的分化,形成发达的通气组织和输导组织。机械组织和保护组织几近退化,表皮上没有角质膜或很薄^[6]。

在本实验中太湖3个不同污染区的苕菜叶片解剖结构表现出一定的差异。污染较重的贡湖地区苕菜叶片栅栏组织和海绵组织不分化,叶绿体少,而其他两地叶片栅栏组织与海绵组织分化明显,栅栏组织发达,叶绿体多,这与一般水生植物叶片结构有一定的差异。引起这种差异的原因可能是多方面的,具体原因还有待进一步研究。水下光照的强弱往往影响到植物形态和结构的差异,贡湖水体较深,水体透明度很低,水底光线较弱,在苕菜叶生长初期得不到植物生长所需的光照强度,引起植物叶片生长受到抑制;而其他2个区域水体透明度很高,植物得到较为充足的光照,满足了植物体一定的生长需求。

贡湖出现了严重的湖泊富营养化,水体中的N、P含量极高,使得N、P成为水生植物生长的抑制因子。但葛滢等人也曾经报道过重度富营养化水中植物生长的限制因子是N、P以外的其他矿质元素^[9],湖泊的富营养化往往会引起其他污染物间的相互作用及其生态效应。有证据表明两者之间可能存在相互作用过程^[10,11]。

除了栅栏组织和海绵组织具有明显的差异以外,3个区域苕菜叶片海绵组织细胞间隙存在很大差异。贡湖地区苕菜叶片叶肉细胞较大,细胞间隙较小。而另外两地叶片已经形成发达的细胞间隙组织。水生植物通气量的大小与植物生长的水深和根

系在底泥中的扩展程度有直接关系^[12],由于3个采集点水深不同,为了适应不同的水位深度,叶片的通气组织可能会发生相应的变化。除了水位的高低,水质和底泥以及富营养化程度等因素都会影响到水生植物通气组织的形成。有研究表明富营养化产生的毒素(有机酸、硫化物等)以及有机物等在芦苇(*Phragmites communis* Trin.)中的富集是引起芦苇衰老的原因之一^[13]。

植物形态结构的适应性变化是周围环境改变的信号之一,了解水生植物在不同水生环境条件下的形态结构,将对植物生理生态基础研究起到一定的推动作用。

参考文献:

- [1] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京:中国农业出版社,1998. 511-512.
- [2] 秦伯强,吴庆龙,高俊峰,等. 太湖地区的水资源与水环境——问题、原因与管理[J]. 自然资源学报,2002,17(2): 221-228.
- [3] 刘兆德,虞孝感,王志宪. 太湖流域水环境污染现状与治理的新建议[J]. 自然资源学报,2003,18(4): 467-468.
- [4] 初敬华,高晨光,朱秋广,等. 三种水生植物营养器官的比较解剖学研究[J]. 松辽学刊(自然科学版),2001(2): 47-49.
- [5] 王德华. 水生植物的定义与适应[J]. 生物学通报,1994,29(6): 10.
- [6] 王勋陵,王静. 植物形态结构与环境[M]. 兰州:兰州大学出版社,1989.
- [7] 潘文斌,黎道丰,唐涛,等. 水生植物叶片的分形特征研究[J]. 水生生物学报,2004,28(1): 23-28.
- [8] 李扬汉. 植物学(第二版)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1984. 154-155.
- [9] 葛滢,常杰,王晓月. 两种程度富营养化水中不同植物生理生态特性与净化能力的关系[J]. 生态学报,2000,20(6): 1050-1055.
- [10] Karickhoff S W. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments[J]. Water Res, 1979, 13: 241-248.
- [11] Feraro S P. Predicting bioaccumulation potential: a test of a fugacity-based model[J]. Arch Environ Contam Toxicol, 1990, 19: 386-394.
- [12] Bendix M, Tornbjerg T, Brix H. Internal gas transport in *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L. 1. Humidity-induced pressurization and convective through-flow [J]. Aquatic Botany, 1994, 49: 75-89.
- [13] Armstrong J, Armstrong W, Wu Z, et al. A role of phytotoxins in the *Phragmites* die-back syndrome? [J]. Folia Geobot Phytotax, 1996, 31: 127-142.

(责任编辑:张垂胜)