

白洋淀水生植被初步调查*

李峰^{1,2} 谢永宏^{1**} 杨刚¹ 任勃¹ 侯志勇¹ 秦先燕^{1,2}

(¹ 中国科学院亚热带农业生态研究所洞庭湖湿地生态试验站,长沙 410125; ² 中国科学院研究生院,北京 100039)

摘要 通过野外实地调查对白洋淀水生植被的物种组成、群落类型、分布格局及物种生物量进行了初步研究。结果表明:白洋淀湿地共有水生植物 39 种,隶属于 21 科 32 属,其中挺水植物 16 种,沉水植物 14 种,浮叶根生植物 6 种,漂浮植物 3 种。与 20 世纪 90 年代初相比,水生植物共减少了 9 种,群落类型也由原来的 16 种变为现在的 13 种,大面积轮叶黑藻、大茨藻等优势群落消失,物种分布格局也发生了巨大变化。群落生物量较 1980 年大幅下降。人工养殖、污染物随意排放和水位的变化可能是造成白洋淀湿地退化、水生植被格局发生巨大变化的主要原因。

关键词 白洋淀 水生植被 生物量

文章编号 1001-9332(2008)07-1597-07 中图分类号 Q948.1 文献标识码 A

Preliminary survey on aquatic vegetations in Baiyangdian Lake. LI Feng^{1,2}, XIE Yong-hong¹, YANG Gang¹, REN Bo¹, HOU Zhi-yong¹, QIN Xian-yan^{1,2} (¹Experimental Station of Wetland Ecology in Dongting Lake, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; ²Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2008, 19(7): 1597-1603.

Abstract: A field survey was conducted on the species composition, community type, distribution pattern, and biomass of aquatic vegetations in the Baiyangdian Lake of Hebei Province. A total of 39 species were observed, including 16 emergent species, 14 submerged species, 6 floating-leaved species, and 3 floating species, belonging to 21 families and 32 genera. Compared with those about 15 years ago, 9 species were disappeared, community types were decreased from 16 to 13, and some predominant communities with large distribution area, such as *Hydrilla verticillata* and *Najas major*, were not found in the present survey. Meanwhile, the distribution pattern of aquatic vegetations was greatly changed. The biomass of aquatic vegetations decreased dramatically, compared to the survey in 1980. Human cultivation, random discharge of pollutants, and tremendous change of water level could be the main reasons for the degradation of aquatic vegetations and the great change of their distribution pattern in the Lake.

Key words: Baiyangdian Lake; aquatic vegetation; productivity.

白洋淀地处华北平原东部^[1],为华北平原最大的湖泊湿地,不仅是我国重要的淡水水产品生产基地,而且还承担着蓄水、防洪、调节气候、补充地下水、维护生物多样性和生态系统平衡等多种生态功能^[2-3]。但近年来随着工农业污染、人口剧增、全球变化等问题的出现,白洋淀地区的生态环境不断恶化,水位及水环境质量不断下降,导致物种丧失、生物多样性下降等,严重影响了当地居民的生产生活,并给当地生态系统平衡和区域可持续发展带来了很

大威胁。因此如何更好地保护白洋淀湿地资源,实现白洋淀地区的可持续发展成为生态学家关注的热点之一。迄今为止,关于白洋淀的研究主要集中在生态系统服务功能与价值评估、水环境现状及水文特性、土壤理化性质及其功能、植被组成及生态功能等多个方面^[4-6],这些研究对于认识白洋淀湿地生态系统的现状和演变过程,促进白洋淀湿地生态系统的保护都具有重要意义。

国内关于白洋淀水生植被综合性的研究较少,仅田玉梅等^[4]在 1995 年进行了白洋淀水生植被调查,现在的白洋淀无论从湿地面积、基质特性,还是

* 国家重点基础研究发展规划资助项目(2006CB403301)。

** 通讯作者。E-mail: yonghongxie@163.com

2007-10-29 收稿 2008-04-16 接受。

水文特征、生物种类等方面都发生了巨大变化,本研究于2007年秋对白洋淀湿地进行了一次系统调查,以了解白洋淀水生植被组成、群落类型、群落分布及群落生物量的现状,分析导致湿地植被变化的主要因子,并提出相应的防治措施,旨在揭示环境变化对水生植被的影响以及物种的适应特性,为白洋淀水生植被的保护、利用及其退化生态系统的恢复和重建提供理论基础。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

白洋淀(38°43'—39°02'N,115°38'—116°07'E)位于河北省中部,总面积为366 km²,淀区由143个大小不等的淀泊构成,上游由潴龙河、孝义河、唐河、府河、漕河、瀑河、萍河和白沟引河等河流注入,淀水经东部赵北口东流与海河相通^[7-8]。该区属温带大陆性季风气候区,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,多年平均气温7.3℃~12.7℃,最高气温43.5℃,平均年积温在2992℃~4409℃,全流域多年平均降雨量为563.7 mm^[11]。淀内以沼泽为主,土壤营养物质丰富,生物种类繁多。常见的水生植物类群为芦苇(*Phragmites australis*)、狭叶香蒲(*Typha angustifolia*)、莲(*Nelumbo nucifera*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、穗花狐尾藻(*Myriophyllum spicatum*)、龙须眼子菜(*Potamogeton pectinatus*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查 野外调查在2007年9月进行,该时期水生植物种类最丰富、生物量最高。根据白洋淀的地形特征按照直线取样法确定4条调查路线(图1)。在实际调查中,由于有些区域不能通航,因此样点的设置做了部分调整。在每条线路上每隔300~500 m设置一大小为1 m×1 m的样方,用特制水草荚(0.5 m×0.5 m)将样方内所有物种荚起,测量并记录各物种高度、个体数、鲜质量等指标。其中狭叶香蒲、莲只测量其地上部分鲜质量,其他均为全株鲜质量。为保证测量的准确性,首先将捞取后的植物放置于船上5 min后再称量其鲜质量。调查过程中还对各物种的盖度、多度及水深、水体透明度、样方外物种等进行详细记录。调查样方数共计150个。

1.2.2 水生植物含水量的测定 野外调查过程中,每一物种取一定量(已知鲜质量)进行室内含水量的测定,先将植物材料清洗干净后,在采集地风干,带回实验室,用80℃恒温烘箱烘至恒量,用精度为0.01 g的电子天平测定干质量,5次重复。根据以下



图1 白洋淀野外调查路线示意图

Fig. 1 Survey routes in the Baiyangdian Lake.

公式进行含水量的计算。

$$C_{\text{水}} = \frac{M_{\text{鲜}} - M_{\text{干}}}{M_{\text{鲜}}} \times 100\%$$

式中: $C_{\text{水}}$ 为水生植物含水量; $M_{\text{鲜}}$ 为水生植物鲜质量; $M_{\text{干}}$ 为水生植物干质量。

1.2.3 水生植被生物量的计算 生物量是重要的植物群落数量特征,直接反映生态系统生产者的物质生产量,是生态系统生产力的重要体现^[8-9]。因此,本文对白洋淀水生植被的生物量进行了估算:根据物种的含水量及鲜质量对样方中的每个物种进行生物量(干质量)的计算,样方内各物种生物量的总和为该样方生物量。研究表明,水生植物尤其是沉水植物、漂浮植物对水文条件及水质变化比较敏感,具有很好的指示作用^[10-11]。在白洋淀地区,芦苇通常分布于水位梯度的最高端,水文变化对其生物量的影响可能没有其他水生植物显著,故本次生物量调查中未包括芦苇群落。

2 结果与分析

2.1 白洋淀水生植被物种组成

从表1可以看出,白洋淀共有水生植物39种,隶属于21科,31属。按照生活型划分,挺水植物共16种,占总数的41.03%;沉水植物共14种,占35.90%;浮叶根生植物共6种,占15.38%;漂浮植物3种,占7.69%。按植物的科属划分,眼子菜科、禾本科、睡莲科、水鳖科植物占的比例较大,而狸藻科、小二仙草科、槐叶萍科、龙胆科等分别仅有1种。与20世纪90年代初相比,密穗砖子苗(*Mariscus compactus*)、萍蓬草(*Nuphar pumilum*)、菖蒲(*Acorus*

表 1 白洋淀水生植物名录

Tab. 1 Species list of aquatic vegetation in Baiyangdian Lake

挺水植物 Emergent species	
两栖蓼	<i>Polygonum amphibium</i>
水蓼	<i>P. hydropiper</i>
莲	<i>Nelumbo nucifera</i>
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>
狭叶香蒲	<i>Typha angustifolia</i>
芦苇	<i>Phragmites australis</i>
荻	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>
荆三棱	<i>Scirpus yagara</i>
花蔺	<i>Butomus umbellatus</i>
小灯心草	<i>Juncus bufonius</i>
菰	<i>Zizania caduciflora</i>
稗	<i>Echinochloa crusgalli</i>
慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>
狭叶黑三棱	<i>Sparganium stenophyllum</i>
菖蒲	<i>Acorus calamus</i>
密穗砖子苗	<i>Mariscus compactus</i>
沉水植物 Submerged species	
金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>
五刺金鱼藻	<i>C. demersum</i> var. <i>quadrispinum</i>
穗花狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>
狸藻	<i>Utricularia vulgaris</i>
菹草	<i>Potamogeton crispus</i>
龙须眼子菜	<i>P. pectinatus</i>
马来眼子菜	<i>P. malaiianus</i>
光叶眼子菜	<i>P. lucens</i>
微齿眼子菜	<i>P. maackianum</i>
大茨藻	<i>Najas major</i>
小茨藻	<i>N. minor</i>
轮叶黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>
苦草	<i>Vallisneria natans</i>
轮藻属一种	<i>Chara</i> sp.
浮叶根生植物 Floating-leaved species	
菱	<i>Trapa bispinosa</i>
细果野菱	<i>T. maximowiczii</i>
荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>
芡实	<i>Euryale ferox</i>
水鳖	<i>Hydracharis dubta</i>
萍蓬草	<i>Nuphar pumilum</i>
漂浮植物 Floating species	
稀脉浮萍	<i>Lemna paucicostata</i>
紫背浮萍	<i>Spirodela polyhiza</i>
槐叶萍	<i>Salvinia natans</i>

calamus)及轮藻属(*Chara*)的一种为新发现种,但物种总数减少了9种,尤其是莼菜(*Brasenia schrberi*)、梅花藻(*Batrachium trichophyllum*)、黄花狸藻(*Utricularia lour*)、延药睡莲(*Nymphaea stellata*)以及莎草科的水葱(*Scirpus tabernaemontani*)等消失^[4],其他几个物种由于生物学特性及调查时间和方法的限制,需进一步确认。睡莲(*Nymphaea tetragona*)、狸藻(*Utricularia vulgaris*)虽在调查中有发现,但数量极

少,尤其是睡莲,仅为人工种植的几株。本次调查优势种为金鱼藻、芦苇、槐叶萍(*Salvinia natans*)、荷、狭叶香蒲、水鳖(*Hydracharis dubta*)、紫背浮萍(*Spirodela polyhiza*)等,其中狭叶香蒲、金鱼藻为新增优势种,而马来眼子菜(*Potamogeton malaiianus*)、轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)、光叶眼子菜(*Potamogeton lucens*)等物种的优势性已经消失。

2.2 白洋淀水生植被群落类型

根据植被分类原则,将白洋淀水生植物分为13个主要群落类型(表2):其中芦苇群落、狭叶香蒲群落、金鱼藻群落、莲群落、紫背浮萍+槐叶萍群落为优势群落,分布面积较广;小茨藻群落主要分布于前、后塘区域,大面积的穗花狐尾藻和微齿眼子菜群落分布于赵北口镇附近;龙须眼子菜群落分布范围较广,但缺乏大面积分布,而芡实+菱群落只在小杨家淀内发现,且为人工种植群落;马来眼子菜群落、荇菜群落、水鳖群落多分布于航道两侧,但未见大面积分布。

与90年代初相比,群落类型减少了3个,具有从沉水植物优势群落向挺水植物优势群落转变的特征。其中微齿眼子菜、狭叶香蒲以及小茨藻等群落为新生群落,而原来的轮叶黑藻、光叶眼子菜、水蓼+两栖蓼等群落在本次调查中均未发现^[4]。但据当地农民介绍,每年3—4月仍有大面积的菹草群落分布。因此,本次调查结果很可能和我们的调查时间有关,因为菹草为秋季发芽、冬春季生长的一种特殊生活史类型的沉水植物,而我们调查的时间正好是其刚开始萌发的秋季,故未见其大面积分布。此外调查还发现,芡实、菱、睡莲等群落的分布面积急剧下降,如在20世纪90年代初白洋淀地区芡实、菱年平均种植面积为133.3 hm²和1 428.1 hm²^[4],但本次调查发现,目前这两种群落种植面积总和不足3.3 hm²。而原来在藻荇淀、莲花淀、大麦淀广泛分布的睡莲群落,本次调查仅在东淀头村附近发现零星的几株。

2.3 白洋淀水生植被分布格局

白洋淀水生植物群落垂直分层现象比较明显。最典型的群落景观为狭叶香蒲、莲等挺水植物位于群落最上层,水鳖、槐叶萍、紫背浮萍、荇菜等位于群落第二层,而穗花狐尾藻、金鱼藻、马来眼子菜等沉水植物位于最下层,这种景观在荷叶淀、王家淀等较为常见,但不同淀泊中水生植被分布情况又有很大差异。如在赵北口镇附近的莲花淀,浮叶根生植物水鳖、荇菜很少见,狭叶香蒲、穗花狐尾藻、微齿眼子菜

表2 白洋淀水生植物主要群落类型

Tab. 2 Main community types of aquatic vegetation in Baiyangdian Lake

编号 Code	群落类型 Vegetation type	主要物种 Main species	主要伴生种 Concomitant species
1	芦苇群落 Community of <i>P. australis</i>	芦苇 <i>P. australis</i>	荻 <i>M. sacchariflorus</i> 、稗草 <i>E. crusgalli</i>
2	微齿眼子菜群落 Community of <i>P. maackianum</i>	微齿眼子菜 <i>P. maackianum</i>	穗花狐尾藻 <i>M. spicatum</i> 、轮叶黑藻 <i>H. verticillata</i>
3	金鱼藻群落 Community of <i>C. demersum</i>	金鱼藻 <i>C. demersum</i>	槐叶萍 <i>S. natans</i> 、狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i> 、荇菜 <i>N. peltatum</i> 、水鳖 <i>H. dubta</i> 、莲 <i>N. nucifera</i>
4	莲群落 Community of <i>N. nucifera</i>	莲 <i>N. nucifera</i>	金鱼藻 <i>C. demersum</i> 、槐叶萍 <i>S. natans</i> 、狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i>
5	小茨藻群落 Community of <i>N. minor</i>	小茨藻 <i>N. minor</i>	紫背浮萍 <i>S. polyhiza</i> 、狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i> 、金鱼藻 <i>C. demersum</i>
6	狭叶香蒲群落 Community of <i>T. angustifolia</i>	狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i>	槐叶萍 <i>S. natans</i> 、水鳖 <i>H. dubta</i> 、龙须眼子菜 <i>P. pectinatus</i>
7	芡实 + 菱群落 Community of <i>E. ferox</i> + <i>T. bispinosa</i>	芡实 <i>E. ferox</i> 、 菱 <i>T. bispinosa</i>	金鱼藻 <i>C. demersum</i> 、槐叶萍 <i>S. natans</i> 、水鳖 <i>H. dubta</i>
8	荇菜群落 Community of <i>N. peltatum</i>	荇菜 <i>N. peltatum</i>	槐叶萍 <i>S. natans</i> 、紫背浮萍 <i>S. polyhiza</i> 、金鱼藻 <i>C. demersum</i>
9	水鳖群落 Community of <i>H. dubta</i>	水鳖 <i>H. dubta</i>	槐叶萍 <i>S. natans</i> 、金鱼藻 <i>C. demersum</i>
10	紫背浮萍 + 槐叶萍群落 Community of <i>S. polyhiza</i> + <i>S. natans</i>	紫背浮萍 <i>S. polyhiza</i> 、 槐叶萍 <i>S. natans</i>	金鱼藻 <i>C. demersum</i> 、水鳖 <i>H. dubta</i> 、荇菜 <i>N. peltatum</i> 、 狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i>
11	马来眼子菜群落 Community of <i>P. malaianus</i>	马来眼子菜 <i>P. malaianus</i>	穗花狐尾藻 <i>M. spicatum</i> 、轮叶黑藻 <i>H. verticillata</i>
12	穗花狐尾藻群落 Community of <i>M. spicatum</i>	穗花狐尾藻 <i>M. spicatum</i>	微齿眼子菜 <i>P. maackianum</i> 、狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i>
13	龙须眼子菜群落 Community of <i>P. pectinatus</i>	龙须眼子菜 <i>P. pectinatus</i>	穗花狐尾藻 <i>M. spicatum</i> 、狭叶香蒲 <i>T. angustifolia</i> 、槐 叶萍 <i>S. natans</i>

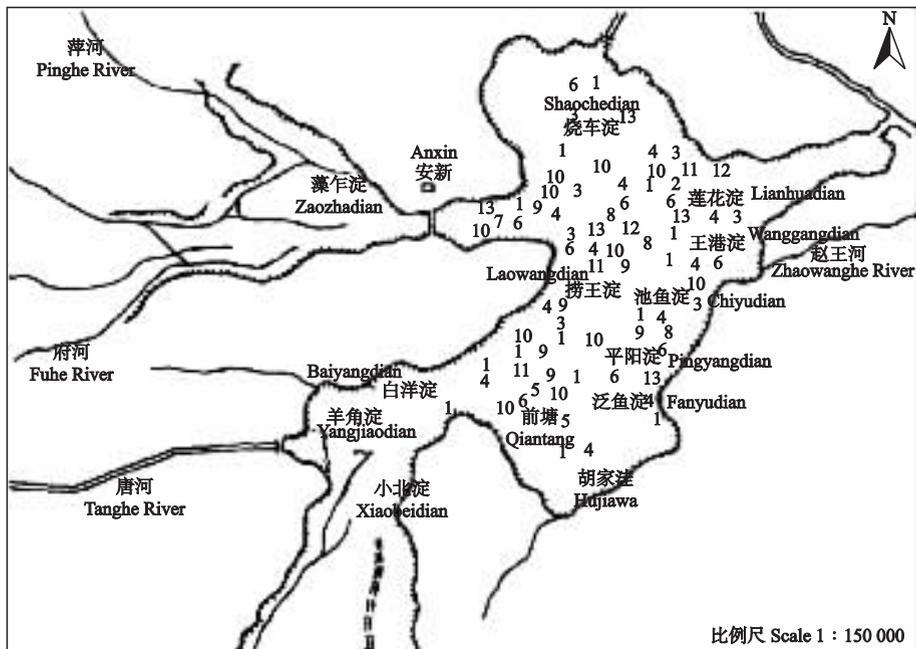


图2 白洋淀主要水生植物群落分布

Fig. 2 Distribution of main communities of aquatic vegetation in Baiyangdian Lake.

1) 芦苇群落 Community of *P. australis*; 2) 微齿眼子菜群落 Community of *P. maackianum*; 3) 金鱼藻群落 Community of *C. demersum*; 4) 莲群落 Community of *N. nucifera*; 5) 小茨藻群落 Community of *N. minor*; 6) 狭叶香蒲群落 Community of *T. angustifolia*; 7) 芡实 + 菱群落 Community of *E. ferox* + *T. bispinosa*; 8) 荇菜群落 Community of *N. peltatum*; 9) 水鳖群落 Community of *H. dubta*; 10) 紫背浮萍 + 槐叶萍群落 Community of *S. polyhiza* + *S. natans*; 11) 马来眼子菜群落 Community of *P. malaianus*; 12) 穗花狐尾藻群落 Community of *M. spicatum*; 13) 龙须眼子菜群落 Community of *P. pectinatus*.

等物种形成大面积的单优群落,群落分层现象并不明显。

水平分布格局与 20 世纪 90 年代初相比已发生巨大变化^[4]。如原来分布于藻乍淀、烧车淀、莲花淀

的大茨藻优势群落消失。藻乍淀由于干淀目前已被当地居民种植玉米等粮食作物,原来分布的马来眼子菜、轮叶黑藻、芡实、细果野菱等群落早已消失。此外,位于白洋淀北部的烧车淀也仅存一条狭窄的航道,主要群落仅为芦苇、狭叶香蒲、龙须眼子菜和金鱼藻等几种类型,原来的光叶眼子菜、睡莲+荇菜、穗花狐尾藻等群落已完全消失。原来沉水植物丰富的内白洋淀目前水生植物很少见,沉水植物只发现金鱼藻 1 种,此外还有芦苇以及零星的水鳖群落分布。有些地区虽然水生植物非常丰富,但群落类型已发生明显变化,如前、后塘地区已由原来的马来眼子菜、龙须眼子菜优势群落改变为现在的小茨藻优势群落,莲花淀目前以微齿眼子菜、穗花狐尾藻等为优势群落,而原来的大茨藻、水鳖、睡莲+荇菜等群落已不复存在。

2.4 白洋淀水生植被群落生物量

生物量计算结果表明,白洋淀主要植物群落生物量呈急剧下降趋势。据文献记载,1980 年白洋淀菹草群落生物量为 $813 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,为几种主要沉水植物生物量的最低值,群落生物量的最大值为 $6\,725 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ [12]。而此次调查结果显示,生物量最高的龙须眼子菜群落也仅为 $1\,220 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。由表 3 可以看出,群落间生物量相差很大。以紫背浮萍+槐叶萍群落生物量最低,仅为 $8.34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,而龙须眼子菜、微

表 3 白洋淀主要水生植被群落生物量

Tab.3 Biomass of main aquatic vegetation communities in Baiyangdian Lake

群落类型 Vegetation type	生物量 Biomass($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
微齿眼子菜群落 Community of <i>P. maackianum</i>	101.42 ~ 530.57
金鱼藻群落 Community of <i>C. demersum</i>	22.61 ~ 259.06
莲群落 Community of <i>N. nucifera</i>	30.54 ~ 388.14
小茨藻群落 Community of <i>N. minor</i>	113.27 ~ 445.70
狭叶香蒲群落 Community of <i>T. angustifolia</i>	141.08 ~ 279.40
芡实+菱群落 Community of <i>E. ferox</i> + <i>T. bispinosa</i>	177.85
荇菜群落 Community of <i>N. peltatum</i>	37.55 ~ 101.44
水鳖群落 Community of <i>H. dubia</i>	33.35 ~ 149.96
紫背浮萍+槐叶萍群落 Community of <i>S. polyhiza</i> + <i>S. natans</i>	8.34 ~ 45.98
马来眼子菜群落 Community of <i>P. malaiianus</i>	56.72 ~ 384.24
穗花狐尾藻群落 Community of <i>M. spicatum</i>	57.50 ~ 298.85
龙须眼子菜群落 Community of <i>P. pectinatus</i>	65.46 ~ 1219.79

齿眼子菜、马来眼子菜等群落的生物量相对较高。相同类型的不同群落生物量差别也很大,以龙须眼子菜和莲群落为例,最大值与最小值之间相差分别为 $1\,154.33$ 和 $357.60 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。这是由物种特性、伴生种及生长环境的差异共同作用的结果。

3 讨 论

植被是湿地生态系统的重要组成部分,对湿地生态系统结构和功能起着重要的支撑作用。随着对湿地保护及合理开发利用认识的深化,对湿地植被的研究越来越受到重视。湿地植被动态是目前国内外研究的热点之一 [13]。而生物量作为生态系统健康状况的重要评价指标,其变化会对生态系统中的生态过程(如生物地球化学循环等)产生重要影响,因此,区域或全球尺度下生物生物量的变异及其决定因素也一直是生态学家关注的热点 [14-15]。

本研究表明,白洋淀湿地生态系统退化严重,水生植被种类、群落类型及分布面积、群落生物量与历史资料相比均急剧下降,群落分布格局与 20 世纪 90 年代初相比也发生了巨大变化。主要体现在:水生植物种类与群落类型分别减少了 9 种和 3 种;许多优势群落如大茨藻、轮叶黑藻的消失以及群落生物量的不断下降等几个方面。造成这种情况的可能原因主要包括:1)上游许多大型水库的修建、降雨量的持续下降、蒸发量和渗透量的不断上升等因素使得白洋淀水位不断下降,严重威胁了水生植物的生存 [16-17]。由图 3 不难看出,白洋淀的水位年际变化显著,尤其是进入 20 世纪 80 年代以后,很长一段时间处于干淀状态,导致了很多水生植物的丧失。这种情况直到 20 世纪 90 年代初,通过人工补水才有所好转,而田玉梅等 [4] 对白洋淀的调查也正是在这个时期进行的,故植物种类相对较多。但随后水位又呈现持续下降趋势。2001—2003 年白洋淀平均最大水位为 6.82 m ,与 20 世纪 90 年代相比下降了 2.98 m ,仅比其最低平均水位高 0.51 m [16];而到了 2004 年平均水位仅为 3.90 m ,远远低于 6.50 m 的干淀水位 [7]。本次调查发现,2007 年这种状况仍然未得到改善。可见,水位的持续下降给水生植物尤其是沉水植物的生存、生长和繁殖带来了巨大威胁。如 20 世纪 90 年代初调查时发现,马来眼子菜、光叶眼子菜、菹草等沉水植物均生活在水深超过 1 m 的水域,而此次调查发现,许多沉水植物目前生存水位甚至不到 30 cm 。从植被类型变化的趋势来看,某些沉水植物群落可能会进一步被挺水植物群落所替代。以

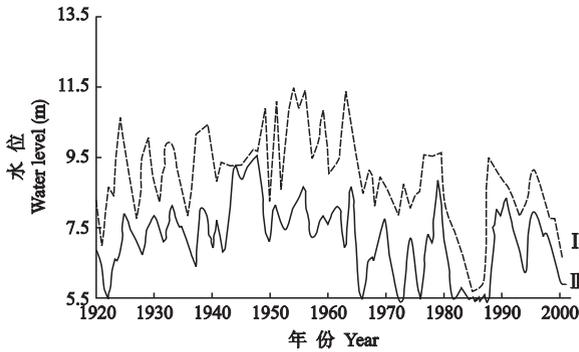


图3 白洋淀历年最高、最低水位曲线^[1]

Fig. 3 Inter-annual highest and lowest water levels of Baiyangdian Lake^[1].

I: 最高水位 The highest water level; II: 最低水位 The lowest water level.

烧车淀为例,原来分布的穗花狐尾藻+大茨藻群落已不复存在,取而代之的是大面积的狭叶香蒲群落。2) 水体污染严重,破坏了水生植物的生存环境。未经处理的工农业污水和生活垃圾大量入淀,使得水体严重富营养化,水体透明度很低。每年仅保定市经府河排入的污水量就达6 000~7 000万t,而每天排入淀区的生活污水也达320~800 m³^[7],使得白洋淀水体中化学需氧量、生化需氧量、总N、总P严重超标,水体处于严重的富营养化状态^[18],并且有逐年加剧恶化的趋势^[19-20]。水体富营养化将促使藻类剧增,导致水体透明度的急剧下降,最终致使水生植物尤其是沉水植物的退化或消失。如本次调查发现,在麦淀、涝王淀等区域,水体透明度最低值仅为21 cm,这对沉水植物的光合作用产生了严重的负面影响。3) 渔业、养殖业的发展使得白洋淀湿地生态系统破碎化严重,这严重阻碍了水生植物的繁殖更新,致使生物多样性水平不断下降^[21]。白洋淀淀内有39个纯水村,周边有84个半水村,总人口26.8万人,主要从事水上种植、养殖业等经济活动,有数据表明,目前淀内人工水产养殖面积已超过4万hm²^[18],已大大超过了白洋淀的承载量。家禽畜牧业废弃物、粪便直接或间接入淀,水中投放的饵料除少量被鱼食用外,大部分沉积于水体等都对水体造成了严重的污染。尤其在白洋淀、寨南等地区,到处可见人工圈围的鱼塘,原来的湿地景观已不复存在。调查过程中还经常发现当地居民打捞水草进行家庭养殖的情况,尤其是对槐叶萍、水鳖、荇菜等的捕捞现象非常严重,这严重影响了水生植物自身繁殖更新及其生态功能的发挥。

已有研究表明,白洋淀湿地退化的最主要原因是水输入输出的不平衡,同时人为因素也不可忽

视^[16-22]。为保护好现有的生物资源,实现白洋淀湿地生态系统的生态平衡和资源的可持续利用,我们认为应采取以下措施:1) 统筹兼顾,合理调配水资源,实现生产、生活、生态用水的平衡。通过在上游地区实施节水工程、水库放水、南水北调等措施,保证水位在枯水期也足以维持湿地生态系统良性循环的需要,严防“干淀”的发生。2) 加大水体污染的防治力度,杜绝水体富营养化。这可以通过以下措施来实现:首先要规范工业废水的排放制度,实行达标排放;其次要加大农业面源污染治理,鼓励畜禽粪便的资源化;此外,还要对生活垃圾进行集中处理,严防未经处理的垃圾入淀。3) 严格控制人工水产养殖规模,大力发展旅游业、手工制造业和特色养殖业等替代产业。通过产业结构调整实现经济和生态的平衡。此外,还要加大环境保护法律法规的宣传力度,使当地居民能够自觉地投入到白洋淀生态环境及水生植物资源的保护中来。

参考文献

- [1] Zhao X(赵翔), Cui B-S(崔保山), Yang Z-F(杨志峰). A study of the lowest ecological water level of Baiyangdian Lake. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2005, **25**(5): 1033-1040 (in Chinese)
- [2] Yin C-Q(尹澄清), Lan Z-W(兰智文), Yan W-J(晏维金). Retention of allochthonous nutrients by ecotones of Baiyangdian Lake. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1995, **6**(1): 76-80 (in Chinese)
- [3] Yang Z(杨卓), Wang D-W(王殿武), Li G-B(李贵宝), et al. Investigation and assessment on pollution status of heavy metal in sediment of Baiyangdian Lake. *Journal of Agricultural University of Hebei* (河北农业大学学报), 2005, **28**(5): 20-26 (in Chinese)
- [4] Tian Y-M(田玉梅), Zhang Y-K(张义科), Zhang X-S(张雪松). Aquatic vegetation in Baiyangdian Lake. *Journal of Hebei University* (Nature Science) (河北大学学报·自然科学版), 1995, **15**(4): 59-66 (in Chinese)
- [5] Hua L-P(滑丽萍), Hua L(华璐), Wang X-D(王学东), et al. Study on effect of reed on heavy metal pollution in sediments of Baiyangdian. *Journal of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), 2006, **20**(2): 102-105 (in Chinese)
- [6] Zhang S-Z(张素珍), Li G-B(李贵宝). The wetland ecological service function and value estimation of the Baiyangdian Lake wetland. *South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology* (南水北调与水利科技), 2005, **3**(4): 22-25 (in Chinese)
- [7] Long L-M(龙丽民), Zhao H-J(赵红杰), Wu J-S(武建双). Research on the problem and protection countermeasure of Baiyangdian water resource. *Journal*

- of *Anhui Agricultura Sciences* (安徽农业科学), 2006, **34**(6):1188-1189 (in Chinese)
- [8] Peng Y-G (彭友贵), Chen G-Z (陈桂珠), Wu P-F (武鹏飞), *et al.* Net primary productivity of several mangrove species under controlled habits. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(8):1383-1388 (in Chinese)
- [9] Yu W-T (宇万太), Yu Y-Q (于永强). Advance in the research of underground biomass. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2001, **12**(6):927-932 (in Chinese)
- [10] Benson ER, O'Neil JM, Dennison WC. Using the aquatic macrophyte *Vallisneria americana* (wild celery) as a nutrient bioindicator. *Hydrobiologia*, 2008, **596**:187-196
- [11] Kłosowski S. The relationships between environmental factors and the submerged *Potamogeton* associations in lakes of north-eastern Poland. *Hydrobiologia*, 2006, **560**:15-29
- [12] Editor Commission of Local Chronicles for Anxin County (安新县地方志编撰委员会). Local Chronicles for Anxin County. Beijing: Xinhua Press, 2000 (in Chinese)
- [13] Hong T-Q (洪天求), Pan G-L (潘国林), Liu L (刘路), *et al.* Study on dynamic changes of the plant assemblages in estuary wetland of Shiwuli River in the Chaohu Lake Basin. *Journal of Hefei University of Technology* (合肥工业大学学报·自然科学版), 2007, **30**(1):68-72 (in Chinese)
- [14] Yuan W-P (袁文平), Zhou G-S (周广胜). Responses of three *Stipa* communities net primary productivity along northeast China transect to seasonal distribution of precipitation. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(4):605-609 (in Chinese)
- [15] Schimel D, Melillo J, Tian H, *et al.* Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems of the United States. *Science*, 2000, **287**:2004-2006
- [16] Liu CL, Xie GD, Huang HQ. Shrinking and drying up of Baiyangdian Lake wetland: A natural or human cause? *Chinese Geographical Science*, 2006, **16**(4):314-319
- [17] Li Y-H (李英华), Cui B-S (崔保山), Yang Z-F (杨志峰). Influence of hydrological characteristic change of Baiyangdian on the ecological environment in wetland. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2004, **19**(1):62-68 (in Chinese)
- [18] Zhang X-G (张笑归), Liu S-Q (刘树庆), Dou T-L (窦铁岭), *et al.* Strategies for controlling water environmental pollution in the area of Baiyangdian Lake. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), 2006, **14**(2):27-31 (in Chinese)
- [19] Yang Z, Li BW, Li GB, *et al.* Nutrient elements and heavy metals in the sediment of Baiyangdian and Taihu Lakes: A comparative analysis of pollution trends. *Frontiers of Agriculture in China*, 2007, **1**:203-209
- [20] Yan WJ, Zhang S, Chen XB, *et al.* Nitrogen export by runoff from agricultural plots in two basins in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2005, **71**:121-129
- [21] Lu J-B (卢剑波), Ding L-Z (丁立仲), Xu G-F (徐高福). Effect of islanding on plant species diversity in Thousand-island Lake region. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(9):1672-1676 (in Chinese)
- [22] Xu W-H (徐卫华), Ouyang Z-Y (欧阳志云), Duren IV, *et al.* Reed land change and its relationship to water level in Baiyang Lake since 1987. *Journal of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), 2005, **19**(4):181-184 (in Chinese)

作者简介 李 峰,男,1981年生,博士研究生.主要从事湿地植物生态学研究,发表论文9篇. E-mail: lifeng914@eyou.com

责任编辑 肖 红
