

北京妫水河湿地植物多样性调查与评价研究

萨茹拉^{1,2}, 刘来胜¹, 李志萍², 霍炜洁¹, 殷淑华¹, 程娜^{1,2}

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 华北水利水电大学 地球科学与工程学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 为探究北方缺水地区湿地植物物种多样性变化, 选取北京市延庆区妫水河为研究区, 采用物种丰富度 (R), Shannon - Wiener 指数 (H), Simpson 指数 (D) 和 Peilou 均匀度指数 (J) 作为植物群落多样性指标, 使用方差法和典型对应分析 (CCA) 对不同河段和区域间湿地植物物种分布与环境因子之间的响应关系进行研究。研究表明: 研究区现有湿地植物 93 种, 隶属于 44 科 76 属, 优势科有菊科 (Asteraceae)、禾本科 (Poaceae)、豆科 (Fabaceae) 和莎草科 (Cyperaceae); 93 种植物的 Shannon - Wiener 指数 (H) 小于 3, Simpson 指数 (D) 和 Peilou 均匀度指数 (J) 介于 0.5 ~ 0.75 之间, 物种数量总体不多, 但分布较均匀, 处于中等水平; 对湿地植物群落形成及生长影响较大的水质因子依次为全氮 (TN)、pH 和化学需氧量 (COD)。

关键词: 植物群落; 物种多样性; 北方缺水地区; 妫水河湿地

中图分类号: TV213.4; Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)04-0018-08

Investigation and evaluation on plant diversity of wetlands in Guishui River, Beijing

SA Rula^{1,2}, LIU Laisheng¹, LI Zhiping², HUO Weijie¹, YIN Shuhua¹, CHENG Na^{1,2}

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. College of Geosciences and Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: In order to explore the changes of species diversity of wetland plants in northern water-scarce areas, the Yanqing Guishui River in Beijing was selected as the study area, using species richness (R), Shannon - Wiener Index (H), Simpson Index (D) and Peilou evenness Index (J) as indicators for measuring plant community diversity, the response relationship between plant species distribution and environmental factors in different river sections and regions was studied using the variance method and typical correspondence analysis (CCA). The results showed that there are 93 species of wetland plants belonging to genus 76 and family 44 in the study area, and the dominant families are Asteracea, Poaceae, Fabaceae and Cyperaceae. For these 93 species of plants, the H was less than 3, D and J were between 0.5 and 0.75. The total number of species is not high; however, the distribution is relatively uniform and at a medium level. The major water quality factors affecting the formation and growth of wetland plant communities were Total Nitrogen (TN), pH and Chemical Oxygen Gemand (COD).

Key words: plant community; species diversity; northern water-deficient area; wetland in Guishui River

1 研究背景

湿地植物作为湿地生态系统的主要组成部分, 是湿地生物组分中最活跃的部分, 在维持湿地生态系统结构、发挥生态服务功能方面起着重要的支撑作用^[1-2]。近年来, 受城市化进程发展和人类活动

的影响, 湿地植物的生存环境遭到了不同程度的破坏, 植物种类、数量和群落结构均发生显著变化。基于湿地植物严重退化问题, 加强河流植物群落研究, 对于准确认识植物退化机理、利用湿地植物修复河流受损生境具有重要意义^[3]。目前, 针对河流湿地植物的研究主要集中在植物多样性、植物群落演替

收稿日期: 2018-11-29; 修回日期: 2019-02-19

基金项目: 国家“十三五”水专项(2017ZX07101004)

作者简介: 萨茹拉(1995-), 女, 内蒙古通辽人, 硕士研究生, 研究方向为地下水利用及环境水文地质。

通讯作者: 刘来胜(1980-), 男, 山东济宁人, 博士, 高级工程师, 研究方向为水处理和河流生态修复。

规律等方面^[4-8]。张茹春^[9]调查北京市怀沙河、怀九河水生植物共发现植物 16 科 18 属 24 种,水生植物群落有香蒲群落、慈菇群落、满江红群落、水毛茛群落、豆瓣菜群落等 13 个。卜梦娇等^[10]对北京市以再生水为补充水源的 11 座公园河、湖湿地进行了植物现状调查,记录了 42 种水生植物和 9 种植物群落类型,其中荷花+香蒲—睡莲+莲蓬草—苦草+金鱼藻群落、芦苇+千屈菜+野慈姑—金鱼藻+石龙尾群落、荻—王莲+凤眼莲—轮叶狐尾藻群落为北京市典型的 3 种湿地水生植物群落类型。李博等^[11]调查发现,北京拒马河流域水生植物共有 192 种,分别隶属 49 科 127 属,其中菊科和禾本科为优势种,蒿属、眼子菜属和蓼属所含物种较多,含 1 种的科、属所占比例较大,说明拒马河北京段湿地植物群落受干扰较大。王妍等^[12]以巢湖小柘皋河不同河段存在的差异性为依据开展了水生植物调查及多样性分析,上游河段主要分布挺水植物群落,中游河段以“喜旱莲子草+水鳖”为优势群落,下游河段则主要为沉水植物群落。

妫水河作为北方生态脆弱敏感区域河流,关于其植物多样性的研究仅见于呼诺^[13]对妫水河水生维管束植物群落盖度及类型的研究,有关妫水河湿地植物多样性的研究鲜有报道。因此,有必要对生境脆弱的北方缺水河流开展针对湿地植物多样性的研究。

本文选取北京市妫水河为研究区,以妫水河干流和支流(古城河、三里河、蔡家河)上的 13 个监测样点的湿地植物作为研究对象,对湿地植物多样性进行调查,并结合水质状况研究不同区域和水系间湿地植物群落结构和分布规律,以期今后恢复和保护妫水河流域湿地植物的多样性、群落合理配置及区域生态修复提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 研究区概况

妫水河位于北京市延庆区,东经 115°48'51"~116°20'42",北纬 40°21'50"~40°38'40",属于海河流域永定河水系,是官厅水库的三大入库河流之一,也是 2019 年世园会和 2022 年冬奥会的举办场地。妫水河属大陆季风气候区,为温带与中温带、半干旱与半湿润的过渡地带,年平均气温 8℃,年平均降水量 503.8 mm,降水在年内、年际和地区间分布不均衡,汛期 6-9 月降水量约占全年降水量的 80%,水资源量时空分布不均,是北方地区典型的缺水性河流。

作为北京西北重要的生态屏障,妫水河全长 78 km,流域面积 1 064.66 km²,流域地势东北高,西南低,东、南、北三面环山,西面为官厅水库,沿途有蔡家河、三里河、古城河等 9 条主要支流汇入,由于缺水断流,目前仅蔡家河、古城河、三里河有基流,其余支流生态基流常年不足。

2.2 调查样地布设方法

依据研究区水文特征,结合河流实际情况,于 2018 年 5、8、10 月对妫水河干流和支流(蔡家河、古城河、三里河)开展了湿地植物实地调研工作。参照英国河流栖息地调查(RHS)^[14]的方法和建议,在研究区域每隔 5 km 设置一个监测样点,在整个调查河流长度范围内共形成 13 个研究样地分区,具体调查点位见图 1。在每个监测点取 200 m 长、左右河岸带各 100 m 宽的代表性河段作为植物调查单元,采用从上游到下游步行的方法,使用手持 GPS 仪记录调查区域的经纬度和海拔。每个研究样地内选取 100 m×100 m 的研究样方,并在其内设置 3 条样线,每条样线上按照由水面至岸上纵向设定 3 个 1 m×1 m 的小样方。这样每个样方有 9 个 1 m² 的植物分布小样方,13 个样地合计有 117 个小样方。

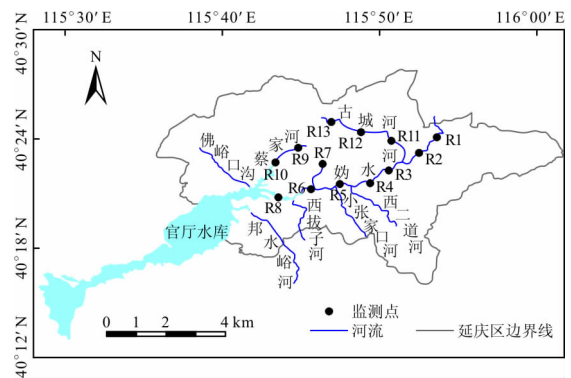


图1 妫水河调查采样点设置

2.3 样品采集与处理

对每个样地分区进行湿地植物调查和水样采集。了解植物科属、群落结构,对于难以确认的植物,将其标本收存编号后带回实验室辨别研究,后续补充信息至现场调查数据。

水生植物采集使用专用水草采集器(40 cm×20 cm),样方内植物全部连根夹起,冲洗根部后称量其湿重,各个样点重复采集 3 次^[15]。

水样采集使用 1000 mL 水样瓶,水样固定后放置于密封采样容器中,置于 4℃ 保温箱带回实验室,测定氨氮(NH₄⁺-N)、总磷(TP)、化学需氧量(COD)等化学指标。现场利用水质多参仪(YSI)测

定表层水温(T)、pH、溶解氧(DO)、总溶解性固体(TDS)。水样的保存和预处理严格按照《水和废水监测分析方法》中的相关实验方法进行。为减小系统误差,以上样品均重复测定3次,数据分析过程取3次测定结果的平均值。

2.4 数据处理及分析

本文主要选择物种丰富度(R)、Shannon - Wiener 指数(H)、Simpson 指数(D)和 Peilou 均匀度指数(J)4 个多样性指数对妫水河湿地植物多样性特征进行分析。采用方差法、典型对应方法(CCA, Canonical Correspondence Analysis)进行分析,分析软件为 CANOCO,变量的重要性及显著性采用蒙特卡罗置换检验(Monte Carlo Test)来进行检验,以 $P < 0.05$ 作为显著性标准,若满足该标准,排序分析结果可以采用,否则不能采用。植物多样性计算公式如下:

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (1)$$

式中: S 为种数; N 为总个体数。

$$H = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \right] \quad (2)$$

式中: n_i 为第 i 种物种的个体数; N 为样品总个体数; H 值的大小表示群落多样性的高低,其值越大,则多样性越高,反之亦然。

$$D = 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (3)$$

式中: n_i 为第 i 种物种的个体数; N 为样品总个体数。

$$J = H / H_{\max} \quad (4)$$

式中: H 为根据实际观察计算的物种多样性指数; H_{\max} 为最大的物种多样性指数, $H_{\max} = \ln S$ (S 为群落中的总物种数)。

3 结果与讨论

3.1 物种组成

本次调查共记录妫水河湿地植物 93 种,隶属于 44 科 76 属,具体植物群落分类名称及生活型见表 1。科的丰富度以菊科(Asteraceae)最高,包含 11 种植物,约占总数的 11.83%;其次为禾本科(Poaceae),包含 8 种植物,约占总数的 8.6%;再次为豆科(Fabaceae)、莎草科(Cyperaceae)和藜科(Chenopodiaceae),均包含 6 种植物,各占总数的 6.45%;木贼科(Equisetaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、十字花科(Brassicaceae)、唇形科(Lamiaceae)等其余 39 科包含植物种类较少,均不超过 3 种,共占总数的

73.12%。

植物可以通过长期适应外界的综合环境条件,在外貌方面反映出植物类型,即植物生活型^[16]。依照《北京湿地植物》^[17]将妫水河植物按生活型分为挺水、沉水、浮水、旱沙盐生、湿生、杂草和边缘植物 7 种,由调查区域各生活型植物物种数占比(图 2)可以看出,妫水河地区湿地植物以湿生类型为主,所占比例高达 30.43%;湿地边缘型植物和杂草同样占据较大份额,合计达到 38.04%;旱沙盐生植物所占比例较少,占 13.04%;水生植物所占比例最少,合计达到 18.48%。由于妫水河地区河流生境质量较好,且受人类活动影响较小,故湿地植物生活型相对比较丰富,不易受到人为活动和自然灾害的破坏。

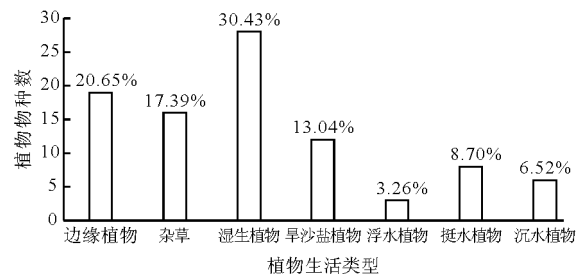


图 2 调查区域不同生活型植物物种数及占比情况

3.2 群落结构特征

依据湿地植物群落情况的记录,按照“结构 + 生态特征”的原则,对妫水河湿地植物群落进行了划分,研究区湿地植物群落共有 32 种,从植被型层次上来看,该地区的大部分湿地植被基本上都属于“水生植物群落”这一植被型,而依据各层次中优势种和伴生种的不同,以“优势种 + 伴生种”的命名方式可以在群落的层次上分类,具体分类见表 1。

水生植物群落不同季节差异不明显。整个调查研究区域,沉水植物群落以水毛茛(*Batrachium bungei*)、狸藻(*Utricularia vulgaris*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)和眼子菜(*Potamogeton distinctus*)为建群种,伴生种有金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)和菹草(*Potamogeton crispus*),其中菹草(*Potamogeton crispus*)是入侵物种,生长繁殖速度非常迅速;挺水植物群落以芦苇(*Phragmites australis*)、香蒲(*Typha orientalis*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、扁秆藨草(*Scirpus planiculmis*)为优势种,菰(*Zizania latifolia*)、黑三棱(*Sparganium stoloniferum*)、睡莲(*Nymphaea tetragona*)等为伴生种;浮水植物群落以单优种槐叶萍(*Salvinia natans*)、荇菜(*Nymphoides peltatum*)、浮萍(*Lemna minor*)为建群种。

表 1 妫水河现状水生植物群落分类名称及生活型

编号	生活型	植物群落	编号	生活型	植物群落
1		水毛茛群落 (Com. Batrachium bungei)	17		异鳞藁草 + 酸模叶蓼 + 木贼群落 (Com. Carex heterolepis + Polygonum lapathifolium + Equisetum hyemale)
2	沉水型	狸藻群落 (Com. Utricularia vulgaris)	18		毛茛 + 三裂碱毛茛群落 (Com. Ranunculus japonicus + Halorpestes tricuspis)
3		黑藻 + 金鱼藻 + 菹草群落 (Com. Hydrilla verticillata + Ceratophyllum demersum + Potamogeton crispus)	19		豆瓣菜 + 水芹 + 泽芹群落 (Com. Nasturtium officinale + Oenanthe javanica + Sium suave)
4		眼子菜群落 (Com. Potamogeton distinctus)	20		长芒稗 + 光头稗 + 球穗莎草群落 (Com. Echinochloa caudata + Echinochloa colona + Cyperus globosus)
5		芦苇 + 香蒲群落 (Com. Phragmites australis + Typha orientalis)	21	湿生型	野大豆 + 盒子草群落 (Com. Glycine soja + Actinostemma tenerum)
6		荷花 + 睡莲群落 (Com. Nelumbo nucifera + Nymphaea tetragona)	22		牛鞭草 + 刺儿菜群丛 (Com. Hemarthria sibirica + Cirsium arvense)
7	挺水型	扁秆藨草群落 (Com. Scirpus planiculmis)	23		鸭趾草 + 求米草 + 水蓼群落 (Com. Commelina communis + Oplismenus undulatifolius + Polygonum hydropiper)
8		菰群落 (Com. Zizania latifolia)	24		旋覆花 + 地笋 + 益母草群落 (Com. Inula japonica + Lycopus lucidus + Leonurus japonicus)
9		菖蒲 + 黑三棱群落 (Com. Acorus calamus + Sparganium stoloniferum)	25		泽泻 + 水蓼 + 车前群落 (Com. Alisma plantago-aquatica + Polygonum hydropiper + Plantago asiatica)
10		梭鱼草 + 菖蒲 + 扁秆藨草群落 (Com. Pontederia cordata + Acorus calamus + Scirpus planiculmis)	26		狼把草 + 鬼针草群落 (Com. Bidens tripartita + Bidens pilosa)
11		槐叶萍群落 (Com. Salvinia natans)	27	杂草型	藜 + 尖头叶藜 + 茜草群落 (Com. Chenopodium album + Chenopodium acuminatum + Rubia cordifolia)
12	浮水型	荇菜群落 (Com. Nymphoides peltata)	28		葎草 + 老鹳草群落 (Com. Humulus scandens + Geranium wilfordii)
13		浮萍群落 (Com. Lemna minor)	29		二月兰 + 附地菜群落 (Com. Orychophragmus violaceus + Trigonotis peduncularis)
14		蕨麻 + 朝天委陵菜群落 (Com. Potentilla anserina + Potentilla supina)	30		毛白杨 + 紫穗槐 + 臭草群落 (Com. Populus tomentosa + Amorpha fruticosa + Melica scabrosa)
15	旱沙盐生型	黄花蒿 + 蒙古蒿群落 (Com. Artemisia annua + Artemisia mongolica)	31	边缘型	刺槐 + 蒿柳 + 马唐群落 (Com. Robinia pseudoacacia + Salix schwerinii + Digitaria sanguinalis)
16		斜茎黄耆 + 萝摩 + 软毛虫实群落 (Com. Astragalus laxmannii + Metaplexis japonica + Corispermum puberulum)	32		火炬树 + 马唐群落 (Com. Rhus typhina + Digitaria sanguinalis)

3.3 植物多样性水平与差异性分析

3.3.1 多样性水平分析 在植物多样性数量指标方面,选取物种丰富度 (R), Shannon - Wiener 指数

(H), Simpson 指数 (D) 和 Peilou 均匀度指数 (J), 其中 R 值为样方中物种种类的总数, Shannon - Wiener 表征随机抽取物种的不确定程度, Simpson 指数计算了随

机抽取物种不相遇的概率, Peilou 均匀度指数则综合考虑了种类多样性和分布均匀性两方面的信息, 4 项指标连用可以较全面的衡量植被的多样性信息。

93 种植物的物种丰富度、Shannon - Wiener 指数、Simpson 指数和 Peilou 均匀度指数如表 2 所示。由表 2 可知, 物种丰富度 (R) 最高为 9 种, 最少为 1 种, 平均种数为 4.533 种; 以 Shannon - Wiener 指数 (H) 表征的多样性均值为 1.050, 水平并不高 ($H < 3$); Simpson 指数 (D) 和 Peilou 均匀度指数均值 (J) 分别保持在 0.551 和 0.718, 达到中等水平 (0.5 ~ 0.75), 说明总体上物种的数量不高, 但是分布比较均匀, 处于中等水平。

3.3.2 差异性分析 将调查样点 R1 ~ R13 按照上游、中游、下游和支流分为 4 块区域, 将所设的样方归为 4 类, 在此基础上, 再按照样方所处生境位置, 在同一区域中分为岸边、岸际和水面 3 种生境类型, 以此来探讨不同河段植物多样性是否存在差异以及

同一河段不同区域中植物多样性是否存在差异。

由多样性分析结果 (图 3 和表 3) 可以看出, 多样性水平在不同区域和生境间并没有特别显著的变化规律 ($P > 0.05$), 但其中岸边植物的多样性会随着从上游到下游的梯度呈现变小的趋势, 其原因可能是上游坡岸受人为扰动较少, 天然植被发育比较充分, 下游段岸边人工干预和栽培的种类比较单调, 造成了多样性的下降。岸际和水面由于干扰较少, 所以没有明显变化。

表 2 奶水河湿地植物多样性总体水平

多样性指数	最大值	最小值	中位数	平均值	标注误差
R	9.000	1.000	4.000	4.533	2.072
H	1.846	0.000	1.103	1.050	0.451
D	0.809	0.000	0.600	0.551	0.205
J	1.000	0.000	0.770	0.718	0.217

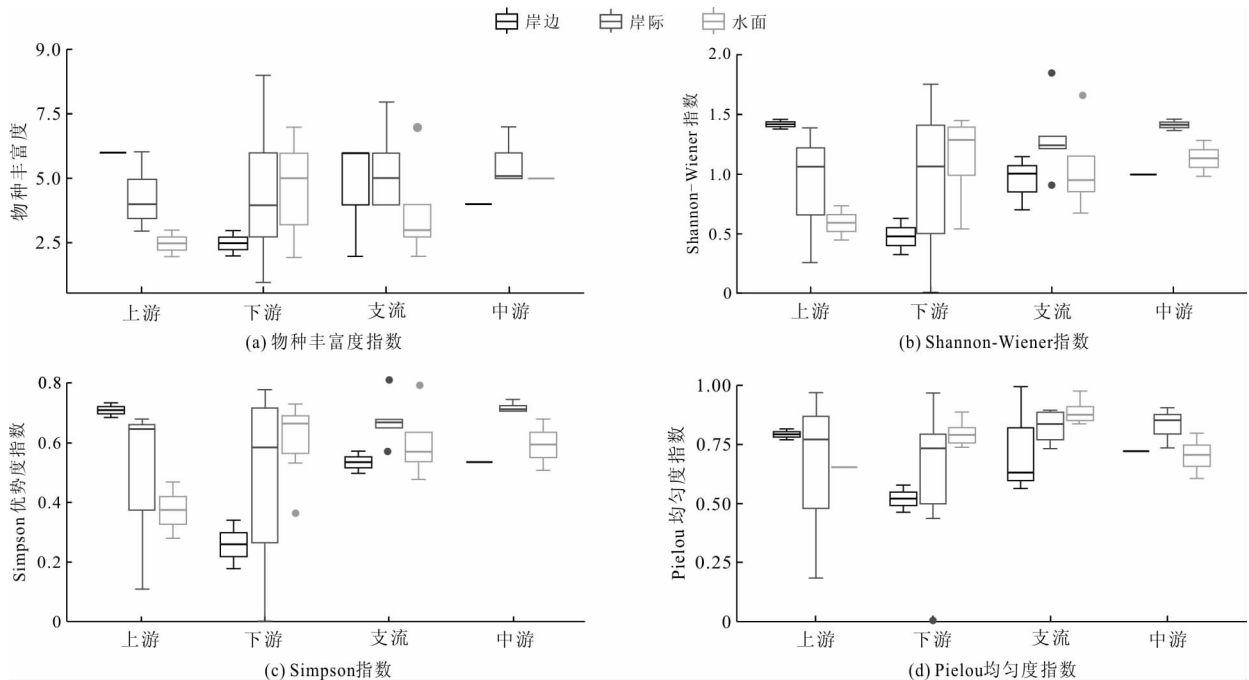


图 3 奶水河各区域不同生境间植物多样性指数的分布情况对比

表 3 不同生境或水系区域间多样性水平的方差分析

多样性指数	生境之间			区域之间		
	d_f	F_v	$P(> F_v)$	d_f	F_v	$P(> F_v)$
R	2	0.479	0.623	3	0.232	0.874
H	2	0.272	0.763	3	0.813	0.494
D	2	0.228	0.797	3	1.368	0.266
J	2	1.076	0.350	3	1.741	0.174

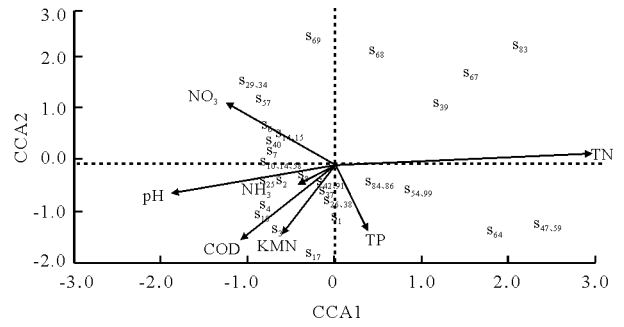
注: d_f 代表自由度; F_v 代表方差分析统计量; 以 $P < 0.05$ 作为显著性标准。

3.4 湿地植物与环境因子的关系

在探明奶水河植物群落结构特征和多样性水平后, 结合已获得的水质数据, 采用多元统计的数学方法, 尝试识别和筛查出对研究区域湿地植物物种影响较大的环境因子。

一方面, 植物的生长受周围环境条件影响, 另一方面, 植物能够通过自身吸收、富集作用以及微生物降解作用和植物根系的过滤沉淀颗粒作用实现对水

体中污染物的去除和固定,从而达到修复水体改善环境的功效^[13,18]。为了充分研究二者之间的关系,本研究采用 CCA 排序图来探究植物多样性与环境因子间的内在关系。通过保持其中的某个或某些环境因子不变的情况下,探究不同因子组合下产生的影响见图 4。由图 4 可知,影响水生植物分布的前 3 位水质条件为全氮(TN),pH 和化学需氧量(COD),其中第一轴的正方向表示 TN 增加的梯度,负方向表示 pH 增加的梯度,第二轴的负方向表示 COD、氨氮和全磷的增加梯度。结合物种编号,可得出对清洁水质选择性较强的有朝天委陵菜(S₆₈)、车前(S₆₉)和金鱼藻(S₃₉);对 TN 需求较大的为浮萍(S₈₃);对污染耐受力较强的有菖蒲(S₆₄)、狸藻(S₃)、荷花(S₁₇)和长芒稗(S₁₈)等。



注: TN: total nitrogen, 全氮; TP: total phosphorus, 全磷; KMN: kalium permanganicum, 高锰酸盐指数; COD: chemical oxygen demand, 化学需氧量; NH₃: ammonia nitrogen, 氨氮; NO₃: nitrate nitrogen, 硝酸盐氮; 编号 S1 ~ S93 具体植物种类见表 4。

图 4 植物物种与环境因子的 CCA 二维排序图

表 4 妫水河湿地植物物种组成

编号	物种中文及拉丁名	科	生活型	编号	物种中文及拉丁名	科	生活型
S ₁	香蒲 <i>Typha orientalis</i>	香蒲科	挺水	S ₄₈	酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>	蓼科	湿生
S ₂	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	禾本科	挺水	S ₄₉	红花刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科	边缘
S ₃	狸藻 <i>Utricularia vulgaris</i>	狸藻科	沉水	S ₅₀	蒿柳 <i>Salix schwerinii</i>	杨柳科	边缘
S ₄	球穗莎草 <i>Cyperus globosus</i>	莎草科	湿生	S ₅₁	眼子菜 <i>Potamogeton distinctus</i>	眼子菜科	沉水
S ₅	萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i>	菊科	旱沙盐	S ₅₂	菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	眼子菜科	沉水
S ₆	野大豆 <i>Glycine soja</i>	豆科	湿生	S ₅₃	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	豆科	边缘
S ₇	萝摩 <i>Metaplexis japonica</i>	萝摩科	旱沙盐	S ₅₄	抱茎苦苣菜 <i>Ixeris sonchifolia</i> Hance.	菊科	边缘
S ₈	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	菊科	杂草	S ₅₅	白榆 <i>Ulmus pumila</i>	榆科	边缘
S ₉	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	茜草科	杂草	S ₅₆	益母草 <i>Leonurus japonicus</i>	唇形科	湿生
S ₁₀	刺儿菜 <i>Cirsium arvense</i>	菊科	湿生	S ₅₇	菰 <i>Zizania latifolia</i>	禾本科	挺水
S ₁₁	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	菊科	边缘	S ₅₈	葎草 <i>Humulus scandens</i>	桑科	杂草
S ₁₂	斜茎黄耆 <i>Astragalus laxmannii</i>	豆科	旱沙盐	S ₅₉	小藜 <i>Chenopodium ficifolium</i>	藜科	杂草
S ₁₃	草问荆 <i>Equisetum pratense</i>	木贼科	湿生	S ₆₀	尖头叶藜 <i>Chenopodium acuminatum</i>	苋科	杂草
S ₁₄	牛鞭草 <i>Hemarthria sibirica</i>	禾本科	湿生	S ₆₁	地肤 <i>Kochia scoparia</i>	藜科	杂草
S ₁₅	扁杆藨草 <i>Scirpus planiculmis</i>	莎草科	挺水	S ₆₂	三裂碱毛茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	毛茛科	湿生
S ₁₆	槐叶萍 <i>Salvinia natans</i>	槐叶萍科	浮水	S ₆₃	藜 <i>Chenopodium album</i>	藜科	杂草
S ₁₇	荷花 <i>Nelumbo nucifera</i>	莲科	挺水	S ₆₄	菖蒲 <i>Acorus calamus</i>	天南星科	挺水
S ₁₈	长芒稗 <i>Echinochloa caudata</i>	禾本科	湿生	S ₆₅	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	藜科	边缘

续表 4

编号	物种中文及拉丁名	科	生活型	编号	物种中文及拉丁名	科	生活型
S ₁₉	水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	蓼科	湿生	S ₆₆	国槐 <i>Sophora japonica</i>	豆科	边缘
S ₂₀	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	藜科	杂草	S ₆₇	豆瓣菜 <i>Nasturtium officinale</i>	十字花科	湿生
S ₂₁	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	马齿苋科	边缘	S ₆₈	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	蔷薇科	旱沙盐
S ₂₂	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	禾本科	边缘	S ₆₉	车前 <i>Plantago asiatica</i>	车前科	湿生
S ₂₃	软毛虫实 <i>Corispermum puberulum</i>	藜科	旱沙盐	S ₇₀	金银木 <i>Lonicera maackii</i>	忍冬科	边缘
S ₂₄	鸭跖草 <i>Commelina communis</i>	鸭跖草科	湿生	S ₇₁	附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	紫草科	杂草
S ₂₅	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	菊科	杂草	S ₇₂	黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	菊科	旱沙盐
S ₂₆	盒子草 <i>Actinostemma tenerum</i>	葫芦科	湿生	S ₇₃	二月兰 <i>Orychophragmus violaceus</i>	十字花科	杂草
S ₂₇	泽泻 <i>Alisma plantago-aquatica</i>	伞形科	湿生	S ₇₄	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i>	十字花科	杂草
S ₂₈	光头稗 <i>Echinochloa colona</i>	禾本科	湿生	S ₇₅	夏至草 <i>Lagopsis supina</i>	唇形科	湿生
S ₂₉	求迷草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	禾本科	湿生	S ₇₆	苍耳 <i>Xanthium strumarium</i>	菊科	旱沙盐
S ₃₀	鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	苋科	杂草	S ₇₇	臭草 <i>Melica scabrosa</i>	芸香科	边缘
S ₃₁	狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	菊科	杂草	S ₇₈	蓬子菜 <i>Galium verum</i>	茜草科	边缘
S ₃₂	龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	茄科	杂草	S ₇₉	水毛茛 <i>Batrachium bungei</i>	毛茛科	沉水
S ₃₃	黑三棱 <i>Sparganium stoloniferum</i>	黑三棱科	挺水	S ₈₀	蒙古蒿 <i>Artemisia mongolica</i>	菊科	旱沙盐
S ₃₄	旋覆花 <i>Inula japonica</i>	菊科	湿生	S ₈₁	委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>	蔷薇科	旱沙盐
S ₃₅	水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	伞形科	湿生	S ₈₂	火炬树 <i>Rhus typhina</i>	漆树科	边缘
S ₃₆	苈草 <i>Arthraxon hispidus</i>	禾本科	湿生	S ₈₃	浮萍 <i>Lemna minor</i>	浮萍科	浮水
S ₃₇	泽泻 <i>Alisma plantago-aquatica</i>	泽泻科	湿生	S ₈₄	梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i>	雨久花科	挺水
S ₃₈	黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	水鳖科	沉水	S ₈₅	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>	毛茛科	湿生
S ₃₉	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科	沉水	S ₈₆	早开堇菜 <i>Viola prionantha</i>	堇菜科	边缘
S ₄₀	地笋 <i>Lycopus lucidus</i>	唇形科	湿生	S ₈₇	老鹳草 <i>Geranium wilfordii</i>	牻牛儿苗科	杂草
S ₄₁	木贼 <i>Equisetum hyemale</i>	木贼科	湿生	S ₈₈	刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科	边缘
S ₄₂	牻牛儿苗 <i>Erodium-stephanianum</i> Willd	牻牛儿苗科	旱沙盐	S ₈₉	翼果薹草 <i>Carex neurocarpa</i>	莎草科	湿生
S ₄₃	蕨麻 <i>Potentilla anserina</i>	蔷薇科	旱沙盐	S ₉₀	异鳞薹草 <i>Carex heterolepis</i>	莎草科	湿生
S ₄₄	黑穗薹草 <i>Carex atrata</i>	莎草科	湿生	S ₉₁	日本薹草 <i>Carex japonica</i>	莎草科	湿生
S ₄₅	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	杨柳科	边缘	S ₉₂	加杨 <i>Populus canadensis</i>	杨柳科	边缘
S ₄₆	毛白杨 <i>Populus tomentosa</i>	杨柳科	边缘	S ₉₃	银旋花 <i>Convolvulus cneorum</i>	旋花科	旱沙盐
S ₄₇	苻菜 <i>Nymphoides peltatum</i>	龙胆科	浮水				

4 结 论

(1) 妫水河湿地植物物种较为丰富,通过统计共出现植物93种,隶属于44科76属;菊科、禾本科和豆科种类最多;植物生活型主要以湿生类型为主,所占比例最大(30.43%)。

(2) 研究区共有32个植物群落,其中水生植物群落是湿地植物主要植被类型。从优势种类上来看,沉水和浮水植物片层结构简单,容易形成单优势种群落。挺水植物群落中,优势种主要为芦苇、香蒲和荷花3种,伴生有菖蒲、扁秆藨草群落,可偶见野生菰群落。

(3) 物种丰富度(R)介于1~9之间;Shannon-Wiener指数(H)表征的多样性水平不高($H < 3$);Simpson指数(D)和Peilou均匀度指数(J)达到中等水平(0.5~0.75),说明总体上物种数量不高,但分布较均匀,处于中等水平。植物多样性在不同区域和不同生境间的差异并不显著。影响水生植物分布的前3位水质条件分别为全氮(TN)、pH和化学需氧量(COD)。

(4) 总体而言,目前妫水河湿地植物的物种生活型较单一,群落类型简单,易被破坏,故在河流质量提升工程中,应注重对水生植物生境的保护,并注意加以工程或管理措施保证水体质量,如选择耐污或净化作用较强的植物打造人工水岸带。在岸际改造上,尽量采用近自然的驳岸形式代替水泥硬质驳岸,为植被的自然演替提供条件。在植物景观的营造上,采用新颖的物种,比如马兰、水鳖、水毛茛、栾树等既有景观效果又有乡土特色的物种,慎重引入外来物种,并加强对潜在的入侵性植物,如漆树、三裂叶豚草、水葫芦、黄顶菊等物种的监测。

参考文献:

- [1] 吴振斌. 水生植物和水体生态修复[M]. 北京:科学出版社, 2011.
- [2] 宋慧佳,王咏,张刚,等. 受损河流生态系统植物修复研究现状与进展[C]//2017年第九届河湖治理与水生态文明发展论坛论文集. 北京:中国水利技术信息中心, 2017.
- [3] 王雪宏,栗云召,孟焕,等. 黄河三角洲新生湿地植物群落分布格局[J]. 地理科学, 2015, 35(8): 1021 - 1025.
- [4] 郝孟曦. 江湖群主要湖泊水生植物多样性及群落演替规律研究——以梁子湖、长湖、斧头湖及涨渡湖为例[D]. 武汉:湖北大学, 2014.
- [5] 郭葳,龚旭昇,邓绪伟,等. 汉江中下游水生植物群落及演替[J]. 植物学报, 2016, 51(6): 782 - 789.
- [6] 王文林,唐晓燕,胡孟春,等. 人工重建的水生植物群落演替动态研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(9): 802 - 806.
- [7] 郭坤,罗静波,黄俊,等. 长湖圆心湖区高等水生植物群落调查[J]. 长江大学学报, 2016, 13(3): 29 - 32 + 52 + 3 - 4.
- [8] 李艳琼,林莉,陆星星,等. 玉溪湿地水生植物群落及伴生种初步研究[J]. 云南农业大学学报, 2012, 27(4): 590 - 599.
- [9] 张茹春. 北京怀沙河、怀九河水生植物区系初步研究[J]. 北方园艺, 2007(12): 184 - 185.
- [10] 卜梦娇,冯雪冰,杨小静,等. 北京市再生水补水公园湿地水生植物群落调查[J]. 湿地科学, 2012, 10(2): 223 - 227.
- [11] 李博,时慧. 北京拒马河流域水生植物资源调查及保护建议[J]. 中国水产, 2017(12): 60 - 61.
- [12] 王妍,黄亚丽,朱昌雄. 巢湖小柘皋河水生植物调查及多样性分析[J]. 现代化农业, 2011(3): 32 - 34.
- [13] 呼诺. 永定河北京段近自然评价研究[D]. 北京:北京林业大学, 2016.
- [14] Environment Agency. River habitat survey in Britain and Ireland: Field survey guidance manual (2003 Version) [R]. London: Environment Agency, 2003.
- [15] 客涵,李秀启,董贯仓,等. 南四湖敞水区水生植物群落物种多样性分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(3): 408 - 413.
- [16] 陈耀东,马欣堂,杜玉芬,等. 中国水生植物[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 2012: 1 - 2.
- [17] 徐景先,赵良成,林秦文,等. 北京湿地植物[M]. 北京:北京科学技术出版社, 2009.
- [18] 李林锋,年跃刚,蒋高明. 人工湿地植物研究进展[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(8): 616 - 620.